

EVALUASI POLARISASI CITRA SAR (SYNTHETIC APERTURE RADAR) UNTUK KLASIFIKASI OBYEK TUTUPAN LAHAN

Johan Ariyantoni¹, Catur Aries Rokhmana¹

¹Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No. 2, Bulaksumur, Yogyakarta -55281 Telp./Faks: (0274) 513665,
email: johanariyantoni@mail.ugm.ac.id, caris@ugm.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan penginderaan jauh sensor aktif SAR (*Synthetic Aperture Radar*) masih kurang dimanfaatkan sebagai upaya pengganti penginderaan jauh optis untuk pemetaan tutupan lahan, padahal citra optis masih memiliki tutupan awan yang menjadi kendala besar dalam pemantauan obyek tutupan lahan. Keunggulan Citra SAR Sentinel-1A adalah dapat menembus awan serta tidak berpengaruh pada keadaan cuaca. Dengan memanfaatkan teknologi polarisasi, citra SAR dapat membentuk komposit RGB yang berbeda, dalam penelitian ini digunakan komposit VV+VH, VH, VV/VH yaitu R dengan polarisasi VV+VH, G dengan polarisasi VH dan B dengan polarisasi VV/VH, menghasilkan tampilan citra SAR yang dapat diinterpretasi obyek tutupan lahannya. Ini dilakukan untuk mengevaluasi seberapa besar teknologi polarisasi SAR membantu dalam pemetaan obyek tutupan lahan. Hasil dari interpretasi tersebut dapat diidentifikasi enam obyek tutupan lahan yang terdiri dari bangunan (permukiman desa, kota, dan gedung), sawah, hutan, semak, semak belukar dan lahan terbuka, hasil tersebut masih belum mampu untuk pemetaan tutupan lahan secara mendetil karena masih minimnya tutupan lahan yang dapat diinterpretasi pada komposit polarisasi tersebut. Tahapan Klasifikasi dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu *maximum likelihood* dan *Support Vector Machine* (SVM). Hasil akurasi keseluruhan *confusion matrix* dari klasifikasi *maximum likelihood* adalah 78,95% sedangkan klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM) adalah 87,37%. Secara akurasi keseluruhan dapat disimpulkan bahwa metode *Support Vector Machine* (SVM) lebih baik digunakan dalam klasifikasi citra SAR.

Kata kunci : SAR, Polarisasi, Tutupan Lahan, Maksimum Likelihood, Support Vector Machine

ABSTRACT

The use of remote sensing sensors active SAR (Synthetic Aperture Radar) is still underused as an effort to utilize optical remote sensing for the application of land cover, whereas optical imagery still has cloud cover which is a major obstacle in monitoring land cover objects. The superiority of SAR Sentinel-1A is that it can penetrate clouds and has no effect on weather conditions. By utilizing polarization technology, SAR images can form different RGB composites, in this study used composite VV+VH, VH, VV/VH namely R with VV+VH polarization, G with VH polarization and B with VV/VH polarization, which results in the display of SAR images that can be interpreted as land cover objects. This is used to evaluate how much SAR polarization technology helps in mapping land cover objects. The results of this interpretation can be identified six objects of land cover consisting of buildings (village, urban, and building settlements), rice fields, forests, bush, shrub land and bare fields, these results are still not able to map land cover because there is still a minimum land cover that can be interpreted on the polarization composite. Classification stages are done using two methods, namely maximum likelihood and Support Vector Machine (SVM). The overall accuracy of the confusion matrix from the maximum likelihood classification is 78.95% while the Support Vector Machine (SVM) classification is 87.37%. Overall accuracy can be concluded that the Support Vector Machine (SVM) method is better used in the SAR image classification.

Keywords : SAR, Polarization, Land Cover, Maximum Likelihood, Support Vector Machine

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi penginderaan jauh membuat penyediaan banyak satelit yang memungkinkan untuk pemantauan dinamika permukaan bumi (Abdikan *dkk*, 2016), teknologi penginderaan jauh telah memasuki kemajuan yang sangat signifikan dan membuat penginderaan jauh dapat menghasilkan berbagai pemanfaatan, salah satunya dengan pengklasifikasian tutupan lahan (Awaliyan, 2018). Indonesia merupakan Negara tropis yang memiliki liputan awan yang akan menjadi kendala besar dalam identifikasi pemantauan obyek di permukaan bumi dengan teknologi penginderaan jauh sistem optis, oleh karena itu mengakibatkan kesalahan dalam interpretasi sering sekali terjadi dan membuat tingkat ketelitian menjadi rendah (Riswanto, 2009), untuk menghindari tutupan awan maka teknologi SAR (*Synthetic Aperture Radar*) dapat menggantikan penginderaan jauh optis, karena citra SAR dapat menembus awan serta tidak berpengaruh pada keadaan cuaca.

SAR (*Synthetic Aperture Radar*) merupakan instrument yang sangat efisien untuk memudahkan dalam pemahaman yang lebih mendalam tentang lingkungan bumi, data SAR mewakili sumber informasi penting untuk berbagai ilmuwan di dunia (Benz, Strodl and Moreira, 2013), salah satu citra radar yang mudah diunduh adalah citra sentinel. Radar Sentinel-1A diluncurkan oleh *European Space Agency* (ESA) pada tahun 2014, kemudian sentinel-1B diluncurkan pada tahun 2016. Sentinel-1 membawa sensor Radar C-band dengan polarisasi tunggal dan ganda. SAR terpolarisasi dapat menggambarkan karakteristik *landmark* yang lebih baik dari mulai tanah sampai dengan obyek hamburan terpolarisasi dan akan memberikan arah baru dalam pengenalan dan klasifikasi citra (Han and Shao, 2010). Sudah dilakukan evaluasi citra Sentinel-1A untuk pemetaan tutupan lahan menggunakan informasi *amplitudo* dari citra SAR polarimetri ganda oleh (Abdikan *et al.*, 2016), kombinasi yang berbeda dari polarisasi VV dan VH perlu dievaluasi hingga mendapatkan hasil klasifikasi tutupan lahan dari data polarisasi ganda yang tepat.

Pemantauan tutupan lahan dapat membantu lebih banyak analisis perubahan tutupan lahan yang berkelanjutan. Istilah tutupan lahan berkaitan dengan jenis kenampakan yang ada di permukaan bumi (Awaliyan, 2018). Kelas tutupan lahan dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu daerah bervegetasi dan daerah tak bervegetasi. Semua kelas penutup lahan dalam kategori bervegetasi diturunkan dari pendekatan konseptual struktur fisiognomi yang konsisten dari bentuk tumbuhan,

bentuk tutupan, tinggi tumbuhan, dan distribusi spasialnya, sedangkan dalam daerah tak bervegetasi,

pendetailan kelas mengacu pada aspek permukaan tutupan, distribusi atau kepadatan, dan ketinggian atau kedalaman obyek (BSN, 2010). Klasifikasi dan Identifikasi citra penginderaan jauh sangat penting digunakan untuk analisis (Han and Shao, 2010), Daerah di Indonesia sedang mengalami perubahan cepat dalam tutupan ataupun penggunaan lahan, informasi tentang tutupan lahan menjadi elemen penting dalam membentuk kebijakan mengenai ekonomi, demografi, dan masalah lingkungan di skala nasional, regional dan global (Fonteh *et al.*, 2016). Untuk membantu interpretasi tutupan lahan pada citra optis yang terkena tutupan awan maka citra SAR adalah salah satu solusi untuk proses interpretasi, pada penelitian ini dikaji mengenai sejauh mana polarisasi dapat menginterpretasi citra sentinel-1 SAR untuk digunakan dalam klasifikasi obyek tutupan lahan, serta evaluasi hasil klasifikasi yang akan dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Hasil penelitian terkait citra radar sentinel 1A untuk tutupan lahan masih belum efektif karena belum dapat menyajikan polarisasi yang tepat untuk interpretasi tutupan lahan. Selama ini penggunaan kombinasi polarisasi dalam citra sentinel-1 masih kurang dikembangkan untuk interpretasi dan klasifikasi objek tutupan lahan, oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana polarisasi dapat menginterpretasi citra sentinel-1 SAR untuk digunakan dalam klasifikasi obyek tutupan lahan, serta evaluasi hasil klasifikasi citra SAR sentinel-1

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian ini antara lain:

1. Daerah penelitian yaitu wilayah Kabupaten Sleman, Yogyakarta.
2. Data yang digunakan adalah citra satelit SAR (*Synthetic Aperture Radar*) Sentinel-1A dan citra optis Sentinel 2 Tahun 2019.
3. Metode yang digunakan adalah kombinasi polarisasi dan klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood* dan *Support Vector Machine*
4. Aplikasi pengolah data yang digunakan adalah SNAP (*Sentinel Application Platform*) 7.0 dan Aplikasi ENVI 5.1

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 SAR (Synthetic Aperture Radar)

Synthetic Aperture Radar adalah bagian dari proses yang dilakukan sinyal radar dengan menggunakan kompresi pulsa untuk menghasilkan resolusi yang baik, SAR mengukur amplitude dan fase dalam matriks hamburan atau bidang-bidang tersebar.

2.2 SAR Polarisasi

Sifat Polarisasi didefinisikan dari komponen gelombang elektromagnetik dengan struktur geometris yang khas, dari arah rambatnya sumbu vertical dan horizontal yang memiliki system koordinat tertentu dan didefinisikan dengan sisi panjang dan pendek antenna radar. Polarisasi mengacu dari orientasi dan bentuk pola yang dibentuk oleh ujung vektor yang mewakili pola regular yaitu panjang vektor dan laju rotasi vektor, panjang vektor diambil dari panjang gelombang sedangkan laju rotasi vektor diambil dari frekuensi gelombang.

Polarimetri adalah metode yang biasa digunakan untuk mengklasifikasikan tutupan lahan, obyek tutupan lahan akan memiliki nilai koefisien dari hamburan balik (σ°), nilai tersebut merupakan korelasi dua parameter seperti radar maupun area (medan).

Komponen horizontal dan vertikal adalah dua komponen orthogonal yang mempresentasikan gelombang elektromagnetik akan menghasilkan ellips Polarisasi. Ellips Polarisasi polanya adalah ellips yang jika dilihat dari sepanjang arah, ujung vektor medan listrik sepenuhnya terpolarisasi.

Gelombang terpolarisasi dibentuk dari antenna yang dirancang sistem radar untuk mengirim dan menerima gelombang elektromagnetik, dua polarisasi dasar yang paling umum adalah horizontal linear atau H dan linear linear atau V. Dengan menunjukkan denitransmisi dan menerima polarisasi oleh sepasang simbol, sistem radar yang menggunakan polarisasi linier H dan V dengan demikian dapat memiliki saluran berikut :

1. HH - untuk pengiriman horisontal dan horizontal, (HH)
2. VV - untuk transmisi vertikal dan penerimaan vertikal, (VV)
3. HV - untuk transmisi horizontal dan penerimaan vertikal (HV), dan
4. VH - untuk pengiriman vertikal dan horizontal (VH).
- 5.

2.3 Tutupan Lahan

SNI 7645-1:2014 klasifikasi penutup lahan – bagian 1: Skala kecil dan menengah memiliki standar mengacu pada *Land Cover Classification System* dan ISO 19144-1:2009, *Geographic*

Information –Classification Systems- Part 1: Classification system structure, dan dikembangkan sesuai fenomena yang ada di Indonesia.

Kelas-kelas tutupan lahan yang dimuat dalam *review* standar ini merupakan kelas-kelas umum yang melibatkan berbagai sektor dengan menggunakan interpretasi visual dengan data pengindraan jauh. Dalam proses klasifikasi pembuat dapat medetailkan kelas-kelas tutupan lahan tertentu sesuai dengan tugas pokok dan fungsinya masing-masing yang ingin dicapai.

2.4 Klasifikasi *Maximum Likelihood*

Klasifikasi terbimbing secara statistik biasanya digunakan dalam pengindraan jauh yaitu bahwa setiap kelas spektral dapat digambarkan oleh distribusi probabilitas dalam ruang multispektral, ini akan menjadi banyak variable atau distribusi multivariable sebagai dimensi ruang. Distribusi semacam itu menggambarkan peluang untuk menemukan piksel milik kelas itu di lokasi tertentu di ruang multispektral (Richards dan Jia, 2006). Tujuan dari klasifikasi citra adalah untuk menggantikan interpretasi visual data gambar dengan teknik kuantitatif untuk otomatisasi identifikasi fitur, penerapan aturan berdasarkan statistik untuk menentukan identitas tutupan lahan setiap piksel dalam suatu gambar yang hanya didasarkan pada pancaran spektral yang diamati dalam data (Lillesand, Kiefer dan Chipman, 2015).

Klasifikasi maksimum likelihood adalah klasifikasi terbimbing yang paling umum yang biasa digunakan dengan citra pengindraan jauh. Ini dikembangkan dengan cara yang dapat diterima secara statistik, Namun dapat diturunkan secara lebih umum dan cara yang ketat (Richards and Jia, 2006) .

Pendekatan klasifikasi maksimum likelihood menggunakan bias yang optimal dengan artian bahwa rata-rata serta hasil penggunaannya menghasilkan kemungkinan kesalahan klasifikasi yang rendah. Setiap sampel akan mendeteksi kelas yang memiliki jarak minimum, jarak itu sendiri berada di rentang aturan bias maksimum likelihood.

Sebagian besar aplikasi pengindraan jauh radar, ada penerapan multi-looking pada data akan mengurangi efek noise speckel karena tampilan adalah parameter penting untuk pengembangan model probabilistik. Informasi tersedia dalam matriks hamburan S, kovarian C, serta matriks koherensi T. Fungsi probabilitas kerapatan dari sampel rata-rata T untuk jumlah tampilan tertentu, n, adalah :

$$P_T^{(n)}(\{T\}) = \frac{n^{q_n} |\langle T \rangle|^{n-q} e^{-n \text{Trace}(V^{-1}\langle T \rangle)}}{K(n,q) |V|^n} \dots\dots\dots (1)$$

$\langle T \rangle$ adalah rata-rata sampel dari matriks koherensi atas n terlihat, q mewakili dimensi data, *Footprint* adalah jumlah elemen di sepanjang diagonal dari sebuah matriks, V adalah nilai yang diharapkan dari matriks koherensi rata-rata, $E\{\langle T \rangle\}$, dan $K(n, q)$ adalah faktor normalisasi. Untuk mengatur statistik *classifier*, nilai rata-rata dari matriks koherensi untuk setiap kelas V_m harus dihitung

$$V_m = E\{\langle T \rangle \mid \langle T \rangle \in \omega_m\} \dots\dots\dots (2)$$

di mana m adalah himpunan piksel milik kelas m dalam himpunan pelatihan Menurut Bayes, klasifikasi kemungkinan maksimum ukuran jarak. Ukuran jarak yang sesuai kemudian dapat ditulis sebagai

$$d(\langle T \rangle, V_m) = \ln |V_m| + \text{Trace}(V_m^{-1}\langle T \rangle) \dots\dots\dots (3)$$

yang mengarah ke *classifier* jarak minimum tampilan-independen:

$$d(\langle T \rangle, V_m) \leq d(\langle T \rangle, V_j) \text{ for all } \omega_j \neq \omega_m \dots\dots\dots (4)$$

Menerapkan aturan ini, sampel dalam gambar ditugaskan ke kelas tertentu jika jarak antara nilai parameter pada sampel ini dan rata-rata kelas minimum. Kemandirian skema ini memungkinkan aplikasinya untuk data multi-tampak dan juga *speckle filtering*.

2.5 Klasifikasi Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) dikembangkan oleh Boser, Guyon, Vapnik, dan pertama kali dipresentasikan pada tahun 1992 di Annual Workshop on Computational Learning Theory. Prinsip dasar SVM adalah *linear classifier*, dan selanjutnya dikembangkan agar dapat bekerja pada problem non-linear. dengan memasukkan konsep *kernel trick* pada ruang kerja berdimensi tinggi. Konsep SVM dapat dijelaskan secara sederhana sebagai usaha mencari *hyperplane- hyperplane* terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua buah class pada input space. Hyperplane pemisah terbaik antara kedua class dapat ditemukan dengan mengukur *margin* hyperplane tsb. dan mencari titik maksimalnya. *Margin* adalah jarak antara *hyperplane* tersebut dengan pattern terdekat dari masing-masing kelas. *Pattern* yang paling dekat ini disebut sebagai *support vector*.

3. METODE PENELITIAN

Tahapan awal yang dilakukan adalah Tahapan koreksi pada citra Satelit Sentinel-1A yang terdiri dari enam tahapan. Tahapan pertama yaitu *Thermal Noise Removal* (TNR) yang berguna untuk mengurangi *noise* pada beberapa area citra yang memiliki daya hamburan baliknya rendah. Tahapan kedua yaitu *Apply Orbit File* yang berfungsi untuk mengoreksi transformasi dari nilai fase ke nilai ketinggian karena kesalahan horizontal maupun vertikal. Tahapan ketiga yaitu *Calibrate* yaitu untuk menjadikan citra dimana nilai-nilai piksel dapat secara langsung terkait dengan *backscattering* radar didalam scenenya. Tahapan keempat yaitu *Multilook*, karena citra asli SAR tampak berbintik-bintik hitam maka *multilook* berfungsi untuk mengurangi bintik-bintik hitam tersebut. Tahapan kelima yaitu *Speckle Filtering*, salah satu tahapan untuk menghasilkan citra yang lebih baik karena terdapat *salt and papper* pada tekstur yang disebut '*speckle*' dan akan menyebabkan penurunan kualitas gambar dan akan sulit melakukan interpretasi. Tahapan terakhir adalah *Terrain Correction* dengan *Range Dopler* yang digunakan untuk mengkoreksi topografi dan menghilangkan distorsi dengan menggunakan data DEM SRTM yang diunduh langsung oleh aplikasi SNAP.

Tahapan kedua adalah melakukan pemotongan daerah penelitian untuk citra yang sudah terkoreksi, citra dipotong berdasarkan data batas wilayah Kabupaten Sleman, setelah itu dilakukan komposit RGB (*Red Green Blue*) dengan memilih polarisasi yang memungkinkan untuk mudah diinterpretasi, dalam penelitian ini menggunakan RGB Polarisasi yaitu R dengan polarisasi VV+VH, G dengan polarisasi VH dan B dengan polarisasi VV/VH. Hasil dari komposit tersebut disimpan dengan format Geotiff kemudian dilakukan tahapan klasifikasi *maximum likelihood* dan SVM dengan pembuatan ROI (*Region Of Interest*) berdasarkan interpretasi dengan citra Sentinel-1A RGB tersebut dibantu dengan citra optis yaitu Citra Sentinel-2 pada tahun perekaman yang sama. Untuk metode SVM Basis Radial telah dipilih sebagai jenis fungsi kernel dengan parameter - gamma dan C. Untuk klasifikasi, nilai gamma adalah 0,03 dan parameter digunakan C100.

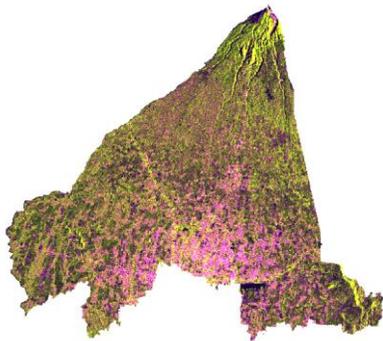
Tahapan akhir yaitu hasil klasifikasi citra SAR Sentinel-1A diuji dengan *confusion matrix* dari hasil validasi spasial terhadap citra optis yang memiliki tampilan *natural colour* dan dengan akurasi yang lebih tinggi untuk mendapatkan hasil *producer Accuracy*, *user Accuracy*, dan *Overall Accuracy* untuk obyek tutupan lahan yang sudah terklasifikasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini terbagi menjadi bagian pembahasan. Dimana pembahasan pertama berisi tentang hasil komposit polarisasi RGB citra SAR, hasil klasifikasi *maximum likelihood* dan SVM (*Support Vector Machine*), hasil kedua yaitu analisis uji akurasi hasil klasifikasi tutupan lahan citra SAR Sentinel-1.

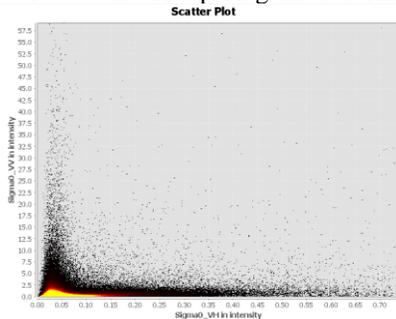
4.1 Hasil Komposit Polarisasi dan Klasifikasi

Komposit Polarisasi RGB pada citra sentinel-1 sampai saat ini tidak memiliki ketetapan selayaknya citra optis seperti natural colour pada sentinel-2 yaitu menggunakan komposit band 4, band 3 dan band 2. Dalam penelitian ini komposit untuk citra SAR sentinel-1A yang digunakan adalah polarisasi komposit kanal merah dengan polarisasi VV+VH, kanal hijau dengan polarisasi VH dan anal biru dengan polarisasi VV/VH. Hasil dari komposit tersebut adalah seperti gambar 1.



Gambar 1. Komposit Citra SAR Sentinel-1 Polarisasi VV+VH, VH, VV/VH.

Dari hasil citra sentinel 1A wilayah kabupaten sleman, nilai (σ°) hamburan balik dari polarisasi VV dan VH seperti gambar berikut :



Gambar 2. Scatter Plot Intensitas VV dan VH

Nilai intensitas VV memiliki nilai minimum 0 dan nilai maksimum 59,2 sementara intensitas VH memiliki nilai minimum 0 dan nilai maksimum 0.74. Data terbanyak di *scatter plot* memperlihatkan warna kuning yang berada diantara nol sampai 2.5 untuk polarisasi VV dan nol sampai 0.15 di polarisasi VH.

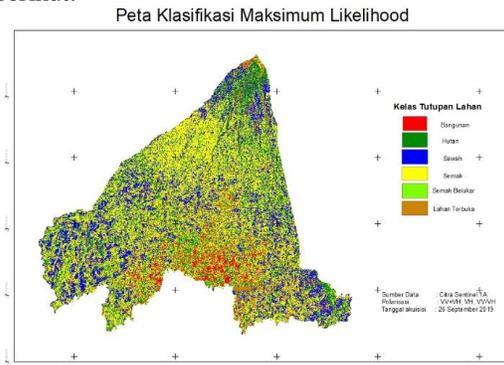
Dari hasil interpretasi yang sudah dilakukan komposit Polarisasi kanal merah VV+VH, kanal hijau VH, kanal biru VV/VH, nilai backscatter pada keenam tutupan lahan yang dapat diinterpretasi adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Nilai Backscatter Tutupan Lahan

No Pikel	Polarisasi VV	Polarisasi VH	Tutupan Lahan
4084	0.54028	0.02032	Bangunan
4876	0.00670	0.00277	Lahan Terbuka
4608	0.29488	0.09840	hutan
3881	0.18373	0.01961	semak
4819	0.20268	0.05996	Semak belukar
3039	0.09605	0.02473	Sawah

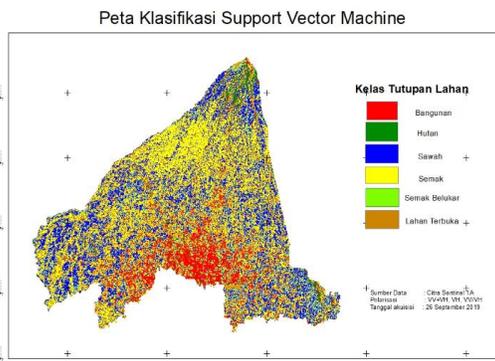
Dari tabel diatas polarisasi VH memiliki nilai backscatter yang tinggi terhadap hutan serta semak belukar, artinya tutupan lahan dengan vegetasi tinggi memiliki pantulan hamburan balik yang kuat sedangkan polarisasi VV memiliki nilai backscatter yang tinggi terhadap tutupan lahan non-vegetasi seperti bangunan tetapi tidak untuk lahan terbuka yang artinya tutupan lahan non-vegetasi yang memiliki ketinggian seperti bangunan hamburan baliknya sangat kuat. Hasil dari interpretasi masih belum dapat menginterpretasikan area tutupan lahan secara mendetil, dalam polarisasi tersebut hanya dapat diidentifikasi enam obyek tutupan lahan dengan tutupan lahan yang diinterpretasikan adalah Bangunan (permukiman desa, kota, dan gedung), Hutan, Sawah, semak, semak belukar, dan Lahan Terbuka.

Hasil klasifikasi dengan metode maksimum likelihood dan SVM tersaji pada gambar 3 dan 4 berikut.



Gambar 3. Hasil Klasifikasi *Maximum Likelihood*.

Hasil klasifikasi mengidentifikasi enam kelas dengan tampilan *false colour* yang didominasi oleh warna kuning yaitu semak dan warna biru yaitu sawah.



Gambar 4. Hasil Klasifikasi Support Vector Machine (SVM)

Hasil klasifikasi mengidentifikasi enam kelas dengan tampilan *false colour* yang didominasi oleh warna biru yaitu sawah, kuning yaitu semak dan merah yaitu bangunan.

4.2 Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan dengan metode *confusion matrix* dengan validasi spasial dimana hasil klasifikasi diuji dengan validasi spasial menggunakan citra sentinel-2 yaitu citra optis dengan resolusi yang lebih tinggi dari citra sentinel 1A yaitu 10x10 m, hasil dari uji akurasi *maximum likelihood* dan SVM tersaji dalam tabel 2 dan 3 berikut.

Tabel 2. Hasil Confusion Matrix Klasifikasi Maximum Likelihood

Validasi spasial citra sentinel 2							
Klasifikasi	Klasifikasi						Total Baris
	Sawah	Hutan	Bangunan	Semak	Semak Belukar	Lahan Terbuka	
Sawah	19	0	1	0	1	0	21
Hutan	0	10	0	0	0	0	10
Bangunan	0	0	16	0	0	0	16
Semak	1	0	3	14	0	0	18
Semak Belukar	0	0	2	0	1	0	3
Lahan Terbuka	3	2	4	0	3	15	27
Total Kolom	23	12	26	14	5	15	95

Tabel 3. Hasil Uji Akurasi Klasifikasi Maximum Likelihood

Tutupan Lahan	User Accuracy (%)	Producer Accuracy (%)
Sawah	90,48	82,61
Hutan	100,00	83,33
Bangunan	100,00	61,54
Semak	77,78	100,00
Semak Belukar	33,33	20,00
Lahan Terbuka	55,56	100,00
Overall Accuracy (%)	78,95	
Kappa Coefficient	0,5343	

Dari hasil uji akurasi 95 titik sampel, didapatkan tiga perhitungan hasil akurasi, yang pertama *producer Accuracy* yang didefinisikan sebagai probabilitas setiap piksel dalam kelas tertentu menghasilkan akurasi terendah pada semak belukar dan akurasi tertinggi pada tutupan lahan semak. Untuk *user Accuracy* yang didefinisikan sebagai probabilitas bahwa suatu piksel yang diklasifikasikan pada gambar benar-benar mewakili kategori tersebut sesuai dengan keadaan sebenarnya di lapangan menghasilkan akurasi terendah pada semak belukar dan akurasi tertinggi pada tutupan lahan bangunan dan hutan. Hasil *Overall Accuracy* yang dihitung dengan membagi jumlah sampel menghasilkan akurasi 78,95% dan *Kappa Coefficient* 0,5343 dengan hasil akurasi tersebut klasifikasi citra SAR dalam metode *maximum likelihood* masih kurang baik.

Tabel 4. Hasil confusion matrix Klasifikasi Support Vector Machine (SVM)

Validasi spasial citra sentinel 2							
Klasifikasi	Klasifikasi						Total Baris
	Sawah	Hutan	Bangunan	Semak	Semak Belukar	Lahan Terbuka	
Sawah	20	0	0	0	0	0	20
Hutan	0	10	0	0	0	0	10
Bangunan	0	0	20	0	0	0	20
Semak	0	0	4	16	0	0	20

Semak Belukar	3	0	1	0	4	2	10
Lahan Terbuka	0	2	0	0	0	13	15
Total Kolom	23	12	25	16	4	14	95

Tabel 5. Hasil Uji Akurasi Klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM)

Tutupan Lahan	User Accuracy (%)	Producer Accuracy (%)
Sawah	100,00	86,96
Hutan	100,00	83,33
Bangunan	100,00	80,00
Semak	80,00	100,00
Semak Belukar	40,00	80,00
Lahan Terbuka	86,67	86,67
Overall Accuracy (%)	87,37	
Kappa Coefficient	0,5912	

Hasil *confusion matrix* dari klasifikasi SVM menunjukkan bahwa *user accuracy* dan *producer accuracy* terendah ada pada tutupan lahan semak belukar sementara tertinggi *user accuracy* ada pada tutupan lahan bangunan sawah dan hutan, sementara untuk *producer accuracy* tertinggi adalah semak, untuk *overall accuracy* yaitu 87,37% dengan *Kappa Coefficient* 0,5912. Dari hasil tersebut menggambarkan bahwa klasifikasi SVM jauh lebih baik dari klasifikasi *maximum likelihood*.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa citra polarisasi VV memiliki nilai *backscatter* yang tinggi terhadap tutupan lahan non-vegetasi seperti bangunan sedangkan polarisasi VH memiliki nilai *backscatter* yang tinggi terhadap tutupan lahan bervegetasi seperti hutan. Dari komposit polarisasi VV+VH, VH, VV/VH belum bisa diinterpretasikan secara mendetil, tetapi dapat diinterpretasikan enam obyek tutupan lahan dengan hasil akurasi keseluruhan pada uji *confusion matrix* dari hasil validasi spasial yaitu klasifikasi *maximum likelihood* sebesar 78,95 % sedangkan untuk klasifikasi SVM *Support Vector Machine*

menghasilkan akurasi yang lebih maksimal yaitu 87,37%.

Untuk hasil yang lebih baik, penelitian selanjutnya disarankan perlu mengkaji lebih banyak lagi ragam komposit kombinasi polarisasi agar memaksimalkan dalam interpretasi obyek tutupan lahan untuk menghasilkan akurasi yang lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada civitas akademika Program Magister teknik Geomatika Universitas Gadjah Mada, European Space Agency (ESA) yang telah membantu dalam penyediaan data dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abdikan, S. *et al.* (2016) ‘Land cover mapping using sentinel-1 SAR data’, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 41(December 2018), pp. 757–761. doi: 10.5194/isprsarchives-XLI-B7-757-2016.

Awaliyan, M. R. (2018) ‘Klasifikasi Penutup Lahan pada Citra Satelit Sentinel-2A dengan Metode Tree Algorithm’, 2(September), pp. 98–104.

Badan Standar Nasional Indonesia (2014) ‘Klasifikasi penutup lahan - Bagian 1 : Skala kecil dan menengah’, pp. i–51.

Banqué, X. *et al.* (2014) ‘Polarimetry-Based Land Cover Classification with Sentinel-1 Data’, (November), pp. 1–5.

Benz, U., Strodl, K. and Moreira, A. (2013) ‘A Comparison of Several Algorithms for SAR Raw Data Compression’, (October 1995). doi: 10.1109/36.469491.

Blaschke, T. (2016) ‘Basic of Remote Sensing’, (June), pp. 211–212. doi: 10.1007/978-1-4020-2560-0.

BSN (2010) ‘SNI Klasifikasi penutup lahan’. Badan Informasi Geospasial. Bogor.

Canada Centre for Remote Sensing (2015) ‘Advanced Radar Polarimetry Tutorial’, p. 97.

Chen, K. (2016) *Principles of Synthetic Aperture Radar Imaging*. CRC Press.

Chulafak, G. A., Kushardono, D. and Zylshal (2018) ‘Optimasi Parameter dalam Klasifikasi Spasial Penutup Penggunaan Lahan Menggunakan Data Sentinel SAR’, (January). doi: 10.30536/j.pjpdcd.1017.v14.a2746.

Fathoni, M. N. and Kushardono, D. (2017) ‘Kajian Awal Pemanfaatan Data Radar

- Sentinel-1 untuk Pemetaan Lahan Baku Sawah di Kabupaten Indramayu Jawa Barat Preliminary Study of Sentinel-1 Radar Data Application for Paddy Field Mapping in Indramayu - West Java', pp. 179–186.
- Fonteh, M. L. *et al.* (2016) 'Assessing the Utility of Sentinel-1 C Band Synthetic Aperture Radar Imagery for Land Use Land Cover Classification in a Tropical Coastal Systems When Compared with Landsat 8', (August), pp. 495–505.
- Han, Y. and Shao, Y. (2010) 'Full Polarimetric SAR Classification Based on Yamaguchi Decomposition Model and Scattering Parameters', pp. 1104–1108.
- Hosseinali, F., Alesheikh, A. A. and Nourian, F. (2014) 'Assessing urban land-use development: Developing an agent-based model', *KSCE Journal of Civil Engineering*, 19(1), pp. 285–295. doi: 10.1007/s12205-012-0367-5.
- Korosov, A. A. and Park, J. (2016) 'Very High Resolution Classification of Sentinel-1A Data', (1).
- Kushardono, D. (2012) 'Klasifikasi Spasial Penutup Lahan dengan Data SAR Dual-Polarisasi Menggunakan Normalized Difference Polarization Index dan Fitur Keruangan dari Matrik Kookurensi', 9(1), pp. 12–24.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. and Chipman, J. W. (2015) *Remote Sensing and Image Interpretation*. Seventh.
- Putri, D. R., Sukmono, A. and Sudarsono, B. (2018) 'Analisis Kombinasi Citra Sentinel-1A dan Citra Sentinel-2A untuk Klasifikasi Tutupan Lahan', 7(April), pp. 85–96.
- Richards, J. A. and Jia, X. (2006) *Remote Sensing Digital Image Analysis*.
- Riswanto, E. (2009) 'Evaluasi Akurasi Klasifikasi Penutup Lahan Menggunakan Citra Alos Palsar Resolusi Rendah Studi Kasus di Pulau Kalimantan'.
- Sanli, F. B. (2017) 'Classification of Sentinel-1A SAR Data Using Principal Component Analysis', (December).
- Tison, C. *et al.* (2004) 'A New Statistical Model for Markovian Classification of Urban Areas in High-Resolution SAR Images', 42(10), pp. 2046–2057.