

KLASIFIKASI PENUTUPAN LAHAN HUTAN MANGROVE DI KECAMATAN BUDURAN, KABUPATEN SIDOARJO, PROPINSI JAWA TIMUR, DENGAN CITRA TERRASAR-X HIGH RESOLUTION

Rudi Eko Setyawan*), Nining Puspaningsih *), Muhammad Buce Saleh *)

*) Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor

e-mail: rudy.voo@gmail.com

Abstract

TerraSAR-X, Germany's earth observation satellite, launched on June 15, 2007 in Baikonur Cosmodrome, Kazakhstan, which uses the latest radar technology for mapping with active wavelength X-band (wavelength 31 mm, frequency 9.6 GHz) otherwise be able to overcome the cloud cover. The purpose of this study is to test the ability of the image of TerraSAR-X High Resolution for land cover classification and identification of constituent species of mangrove forests. Classification methods are used to classify land cover types is supervised classification method and unsupervised classification methods by stratified classification with reference to the results of the interpretation from visual imagery. Then, the best of classification method results is used to process mangrove forest land cover classification. The results show the Support Vector Machine (SVM) method on TerraSAR-X image classification is the best value with overall accuracy 77.93 % and kappa accuracy 58.85 %. Accuration value of mangrove forests classification using the SVM method and stratified classification techniques is 90.74 % and kappa accuracy 84.30 %. RGB image with composition [HH - VV - (HH-VV)] of dual polarization HH and VV can make 3 classes composition of mangrove species, *Avicennia alba*, *Xylocarpus molucensis* and *Rhizophora mucronata*, *Hibiscus tiliaceus*, also the class of shrubs and grasses.

Key Words : *TerraSAR-X, mangrove forest classification, stratified classification*

Abstrak

TerraSAR-X, sebuah satelit observasi bumi milik Jerman yang diluncurkan pada tanggal 15 Juni 2007 di Baikonur Cosmodrome, Kazakhstan, yang menggunakan teknologi radar terbaru untuk pemetaan dengan panjang gelombang aktif X-band (panjang gelombang 31 mm, frekuensi 9,6 GHz) yang dinyatakan mampu mengatasi tutupan awan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji kemampuan citra High Resolution TerraSAR-X untuk klasifikasi penutupan lahan dan identifikasi spesies penyusun hutan mangrove. Metode klasifikasi yang digunakan untuk mengelompokkan jenis penutupan lahan adalah metode klasifikasi terbimbing dan metode klasifikasi tak terbimbing secara stratified classification dengan acuan hasil dari penafsiran citra secara visual. Kemudian metode klasifikasi dengan hasil terbaik digunakan untuk proses klasifikasi penutupan lahan hutan mangrove. Hasil penelitian menunjukkan metode Support Vector Machine (SVM) pada citra TerraSAR-X adalah metode klasifikasi terbaik dengan nilai akurasi keseluruhan sebesar 77,93 % dan akurasi kappa sebesar 58,85 %. Nilai akurasi pada klasifikasi hutan mangrove menggunakan metode SVM dan teknik stratified classification adalah sebesar 90,74 % dan akurasi kappa sebesar 84,30 %. Citra RGB dengan susunan [HH - VV - (HH-VV)] dari dual polarization HH dan VV dapat menghasilkan 3 kelas spesies penyusun mangrove, yaitu kelas *Avicennia alba*, kelas *Xylocarpus molucensis* dan *Rhizophora mucronata*, kelas *Hibiscus tiliaceus*, dan kelas semak dan rumput

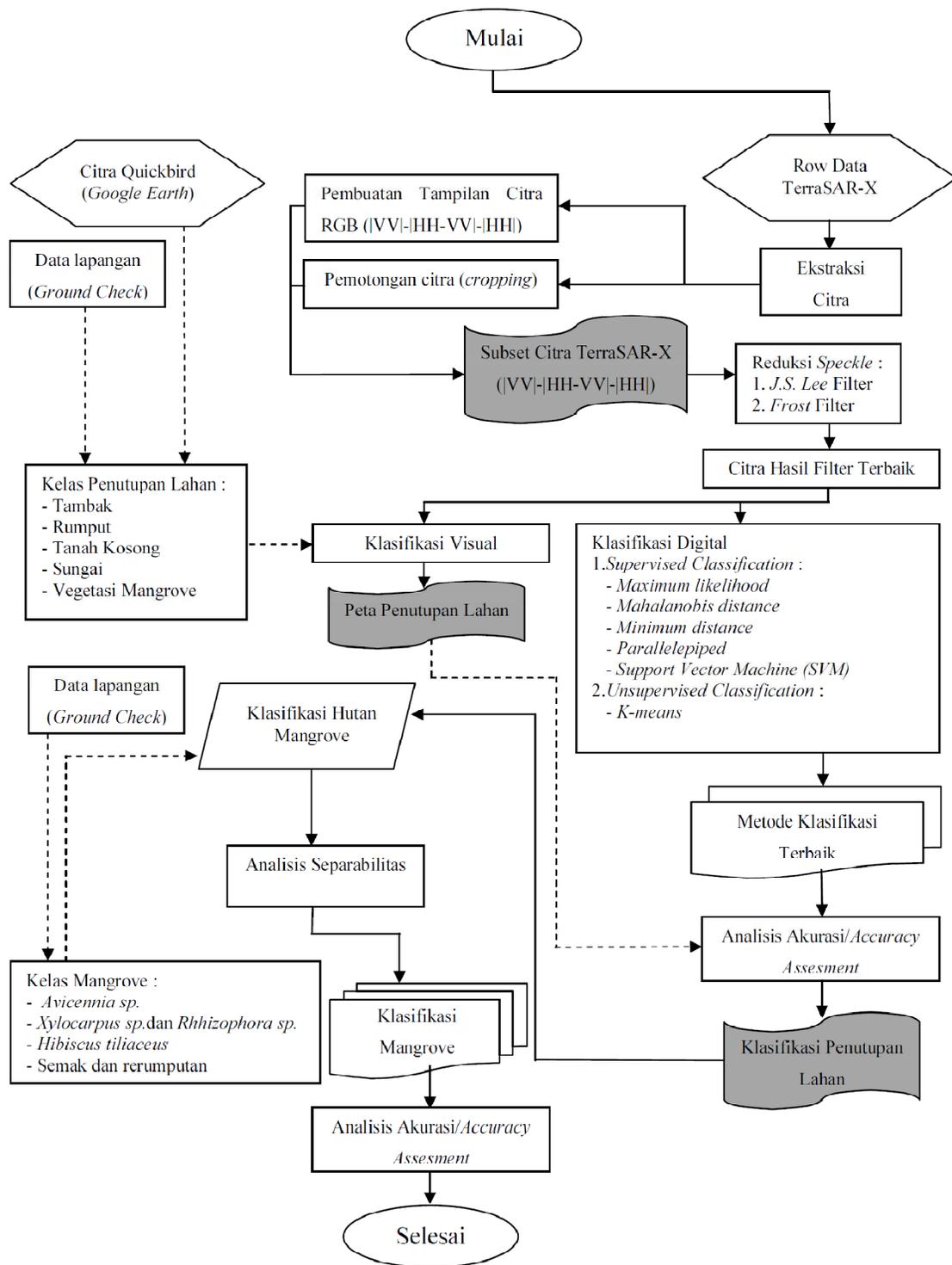
Kata Kunci : *TerraSAR-X, klasifikasi hutan mangrove, stratified classification*

1. Pendahuluan

Indonesia telah memanfaatkan citra penginderaan jauh dalam pemantauan sumber daya alam terutama citra optik sejak mulai diterapkannya teknologi *remote sensing*. Posisi Indonesia yang berada di daerah tropis mengakibatkan hampir sepanjang tahun selalu diliputi awan. Kondisi ini mempengaruhi kemampuan citra optik untuk menghasilkan citra yang bersih dari awan. Hujan yang terjadi hampir sepanjang tahun dan kebakaran hutan yang menimbulkan asap di musim kemarau menjadi kendala citra optik untuk menghasilkan citra yang baik.

Radio detecting and ranging (radar) telah memberikan alternatif untuk mengatasi keterbatasan informasi yang dapat diambil melalui data citra optik. Radar memiliki kemampuan untuk melakukan perekaman pada segala cuaca, baik pada siang atau malam hari, serta mampu mengatasi kendala tutupan

Tahapan penelitian secara lengkap disajikan pada Gambar 2-2.

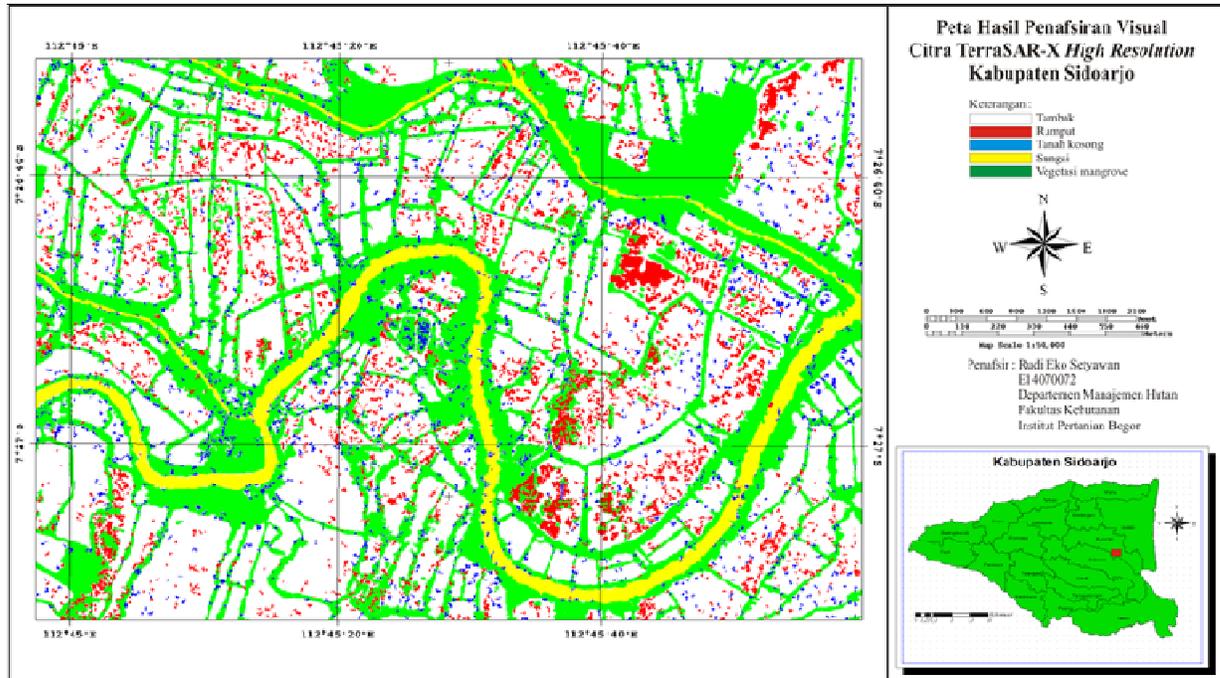


Gambar -2.2 Diagram alir metode penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Penafsiran visual dilakukan pada citra TerraSAR-X pada perekaman tahun 2007 di Desa Sawohan dengan luasan 247,4 Ha dengan bantuan citra Quickbird yang terdapat pada google earth. Proses

klasifikasi visual ini menggunakan klasifikasi manual pada software ENVI v4.7. Hasil penafsiran visual menghasilkan 5 jenis tutupan lahan, yaitu: padang rumput, tanah terbuka, sungai, vegetasi mangrove, dan tambak. Hasil penafsiran visual dapat dilihat pada Gambar 3-1.



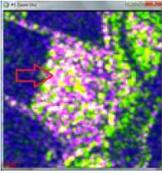
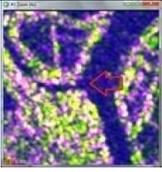
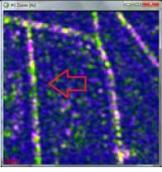
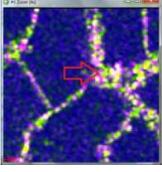
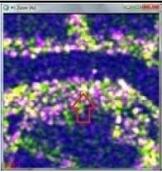
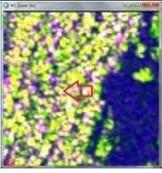
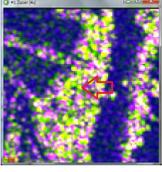
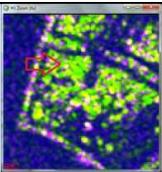
Gambar 3-1. Peta hasil penafsiran visual citra TerraSAR-X high resolution di Kabupaten Sidoarjo

Dari hasil penafsiran visual tersebut diperoleh luasan masing-masing tutupan lahan pada daerah penelitian yang disajikan pada Tabel 3-1.

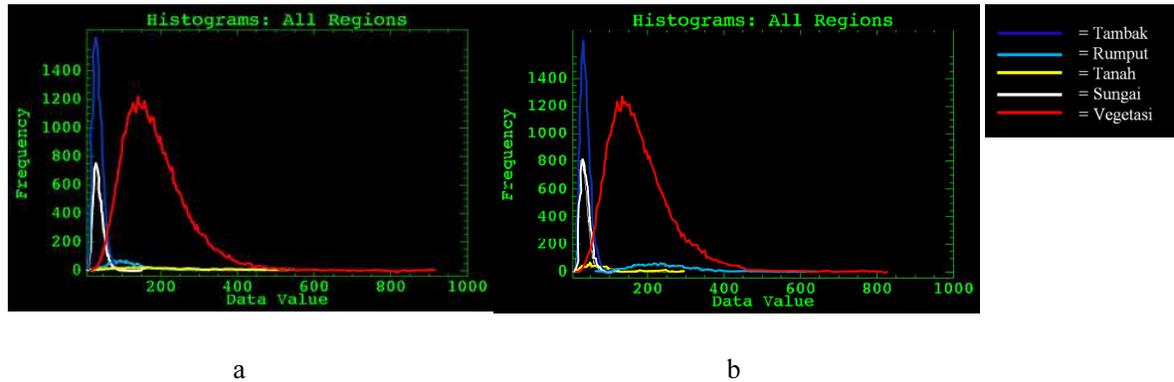
Tabel 3-1. Luasan hasil interpretasi visual tutupan lahan

Jenis tutupan lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)
Padang rumput	15,3	6,2
Tanah terbuka	7,93	3,2
Sungai	11,8	4,8
Vegetasi mangrove	76,5	30,9
Tambak	135,9	54,9
Total	247,4	100

Tabel 3-2. Beberapa pengamatan penutupan lahan di lapangan

No	Penutupan lahan	Tampilan pada citra TerraSAR-X	Pengamatan di lapangan
1	Tanah kosong		
2	Sungai		
3	Tambak		
4	Vegetasi mangrove dominasi <i>Avicennia</i> sp.		
5	Vegetasi mangrove dominasi <i>Rhizophora</i> sp.		
6	Vegetasi mangrove dominasi <i>Hibiscus tiliaceus</i>		
7	Vegetasi mangrove dominasi <i>Xylocarpus</i> sp.		
8	Rumput		

Pada analisis digital, karakteristik spektral setiap kelas dari citra TerraSAR-X dapat dilihat pada Gambar 3-2.



Gambar 3-2. Histogram masing-masing kelas pada polarisasi HH [a] dan VV [b]

Analisis separabilitas ini merupakan analisis dalam klasifikasi untuk mengetahui tingkat atau daya keterpisahan bagi semua pasangan kelas yang disajikan dalam bentuk matriks. Tujuan dari analisis separabilitas ini adalah untuk membuat kelas-kelas penutupan lahan yang benar-benar terpisah satu dengan yang lain. Semakin besar nilai keterpisahan antar kelas berarti semakin baik hasil klasifikasi tersebut dan setiap kelas dapat dibedakan dengan jelas. Evaluasi separabilitas dari 5 kelas penutupan lahan dari hasil penafsiran secara visual pada citra TerraSAR-X menggunakan metode *transformed divergence* dapat dilihat dalam Tabel 3-3.

Tabel 3-3. Nilai separabilitas *transformed divergence* pada citra TerraSAR-X

Kelas	Tambak	Rumput	Tanah	Sungai	Mangrove
Tambak	-	1,999	1,939	0,011*	1,877
Rumput	1,999	-	1,999	1,999	1,619
Tanah	1,939	1,999	-	1,963	1,803
Sungai	0,011*	1,999	1,923	-	1,890
Mangrove	1,877	1,619	1,803	1,890	-

Pengelompokan piksel pada citra TerraSAR-X ke dalam 5 kelas penutupan lahan yang berbeda pada kombinasi band HH dan VV dengan metode *transformed divergence* memberikan nilai separabilitas yang berkisar dari 0 sampai 2,0. Hal ini menunjukkan seberapa baik keterpisahan antara pasangan kelas penutupan lahan. Nilai yang lebih besar dari 1,9 menunjukkan bahwa pasangan kelas penutupan lahan terpisah dengan sangat baik.

Beberapa model klasifikasi terbimbing diterapkan untuk mencari nilai akurasi yang paling tinggi dengan menggunakan data dari hasil penafsiran visual pada citra TerraSAR-X sebagai data acuannya. Diantaranya adalah metode klasifikasi *maximum likelihood*, *mahalanobis distance*, *minimum distance*,

parallelepiped dan *Support Vector Machine* (SVM). Besarnya nilai *overall accuracy* dan koefisien kappa pada masing-masing model terdapat dalam Tabel 3-4.

Tabel 3-4 Nilai *overall accuracy* dan koefisien kappa setiap model

Metode klasifikasi terbimbing	<i>Overall accuracy</i> (%)	Koefisien kappa
<i>Maximum likelihood</i>	71,10	0,4963
<i>Mahalanobis distance</i>	68,39	0,4927
<i>Minimum distance</i>	73,74	0,5352
<i>Parallelepiped</i>	70,69	0.4560
<i>Support Vector Machine</i> (SVM)	77,93*	0,5885*

Hasil *confusion matrix* dari klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM) dengan menggunakan citra TerraSAR-X polarisasi HH dan VV rekaman tahun 2007 ditampilkan pada Tabel 3-5.

Tabel 3-5. Confusion matrix ground truth pada metode Support Vector Machine (SVM)

No	Kelas	Tambak dan sungai (piksel)	Padang rumput (piksel)	Tanah lapang (piksel)	Vegetasi mangrove (piksel)	Total (piksel)
1	Tambak dan sungai (piksel)	619771	32397	10708	51963	714839
2	Padang rumput (piksel)	4313	22840	13	42576	69742
3	Tanah lapang (piksel)	11740	319	18229	47989	78277
4	Vegetasi mangrove (piksel)	26946	10878	2977	196621	237422
Total (piksel)		662770	66434	31927	339149	1100280
<i>Producer's accuracy (%)</i>		93.51	34.38	57.10	57.97	
<i>User's accuracy (%)</i>		86.70	32.75	23.29	82.81	
<i>Overall accuracy (%)</i>				77.9312		
<i>Kappa accuracy (%)</i>				58,85		

Pada Klasifikasi tidak terbimbing, Kelas awal yang dibentuk pada klasifikasi *k-means* dalam penelitian ini sebanyak 4 kelas. Besarnya nilai kesalahan-kesalahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3-6.

Tabel 3-6. Confusion matrix ground truth pada metode k-means

No	Kelas	Tambak dan sungai (piksel)	Padang rumput (piksel)	Tanah lapang (piksel)	Vegetasi mangrove (piksel)	Total (piksel)
1	Tambak dan sungai (piksel)	253464	1918	648	4467	260497
2	Padang rumput (piksel)	319870	17098	7561	30522	375051
3	Tanah lapang (piksel)	78531	23226	8528	84870	195155
4	Vegetasi mangrove (piksel)	12409	25745	18475	220286	276915
Total (piksel)		664274	67987	35212	340145	1107618
<i>Producer's accuracy (%)</i>		38,16	25,15	24,22	64,76	
<i>User's accuracy (%)</i>		97,30	4,56	4,37	79,55	
<i>Overall accuracy (%)</i>				45,09		
<i>Kappa accuracy (%)</i>				27,34		

Hutan mangrove yang terletak di Desa Sawohan, Sidoarjo adalah contoh hutan yang berada di tepi sungai, dekat dengan muara sungai. Pada citra RGB dengan susunan |HH|-|VV|-|HH-VV| menampilkan sejumlah objek yang satu dengan yang lainnya dapat dibedakan berdasarkan spektral dari objek, sehingga dapat ditafsir secara visual keberadaan kawasan mangrove kemudian dilakukan pemotongan pada kawasan tersebut. Objek-objek yang mampu diinterpretasi dari citra RGB tersebut dengan bantuan data hasil *ground check* di beberapa titik di lapangan tersaji pada Tabel 3-7. Identifikasi ini memberikan informasi jenis spesies penyusun mangrove di lapangan.

Pada penelitian ini, proses ekstraksi kawasan mangrove dilakukan dengan menggunakan metode klasifikasi yang menghasilkan nilai akurasi terbesar pada proses analisis penutupan lahan sebelumnya. Metode yang menghasilkan nilai akurasi terbesar ternyata adalah metode *Support Vector Machine* (SVM) pada klasifikasi terbimbing, sehingga setelah ditentukan daerah yang akan dijadikan sebagai *training area* kemudian dilakukan proses klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM). Tabel nilai separabilitas dapat dilihat pada Tabel 3-7.

Tabel 3-7. Nilai separabilitas *transformed divergence* pada hutan mangrove

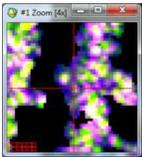
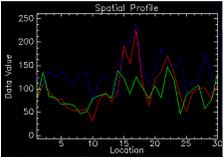
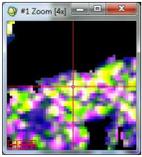
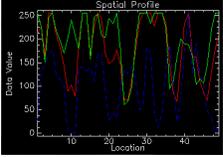
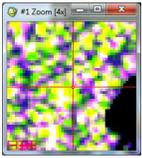
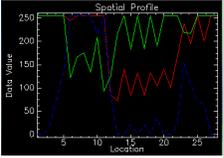
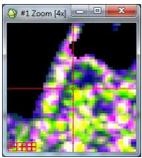
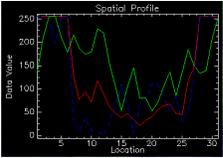
Kelas	<i>Avicennia alba</i>	<i>X.molucensis</i> dan <i>R.mucronata</i>	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Semak dan rerumputan
<i>Avicennia sp.</i>	-	0,943*	1,999	1,999
<i>Xylocarpus sp</i> dan <i>Rhizophora sp.</i>	0,943*	-	1,925	1,984
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	1,999	1,925	-	1,754
Semak dan rerumputan	1,999	1,984	1,754	-

Dari hasil analisis separabilitas dengan metode *transformed divergence*, objek *Avicennia sp.* dengan objek *Xylocarpus sp.* maupun *Rizophora sp.* kurang dapat dipisahkan. Hal ini dapat dilihat dari nilai separabilitas menggunakan kedua metode nilainya di bawah 1. Sehingga kedua objek ini perlu digabung menjadi satu kelas. Sedangkan pada objek *Hibiscus tiliaceus* dan semak menunjukkan bahwa kedua objek tersebut masih dapat dipisahkan dengan cukup baik.

Nilai intensitas piksel-piksel dari citra yang berada pada salah satu lapisan citra RGB memiliki pola fluktuasi yang khas untuk objek tertentu. Pengamatan tersebut dapat dilihat menggunakan horizontal profile. Pengamatan *horizontal profile* dan citra *gray scale* menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai intensitas suatu piksel, maka rona pada citra tersebut semakin cerah.

Hasil pengamatan *horizontal profile* pada Tabel 3-8 menunjukkan 3 buah garis, yaitu garis merah mewakili lapisan *red* dengan band HH, garis hijau mewakili lapisan *green* dengan band VV dan garis biru putus-putus mewakili lapisan *blue* dengan band HH-VV. Dari grafik tersebut dapat kita ketahui pola dari masing-masing polarisasi terhadap objek-objek yang berbeda.

Tabel 3-8. Hasil pengamatan setiap kelas mangrove pada citra, *horizontal profile* dan di lapangan

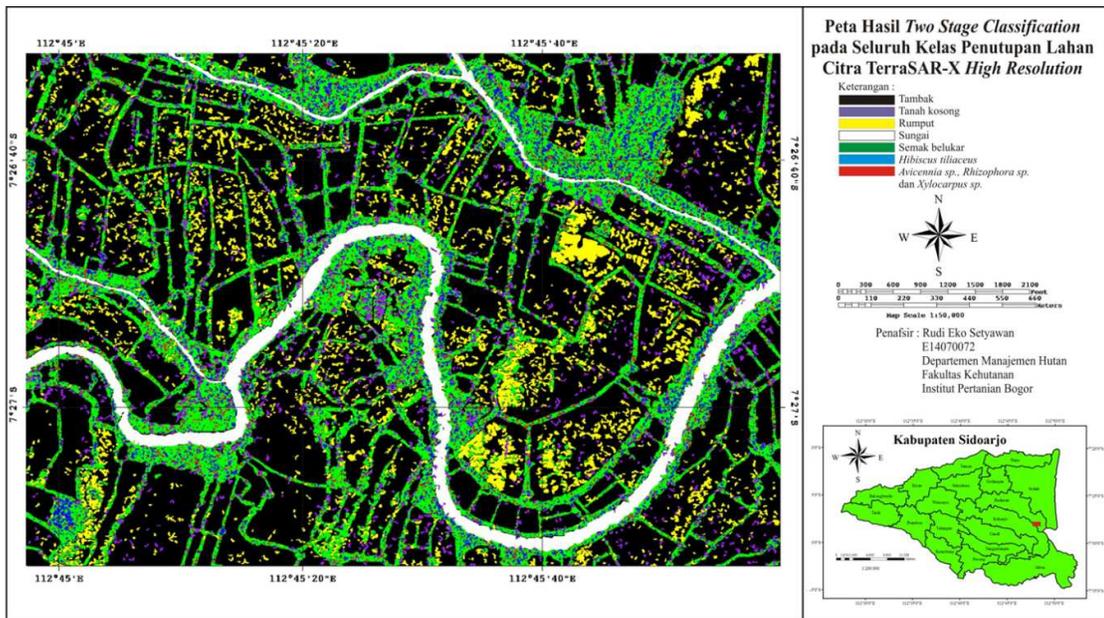
No	Kelompok mangrove	Objek di citra TerraSAR-X	Horizontal profile	Objek di lapangan
1	<i>Avicennia sp.</i>			
2	<i>Xylocarpus sp.</i> dan <i>Rizophora sp.</i>			
3	<i>Hibiscus tiliaceus</i>			
4	Semak dan rerumputan			

Objek *Avicennia sp.* yang telah diamati di lapangan penyebarannya berada di galangan tambak atau batas tambak dan sungai. Keberadaan spesies ini jarang dijumpai bercampur dengan spesies lain. Umumnya sejenis dan menggerombol namun tidak terlalu banyak. Spesies *Xylocarpus sp.* dan *Rhizophora sp.* Di lapangan keberadaannya memang pada umumnya saling bercampur. Sehingga kedua spesies ini memiliki pola yang tidak teratur. Hal ini memungkinkan adanya spesies lain yang hidup diantara spesies ini. Namun kedua spesies ini mempunyai dominasi yang tinggi. Tanah tempat tumbuh kedua spesies ini umumnya tergenang oleh air. Spesies *Hibiscus tiliaceus* yang ada di lapangan memiliki pola yang menggerombol sangat besar dan mendominasi tempat tersebut. Jarang dijumpai spesies lain pada gerombolan spesies ini. Kalaupun ada itu adalah tumbuhan bawah yang mampu tumbuh di sela-sela *Hibiscus tiliaceus*. Semak dan rerumputan yang ada pada kawasan mangrove sedikit berbeda dengan rerumputan yang ada pada bekas tambak atau galangan tambak. Jenis rumput yang tumbuh pada bekas tambak atau galangan tambak lebih pendek dibandingkan jenis rumput yang tumbuh bersama semak-semak pada kawasan mangrove.

Tabel 3-9 Confusion matrix ground truth mangrove pada metode Support Vector Machine (SVM)

No	Kelas	<i>Avicennia sp, Xylocarpus sp</i> dan <i>Rhizophora sp</i> (piksel)	<i>Hibiscus tiliaceus</i> (piksel)	Semak dan rerumputan (piksel)	Total (piksel)
1	<i>Avicennia sp, Xylocarpus sp</i> dan <i>Rhizophora sp</i> (piksel)	632	80	32	744
2	<i>Hibiscus tiliaceus</i> (piksel)	95	915	71	1081
3	Semak dan rerumputan (piksel)	37	65	2179	2281
Total (piksel)		764	1060	2282	4106
Producer's accuracy (%)		82,72	86,32	95,49	
User's accuracy (%)		84,95	84,64	95,53	
Overall accuracy(%)		90,7453			
Kappa accuracy (%)		84,30			

Hasil dari *stratified classification* yang berupa klasifikasi penutupan lahan secara umum dan klasifikasi hutan mangrove secara khusus menghasilkan total 7 kelas penutupan lahan. Gambar 3-3 menunjukkan hasil *stratified classification* pada seluruh kelas penutupan lahan. Besarnya akurasi klasifikasi keseluruhan ini merupakan rata-rata dari akurasi klasifikasi tahap pertama dan akurasi klasifikasi tahap kedua, yaitu akurasi umum sebesar 84,34 % dan akurasi kappa sebesar 71,58 %.



Gambar 3-3. Hasil *stratified classification* pada seluruh kelas penutupan lahan.

4. Kesimpulan dan saran

1. Klasifikasi tutupan lahan dengan metode klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM) adalah metode terbaik dari 6 metode klasifikasi terbimbing dan tidak terbimbing pada citra TerraSAR-X *high resolution spotlight mode* dengan akurasi total 77,93 % dan akurasi kappa 58,85 %.
2. Nilai akurasi pada klasifikasi hutan mangrove menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) dan menghilangkan objek-objek non mangrove adalah sebesar 90,74 % dan akurasi kappa sebesar 84,30 %.
3. Citra RGB dengan susunan [HH - VV - (HH-VV)] dari *dual polarization* HH dan VV dapat menghasilkan 3 kelas kelompok spesies penyusun mangrove, yaitu kelas kelompok spesies *Avicennia sp.*, *Xylocarpus sp.* dan *Rhizophora sp.*, kelas kelompok spesies *Hibiscus tiliaceus*, dan kelas kelompok spesies semak dan rumput.
4. Hasil klasifikasi secara keseluruhan penutupan lahan dengan menggunakan metode *stratified classification* yang menghasilkan 7 kelas mempunyai *overall accuracy* sebesar 84,34 % dan *kappa accuracy* sebesar 71,58 %.

Pada penelitian lebih lanjut, perlu mencoba metode klasifikasi *Support Vector Machine* (SVM) dari citra TerraSAR-X *high resolution* dengan *dual polarization* (HH dan VV) pada kawasan hutan mangrove di tempat lain. Hal ini untuk menguji kekonsistenan karakteristik citra TerraSAR-X tersebut terhadap objek yang mirip. Selain itu, untuk meningkatkan akurasi dalam pengolahan citra perlu menggunakan citra radar dengan *full polarization*.

5. Daftar Rujukan

- Arifin, S. 2007. Identifikasi Penutup Lahan Menggunakan Data Polarimetrik Satelit ALOS Palsar. Berita Inderaja 8(11).
- Barus B dan Wiradisastra US. 1997. Sistem Informasi Geografi. Bogor: Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Daulay, S. 2011. [Tesis] Kajian Karakteristik Backscatter Citra Alos Palsar Pada Hutan Hujan Tropis. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- DZLR. 2010. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DZLR). Artist view of the TerraSAR-X satellite in the orbit. http://www.fhr.fraunhofer.de/fhr/site/drucken_c628_f7_en.html [21 Juni 2011].
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1982. Management and Utilization of Mangrove in Asia and the Pacific. Roma: FAO.
- Fritz T dan Eineder M. 2006. TerraSAR-X Ground Segment: Basic Product Specification Document. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DZLR). Jerman
- Hendrayanti, IN. 2008. [Skripsi] Kajian Citra Alos Palsar Resolusi Rendah Untuk Klasifikasi Tutupan Hutan dan Lahan Skala Regional Pulau Jawa. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- JAXA. 2006. Advanced Land Observing Satelit (ALOS). Japan Aerospace Exploration Agency [JAXA]. PALSAR Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar. <http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/about/palsar.htm> [16 Februari 2011].
- Jaya, INS. 2007. Analisis Citra Digital: Perspektif Penginderaan Jauh Untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB.
- Puminda, AE. 2010. [Skripsi] Identifikasi Tutupan Lahan dengan Citra Alos Palsar Resolusi 50 m dan 12,5 m (Studi Kasus di Propinsi D.I. Yogyakarta dan Jawa Tengah). Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Riansyah, D. 2008. . [Skripsi] Eksplorasi Alos Palsar Menggunakan Polsarpro V3.0 dengan Areal Kajian PT. Sang Hyang Seri, Subang, Jawa Barat. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.