

PENGGUNAAN METODE KLASIFIKASI BERLAPIS PADA INTEGRASI CITRA DIGITAL ASTER DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFI UNTUK PEMETAAN HUTAN MANGROVE

(Studi Kasus di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah)

David Oktaviandi¹, Franto², & Agus Siswanto³

¹ Dewan Riset daerah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

² Dosen Universitas Bangka Belitung, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

³ Alumni Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

E-mail: david.oktaviandi@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Propinsi Jawa Tengah. Tujuan penelitian ini adalah 1) menyusun peta persebaran hutan mangrove dengan menggunakan metode klasifikasi berlapis yang berisi informasi tentang luasan, persebaran, jenis – jenis mangrove dominan, dan kerapatannya di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan, 2) mengkaji manfaat dan keterbatasan metode klasifikasi berlapis pada integrasi citra digital ASTER dan Sistem Informasi Geografis untuk pemetaan hutan mangrove di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan. Metode penelitian yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah metode klasifikasi berlapis pada integrasi citra digital ASTER dan sistem informasi geografis. Prosedur klasifikasi berlapis pada penelitian ini terdiri dari tiga tingkatan klasifikasi dengan menggabungkan analisis sistem informasi geografis dan beberapa metode klasifikasi yang meliputi interpretasi citra secara visual, klasifikasi multispektral secara terselia, transformasi indeks vegetasi, dan klasifikasi berbasis pengetahuan ke dalam satu kerangka kerja. Kerja lapangan menggunakan metode *stratified random sampling* dilakukan untuk mencocokkan hasil interpretasi dan memperoleh data lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas kawasan hutan mangrove di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan mencapai 424,87 Ha. Kerapatan hutan mangrove yang ada di daerah penelitian digolongkan menjadi lima kelas kerapatan, sedangkan jenis mangrove dominannya digolongkan menjadi sembilan kelas vegetasi. Metode klasifikasi berlapis pada integrasi citra digital ASTER dan sistem informasi geografis sangat bermanfaat dan efektif untuk dipergunakan dalam pemetaan hutan mangrove. Metode klasifikasi berlapis memiliki keterbatasan yang harus selalu diperhatikan. Apabila terdapat kesalahan pada lapis pertama dalam prosedur klasifikasi berlapis, maka kesalahan tersebut akan menurun pada lapis kedua, ketiga dan seterusnya. Namun dengan benar – benar memperhatikan kelemahan metode klasifikasi berlapis ini, maka diharapkan kesalahan yang terjadi dapat diminimalisir.

Kata kunci : klasifikasi berlapis, citra digital, sistem informasi geografi, pemetaan, hutan mangrove.

PENDAHULUAN

Hutan mangrove di Kepulauan Karimunjawa, terutama di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan sebagian besar telah mengalami banyak tekanan dari masyarakat. Tekanan dari masyarakat tersebut adalah berupa konversi menjadi tambak, penebangan liar untuk

kayu bakar, kerajinan, membangun rumah atau membuat kapal dan sebagainya. Kondisi ini menyebabkan kawasan yang semula hutan mangrove dengan fungsinya sebagai zona perlindungan berubah menjadi tambak sebagai lahan pemanfaatan yang eksploitatif (Sunyoto, 2005). Melihat kondisi seperti ini maka di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan perlu dilakukan pemetaan hutan mangrove sehingga diperoleh data yang terkini (*up to date*) yang hasilnya dipergunakan sebagai dasar pengukuhan kawasan hutan, penyusunan neraca sumber daya hutan, penyusunan rencana kehutanan, dan sistem informasi kehutanan sebagaimana yang disebutkan dalam Pasal 13 UU RI No. 41 tahun 1999.

Supaya kegiatan pemetaan hutan mangrove bisa dilakukan dengan efisien maka diperlukan teknik yang cepat dan akurat. Hal ini dikarenakan perubahan luasan hutan mangrove terjadi relatif cepat dan lokasi yang sulit dijangkau. Salah satu citra satelit penginderaan jauh yang bisa digunakan dalam membantu pelaksanaan pemetaan hutan mangrove ini adalah citra satelit penginderaan jauh sistem ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*). Metode yang bisa dipakai dalam pemetaan hutan mangrove yang mana melibatkan penggunaan data penginderaan jauh dan data-data fisik lahan adalah metode klasifikasi berlapis di dalam integrasi data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Dengan metode ini, maka informasi diekstrak dengan menggunakan dua atau lebih peta (data spasial) melalui proses bertingkat yang terdiri dari dua langkah atau lebih sebagai dasar klasifikasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah pertama, menyusun peta persebaran hutan mangrove dengan menggunakan metode klasifikasi berlapis yang berisi informasi tentang luasan, persebaran, jenis – jenis mangrove dominan, kerapatan dan kerusakannya di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan. Kedua, mengkaji manfaat dan keterbatasan metode klasifikasi berlapis pada integrasi citra digital ASTER dan Sistem Informasi Geografis untuk pemetaan hutan mangrove di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan.

GAMBARAN UMUM DAERAH PENELITIAN

Kepulauan Karimunjawa merupakan gugusan kepulauan yang secara administratif merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Jepara Jawa Tengah. Secara geografis kepulauan ini terletak pada 5° 40' - 5° 57' LS dan 110° 4' - 110° 40' BT, dengan jarak ± 50 mil laut dari Pelabuhan Jepara. Pulau Karimunjawa terletak pada kordinat 5° 49'3" - 5°53'22" LS dan 110° 24'34" - 110° 28'37" BT seluas 4.302,5 Ha.

Pulau Karimunjawa merupakan pulau terbesar di Kepulauan Karimunjawa dan merupakan pulau yang dihuni oleh penduduk. Umumnya pantainya berpasir putih dan sangat landai. Pulau Kemujan sebagai pulau terbesar kedua di kepulauan ini terletak pada koordinat 5° 46'24" - 5°59'16" LS dan 110°26'55" - 110° 29'38" BT, seluas 1.501,5 Ha dan merupakan pulau yang juga dihuni oleh penduduk. Pulau ini berada di sebelah utara pulau Karimunjawa. Pulau Karimunjawa dan Kemujan terhubung satu sama lain dengan sebuah terusan.

Prosedur klasifikasi dalam klasifikasi berlapis pada penelitian ini adalah meliputi pemisahan antara zonasi kawasan hutan mangrove dan non-hutan mangrove yang lalu dilanjutkan dengan mengelaskan kawasan hutan mangrove menjadi kelas - kelas jenis mangrove dominan dan kelas kerapatan hutan mangrove. Langkah pemisahan ini dilakukan melalui dua tahap secara bertingkat dengan menggunakan dua buah peta yang dibuat sebagai dasar klasifikasi. Setelah dapat ditentukan zonasi kawasan hutan mangrove, langkah pada tingkatan selanjutnya adalah melakukan pengkelasan kawasan hutan mangrove ke dalam jenis - jenis mangrove dominan, kelas - kelas kerapatan hutan mangrove dan kondisi hutan mangrove.

Dengan adanya struktur bertingkat pada metode klasifikasi ini, maka dimungkinkan banyak klasifikasi yang rumit diputuskan dengan mengisolasi dan memfokuskan objek tertentu dari objek lainnya. Pada setiap tingkatan, data input dilakukan klasifikasi untuk pemisahan antara kawasan hutan mangrove dan kawasan non - hutan mangrove. Metode yang dipergunakan dalam pengklasifikasian dalam setiap tingkatan klasifikasi berlapis ini memakai pendekatan klasifikasi berbasis pengetahuan (*knowledge-based classification*).

HASIL

1. Prosedur Klasifikasi Berlapis Tingkat Pertama

Peta Elevasi

Langkah tingkat pertama dalam prosedur klasifikasi berlapis ini digunakan peta elevasi untuk menelusuri agihan hutan mangrove. Data elevasi diperoleh berdasarkan peta rupabumi dan hasil pengukuran di lapangan. Kelas-kelas elevasi yang telah ada pada daerah penelitian digunakan untuk menelusuri agihan hutan mangrove.

Pemisahan kawasan hutan mangrove - bukan hutan mangrove dilakukan berdasarkan hubungan keterkaitan antara kelas elevasi dengan agihan hutan mangrove.

Tabel 1. *Matriks hubungan antara kelas elevasi dengan agihan kawasan hutan Mangrove*

	Kelas Elevasi		
	0 - 1 meter	1 - 2 meter	> 2 meter
Kawasan Hutan Mangrove	***	**	
Kawasan Non -Hutan Mangrove	**	**	***

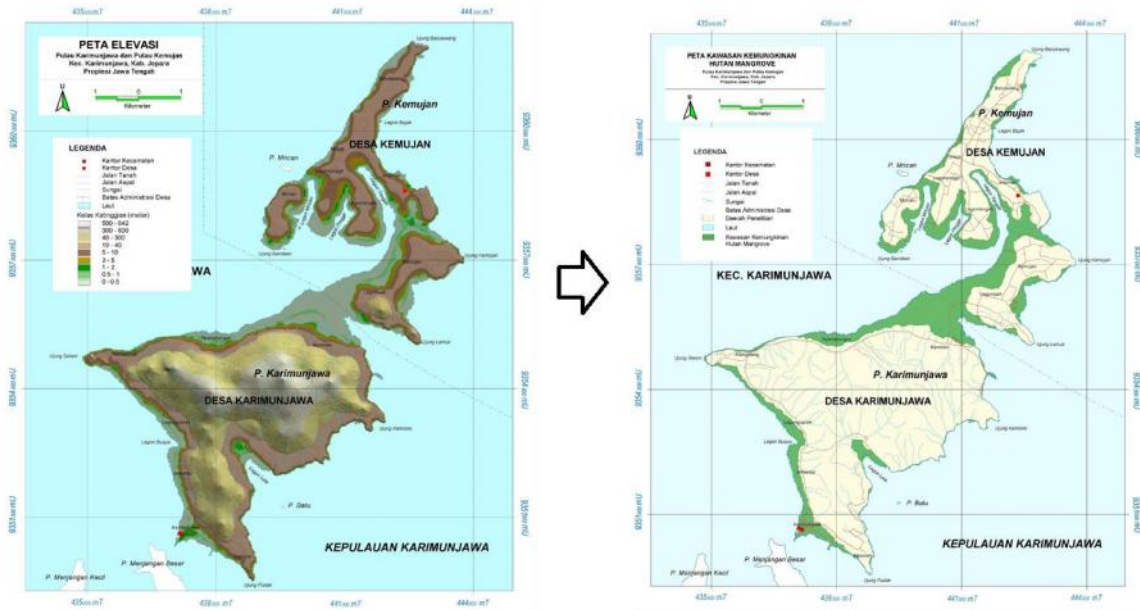
Adapun isinya berupa :

*** : hubungan ekologis sangat kuat, diukur dari : frekuensi kemunculan kelas elevasi terhadap agihan kawasan hutan mangrove.

** : hubungan ekologis sedang, frekuensi lebih rendah dari ***.

* : hubungan ekologis lemah, frekuensi paling rendah meskipun kemunculan ada.

kosong : tidak ada hubungan sama sekali.



Gambar 3. Peta Elevasi Daerah Penelitian

2. Prosedur Klasifikasi Berlapis Tingkat Kedua

Kawasan yang kemungkinan merupakan hutan mangrove sebagai hasil prosedur klasifikasi berlapis tingkat pertama, dilakukan klasifikasi ke dalam satuan-satuan bentuklahan. Dengan menggunakan pengenalan satuan-satuan bentuklahan ini maka dapat ditentukan dengan pasti kawasan mana saja yang merupakan zonasi kawasan hutan mangrove pada daerah penelitian. Penyesuaian data satuan bentuklahan diperoleh melalui interpretasi citra ASTER komposit warna 321. Identifikasi bentuklahan dari citra didasarkan atas karakteristik citra, ekspresi morfologi, topografi dan relief, serta kondisi penutup lahannya.

Berdasarkan identifikasi citra ASTER diperoleh bentuklahan daerah penelitian yaitu Gisik (M3), Rataan Pasangsurut Tidak Bervegetasi (M10), Rataan Pasangsurut Bervegetasi Sangat Sering Tergenang A (M9.1.a), Rataan Pasangsurut Bervegetasi Sangat Sering Tergenang B (M9.1.b), Rataan Pasangsurut Bervegetasi Sering Tergenang (M9.2), Rataan Pasangsurut Bervegetasi Jarang Tergenang (M9.3), Rataan Pasangsurut Bervegetasi Sangat Jarang Tergenang (M9.4), dan Dataran Aluvial Pantai (M11).

Pemisahan Kawasan Hutan Mangrove - Bukan Hutan Mangrove dilakukan berdasarkan hubungan keterkaitan antara bentuklahan dengan agihan hutan mangrove.

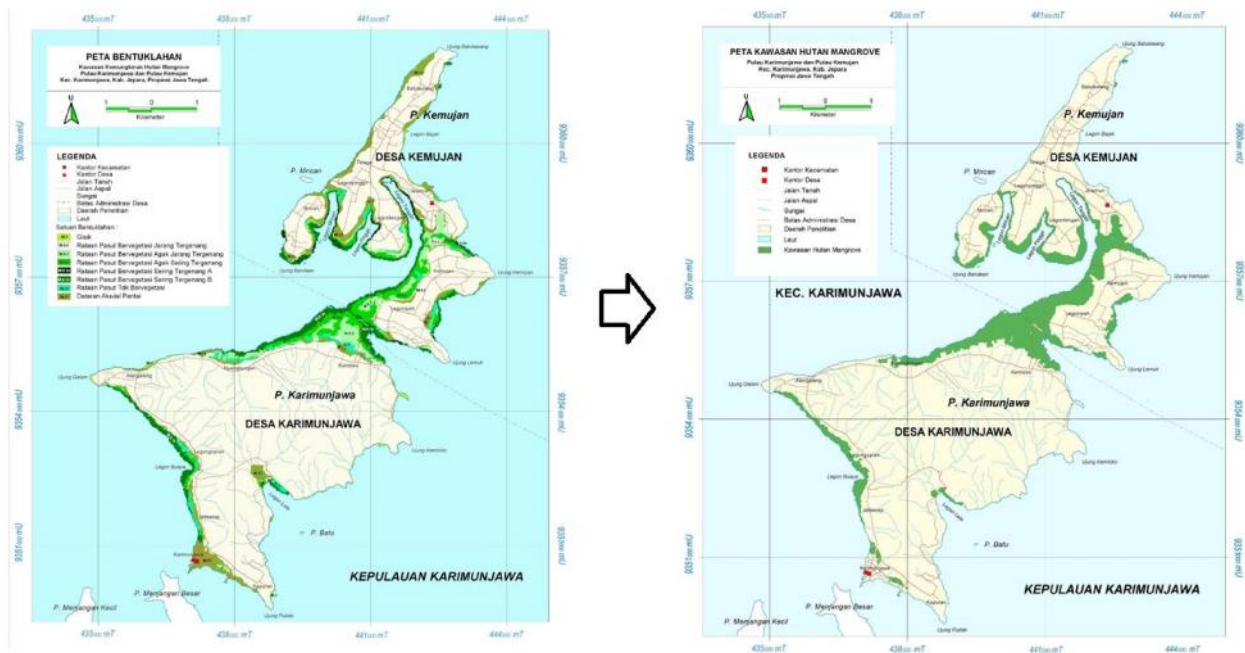
Tabel 2 Matriks hubungan antara satuan bentuklahan dengan agihan kawasan hutan mangrove

	Satuan Bentuklahan						
	M3	M 9.1	M 9.2	M 9.3	M 9.4	M10	M11
Kawasan Hutan Mangrove		***	***	***	***		
Kawasan Non -Hutan Mangrove	***					***	***

Adapun isinya berupa :

*** : hubungan ekologis sangat kuat, diukur dari : frekuensi kemunculan satuan bentuklahan terhadap agihan kawasan hutan mangrove.

- ** : hubungan ekologis sedang, frekuensi lebih rendah dari ***.
- * : hubungan ekologis lemah, frekuensi paling rendah meskipun kemunculan ada.
- kosong : tidak ada hubungan sama sekali.



Gambar 4. Peta Bentuklahan Daerah Penelitian

3. Prosedur Klasifikasi Berlapis Tingkat Ketiga

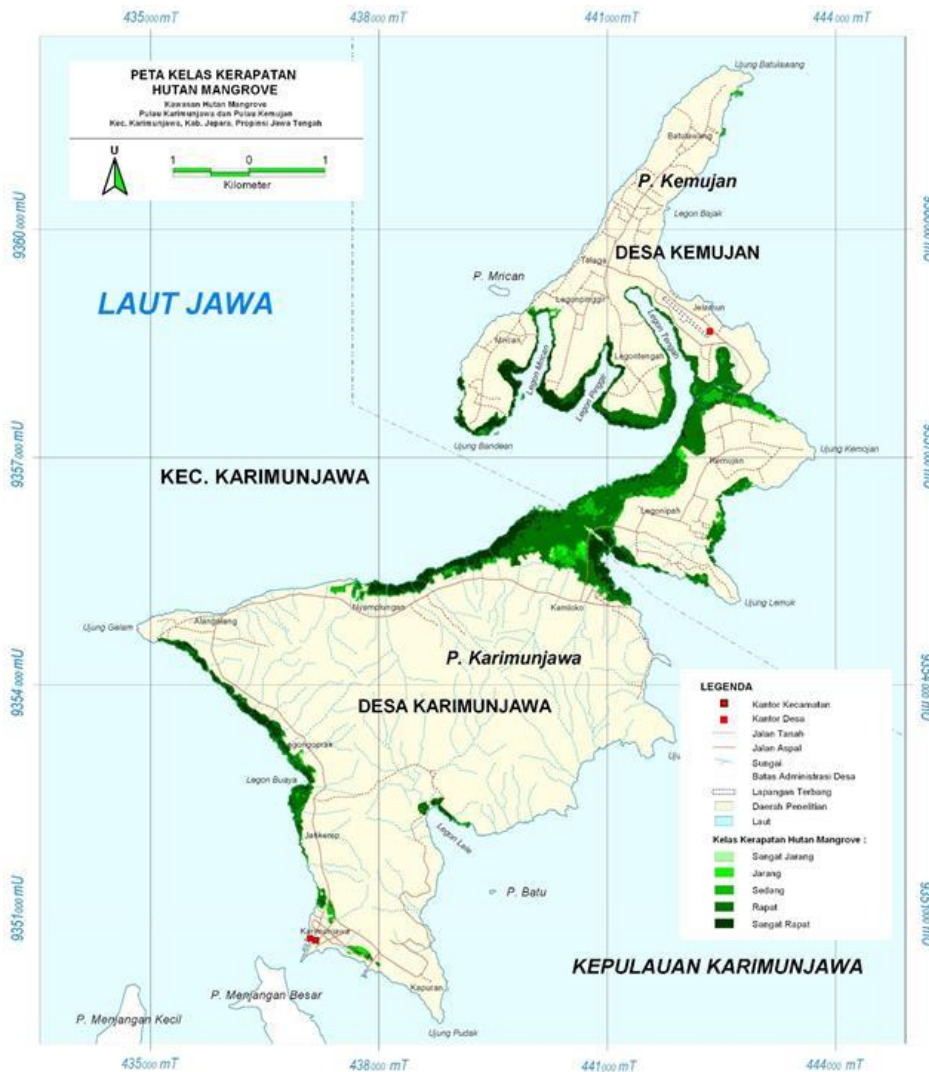
Kawasan hutan mangrove yang dihasilkan dari klasifikasi berlapis tingkat kedua adalah zonasi kawasan hutan mangrove daerah penelitian. Berdasarkan zonasi tersebut maka dapat ditentukan peta persebaran hutan mangrove pada daerah penelitian yang berisi informasi jenis-jenis mangrove dominan dengan informasi tingkat kerapatannya.

Peta Kelas Kerapatan Hutan Mangrove

Penyusunan peta kelas kerapatan hutan mangrove dilakukan dengan menggunakan citra NDVI kawasan hutan mangrove yang dikorelasikan berdasarkan persamaan regresi dengan data kerapatan kanopi mangrove hasil survei lapangan.

Persamaan regresi linear yang diperoleh dari hubungan dua variabel, dimana y adalah kerapatan vegetasi mangrove di lapangan, dan x adalah nilai spektral citra NDVI, adalah sebagai berikut :

$$y = (93,062x) + 3,248$$



Gambar 5. Peta Kerapatan Hutan Mangrove Daerah Penelitian

Peta Jenis Mangrove Dominan

Peta jenis mangrove dominan pada daerah penelitian dapat diperoleh dengan menumpangsusunkan peta penutup lahan kawasan hutan mangrove yang berisi informasi kelas - kelas vegetasi mangrove yang masih memiliki akurasi yang tidak begitu tinggi dengan peta bentuklahan dengan menggunakan pengontrol matriks dua dimensi hubungan keterkaitan antara kelas penutup lahan dengan satuan bentuklahan. Matriks hubungan keterkaitan antara satuan bentuklahan dengan kelompok jenis mangrove dominan dibuat berdasarkan hasil kerja lapangan

Berdasarkan matriks yang telah dibuat maka ditentukan aturan dalam penentuan jenis mangrove dominan pada daerah penelitian yaitu :

Tabel 3. Aturan Penentuan Jenis Mangrove Dominan berdasarkan Peta Penutup Lahan dengan Peta Bentuklahan

Kelas Penutup Lahan	Satuan Bentuklahan	Jenis Mangrove Dominan
1, 2, 3, 5, 8, 9	M.9.1a	<i>R. apiculata</i>
1, 3, 8, 9	M.9.1b	
1, 2, 7	M.9.2	
1, 2, 6	M.9.3	
4	M.9.1a	<i>R. apiculata - R. stylosa</i>
4	M.9.1b	
4	M.9.2	
4	M.9.3	
6	M.9.1a	<i>R. apiculata - R. mucronata</i>
6	M.9.1b	
6	M.9.2	
2	M.9.1a	<i>R. apiculata - S. alba</i>
2	M.9.1b	
5	M.9.1b	<i>R. stylosa - A. marina</i>
5	M.9.2	
3	M.9.2	<i>L. littorea - L. racemosa</i>
3, 5	M.9.3	
3, 1, 4, 5	M.9.4	
7	M.9.3	<i>c. tagal</i>
7	M.9.4	
8	M.9.2	Variasi 1
8	M.9.3	
6, 8, 9	M.9.4	
9	M.9.2	Variasi 2
9	M.9.3	
9, 2, 6, 9	M.9.4	

Keterangan Kelas Penutup Lahan :

- | | |
|---|---|
| 1. = <i>R. apiculata</i> | 6. = <i>R. apiculata - R. mucronata</i> |
| 2. = <i>R. apiculata - S. alba</i> | 7. = <i>c. tagal</i> |
| 3. = <i>L. littorea - L. racemosa</i> | 8. = Variasi 1 |
| 4. = <i>R. apiculata - R. apiculata</i> | 9. = Variasi 2 |
| 5. = <i>R. stylosa - A. marina</i> | |

Keterangan Satuan Bentuklahan Kawasan Hutan Mangrove :

- M.9.1a Rataan Pasangsurut Bervegetasi Sering Tergenang A
 M.9.1b Rataan Pasangsurut Bervegetasi Sering Tergenang B
 M.9.2 Rataan Pasangsurut Bervegetasi Agak Sering Tergenang
 M.9.3 Rataan Pasangsurut Bervegetasi Agak Jarang Tergenang
 M.9.4 Rataan Pasangsurut Bervegetasi Jarang Tergenang



Gambar 6. Peta Jenis Mangrove Dominan di Daerah Penelitian

PEMBAHASAN

Penggunaan metode klasifikasi berlapis yang dipergunakan pada penelitian ini sangat berguna dalam memfokuskan objek hutan mangrove dengan cara menggunakan peta elevasi dan peta bentuklahan untuk mengisolasi objek hutan mangrove dari objek lainnya di permukaan bumi.

Peta elevasi dipergunakan pada lapis pertama, karena kemampuannya untuk mengisolasi objek vegetasi mangrove dari vegetasi lainnya cukup baik dan dengan tingkat kesalahan dalam mengisolasi yang cukup rendah mengingat dalam metode klasifikasi berlapis, lapis pertama ini sangat memegang peranan yang sangat penting dalam proses klasifikasi selanjutnya. Dimana apabila terjadi kesalahan pada lapis pertama, maka lapis selanjutnya akan terjadi kesalahan juga dan begitu pula lapis selanjutnya.

Berdasarkan peta elevasi maka diperoleh kawasan kemungkinan hutan mangrove pada daerah penelitian. Dengan melakukan pembuatan peta bentuklahan pada kawasan ini dengan jalan melakukan interpretasi secara visual citra ASTER, maka agihan hutan mangrove dapat diketahui dengan pasti. Penggunaan peta bentuklahan pada pemetaan hutan mangrove ini sangat penting mengingat hutan mangrove memiliki tempat tumbuh yang khas yang dapat dikenali menggunakan satuan bentuklahan. Agihan hutan mangrove yang diperoleh berdasarkan peta bentuklahan ini akan mempunyai akurasi yang baik, karena luasan kawasan yang dikaji jauh lebih sempit yaitu hanya 704 hektar dari total luas daerah penelitian sebesar 3196 hektar. Hal ini sangat mendukung peneliti untuk bisa lebih

fokus pada kawasan tersebut terutama saat interpretasi bentuklahan dan kerja lapangan.

Lapis ketiga dari prosedur klasifikasi berlapis ini adalah melakukan pengkelasan kawasan hutan mangrove daerah penelitian ke dalam kelas - kelas menurut kerapatan dan jenis mangrove dominannya. Metode yang dipakai untuk melakukan pengkelasan ini menggunakan transformasi indeks vegetasi NDVI, sedangkan metode yang dipergunakan untuk pengkelasan jenis mangrove dominan ini adalah menggunakan metode klasifikasi berbasis pengetahuan.

Menurut kerapatan kanopinya, kawasan hutan mangrove dibedakan menjadi lima kelas, yaitu sangat rapat, rapat, sedang, jarang dan sangat jarang, sedangkan menurut jenis - jenis dominannya, kawasan hutan mangrove dibedakan menjadi sembilan kelas, yaitu kelas *R. apiculata*, kelas *R. apiculata* - *S. alba*, kelas *R. mucronata* - *R. apiculata*, *R. apiculata* - *R. stylosa*, *L. littorea* - *L. racemosa*, *R. stylosa* - *A. marina*, kelas *C. tagal*, kelas *L. littorea* - *L. racemosa* - *E. agallocha* - *A. aureum* (Variasi 1), kelas vegetasi *C. tagal* - *B. gymnorrhiza* - *E. agallocha* - *R. apiculata* (Variasi 2). Dengan melakukan tumpang susun peta kelas kerapatan dan peta jenis mangrove dominan, maka diperoleh peta persebaran hutan mangrove pada daerah penelitian yang berisi informasi jenis mangrove dominan beserta kerapatan kanopinya.

Apabila dibandingkan dengan hanya menggunakan satu metode atau satu sumber data utama, misalnya melakukan pemetaan hutan mangrove hanya dengan menggunakan metode klasifikasi multispektral suatu citra penginderaan jauh, maka dengan menggunakan klasifikasi berlapis akan diperoleh akurasi yang lebih tinggi.

Meskipun terdapat kelebihan yang dimiliki oleh metode klasifikasi berlapis, metode ini memiliki kelemahan atau keterbatasan yang harus selalu diperhatikan. Apabila terdapat kesalahan pada lapis pertama dalam prosedur klasifikasi berlapis, maka kesalahan tersebut akan menurun pada lapis kedua, ketiga dan seterusnya. Namun dengan benar - benar memperhatikan kelemahan metode klasifikasi berlapis ini, maka kesalahan terjadi dapat diminimalisir.

KESIMPULAN

1. Metode klasifikasi berlapis pada integrasi citra digital ASTER dan sistem informasi geografis sangat bermanfaat dan efektif untuk dipergunakan dalam pemetaan hutan mangrove terutama dalam penentuan persebaran, luasan, jenis-jenis mangrove dominan dan kerapatannya.
2. Metode klasifikasi berlapis memiliki keterbatasan yang harus selalu diperhatikan. Apabila terdapat kesalahan pada lapis pertama dalam prosedur klasifikasi berlapis, maka kesalahan tersebut akan menurun pada lapis kedua, ketiga dan seterusnya. Namun dengan benar - benar memperhatikan kelemahan metode klasifikasi berlapis ini, maka diharapkan kesalahan yang terjadi dapat diminimalisir
3. Luas kawasan hutan mangrove di Pulau Karimunjawa dan Pulau Kemujan berdasarkan pemetaan hutan mangrove menggunakan metode klasifikasi berlapis adalah sebesar 424,87 hektar.
4. Zonasi jenis mangrove dominan yang ditentukan berdasarkan penelitian menghasilkan sembilan kelas jenis, yaitu : a). *R. Apiculata* seluas 81,85 Ha, b). *R. apiculata* - *S. alba* seluas 3,33 Ha, c). *R. mucronata* - *R. apiculata* seluas 62,05 Ha, d). *R. apiculata* - *R. stylosa* seluas 48,21 Ha, e). *L. littorea* - *L. racemosa* seluas 46,22 Ha, f). *R. stylosa* - *A. marina* seluas 5,07 Ha, g). *C. tagal* seluas 6,32 Ha, h). *L. littorea* - *L. racemosa* - *E. agallocha* - *A. aureum* (Variasi 1) seluas 93,61 Ha, i). *C. tagal* - *B. gymnorrhiza* - *E. agallocha* - *R. apiculata* (Variasi 2) seluas 78,19 Ha. Batas antar zonasi mangrove dominan tidak secara tegas dapat dibatasi pada citra ASTER dan juga di lapangan.

5. Informasi kerapatan hutan mangrove di daerah penelitian dibedakan menjadi lima kelas kerapatan, yaitu a). sangat jarang, seluas 0,67 Ha, b). jarang, seluas 13,3 Ha, c). sedang, seluas 64,04 Ha, d). Rapat, seluas 258,16 Ha, e). sangat rapat, seluas 88,7 Ha.
6. Kawasan hutan mangrove pada daerah penelitian yang dalam kondisi masih baik seluas 387,48 hektar dan yang telah mengalami kerusakan seluas 37,39 hektar.

REFERENSI

- BTNKJ. (III/2005). Ancaman Kelestarian Kawasan Mangrove TN Karimunjawa. *Nautilus*. Hal 7 – 9.
- Danoedoro, Projo. (1989). Hubungan Antara Konsentrasi Klorofil dan Informasi Spektral Vegetasi Pada Data Digital Multispektral SPOT Daerah Sekitar Lereng Gunungapi Merapi Bagian Selatan. *Skripsi*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.
- Danoedoro, Projo. (1993). The Use of Knowledge-Based Approaches in The Integration of Remote Sensing and Geographic Information System For Land Use Mapping : A Case Study of the Buffer Zone of Cibodas Biosphere Reserve, West Java, Indonesia, *Tesis*. The Netherlands : ITC.
- Danoedoro, Projo. (2006). Versatile Land-Use Information For Local Planning In Indonesia : Contents, Extraction Methods and Integration Based on Moderate- and High-Spatial Resolution Satellite Imagery, *Disertasi*. Queensland : University of Queensland.
- Sunyoto. (II/2005). Potensi Mangrove Karimunjawa. *Nautilus*, hal.10 – 14.
- Sutanto. (1992). *Penginderaan Jauh Dasar Jilid I*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Toomey *et. al.*, (2005). Multispectral Remote Sensing of Landscape Level Foliar Moisture: Techniques and Applications For Forest Ecosystem Monitoring. *can. J. For. Res.*, 35, hal.1087–1097.
- Vaiphasa, Chaichoke. (2006). Remote Sensing Techniques for Mangrove Mapping. *Dissertation*. The Netherlands : ITC.