

**ANALISIS PENGARUH KOMBINASI KANAL CITRA LANDSAT 8 TERHADAP HASIL
PEMETAAN SEBARAN TERUMBU KARANG DI PERAIRAN SELAT SEMPU
KABUPATEN MALANG**

**ARTIKEL SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Oleh:
ZAINAL ARIF SAYID
NIM. 125080600111047



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

**ANALISIS PENGARUH KOMBINASI KANAL CITRA LANDSAT 8 TERHADAP HASIL
PEMETAAN SEBARAN TERUMBU KARANG DI PERAIRAN SELAT SEMPU
KABUPATEN MALANG**

**ARTIKEL SKRIPSI
PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Sebagai salah satu Syarat untuk Memperoleh Gelar sarjana Kelautan di
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

Oleh:
ZAINAL ARIF SAYID
NIM. 125080600111047



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

ARTIKEL SKRIPSI

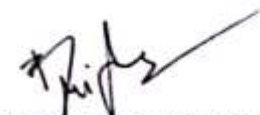
ANALISIS PENGARUH KOMBINASI KANAL CITRA LANDSAT 8 TERHADAP HASIL
PEMETAAN SEBARAN TERUMBU KARANG DI PERAIRAN SELAT SEMPU
KABUPATEN MALANG

Oleh :
ZAINAL ARIF SAYID
NIM. 125080600111047

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(Ir. Bambang Semedi, M.Sc., Ph.D)

NIP. 19621220 198803 1 004

Tanggal: 16 AUG 2016



(Citra Satrya Utama Dewi, S.Pl., M.Si)

NIK. 2013048401272001

Tanggal: 16 AUG 2016



(Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP)

NIP. 19630608 198703 1 003

Tanggal: 16 AUG 2016

ANALISIS PENGARUH KOMBINASI KANAL CITRA LANDSAT 8 TERHADAP HASIL PEMETAAN SEBARAN TERUMBU KARANG DI PERAIRAN SELAT SEMPU KABUPATEN MALANG

Oleh:

Bambang Semedi, Zainal Arif Sayid, Citra Satrya Utama Dewi
Mahasiswa Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya

ABSTRAK

Pulau Sempu memiliki karakteristik ombak dan arus yang besar serta terdapat banyak nutrisi yang terlarut. Pulau Sempu memiliki terumbu karang yang merupakan bagian terpenting dalam ekosistem laut. Penelitian mengenai terumbu karang secara insitu membutuhkan waktu, biaya, dan tenaga yang cukup tinggi. Penggunaan teknologi penginderaan jauh memudahkan untuk pendeteksian terumbu karang. Terdapat beberapa kanal dalam satu citra satelit, dari kombinasi-kombinasi kanal dapat digunakan untuk mengetahui informasi di permukaan bumi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kombinasi-kombinasi kanal untuk mengetahui informasi mengenai terumbu karang.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra landsat 8 dengan resolusi 30 meter yang dipertajam menjadi 15 meter. Keunggulan dari citra landsat 8 adalah memiliki band 1 yaitu ultra blue yang peka terhadap kondisi perairan. Metode pada lapang yang digunakan adalah metode stop and go dengan membuat jalur tracking dengan GPS dan foto yang memiliki koordinat. Hasil foto digunakan untuk dokumentasi dan perhitungan tutupan terumbu karang.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan luasan terumbu karang dari setiap kombinasi. Analisis menggunakan peta-peta yang telah terkoreksi kolom perairan menggunakan algoritma Lyzenga. Setiap kombinasi kanal menghasilkan perbedaan luasan dan informasi yang berbeda. Jenis kanal yang digunakan pada penelitian ini adalah kanal dengan kombinasi 31, 32, 41, 42, dan 43. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa kombinasi green dan ultra blue kanal 31 memiliki hasil akurasi 83,33%. Hal tersebut menunjukkan bahwa kanal 1 ultra blue memiliki sensitivitas yang tinggi pada perairan dan aerosol.

Kata kunci: Terumbu karang, penginderaan jauh, kombinasi kanal, Landsat 8

ABSTRACT

Sempu Island is categorized as a highly exposed coast with big wave, strong current, and high dissolved nutrient. Sempu island's coral reef plays a crucial role as marine ecosystem. An in situ study of coral reef require a considerably long period of time, high cost and effort. Remote sensing technology can be used to determine the coverage of coral reef within an ocean habitat. There are several bands within one satellite image. Bands combination can be used to acquire information from the earth's surface. The aim of this research is to determine band combinations to acquire information about coral reef's coverage.

Data used in this research acquired from Landsat 8 imagery. the landsat images are acquired in 30m resolution then enhanced into 15m. The advantage of landsat 8 imagery, that it has an additional ultra blue band that. Stop and go method is applied in field monitoring.

The result of this study shows coral reef area of each band combination. Type of the Landsat 8 band combination used in this studies is 31, 32, 41, 42, 43. The result proved band 1, ultra blue has a very good sensitivity of coastal studies. An ultra blue band is very sensitive into water surrounding that very supportive to be uses on coastal studies. The result shows 3-1 green and ultra blue band combination have a 83,33% accuracy result.

Keyword: Coral Reef, Remote Sensing, Band Combination, Landsat 8

Pendahuluan

Terumbu karang merupakan ekosistem yang memiliki produktifitas yang tinggi. Fungsi terumbu karang adalah sebagai penyuplai makanan untuk spesies-spesies yang berada disekitarnya dan menjaga keseimbangan ekosistem pesisir. Menurut Sorokin (1993) terumbu karang merupakan organisme yang hidup didasar Perairan dan berupa bentukan batuan kapur (CaCO_3) yang cukup untuk kuat menahan gaya gelombang laut. Salah satu parameter penting dalam ekosistem laut adalah terumbu karang.

Pentingnya fungsi terumbu karang merupakan salah satu alasan untuk mengetahui bagaimana kondisi terumbu karang. Pengamatan terumbu karang secara langsung membutuhkan biaya, waktu, dan tenaga yang cukup tinggi. Menurut Manullang (2014), penggunaan teknologi penginderaan jauh memudahkan untuk pendeteksian terumbu karang. Kelemahan dari penginderaan jauh adalah belum bisanya mendeteksi jenis dari karang. Penggunaan teknologi penginderaan jauh merupakan solusi untuk meminimalisir kebutuhan biaya, waktu, dan tenaga (Wahiddin *et.al*, 2015)

Penginderaan jauh merupakan ilmu untuk mendapatkan informasi mengenai permukaan bumi tanpa ada kontak langsung dengan objek. Monitoring terumbu karang sangat penting karena diperlukan untuk melihat bagaimana kondisi karang disuatu daerah. Monitoring terumbu karang dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung(Reid et al., 2009). Saat ini penggunaan teknologi penginderaan jauh menjadi suatu kebutuhan yang umum dimana

saat ini informasi mengenai lautan dapat diolah dan menjadi data yang berguna (Saitoh *et.al*, 2010).

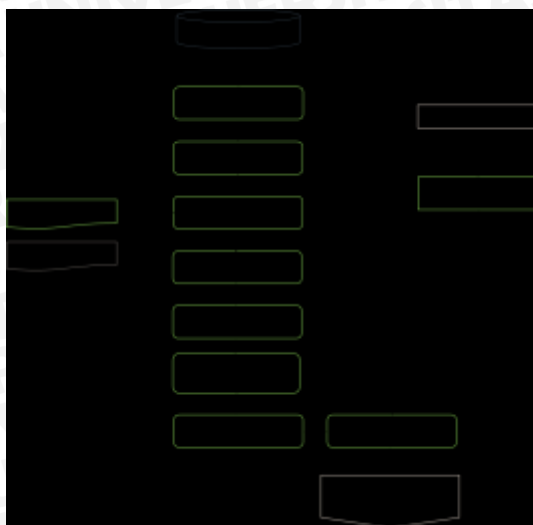
Penggunaan kombinasi kanal dari citra satelit dapat memberikan informasi mengenai keberadaan terumbu karang. Komposit citra untuk analisis terumbu karang berbeda dengan analisis pulau kecil. Kanal yang sesuai untuk objek-objek di air adalah kanal biru dan hijau (Asriningrum *et.al*, 2004).

Pulau Sempu terletak pada desa Tambak Rejo Kecamatan Sumbermanjing Wetan Kabupaten Malang Jawa Timur dengan letak geografis pada $8^{\circ}26'34.24''$ lintang selatan dan $112^{\circ}41'49.52''$ bujur timur. Pulau Sempu berhadapan langsung dengan Samudera Hindia yang memiliki karakteristik arus dan ombak yang besar serta relatif banyak nutrien yang terlarut (Luthfi, 2015). Pulau Sempu memiliki potensi sumberdaya alam yang tinggi pada kawasan pesisirnya seperti terumbu karang (BKSDA, 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui informasi mengenai kombinasi kanal citra Landsat 8 yang memiliki kanal baru dengan panjang gelombang $0.43\mu\text{m}$ - $0.45\mu\text{m}$. Kanal 1 pada landsat 8 disebut dengan kanal “*ultra blue*” yang memiliki kemampuan untuk mengetahui informasi mengenai kawasan pesisir secara spesifik.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada 7 Mei 2016 dengan dua tahapan yaitu pengolahan data citra satelit Landsat 8 dan melakukan survei insitu pada perairan Selat Sempu Kabupaten Malang.



Gambar 1 Alur Pengolahan Data Citra

Landsat 8

Ekstraksi citra Landsat 8 dilakukan untuk mendapatkan kanal-kanal citra dengan metadata. Ekstraksi citra Landsat 8 menghasilkan 11 kanal dan 1 file metadata yang berisi mengenai informasi spasial citra. Hasil ekstraksi citra digabungkan menggunakan perangkat lunak Envi 5.2. Penggabungan dilakukan pada ketujuh kanal tampak sesuai dengan file metadata yang telah tersedia. Untuk meminimalisir tingkat kesalahan data dilakukan beberapa koreksi seperti radiometrik, atmosferik, dan geometrik. Ketiga koreksi dilakukan menggunakan perangkat lunak Envi 5.2 dengan memasukkan file metadata, sehingga nilai-nilai yang dibutuhkan untuk koreksi secara otomatis akan masuk pada menu. Penajaman citra digunakan untuk memperbaiki data visual citra dari resolusi 30 meter menjadi 15 meter. Penajaman dilakukan dengan metode Gram Schmidt melalui perangkat lunak Envi 5.2.

Penggabungan kanal dilakukan untuk menghasilkan gambar multiimage untuk pendugaan habitat sebaran terumbu karang. Kombinasi kanal yang digunakan adalah kombinasi RGB 531, 532, 541, 542, dan 543. Pemilihan kanal 5 bertujuan untuk memperjelas kondisi darat. Hasil dari kombinasi tersebut kemudian dilakukan koreksi kolom perairan dengan menggunakan *depth invariant index* transformasi Lyzenga. Hasil dari transformasi Lyzenga kemudian diklasifikasi menjadi dua kelas yaitu karang dan bukan karang. Hasil uji lapang dilakukan untuk menguji akurasi kualitas peta.

Penajaman citra dilakukan untuk mengubah resolusi citra dari 30 meter menjadi 15 meter menggunakan kanal 8 dengan Gram – Schmidt. Koreksi kolom perairan menggunakan algoritma Lyzenga dengan $Y = \ln(L_i) - k_i/k_j \ln(L_j)$ dimana

L_i = Kanal 1

L_j = Kanal 2

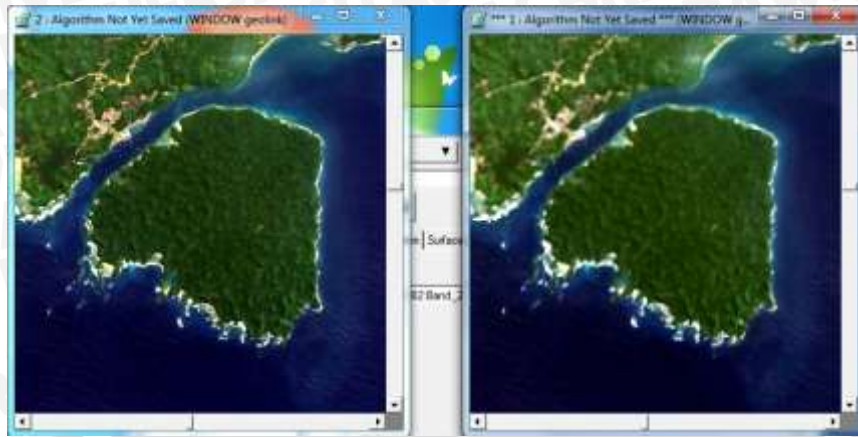
$$K_i/k_j = \alpha + \sqrt{\alpha^2 + 1}$$

$$\alpha = [\text{Var}L_i - \text{Var}L_j] / 2 \times (\text{Covar } L_i L_j)$$

Pengamatan lapang menggunakan metode “*stop and go*” dengan membuat jalur tracking dari GPS dan mengambil foto dengan tiga kali pengulangan.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan data Landsat 8 bulan Mei 2016 yang telah dikoreksi geometrik, radiometrik, dan atmosferik. Penajaman citra dilakukan untuk memperjelas tampilan citra dari 30 meter menjadi 15 meter.



Gambar 2 Hasil penajaman citra

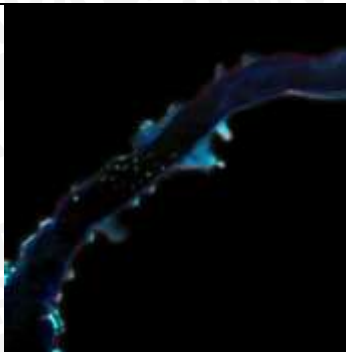
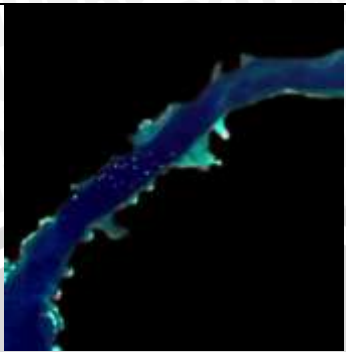
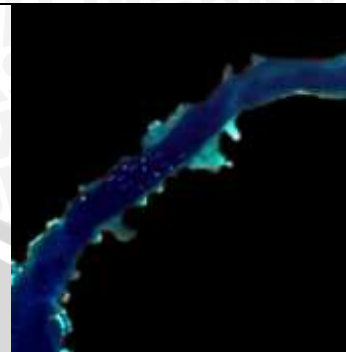
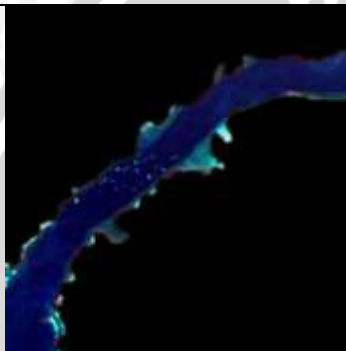
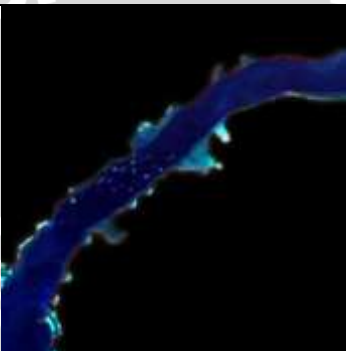
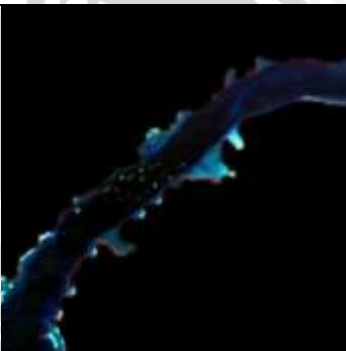
Kondisi terumbu karang pada Perairan Selat Sempu Kabupaten Malang banyak mengalami pemutihan (*coral bleaching*) karena suhu pada Selat Sempu mencapai 28°C - 31°C . Pemutihan tersebut diduga terjadi karena adanya fenomena *el-nino* yang sedang berlangsung. Karang yang banyak mengalami pemutihan merupakan jenis karang bercabang. Tipe karang pada Perairan Selat Sempu merupakan karang tepi dimana struktur karang tersebut keras dan kuat.

Pengambilan data menggunakan metode "*stop and go*" dari tiga stasiun pengambilan data digunakan untuk uji akurasi. Uji akurasi menggunakan matriks dibagi menjadi tiga kelas, yaitu karang, bukan karang,

dan pasir. Bukan karang dapat dikategorikan sebagai lumpur dan material penutup dasar lainnya.

Penggunaan kanal tampak memiliki peranan penting untuk mencari nilai atenuasi atau pelemahan gelombang elektromagnetik akibat adanya hamburan dan penyerapan radiasi gelombang elektromagnetik. Pemilihan kanal tampak mengharuskan pada penentuan daerah pada citra yang memiliki nilai pantulan yang homogen. Penentuan daerah pada citra menggunakan 50 titik *training area* yang hasilnya dapat mewakili koefisien atenuasi. Hasil kombinasi kanal untuk pendugaan awal sebaran terumbu karang dapat dilihat pada Tabel. 1.

Tabel 1. Perbandingan hasil kombinasi kanal citra Landsat 8 pada Perairan Selat Sempu

		
Hasil kombinasi RGB 432 True Colour	Hasil kombinasi RGB 531 False Colour	Hasil kombinasi RGB 532 False Colour
		
Hasil kombinasi RGB 541 False Colour	Hasil kombinasi RGB 542 False Colour	Hasil kombinasi RGB 543 False Colour

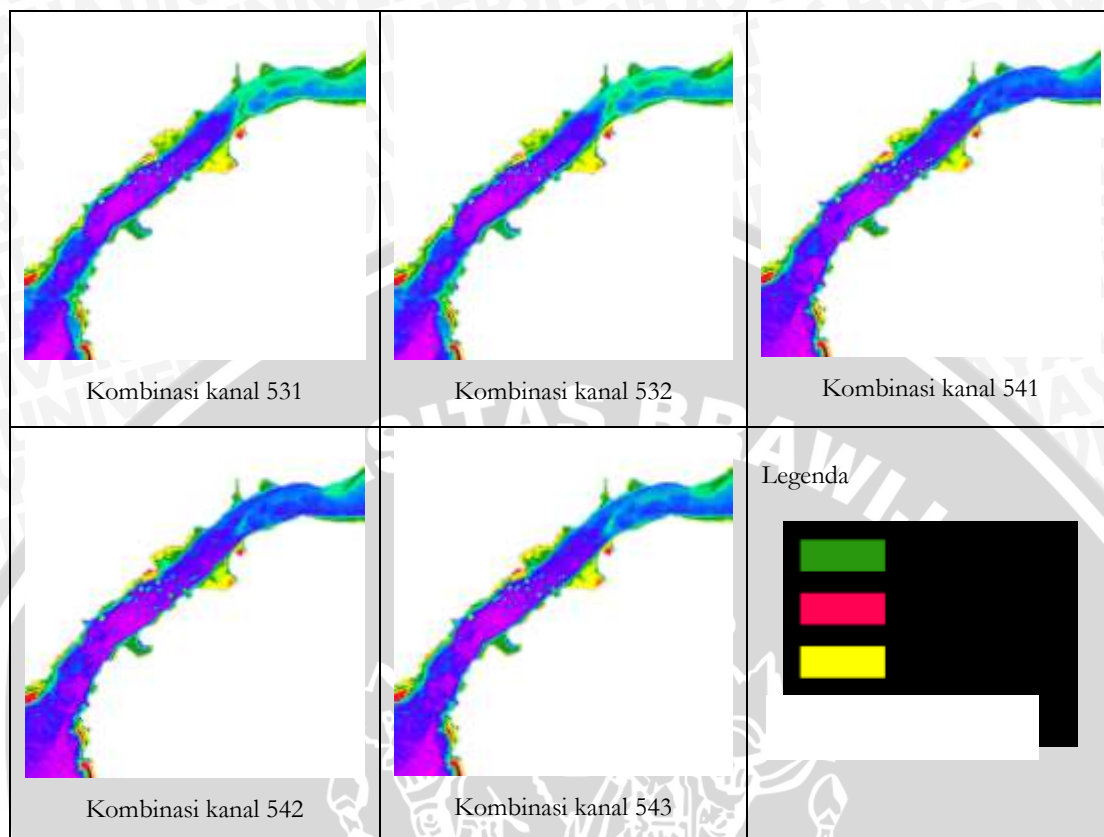
Hasil dari transformasi Lyzenga tersebut terdapat perbedaan nilai digital dan informasi mengenai kondisi substrat Perairan dangkal di Perairan Selat Sempu. Perbedaan-perbedaan tersebut terjadi karena setiap Kanal memiliki kemampuan untuk mendapat informasi yang berbeda. Hasil pemotongan selang index menunjukkan rentang nilai dari histogram 4,6 sampai 11,7. Hasil nilai rentang digital kemudian diklasifikasikan sebagai berikut.

1. Perairan: 5,49 – 5,73
2. Karang: 5,8 – 6,2

3. Bukan Karang: 6,3 – 6,7
4. Pasir: 6,8 – 7,7

Pemberian warna dilakukan untuk memisahkan masing-masing kelas. Warna biru digunakan untuk perairan, hijau untuk karang, merah untuk bukan karang, dan kuning untuk pasir. Perairan Selat Sempu masih memiliki banyak sebaran terumbu karang yang merujuk pada Tabel. 8. Sebaran terumbu karang terlihat jelas pada kombinasi merah biru kanal 31. Kanal 1 pada citra Landsat 8 memiliki sensitivitas yang tinggi pada perairan dan aerosol. Hasil dari transformasi Lyzenga untuk beberapa kombinasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil transformasi Lyzenga dengan beberapa kombinasi kanal pada Perairan Selat Sempu



Nilai digital dari lima kombinasi Kanal-Kanal yang digunakan menunjukkan nilai-nilai yang berbeda, hal ini dipengaruhi dari nilai koefisien atenuasi dan panjang gelombang yang digunakan pada setiap Kanal. Histogram dari hasil penajaman citra menunjukkan banyaknya kelas substrat yang ada pada Perairan Selat Sempu dengan hasil penajaman menggunakan transformasi Lyzenga.

Warna hijau pada gambar-gambar diatas menunjukkan terumbu karang dan

warna kuning menunjukkan pasir. Perhitungan luasan dilakukan dengan menghitung luasan area dengan tiga klasifikasi yang berbeda yaitu karang, bukan karang, dan pasir. Perhitungan dilakukan berdasarkan warna dan nilai digital pada citra yang telah dikalkulasi statistik. Hasil dari perhitungan luasan terumbu karang dengan klasifikasi empat kelas ditunjukkan pada Tabel .3.

Tabel 3 Luas terumbu karang berdasarkan kombinasi Kanal dalam hektar

N o	Tutupan	Kombinasi 31	Kombinasi 32	Kombinasi 41	Kombinasi 42	Kombinasi 43
1	Karang	28,2	27,8	18,7	18,6	18,9
2	Bukan	28,9	26,6	23,5	24,4	25,9

	Karang					
3	Pasir	6,1	5,4	7,1	6,3	6,0
	Total	63,2	59,7	49,2	49,4	50,9

Tabel 1 Presentase luasan terumbu karang pada Perairan Selat Sempu

N o	Tutupan	Kombinasi 31	Kombinasi 32	Kombinasi 41	Kombinasi 42	Kombinasi 43
1	Karang	44,59	46,51	37,93	37,74	37,15
2	Bukan Karang	45,77	44,52	47,72	49,45	51,00
3	Pasir	9,64	8,97	14,35	12,81	11,85

SNI 7716:2011 tentang Pemetaan Habitat

Uji akurasi bertujuan untuk menilai kualitas informasi yang dihasilkan. Batas keakuratan informasi yang dapat diterima untuk peta habitat dasar perairan dangkal, yaitu sebesar 60%. Dasar yang dipakai sebagai acuan keakuratan hasil interpretasi adalah

dasar perairan laut dangkal. Perhitungan akurasi dengan cara membuat tabel matrik yang membandingkan kelas hasil klasifikasi citra dengan data dilapangan (Congalton dan Green, 2009; Lillesand dan Kiefer, 1999).

Tabel 5. Matriks uji interpretasi

Kombinasi 31

Uji Lapang	Karang	Bukan Karang	Pasir	Total	Pengguna (%)
Hasil Klasifikasi					
Karang	8	1	0	9	88,89
Bukan Karang	1	7	1	9	77,78
Pasir	1	0	5	6	83,33
Total	10	8	6	24	
Produser (%)	80	87,5	83,33		
Akurasi Total (%)	83,33				

Kombinasi 32

Uji Lapang	Karang	Bukan Karang	Pasir	Total	Pengguna (%)
Hasil Klasifikasi					
Karang	9	1	0	10	90
Bukan Karang	1	8	1	10	80
Pasir	3	0	8	11	72,73
Total	13	9	9	31	
Produser (%)	69,23077	88,89	88,89		
Akurasi Total (%)	80,64516				

Kombinasi 41

Uji Lapang	Karang	Bukan Karang	Pasir	Total	Pengguna (%)
Hasil Klasifikasi					
Karang	6	2	0	8	75
Bukan Karang	1	3	1	5	60

Pasir	2	0	7	9	77,78
Total	9	5	8	22	
Produser (%)	66,67	60	87,5		
Akurasi Total (%)	72,73				

Kombinasi 42

Uji Lapang	Karang	Bukan Karang	Pasir	Total	Pengguna (%)
Hasil Klasifikasi					
Karang	7	2	2	11	63,64
Bukan Karang	0	8	1	9	88,89
Pasir	2	0	3	5	60
Total	9	10	6	25	
Produser (%)	77,78	80,00	50		
Akurasi Total (%)	72,00				

Kombinasi 43

Uji Lapang	Karang	Bukan Karang	Pasir	Total	Pengguna (%)
Hasil Klasifikasi					
Karang	6	2	0	8	75
Bukan Karang	0	6	1	7	85,71
Pasir	4	0	4	8	50
Total	10	8	5	23	
Produser (%)	60	75	80,00		
Akurasi Total (%)	69,57				

Hasil kombinasi kanal dengan penggabungan RGB untuk pendugaan awal sebaran terumbu karang pada Perairan Selat Sempu menunjukkan kanal 5 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap daratan bervegetasi. Warna cyan pada perairan merupakan terumbu karang, tidak banyak perbedaan pada kombinasi RGB untuk pendugaan awal sebaran terumbu karang. Perbedaan dapat terlihat setelah dilakukan koreksi kolom perairan dengan *standard exponential attenuation model* menggunakan *depth varian index* pada transformasi Lyzenga. Kombinasi kanal 31 dan 32 tidak memiliki perbedaan yang jauh karena panjang

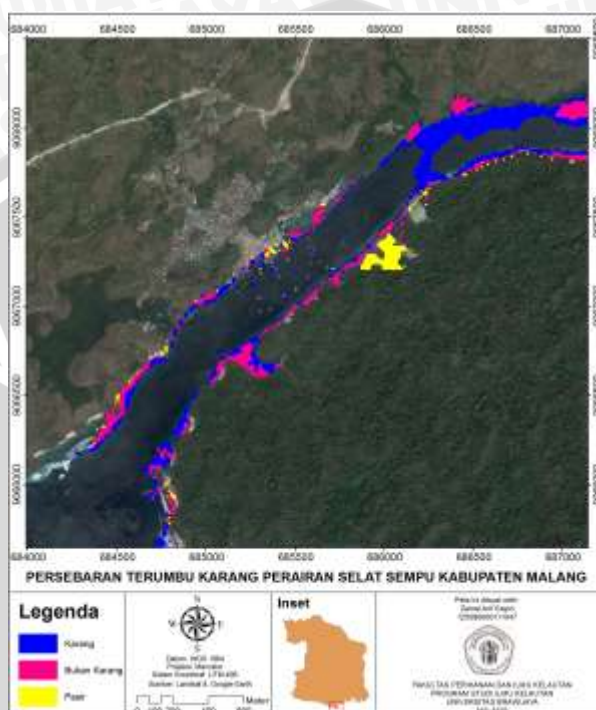
gelombang pada kanal 1 dan 2 tidak terlalu jauh.

Hasil uji akurasi menggunakan matriks menunjukkan kombinasi kanal hijau biru 31 memiliki total presentase 83,33%. Uji akurasi matriks digunakan sesuai dengan Perka BIG tahun 2014. Hasil presentase tersebut telah memenuhi persyaratan pemetaan perairan dangkal. Kombinasi-kombinasi dari kanal lain juga memenuhi persyaratan tersebut, akan tetapi akurasi tertinggi terletak pada kombinasi kanal hijau biru 31.

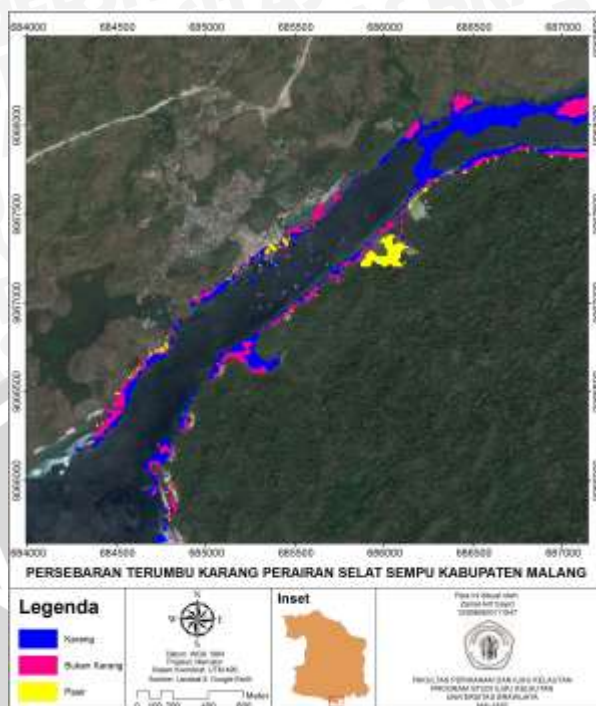
Klasifikasi digunakan untuk memberikan informasi mengenai sebaran terumbu karang yang ada pada Perairan Selat

Sempu kabupaten Malang Jawa Timur. Klasifikasi dibedakan menjadi tiga kelas, yaitu karang, bukan karang, dan pasir. Klasifikasi tersebut didasarkan pada kondisi lapang yang

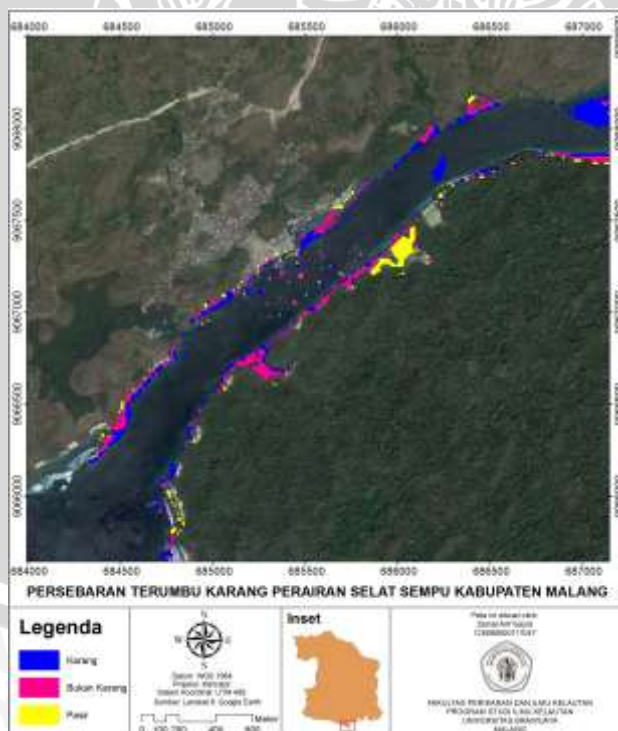
sebenarnya, dimana pendataan dilakukan pada titik-titik yang terdapat terumbu karang.



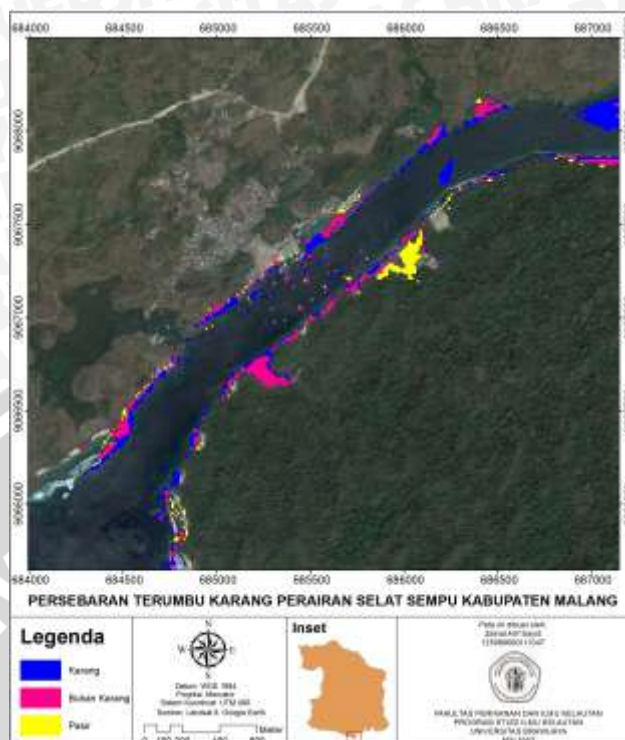
Gambar 3 Hasil pemetaan substrat perairan dangkaldengan kombinasi kanal 31



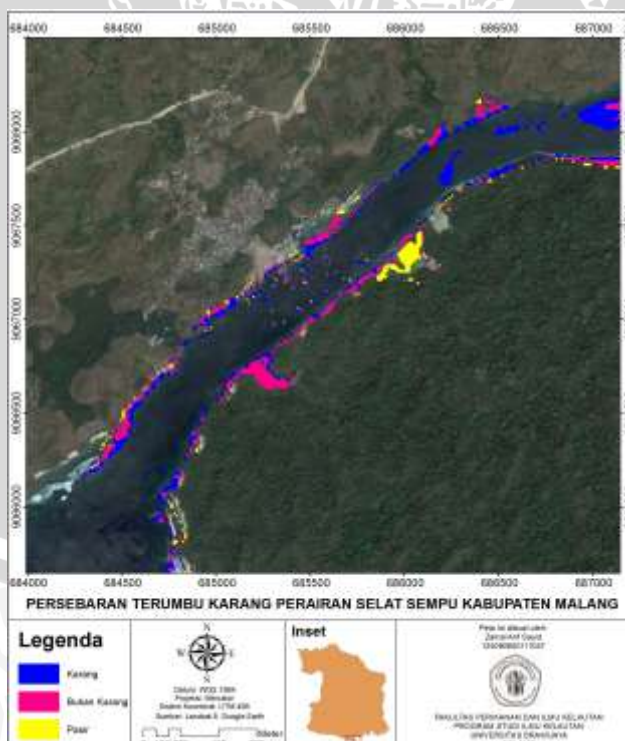
Gambar 4 Hasil pemetaan substrat perairan dangkaldengan kombinasi kanal 32



Gambar 5 Hasil pemetaan substrat perairan dangkaldengan kombinasi kanal 41



Gambar 6 Hasil pemetaan substrat perairan dangkaldengan kombinasi kanal 42



Gambar 7 Hasil pemetaan substrat perairan dangkaldengan kombinasi kanal 4.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil survei lapang di Perairan Selat Sempu Kabupaten Malang menunjukkan bahwa karang pada Perairan Selat Sempu banyak mengalami pemutihan dan mulai ditumbuhi alga. Kombinasi-kombinasi Kanal yang digunakan untuk mengetahui sebaran terumbu karang adalah kombinasi 31, 32, 41, 42, dan 43. Kombinasi-kombinasi Kanal menghasilkan nilai digital serta informasi yang berbeda, hal tersebut dapat terjadi karena setiap Kanal memiliki panjang gelombang masing-masing. Perhitungan nilai koefisien atenuasi juga berpengaruh dalam penentuan hasil nilai dari transformasi Lyzenga.

Keseluruhan kombinasi dapat digunakan untuk pemetaan substrat perairan dangkal dengan hasil akurasi matriks diatas 60% sesuai dengan Perka BIG tahun 2014. Pemetaan menggunakan kombinasi kanal hijau biru 31 memiliki akurasi tertinggi dalam penelitian ini, yaitu 80,33%. Tingginya akurasi menunjukkan bahwa kombinasi kanal hijau biru 31 memiliki keunggulan lebih dari kombinasi dari kanal-kanal lainnya. Kelebihan kanal 1 yang dimiliki Landsat 8 adalah tingginya sensitivitas terhadap aerosol, sehingga informasi yang didapat akan jauh lebih optimal.

Daftar Pustaka

- alam-pulau-Sempu-2. Diakses pada 21 februari 2016.
- Congalton, R.G., Green, K., 2009. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. Mapping Science Boca Raton : CRC Press
- Craig Reid, Justin Marshall, Dave Logan and Diana Kleine, 2009. *Coral Reef and Climate Change*. Coralwatch, The University of Queensland
- Jeppry Candra Manullang, Hartoni, Heron Surbakti, 2014. *Analisis Perubahan Luasan Terumbu Karang dengan Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Perairan Pulau Pramuka Kabupaten Administratif Kepulauan Seribu*. Maspari Journal, Vol. 6, No. 2
- Luthfi, O.M., P. M., Barbara., J. Alfian. (2015). Sebaran Mikro Atoll Porites di Perairan Kondang Merak, Malang Selatan. Buku prosiding.
- Lyzenga, R.D. 1978. *Shallow Water Bathymetry Using Combined Lidar and Passive Multispectral. Scanner Data*. Int. J. Remote Sensing.
- Nurhalis Wahidin, Vincentius P. Siregar, Bisman Nababan, Indra Jaya, Sam Wouthuyzen, 2015. *Object-based image analysis for coral reef benthic habitat mapping with several classification algorithms*. Procedia Environmental Sciences 24
- Saitoh, S., Arata, F., Katsuya, S., Semedi, B., Robinson, M., Satsuki, M. and Fumihiro, T. 2010. Estimation of number of Pacific saury fishing vessels using night-time visible images. International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Science, 38(8): 1013-1016.
- Astriningrum, W., Dault, A., Arifin, P. 2004. Studi Identifikasi Karakteristik Terumbu Karang untuk Pengelolaan dan Penentuan Pulau
- Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) Jatim, 2016. *Cagar Alam Pulau Sempu*. <http://bbksdajetim.org/cagar->