

# Interpretasi Visual Kenampakan Substrat Dasar Penyusun Ekosistem Terumbu Karang di Kepulauan Seribu Menggunakan Data Landsat 8

Gathot Winarso, Kuncoro Teguh Setiawan, Yennie Marini,  
dan Maryani Hartuti

## Abstrak

*Terumbu karang merupakan ekosistem yang berada di dalam kolom air yang memberikan kenampakan pada citra satelit berbeda dengan objek yang berada di daratan karena adanya penyerapan energi gelombang elektromagnetik ketika melewati kolom air. Secara visual objek penyusun ekosistem terumbu karang tidak mudah diinterpretasi secara visual sebagaimana objek di daratan. Selama ini, klasifikasi yang dilakukan adalah klasifikasi tidak terawasi dengan editing secara visual kontekstual di mana memerlukan input pengamatan dan data lapangan. Data Landsat 8 dengan resolusi radiometrik 12 bit yang bisa menghasilkan 4.098 tingkat keabuan memberikan kelebihan perbedaan kenampakan yang lebih rinci. Tulisan ini membahas kenampakan secara visual ekosistem terumbu karang dari data Landsat 8. Hasil analisis citra RGB (432) Landsat 8 di Pulau Panggang Pramuka dan sekitarnya memberikan kenampakan yang khas pada objek rata-rata karang hidup dan terbukti selama pengamatan di lapangan yang diperoleh dari survei Bulan Mei 2014. Rataan karang hidup berbeda kontras dengan objek yang didominasi*

*oleh pasir, tetapi hampir mirip dengan rataaan yang ditumbuhi lamun atau makro alga. Rataan karang hidup dengan lamun atau makro alga bisa dibedakan dengan melihat posisi dari objek tersebut, jika berada di depan reef crest atau di belakang reef crest, tetapi ada bagian yang masih terbuka pada sisi yang lain. Penggunaan kanal 8 pankromatik dengan resolusi 15 meter pada komposit RGB-I (432-8) memberikan kenampakan area padang lamun yang jelas yang semula susah dikenali tanpa kanal pankromatik. Validasi pada survei yang dilakukan pada Bulan Desember menghasilkan akurasi 90%.*

**Kata Kunci:** *Terumbu Karang, Interpretasi Visual, dan Landsat 8.*

## *Abstract*

*Coral reef is ecosystem located at water column resulted different observable feature with land feature due to absorption of electromagnetic wave by water column. Visually benthic feature of coral reef is not easy to be interpreted compared with land cover. Image classification on coral reef information extraction have been done by unsupervised classification continued by contextual editing that need more knowledge of field condition and more field data as processing input. Landsat 8 data with 12 bit that is resulted 4.098 grey levels provide more different object detailer. In this paper, potential of Landsat 8 data visual interpretation was discussed. Analysis of composite RGB (432) of Landsat 8 on Panggang and Pramuka Islands and surrounding resulted that image provide spesific observable feature of reef flat live coral dominated. This feature was supported with field data that collected on May 2014. Reef flat look different with sand but almost same with mixed benthic of macro alga, seagrass and coral. Differentiate between coral flat with with mixed benthic of macro alga, seagrass and coral could be done using reef crest indicator. If the feature is located in front of reef crest, that object should be coral flat and if located behind of reef crest, that object should be mixed benthic. Coral flat might be found behind or the reef crest if the area is opened in oter side from*

Interpretasi Visual Kenampakan Substrat Dasar Penyusun Ekosistem Terumbu  
Karang di Kepulauan Seribu Menggunakan Data Landsat 8

*water mass. The used of 15 m panchromatic band on composite image RGB-I (432-8) shown the area of seagrass were more detail and visible. Validation of this method on December 2014 survey resulted 90% accuracy.*

***Keyword:*** coral reef, visual interpretation, Landsat 8.

## 1. Pendahuluan

Terumbu karang adalah salah satu ekosistem paling tinggi keanekaragaman dan produktivitasnya. Sumberdaya terumbu karang dan segala kehidupan yang terdapat di dalamnya merupakan salah satu kekayaan alam yang bernilai tinggi. Manfaat yang terkandung di dalam ekosistem terumbu karang sangat besar dan beragam, baik manfaat langsung, seperti pemanfaatan ikan serta biota lainnya, pariwisata bahari dan lain-lain, maupun manfaat tidak langsung, seperti penahan abrasi pantai, pemecah gelombang, keanekaragaman hayati serta tempat mengasuh, tempat mencari makan serta tempat pemijahan bagi biota lainnya (COREMAP, 2001).

Di Indonesia, menurut penelitian P3O-LIPI yang dilakukan pada tahun 1996 menunjukkan bahwa 39,5% terumbu karang Indonesia dalam keadaan rusak, 33,5% dalam keadaan sedang, 21,7% dalam keadaan baik, dan hanya 5,3% dalam keadaan sangat baik. Burke *et al.* (2012) mengategorikan terumbu karang Indonesia ke dalam tingkat ancaman sedang hingga sangat tinggi berdasarkan aspek ancaman pembangunan pesisir, dan pencemaran, baik dari DAS, dari laut sendiri dan ancaman penangkapan ikan berlebih dan merusak. Hal ini sejalan dengan kondisi umum terumbu karang dunia yang hampir 36% dalam keadaan kritis akibat eksploitasi yang berlebih, 22% terancam pencemaran dari limbah darat dan erosi serta 12% terancam dari pencemaran (Bryant *et al.*, 1998).

Apabila tidak ada upaya nasional untuk menghentikan laju degradasi terumbu karang tersebut, tidak tertutup kemungkinan degradasi terumbu karang akan semakin luas dan besar. Menyadari akan hal tersebut pengelolaan terumbu karang merupakan hal yang mutlak dilakukan oleh pemerintah dalam rangka untuk mengurangi atau menghentikan laju degradasi terumbu karang yang dari waktu ke waktu semakin luas dan besar. Untuk dapat berhasil mengelola terumbu karang dengan baik, sangat

diperlukan pemahaman terhadap proses dinamika pesisir yang memengaruhi lingkungan pesisir dan proses-proses saling berinteraksi di antara ekosistem pesisir tersebut. Semuanya ini dapat dicapai hanya melalui pengumpulan satu set data ilmiah yang akurat, bisa diandalkan serta komprehensif. Terumbu karang adalah struktur biogenik terbesar dan hanya struktur yang nampak dari ruang angkasa (Mumby dan Steneck, 2008). Data satelit memiliki kapasitas untuk mempertajam pengetahuan kita tentang ancaman terhadap terumbu karang dengan mendapatkan informasi global kualitas lingkungan secara *near-real-time* dan menyediakan data spasial serta *time-series* yang relevan untuk pengelolaan yang mana secara praktis tidak diperoleh dari pengukuran di lapangan (Eakin *et al.*, 2010).

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis telah berkembang pesat di Indonesia untuk berbagai bidang pembangunan serta pengelolaan sumberdaya alam. Penelitian dan pengembangan pemanfaatan data penginderaan jauh telah lama dilakukan dan digunakan secara operasional, seperti pada pemetaan terumbu karang untuk mendukung COREMAP. Walaupun sudah banyak digunakan sebagai kegiatan operasional, ada beberapa hal yang menjadi kelemahan pada metode yang digunakan, yaitu masih dominannya subjektivitas pengolah data sehingga pengolah data dengan penguasaan informasi lapangan yang baik akan menghasilkan informasi yang lebih bagus daripada pengolah data dengan pengetahuan lokasi yang minim. Hal ini disebabkan oleh adanya proses yang belum baku dan standar.

Salah satu kelemahan adalah wajibnya kebutuhan data lapangan atau pengetahuan tentang lokasi penelitian dalam proses klasifikasi, data lapangan tidak saja diperlukan untuk validasi hasil klasifikasi (Siregar, 1996; Siregar, 2010; Prayuda, 2010; Roelfsema, 2009; dan BIG, 2014). Idealnya, sebelum kegiatan validasi hasil klasifikasi pengolah sudah bisa menginterpretasi secara visual jenis substrat dasar penyusun terumbu karang dan membuat klasifikasi tanpa input data lapangan. Kesulitan ini

akan dihadapi jika akan dioperasionalkan untuk pemetaan wilayah yang luas seperti di Indonesia. Oleh karena itu, mengetahui kunci-kunci interpretasi untuk bisa melakukan interpretasi visual sangat diperlukan dan akan memberikan kontribusi efektivitas pengolahan yang cukup besar. Data Landsat 8 memiliki resolusi radiometrik 12 bit yang memiliki perbedaan skala keabuan 4096 tingkat (USGS, 2013), sangat kontras data Landsat 7 yang hanya 8 bit dengan 255 tingkat warna keabuan sehingga Data Landsat 8 sangat potensial untuk bisa melakukan interpretasi visual dan membuat kunci-kunci interpretasi. Pada tulisan ini dijelaskan hasil analisis interpretasi visual dan kunci-kunci interpretasi substrat dasar penyusun ekosistem terumbu karang secara visual menggunakan data Landsat-8 di Kepulauan Seribu.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu Jakarta dan sekitarnya. Pemilihan lokasi ini berdasarkan alasan bahwa lokasi tersebut masih memiliki terumbu karang yang cukup luas, belum terlalu terkontaminasi oleh sedimentasi yang akan menghalangi pandangan sensor kepada objek. Lokasi Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu Jakarta dan sekitarnya yang secara geografis terletak pada koordinat  $5^{\circ}39'50''$ – $5^{\circ}47'0,21''$  LS dan  $106^{\circ}31'46''$ – $106^{\circ}38'55''$  BT (Gambar 2.1). Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Landsat-8 path/row: 122/064 akuisisi tanggal 10 September 2013.

Interpretasi Visual Kenampakan Substrat Dasar Penyusun Ekosistem Terumbu  
Karang di Kepulauan Seribu Menggunakan Data Landsat 8



Gambar 2.1 Lokasi Penelitian

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menganalisis secara visual kenampakan objek berdasarkan komposit RGB 432 dan kemudian dianalisis berdasarkan data lapangan yang dikumpulkan. Pengolahan digital untuk setiap data set meliputi seleksi *fusi* multispektral, penajaman dan pemfilteran. Penentuan citra *subset (cropping)* dilakukan untuk mengakomodasikan ukuran citra sesuai dengan ukuran lokasi penelitian

Gabungan (komposit) kanal dilakukan untuk mendapatkan ketajaman objek dan menghasilkan warna komposit yang optimum. *Fusi* multispektral digunakan untuk memperoleh informasi citra yang optimal serta memanfaatkan kanal pankromatik yang memiliki resolusi spasial lebih tinggi. Proses pembuatan citra komposit multispektral diawali dengan memilih 3 kanal yang digunakan untuk membuat citra warna komposit dengan memasukkan setiap kanal ke dalam filter merah, hijau, dan biru

(RGB) dengan berbagai serta dan di analisis sehingga diperoleh citra warna komposit RGB 432 untuk citra Landsat-8 adalah komposit yang paling informatif untuk interpretasi visual.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Salah satu pendekatan interpretasi citra adalah dengan metode interpretasi visual. Seorang analis/interpreter mengekstrak informasi dengan menginspeksi secara visual sebuah komposisi citra dari sebuah data penginderaan jauh (Richards dan Jia 2006). Hal ini merujuk pada *photointerpretation* pada penginderaan jauh fotografik. Interpretasi visual bisa dilakukan untuk 2 hal *pertama*, untuk pengenalan dan penentuan objek-objek dalam klasifikasi secara dijital menggunakan komputer. *Kedua*, interpretasi visual digunakan dalam klasifikasi dengan cara membuat garis batas objek secara manual pada layar (*on-screen digitize*) secara keseluruhan pada citra yang dianalisis. Pada penelitian ini, maksud dari interpretasi visual di sini adalah pengenalan objek dan penentuan kelas dalam membantu proses klasifikasi digital nantinya.

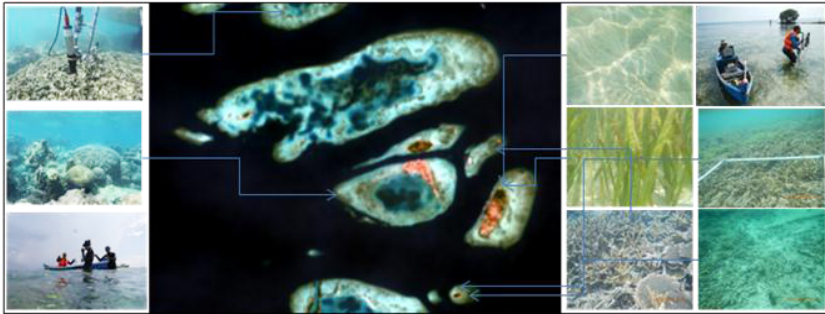
Terumbu karang adalah objek yang berada di dalam kolom air, sehingga pengenalan objek tidak sama dengan objek-objek yang ada di darat yang cukup mudah dengan konsep dasar karakteristik spektral dari objek darat sehingga interpretasi visual pada objek terumbu karang belum banyak dilakukan. Selama ini identifikasi perbedaan objek di ekosistem terumbu karang banyak dilakukan dengan melihat citra *pseudocolor* dengan *colour table* tertentu dari kanal tunggal hasil koreksi kolom air dengan input 2 kanal pada panjang gelombang sinar tampak. Sebenarnya, cara ini tidak tepat dijadikan pijakan utama, cara tersebut hanya alat bantu membedakan objek, setelah kita mengenal komposisi ekosistem terumbu karang di lapangan. Cara tersebut digunakan akibat dari kualitas air yang kadang terkelaskan sebagai kelas yang sama. Cara tersebut belum dipublikasi secara ilmiah karena dokumen yang dirujuk adalah cara



kerja/pedoman teknis yang dibuat untuk para operator yang digunakan karena banyaknya pekerjaan pengolahan yang harus dilakukan dalam rangka pemetaan terumbu karang di seluruh Indonesia. Sayangnya pedoman ini menyebar karena kemudahan teknologi informasi sekarang ini dan menjadi opini yang salah yang terlanjur menjadi acuan.

Pada penelitian ini potensi penggunaan metode interpretasi visual untuk mengenali objek-objek dasar dalam ekosistem terumbu karang dikaji. Data Landsat 8 memiliki resolusi radiometrik 12 bit yang memiliki perbedaan skala keabuan 4096 tingkat (USGS, 2013), sangat kontras data Landsat 7 yang hanya 8 bit dengan 255 tingkat warna keabuan. Hal ini langsung terlihat dari kenampakan citra komposit (RGB) dari berbagai komposisi band. Salah satu komposit terbaik menurut penulis disajikan dalam Gambar 3.1 yang disertai foto dari lapangan yang menunjukkan objek-objek yang teridentifikasi di lapangan.

Pada kegiatan penelitian ini telah dilakukan survei lapangan pada bulan Mei 2014 dengan acuan hasil pengolahan awal menggunakan metode yang selama ini digunakan dan mengasumsikan hasil klasifikasi sebagai klasifikasi tidak terawasi yang belum ditentukan kelasnya. Pengolahan awal ini hanya dijadikan salah satu acuan dalam menentukan lokasi sampling. Acuan lain adalah citra komposit (RGB) dengan berbagai komposisi kanal. Kenampakan visual dalam komposit adalah cara yang paling umum digunakan untuk menentukan kelas objek dalam pengolahan citra setelah dilakukan klasifikasi tidak terawasi atau sebagai acuan dalam menentukan training area dalam klasifikasi terawasi. Penggunaan citra komposit RGB belum banyak digunakan sebelumnya untuk interpretasi ekosistem terumbu karang karena masalah penyerapan gelombang elektromagnetik oleh air, sehingga kenampakan objek akan berbeda dengan kenampakan di daratan.

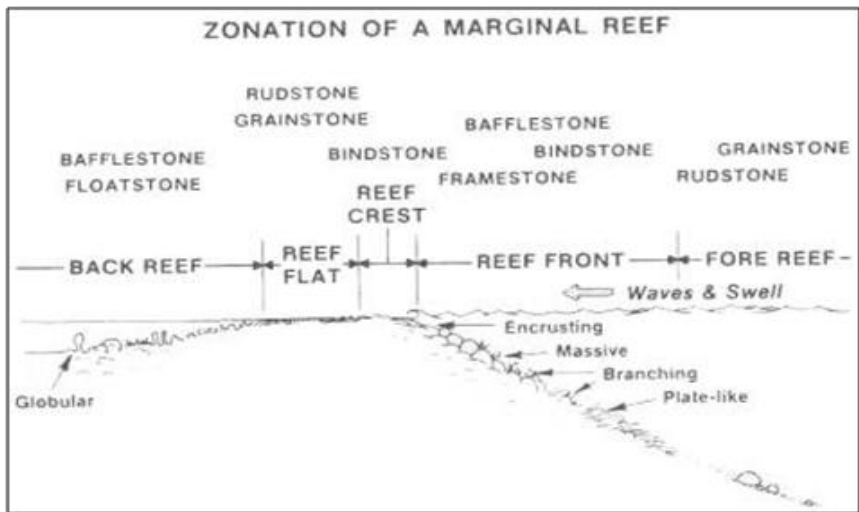


Gambar 3.1 Kenampakan citra komposit 432 (RGB) Landsat 8 dan kenampakan di lapangan

Dari hasil analisis, komposit 432 (RGB) merupakan komposit yang paling informatif terhadap substrat dasar terumbu karang. Dari hasil survei lapangan, objek dasar dengan dominasi penyusun karang dengan pasir dan dengan campuran makro alga/padang lamun dapat dibedakan. Secara visual, pasir dengan objek lain dapat dibedakan secara mudah, tetapi rata-rata karang dengan campuran makro alga secara visual hampir sama. Untuk dapat melakukan interpretasi visual dalam rangka membedakan objek di terumbu karang terlebih dahulu harus memahami zonasi kawasan terumbu karang secara geomorfologi. Gambar 3.2. merupakan gambaran umum zonasi kawasan terumbu karang yang dapat dijadikan acuan dalam interpretasi. Secara umum kawasan terumbu karang dibagi menjadi dua bagian, yaitu di depan *reef crest* dan di belakang *reef crest*, masing-masing areal memiliki substrat dasar yang khas dan berbeda. Dua bagian ini yang digunakan dalam landasan atau kunci interpretasi.

Komponen penyusun utama dan terpenting dari ekosistem terumbu karang adalah hewan karang yang berkoloni yang membentuk sebuah bentuk kadang seperti batu. Oleh karena itu, perlu diutamakan untuk dapat mengidentifikasi kenampakan dasar perairan yang didominasi dengan tutupan karang. Hewan karang dapat tumbuh dengan baik pada

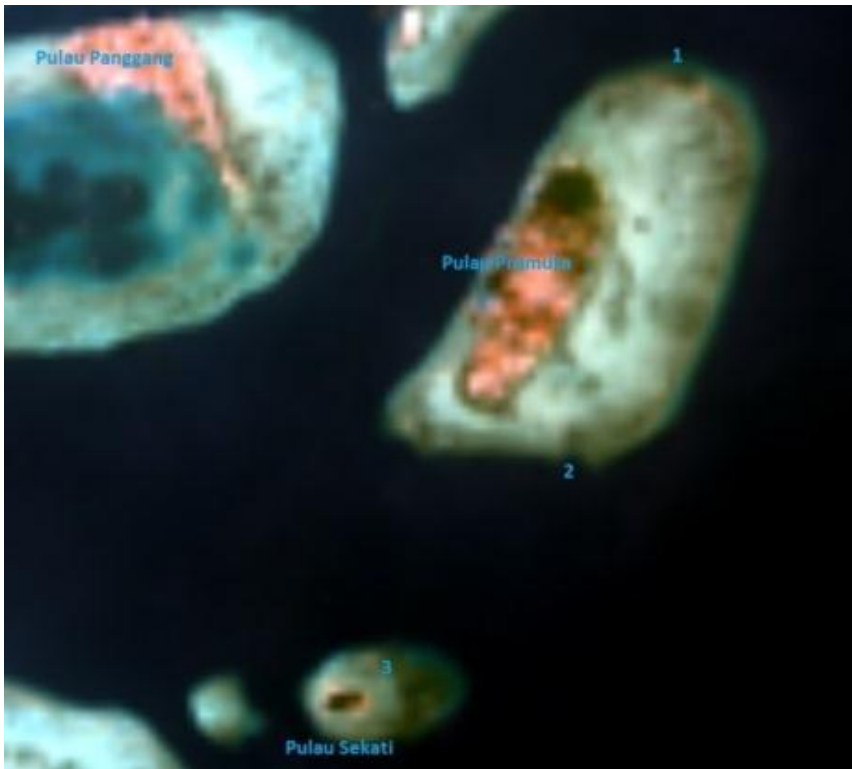
kawasan yang berarus dan sebaliknya sehingga kunci utama menemukan atau mengidentifikasi daerah dengan tutupan dominan karang adalah kawasan di depan *reef crest* yaitu daerah *reef front* atau *slope*. *Reef crest* merupakan daerah yang paling dangkal karena pertumbuhan karang yang terhambat karena keterbatasan kolom air, disebabkan oleh sering tidak terendam oleh air laut saat air surut maka daerah ini biasanya didominasi oleh karang mati atau pasir atau pecahan karang. *Reef crest* sangat mudah diidentifikasi melalui interpretasi visual karena faktor-faktor tersebut.



Gambar 3.2 Zonasi sederhana ekosistem terumbu karang secara umum (Newton dan Laporte, 1989)

Salah satu lokasi rataan karang yang dapat digunakan sebagai contoh yaitu Pulau Sekati karena dari citra komposit terlihat pada sisi timur rataan depan (*outer flat*) yang cukup luas dan tidak ditemukan *reef crest* (lihat Gambar 3.3). Pada lokasi ini ditemukan hamparan karang hidup yang cukup luas yang diselingi oleh karang yang mati sehingga dilakukan identifikasi tutupan dominan dengan cara transek kuadrat pada lokasi

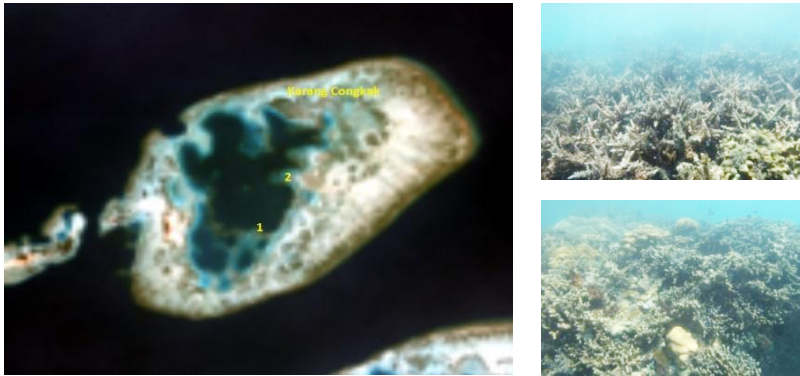
tersebut. Namun karena kondisi ombak yang cukup besar maka tidak bisa melakukan transek pada daerah yang ideal. Pengambilan data lapangan di Pulau Sekati dilakukan kembali pada survei kedua yang dilakukan pada Tanggal 1–5 Desember 2014. Pada bulan tersebut merupakan musim angin barat di mana gelombang datang dari arah barat dan lokasi tersebut terlindung dari gelombang. Pada survei kedua terbukti bahwa daerah ini adalah rataan karang.



Gambar 3.3 Kenampakan citra komposite 432 (RGB) pada 3 stasiun pengamatan lapangan

Pada lokasi nomor 1 dan 2 (lihat Gambar 3.3) juga ditemukan hamparan karang yang cukup luas meski dengan persenutupan karang yang tidak begitu tinggi serta diselingi oleh pasir dan karang mati. Pada lokasi 1 ditemukan hamparan karang karena memang berada di depan *reef crest*, tetapi kondisi di belakang *reef crest* belum disurvei. Pada lokasi 2 berada di belakang samping *reef crest* sehingga arus bisa datang dari samping. Dari pengamatan 2 hari tersebut, disimpulkan sementara bahwa rata-rata karang bisa diidentifikasi secara visual. Pada hari ketiga, dicoba menginvestigasi daerah di belakang *reef crest*, tetapi terdapat laguna yaitu daerah yang cukup dalam dengan ukuran yang cukup luas. Lokasi tersebut adalah karang congkak dan ditemukan hamparan karang yang cukup luas. Pada sisi yang lain juga diinvestigasi dan ditemukan hamparan karang yang masih cukup baik (lihat Gambar 3.4).

Dengan kesimpulan sementara yang diperoleh, pada hari berikutnya dicoba survei cepat pada lebih banyak titik *sampling* untuk membuktikan kenampakan yang mirip dan meyakinkan kunci interpretasi yang telah dipikirkan. Kemudian, disusuri mulai dari Gosong Pramuka keliling, mengarah ke terumbu karang Pulau Karya bagian selatan dan disusuri bagian utara dan berakhir di ujung barat terumbu karang Pulau Panggang. Dari survei tersebut hampir seluruh prediksi visual cocok dengan kondisi di lapangan. Hal ini merupakan temuan awal yang bagus karena sebelumnya bahwa penentuan kelas pada proses ekstraksi informasi terumbu karang membutuhkan data lapangan sebagai *input* dalam proses pengklasasian seperti dalam dokumen Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan (BIG, 2014). Prayudha (2010) menggunakan data cek lapangan dalam identifikasi objek pada peta tentatif yang sudah terlebih dahulu dihasilkan dan mendapatkan akurasi 71%.



Gambar 3.4 Kenampakan citra komposit 432 (RGB) di karang congkal dan foto di lapangan

Pada survei kedua, telah dilakukan uji akurasi dari hasil visual interpretasi. Sehubungan dengan kondisi gelombang yang datang dari arah barat, lokasi *sampling* yang semula direncanakan di sebelah barat pulau dibatalkan dan diganti di bagian timur terumbu. Selama 4 hari survei untuk keperluan validasi telah diperoleh 10 titik *sampling* yang diduga area dominasi karang 8 buah dan diduga area dominasi campuran makro alga /lamun/karang ada 2 buah. Hasil survei menunjukkan bahwa 9 titik objek yang di lapangan sesuai dengan interpretasi dan 1 titik berbeda. Secara sederhana akurasi mencapai 90%. Kesalahan pada satu titik yang semula diinterpretasi area yang didominasi campuran makro alga dan ternyata adalah didominasi oleh karang disebabkan oleh salah interpretasi keberadaan *reef crest*. Kondisi karang yang jarang dan didominasi pasir pada *reef slope* atau *reef front* ternyata bukan *reef crest* sehingga interpretasi *reef crest* harus lebih hati-hati agar tidak salah.

## Interpretasi Visual Kenampakan Substrat Dasar Penyusun Ekosistem Terumbu Karang di Kepulauan Seribu Menggunakan Data Landsat 8



Gambar 3.5 Kenampakan secara visual di citra komposit (tanda panah) dibanding dengan kenampakan di lapangan untuk objek campuran makro alga dan lamun

Hal lain yang harus menjadi perhatian adalah adanya pertumbuhan makro alga yang cukup tinggi pada ratahan karang depan. Pada masa lalu, *reef front* jarang ditemukan makro alga. Karang dengan makro alga sama-sama menyerap energi gelombang elektromagnetik berbeda dengan pasir yang memantulkan sebagian besar sehingga dominasi karang dengan makro alga masih agak susah dibedakan berdasarkan warnanya.

## 4. Kesimpulan

Pemanfaatan data Landsat 8 12 bit data dengan 4098 tingkat keabuan memiliki potensi yang besar untuk digunakannya metode interpretasi visual dalam mengenali objek-objek yang ada di ekosistem terumbu karang sebagai acuan dalam proses klasifikasi yang selama ini masih sangat bergantung dengan data lapangan. Objek substrat pasir dengan ratahan karang dapat dibedakan dengan tegas, tetapi kenampakan ratahan karang dengan campuran makro alga, lamun, dan karang serta padang lamun sekilas mirip. Rataan karang dengan campuran makro alga, lamun

dan karang dapat dibedakan dengan kunci interpretasinya adalah analisis geomorfologi dengan mengenali keberadaan *reef crest*. Sementara itu, rata-ran lamun yang tidak bercampur masih agak sulit dikenali dan belum ditemukan faktor kunci untuk membedakannya.

## Daftar Pustaka

- Badan Informasi Geospasial. 2014. *Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Dangkal*. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 8 Tahun 2014.
- Bryant, D., Burke, L., McManus, J., dan Spalding, M. 1998. *Reefs at Risk*. World Resource Institute, ICLARM, UNEP.
- Burke, L., Reynter, K., Spalding, M., dan Perry, A. 2012. *Menengok Kembali Terumbu Karang yang Terancam di Segitiga Terumbu Karang*. World Resources Institute (diterjemahkan oleh Yayasan Terangi).
- COREMAP (Coral Reef Rehabilitation and Management Project), 2001. *Kebijakan Nasional Pengelolaan Terumbu Karang di Indonesia*. Project Management Office, COREMAP.
- Eatkin, C.M., Nim. C.J., Brainard, R.E., Aubrecht, C., Elvidge, C., Gledhill, D.K., Muller-Karger, F., Mumby, P.J., Skirving, W.J., Strong, A.E., Wang, M., Weeks, S., Wentz, F., dan Ziskin, D. 2010. *Monitoring Coral Reef From Space*. Oceanography, Vol. 23 No. 4 Des 2010.
- Newton, C.R. dan Laporte, L.F. 1989. *Ancient Environments*. Prentice Hall Foundation of Earth Science Series.
- Prayuda, B. 2010. *Pemetaan Sumberdaya Kepesisiran Melalui Teknologi Penginderaan Jauh di Perairan Ternate, Tidore dan Sekitarnya*. Buku Pemetaan Sumberdaya Kepesisiran, Puslit Oseanologi LIPI.



Interpretasi Visual Kenampakan Substrat Dasar Penyusun Ekosistem Terumbu  
Karang di Kepulauan Seribu Menggunakan Data Landsat 8

- Roelfsema, C.M. 2009. *Intergrating Field and Remotely Sensing Data for Assessment of Coral Reef and Seagrass Habitats*. Doctor of philosophy at The University of Queensland.
- Siregar, V.P. 1996. *Pengembangan Algoritma Pemetaan Terumbu Karang di Pulau Menjangan Bali dengan Citra Satelit*. Kumpulan Seminar Maritim.
- Siregar, V.P., 2010. *Pemetaan Substrat Dasar Perairan Dangkal Karang Congkak dan Lebar Kepulauan Seribu Menggunakan Citra Quick Bird*. E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 2. No. 1 Juni 2010.
- Veron, J.E.N. 1995. *Corals in Space and Time: Biogeography and Evolution of Scleractinia*. Australia Institute of Marine Science. Cape Ferguson, Townsville Queensland.
- Mumby, P.J. dan Steneck, R.S. 2008. *Coral Reef Management and Conservation in Light of Rapidly Evolving Ecological Paradigms*. Trends in Ecology and Evolution, Volume 23, Issue 10, 555-563, 1 October 2008 doi:10.1016/j.tree.2008.06.011
- USGS. 2013. *LDCM Cal/Val Algorithm Description Document Version 3.0*. U.S. Departement of the Interior, U.S. Geological Survey.