UJI (PEMERIKSAAN) LAPANGAN HASIL PROSES KLASIFIKASI TIDAK TERAWASI SEBARAN TERUMBU KARANG PADA CITRA SATELIT: LOKASI STUDI DAERAH KANGEAN DAN SEKITARNYA

W. S. Hantoro [1], A. Manuputty [2], T.A. Soeprapto [3], Susilohadi [3], Masduki 3), Gatot [4], Nurachmad [2], Manurung E [1], Suyatno [1], Madyo [2], Heri [2], Zulma [4]

[1] Puslitbang Geoteknologi LIPI
[2] Puslitbang Oseanologi LIPI
[3] Pusat Pengembangan Geologi Kelautan Dept. Pertambangan
[4] Puslitbang Pemanfaatan Inderaja LAPAN

ABSTRAK

Sejauh ini, data dan informasi mengenai ekosistem terumbu karang di Indonesia telah ada, namun belum mencakup seluruh wilayah dan dari pemantauan yang menerus serta baru tersedia dalam format yang masih terserak. Pada kondisi demikian, keadaan dan potensi sesungguhnya dari ekosistem terumbu karang belum sepenuhnya diketahui. Upaya mengelola data informasi ekosistem terumbu karang, baik yang berupa data fisik maupun data lain yang berkaitan (sosial, ekonomi, dll.); memerlukan format yang tepat sehingga informasi yang dihasilkan dapat didayagunakan semaksimal mungkin pada upaya pengelolaan dan rehabilitasi terumbu karang. Untuk menyiapkan format tersebut, satu hal yang harus tersedia adalah data dasar berformat spatial berupa peta dasar yang disiapkan dan terkemas dalam sistem informasi geografi (GIS). Peta tersebut harus segera disiapkan dan telah tersedia dalam dua tahun sejak tahun 1999. Pekerjaan ini meliputi proses citra satelit dengan hasil klasifikasi komponen ekosistem, kartografi GIS dan pemeriksaan lapangan. Pemeriksaan lapangan merupakan tahap untuk menguji "klasifikasi tidak terawasi" yang dilakukan pada proses citra satelit serta mengumpulkan data sebagai acuan pada koreksi klasifikasi dan acuan model ekosistem yang akan diterapkan pada daerah yang sejenis. Berdasar keragaman ekosistem di Indonesia, 8 lokasi telah terpilih dan dianggap mewakili pada pelaksanaan tahun pertama yang meliput kawasan dari Sumatra, Kalimantan, Jawa, Sulawesi dan Nusa Tenggara Barat-Timur. Pelaksanaan pemeriksaan pertama kali dilakukan di Kepulauan Kangean, Jawa Timur. Lokasi ini mewakili kawasan pulau-pulau kecil di paparan tepian benua dan kawasan yang berada di antara dua sistem laut dangkal dan dalam serta mengalami gejala iklim dan kelautan yang terjadi di persimpangan antara dua benua dan samudra. Sejumlah parameter (15) yang memberi kendali sebagai faktor pada klasifikasi tak terawasi dalam proses citra; dicatat dan diukur untuk pengujian dan acuan (re) klasifikasi terawasi di lokasi teruji dan lokasi berikutnya yang memiliki kesamaan ekosistem. Pengukuran spektral dilakukan sepanjang lintasan yang terkontrol posisi mutlaknya. Sejumlah penyimpangan ditemukan pada beberapa kelas yang diduga memiliki kesamaan harga spektralnya. Kendala pelaksanaan adalah pada ketersediaan dengan cepat dan tepat citra satelit sebagai acuan. Sarana penunjang berupa transpor adalah kendala teknis lain pada pelaksanaan lapangan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tiga tahun pertama adalah tahap inisiasi Coremap dalam mana pekerjaan persiapan dan peletakan dasar dari program diharapkan dapat dilaksanakan sehingga menjamin kelangsungan dari program secara keseluruhan.

Data dan informasi mengenai terumbu karang, sejauh ini telah tersedia berupa komposisi komponen terumbu karang berikut kondisinya yang dihasilkan dari penelitian oleh P3O - LIPI dari beberapa tempat di Indonesia. Informasi tersebut umumnya berupa data tekstual atau spatial (titik, garis dan luasan) yang masih harus diintegrasikan sehingga dapat disajikan sebagai informasi yang berbasis spatial (GIS) dan nantinya dapat diperbaharui secara berkala (temporal). Informasi ini juga belum mengacu pada suatu peta dasar terumbu karang, sementara data dan informasi lain (sosial, ekonomi, budaya, dll) yang berkaitan dengan pengelolaan terumbu karang juga belum dapat di integrasikan menjadi suatu informasi utuh untuk keperluan pengelolaan secara terpadu.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut dan mengetahui lebih rinci lagi luas ekosistem terumbu karang di Indonesia, dipandang sangat mendesak, dalam jangka waktu dua tahun ini sudah harus dihasilkan data dasar mengenai sebaran dan luasan ekosistem terumbu karang. Berdasar peta tersebut, selanjutnya, setiap pekerjaan yang memerlukan analisa spatial dapat mengambil rujukan; dalam hal sistem kartografi maupun perubahan ekosistemnya menyangkut kuantitas dan kualitasnya.

Tujuan dan sasaran

Tujuan dari pekerjaan pemeriksaan lapangan ini adalah:

1) memeriksa dan memperbaiki peta sebaran ekosistem terumbu karang hasil "*klasifikasi tidak terawasi*" citra satelit berdasar data-informasi keadaan ekosistem sesungguhnya yang ditemukan dan terukur di lapangan,
2) memeriksa ketepatan posisi mutlak titik-titik acuan pada citra berdasar titik yang mudah dikenali di lapangan
3) memeriksa ketepatan rupa bentang lereng dan dasar perairan sekitar terumbu karang,
4) mengenali keragaman biota dan abiota dari setiap komponen kelas dan
5) mengukur nilai spektral komponen kelas ekosistem terumbu karang untuk koreksi nilai spektral citra.

Pekerjaan ini juga dimaksudkan untuk melengkapi data-informasi sebagai acuan pada proses reklasifikasi terawasi, GIS dan sebagai acuan pada model yang keragamannya berdekatan untuk keperluan pemetaan regional.

Adapun sasaran dari pekerjaan ini adalah perbaikan dan penyempurnaan peta sebaran ekosistem terumbu karang dengan cara pemeriksaan, pencatatan dan perbaikan langsung "*klasifikasi tak terawasi*" dari citra.

Luaran dari pekerjaan ini adalah peta dengan klasifikasi terawasi berdasar koreksi pada setiap kelas yang telah dibuat sebelumnya yang diperkuat dengan data maupun informasi berupa kondisi parameter yang tercatat dan terukur di lapangan. Luaran lain adalah model klasifikasi yang dapat diterapkan pada lokasi lain yang memiliki kesamaan ekosistem.

Waktu dan lokasi

Pelaksanaan uji lapangan peta klasifikasi tak terawasi ekosistem terumbu karang dilakukan di beberapa kawasan dan titik dengan kriteria pemilihan berdasar:

- Kemiripan ekosistem berdasar fisiografi (geologi, morfologi, ukuran pulau, kedalaman laut, dll)
- Kemiripan keanekaragaman biologi terumbu karang
- Pencapaian dan ketersediaan transportasi lokal serta peralatan selam
- Sepuluh lokasi pelaksanaan Coremap

Lokasi-lokasi uji coba pada pelaksanaan pemetaan tahap pertama meliput 8 lokasi terpilih berdasar alasan di atas:

- Propinsi Aceh (Sabang).
- Propinsi Riau (Senayang)
- Propinsi Sumatra Barat (Mentawai)
- Propinsi Jawa Timur (Kangean)
- Propinsi Sulawesi Utara (Sangir Talaud)
- Propinsi Sulawesi Tengah (Togian?)
- Propinsi Sulawesi Tenggara (Wakatobi)
- Propinsi Nusa Tenggara Timur (Komodo-Teluk Kupang)

Untuk Kepulauan Kangean, uji lapangan dilakukan di beberapa titik yang pemilihannya berdasar pertimbangan:

- lereng substrat
- langsung/tak langsung terbuka/tertutupnya ekosistem perairan, arah arus, gelombang dan angin
- jenis mintakat apakah terumbu jumbai (*fringing*), halang (barier) atau "*patchy*"
- kawasan tangkap-budidaya, pesisir pemukiman, pesisir bakau-terbuka dll.

Waktu pelaksanaan uji coba dipilih berdasar beberapa alasan serta dipengaruhi beberapa kondisi, antara lain:

- kesiapan penyediaan citra (kualitas)
- kesiapan peta ekosistem hasil klasifikasi tak terawasi dari citra
- kondisi cuaca dan laut lapangan
- ketersediaan transpor
- administrasi (surat ijin, kontrak, dll)

METODE

Pembuatan peta ekosistem terumbu karang melalui beberapa tahap pekerjaan yang secara garis besar meliputi:

1) pengkelasan melalui pengolahan citra,
2) kartografi (GIS)
2) pemeriksaan lapangan.

Pekerjaan yang dilakukan dan dilaporkan hasilnya ini adalah tahap pemeriksaan lapangan pada peta hasil proses analisa pengkelasan tak terawasi aplikasi formula Lizengga.

Pekerjaan pemeriksaan lapangan ini secara umum melakukan pengukuran dan pengamatan dalam beberapa hal pelaksanaan sehingga 14 parameter yang mewakili faktor-faktor penentu pada analisa citra dapat diukur atau dicatat kondisinya. Rencana pembagian tugas seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Pembagian tugas dan distribusi kelompok berdasar ketersediaan perahu lokal

No	Subyek	Instansi	Petugas	Alat-Perahu	Keterangan
1	Keragaman, dominasi karang	P3O,	A1	Dive, P1	Komponen, ikan, dll
2	Kedalaman karang	P3O, P3GT	A1/D2	Dive, P1	Batas kedalaman
3	Rumput laut	P3O	B1	Camera, B2	Jenis dan persentase
4	Lereng terumbu	P3O, P3GT, PPGL	A1/F3/D2	Video-dive, B1	Luas bidang
5	Foto-video	P3O, P3GT	D2/A1/ C1	Video-dive, B1	Rekaman sepanjang lintasan
6	Bakau	P3O, P3GT, PPGL	B1	Camera, Binokuler, B2	Hubungan ekosistem
7	Batimetri	PPGL, P3GT	F3/C1	ES B2	Peta rinci kedalaman
8	Posisi-lintasan-komunikasi	PPGL, P3GT	G3/E2	GPS, B3	Posisi mutlak titik ikat dan lintasan
9	Geologi-Morfologi	P3O, P3GT, PPGL	D2/C1/B1/ A1	GPS, B1	Kendali ekosistem
10	Turbiditas-oceanografi	P3O, LAPAN	C1/F3	Sechi, B3	Kecerahan, arus, temperatur dll.
11	Verifikasi klasifikasi	P3O, P3GT, PPGL, LAPAN	H4/E2/D2 / C1/B1/A1/ G3/ F3	GPS, B3	Koreksi pada klasifikasi tak terawasi
12	Spektrometri	PPGL, P3GT	E2/H4/G3	Spektro, B3	Harga spektral sepanjang lintasan
13	Garis pantai	PPGL, P3GT	F3/D2/B1/ H4	Binokuler, B2	Batas pada rata rata surut terendah

Guna memperoleh data dan informasi dari kondisi fisis tersebut, dilakukan beberapa pekerjaan untuk memeriksa dan mengukur antara lain:

- Penentuan/pengukuran posisi mutlak lintasan atau titik pengamatan (titik ikat, titik verifikasi/uji petik, lintasan uji, dll)
- Fisiografi dan geologi kondisi lapangan terumbu karang (batuan alas, muara dan pantai, siltasi-sedimentasi, *subsurface sea notch*, dll)
- Sebaran ekosistem terumbu karang dan komponennya (batas tubir, garis pantai, luasan lamun-rataan pasir-terumbu karang, dll)
- Identifikasi komponen biologi ekosistem terumbu karang (penyusun terumbu karang, jenis lamun, ikan, dll)
- Morfologi terumbu karang (peta batimetri, bentuk lereng, batas kedalaman tumbuh, dll)

- Batimetri ekosistem (perubahan rupa dan kedalaman ekosistem, landai curamnya lereng, dll)
- Fisika kimia air laut (temperatur, arus, salinitas, kecerahan, dll)
- Rona komponen ekosistem (harga spektral lamun, pasir, koral, air keruh, dll)

Beberapa cara pengukuran dan pengamatan yang dilakukan dan diusulkan untuk dilengkapi, adalah:

- Echosounding
- Spektral
- Jarak
- Manta tow
- Foto dan video (lintasan menerus)
- Kecerahan
- Fisiko-kimia air laut
- Rasio komponen terumbu karang

FISIOGRAFI

Umum

Daerah studi meliputi gugusan Kepulauan Kangean yang terdiri dari pulau-pulau Kangean, Paliat, Sapeken, Sepanjang, Pagerungan, Sedulang berikut pulau-pulau kecilnya (Gambar 1). Kawasan ini secara administrasi berinduk pada Kabupaten Sumenep, Jawa Timur, terdiri dari dua wilayah Kecamatan Kangean dan Sapeken. Kangean dengan pelabuhannya Batuguluk dihubungkan dari Kalianget yang berjarak lurus 141 km dengan transportasi feri dua kali dalam satu minggu. Sapeken, kota kecamatan di P Sapeken berjarak lurus 57 km dari Batuguluk, dapat dicapai dengan jalan darat sepanjang pulau Kangean hingga Kayuaro dan dilanjutkan dengan perahu.

Gugusan pulau Kangean dapat disebut sebagai kawasan pulau kecil yang terletak di tepian paparan Sunda, tepat di bagian tubir dari lereng paparan yang menghadap Laut Flores.

Iklim-cuaca

Kepulauan Kangean berada di bawah pengaruh musim barat-timur, yaitu antara Nopember hingga Maret merupakan musim barat basah sementara antara Mei dan September merupakan musim timur kering. Curah hujan rata-rata tahunan mencapai 2000 mm/tahun.

Pada saat dilakukan studi, pada bulan Juli 1999, angin bertiup dari arah timur laut di bagian utara kawasan kepulauan, sementara di sisi selatan, arah dominan angin adalah tenggara-barat laut.

Kelautan

Laut kawasan kepulauan Kangean merupakan bagian dari ujung timur laut dangkal paparan Sunda. Kawasan ini bersisian dengan Laut Flores, pada ujung selatan suatu lorong yang dimulai dari Laut Sulawesi di utara melalui selat Makasar dan berakhir di Samudra Hindia melalui selat Lombok.

Arah utama arus permukaan mengikuti pola arah angin yang berubah sesuai perubahan musim. Gelombang mencapai ketinggian 2 -3 m pada saat musim barat dengan angin berarah barat laut tenggara.

Geologi

Gugusan pulau dibentuk oleh satuan batuan sedimen laut (napal dan batu gamping) yang mengalami kerjaan tektonik dengan sumbu barat timur (perlipatan dan pengangkatan), menghasilkan tinggian (400 m) sebagai sumbu pulau Kangean. Morfologi berbukit yang terbentuk di Kangean berangsur menunjam di bagian timur (Paliat) hingga menyisakan pulau-pulau datar dari singkapan sedimen yang terungkit, di atas mana satuan gamping menumpang selaras.

KLASIFIKASI TAK TERAWASI

Kangean tercakup dalam dua lembar (scene) citra satelit, yaitu: lembar Kangean Barat dan Kangean Timur. Tersedia data citra "tematic mapper" dari tahun 1998 dari beberapa "band" yaitu band 1-7 berdasar mana kemudian dilakukan pembagian kelas ekosistem terumbu karang. Kelas yang diusulkan berdasar usulan pertemuan teknis (P3O, P3GT, LAPAN dan Coremap PMO) di P. Pari kepulauan Seribu pada Nopember 1998. Pembagian kelas yang diusulkan adalah terumbu karang hidup (biru muda), terumbu karang mati, paparan pasir (kuning), paparan rumput laut (merah muda), pecahan karang dan laut serta pulau/daratan. Proses dan prosedur klasifikasi seperti dipaparkan dengan formula Lizengga. Studi area yang diambil sebagai model adalah pulau Kangean pantai utara dan barat berikut pulau kecil Memburit di depan pelabuhan.

LAPANGAN DAN PEMBAHASAN

Geologi dan morfologi

Pulau Kangean, Paliat dan beberapa pulau kecilnya terbentuk oleh singkapan sedimen laut napal dan karbonat dengan struktur utama berarah barat-timur. Pengangkatan dan perlipatan lemah kawasan ini memberi pesisir dan litoral yang relatif landai. Karenanya, terumbu karang umumnya tumbuh sebagai karang jumbai membentuk morfologi landai, meluas dari pantai yang terbebas dari pelumpuran menutup litoral dangkal. Terumbu karang juga membentuk takat atau "patchreef" yang luas di bagian paparan yang dangkal. Dengan pulau didekatnya, takat luas ini hanya diantarai oleh alas berpasir dengan kedalaman antara 10 - 20 m. Seringkali rataan pasir ini melandai hingga tepi garis pantai pulau tanpa kehadiran terumbu, namun di atas rataan pasir ini tumbuh subur lamun (*Enhalus* sp., *Thalasia* sp., *Sargassum* sp., *Turbinaria* sp. dll), dengan selingan (Φ = 1-2 m) koloni koral masif (*Goniastrea* sp dan *Porites* sp.).

Terumbu modern ini tumbuh tidak selaras dialasi satuan Kuarter Tua dan satuan endapan yang lebih muda (terestris dan litoral) dari masa susut laut terakhir (Holosen Bawah). Sisa terumbu Holosen berupa karang mati ditemukan di beberapa tempat (pesisir) pada posisi 50 - 80 cm di atas garis surut rata-rata terendah. Ini menyatakan bahwa Kepulauan Kangean setidaknya dapat dianggap stabil sejak Holosen. Terumbu karang tidak tumbuh di bagian pantai landai di sisi selatan pulau Kangean dan Paliat yang ditandai muara alur sungai dan pelumpuran, namun seringkali membentuk takat di lepas pantai atau tepian luar mintakat bakau.

Terumbu karang memiliki morfologi landai di bagian rataan, berupa paparan pasir yang ditumbuhi koral masif secara terpencar. Lereng depan suatu terumbu menjadi terjal di kompleks terumbu yang menghadap sisi laut terbuka atau laut dalam.

Kelautan dan cuaca

Daerah uji yang diperiksa merupakan perairan yang kuat dipengaruhi oleh pergantian musim barat dan timur. Akibatnya, pergantian arah aruspun mengikuti pola musim tersebut. Arus dari barat ketika musim basah membawa air laut dengan salinitas relatif rendah namun dengan muatan suspensi lebih tinggi; dari kawasan laut yang menerima curahan air hujan dan air dari muara sungai. Arus dari timur ketika musim kering membawa air dengan salinitas lebih tinggi serta kandungan rendah bahan suspensi. Arus bolak balik ini nampaknya tidak demikian berpengaruh pada morfologi pertumbuhan terumbu yang umumnya sejajar dengan arah angin.

Biologi keragaman terumbu

Terumbu karang di kawasan Kepulauan Kangean dapat dikelompokkan pada keragaman terumbu mintakat laut dangkal paparan tepian kontinen. Terumbu tumbuh melingkar di rataan depan mengelilingi pulau di substrat pasiran. Pada pulau dengan morfologi pantai curam di mana asupan sedimen sungai minimum, rataan terumbu karang di awali oleh pasir, *Padina* sp, *Sargassum* sp, berangsur menjadi koral masif (*Goniastrea* sp, *Porites* sp.) pada bagian dalam dari jambul (crest) terumbu. Beberapa jenis koral cabang (*Porites* sp) muncul. Jambul bagian depan di dominasi oleh koral cabang (*Acropora* sp.), menempati mintakat dengan lingkungan enersi kuat. Lereng depan memiliki kemiringan dari 60° - 85°

Peta klasifikasi tak terawasi sebaran terumbu

Peta klasifikasi tak terawasi terumbu karang yang diuji dan dipakai sebagai peta kerja lapangan dihasilkan dari proses analisa citra berdasar formula Lyzengga. Proses klasifikasi dilakukan sebelum rektifikasi citra. Ekosistem terumbu karang pada peta dikelaskan atas: kelas terumbu karang hidup dan atau mati, rumput laut atau lamun, rataan pasir dan karang mati. Garis pantai memisahkan antara darat dan laut, dari batas mana umumnya ekosistem terumbu karang dimulai. Batas ini ditentukan berdasar kenampakan citra yang diambil datanya (foto) di sekitar jam 10.00 waktu setempat, pada saat mana posisi muka air laut dapat diperoleh datanya sebagai data sekunder. Pada peta tidak digambarkan sebaran komponen bakau. Pada peta juga dicantumkan harga kedalaman yang diperoleh dari sumber yang tersedia sebagai data sekunder.

Hasil analisa ini kemudian di registrasikan pada peta dasar, yang sementara ini dipakai peta digital Indopulau skala 1: 250.000. Proyeksi peta berdasar datum WGS84 dikoreksikan pada titik-titik ikat yang diukur dengan GPS Garmin. Untuk keperluan uji lapangan, peta dicetak pada format 1:25.000 meliput seluruh kawasan yang ada dalam dua *scene* berbeda. Uji lapangan dilakukan di beberapa lokasi yang dianggap mewakili kondisi khusus yang berbeda antara satu ekosistem dengan ekosistem lainnya di suatu lokasi.

DISKUSI

Peta untuk uji klasifikasi pertama ini disiapkan dari hasil klasifikasi tidak terawasi berdasar formula Lyzengga. Kelas yang dipetakan adalah: karang hidup, karang mati, lamun, pecahan karang, dan pasir.

Uji petik di bagian barat pulau Kangean dilakukan di sekeliling P. Mamburit (Gambar 2) dan pesisir barat pulau Kangean di sekitar pelabuhan Batuguluk. Pada citra komposit band 321 tergambar sebaran tipis (tebal 2-3 piksel) koral hidup pada tubir yang dikenali bernilai spektral 70-80 pada harga band 1, sementara spektral 80-85 merupakan gambaran lebih lebar (4-7 piksel)

di belakang tubir yang mewakili daerah karang mati. Rataan rumput laut ditandai oleh spektral berharga 85-94, sementara rataan pasir dengan spektral antara 100 - 115. Harga spektral tutupan pasir di kedalaman > 10 m berkisar antara 95 - 100. Rataan pasir dengan sebaran tipis rumput dan karang hidup memiliki kisaran antara 85 - 100. Harga spektral pada tiap kelas tersebut memberi kelas yang berbeda pada citra di lokasi selatan pelabuhan Batuguluk (Gambar 3). Lokasi ini tidak memiliki tutupan karang hidup lagi melainkan perairan keruh dengan sebaran karang mati yang telah tertutup ganggang dengan nilai spektral antara 85-95. Tutupan pasir bercampur lumpur ditandai oleh spektral 92-103. Lokasi ini memiliki kekeruhan tinggi (pandangan <2 m) akibat siltasi dari sungai yang membawa lumpur dari sawah yang diduga sebagai penyebab matinya karang. Hasil uji lapangan menemukan penyimpangan pada peta kelas yang memberikan sebaran kelas terumbu hidup lebih luas di pantai barat daya P. Memburit. Penyimpangan ditemukan juga di lokasi selatan pelabuhan yang memetakan lumpur dan tutupan ganggang pada sisa karang mati sebagai karang hidup yang sangat luas.

Di utara P. Saubi (Gambar 4), di selatan P. Kangean, spektral antara 80 - 87 mewakili kelas karang hidup dengan tutupan karang masif dan cabang. Spektral kelas pasir berkisar pada harga 97-110, sementara pasir pada dangkalan pasang surut dapat mencapai 115. Tutupan pasir dengan tumbuhan rumput dan koral masif memiliki spektral antara 87-95. Kecerahan rendah (<8 m), diduga akibat tingginya populasi ganggang dan siltasi dari muara sungai di bagian selatan P. Kangean. Penyimpangan ditemukan pula di sekitar P. Saubi berupa sebaran luas karang hidup yang sebenarnya adalah tutupan lamun sementara karang hidup dipetakan sebagai karang mati.

Di ujung timur laut P. Kangean (Gambar 5) terdapat paparan aluvial pantai yang memiliki pelemparan hingga ke lepas pantai di atas mana tumbuh rataan terumbu karang luas (> 700 m) dengan ekosistem yang berbeda dari lokasi-lokasi yang dibahas sebelumnya. Rataan pasir memiliki spektra dari 100 hingga 125. Rataan karang hidup dan mati berkisar dari harga 83-88, rataan rumput laut 78 - 85, pasir dengan tutupan tipis rumput laut dan koral berharga spektral 88-95. Kawasan ini sangat kuat dipengaruhi oleh angin dan arus timur laut. Penyimpangan di lokasi ini adalah kurang terpetakannya karang hidup.

Pada uji coba di beberapa lokasi di Kangean Barat antara lain di pantai barat pulau Kangean berikut pulau Mamburit, P. Saubi dan pantai timur laut Kangean Barat ditemukan beberapa hal yang perlu di catat antara lain:

- formula terbatas hanya mengenali obyek yang berada di kedalaman antara 0 - 10 m.
- proses kalsifikasi tidak dapat membedakan antara terumbu karang mati yang telah tersaput ganggang dengan yang hidup atau dengan perairan keruh yang kesemuanya memiliki nilai spektral yang hampir sama pada komposit band 321 sebesar 70 - 80.
- Kisaran nilai spektral pasir cukup luas sehingga tidak mudah mengenali rataan pasir 100%, pasir dengan tutupan jarang lamun atau koral (terpencar dengan diameter hanya 1-2 m).
- Tutupan karang hanya ada pada lereng depan (front slope) dan tubir/jambul (front crest) yang memiliki lebar.

Uji lapangan juga dilakukan di kawasan Kep. Kangean bagian timur (Gambar 6) yang meliputi pulau-pulau Paliat, Sapeken, Sedulang Kecil-Besar, Sepanjang, Saibus dan Saur-Sapungkur. Secara umum, penyimpangan terjadi pada pengkelasan karang hidup yang diambil kisaran spektralnya sangat lebar sehingga muncul sebagai sebaran luas di lapangan yang sesungguhnya berupa rataan lamun dan daerah dengan kandungan sedimentasi tinggi (organik dan non-organik). Ujung timur P. Paliat yang perairannya berupa siltasi tinggi dipetakan sebagai karang hidup. Hal ini disebabkan kisaran harga spektralnya (85-95) berdekatan dan bertumpukan dengan harga spektral karang yang nampaknya dipetik dari kawasan P. Memburit. Hal yang sama ditemukan di kawasan P. Sesail sisi utara P. Sepanjang dengan tambahan koreksi pada sebaran lamun yang dipetakan pula sebagai karang hidup. Sebaran dominan lamun dibanding karang di rataan pasir P. Sedulang Kecil ditafsirkan sebagai karang hidup. Sebaran lamun di atas rataan pasir perairan jernih Sedulang Besar dipetakan sebagai karang hidup. Penyimpangan yang

ditemukan di kawasan P. Sedulang dari kesalahan pengkelasan pada luas komponen kelas mencakup koreksi yang menyebabkan luas kelas karang hidup 20 - 25 kali luas sebenarnya.

Pemeriksaan di lokasi sekitar P. Salarangan menemukan sebaran karang hidup yang lebih luas dari kondisi sebenarnya di sisi timur rataan yang sebetulnya merupakan rataan lamun bercampur *Padina*, *Turbinaria*, dll.

Berdasar uji lapangan pertama di P. Kangean ini, dapat dicatat beberapa hal berupa sumber penyimpangan antara klasifikasi tak terawasi dengan keadaan lapangan adalah:

- Beda tanggal pengambilan citra dengan kondisi (TK, laut, cuaca, musim, kekeruhan, dll) saat uji coba (peta lama).
- Perubahan kondisi yang telah jauh beda akibat perubahan cepat dari kondisi saat pengambilan citra
- Beda kedalaman berdasar variasi pasang surut pada saat pengambilan citra
- Beda kekeruhan berdasar musim atau aspek anthropogenik lain pada saat pengambilan citra
- Perubahan cepat ekosistem terumbu karang dalam suatu kawasan sempit dalam mana masing-masing ekosistim bisa memiliki nilai spektral sama namun mewakili nilai (spektral) komponen kelas (rumput laut vs terumbu karang, dll).
- Kualitas citra (cloud cover, band-strip) sehingga mempengaruhi proses klasifikasi
- Penyimpangan pada proses kartografi (registrasi, proyeksi peta dasar, dll)
- Tidak teridentifikasi dan terkelaskannya seluruh ekosistem pantai (bakau, dll)

Pada pelaksanaan pekerjaan uji coba di lapangan ditemukan sejumlah kendala, antara lain dapat dicatat:

- Waktu dan tenaga terbatas
- Banyaknya parameter yang harus diamati, dicatat dan diukur
- Ketersediaan sarana transportasi penelitian (perahu) yang memadai (tangga, kedalaman lunas).
- Terpencarnya lokasi uji
- Iklim dan cuaca

KESIMPULAN DAN SARAN

Pelaksanaan uji lapangan di kepulauan Kangean menghasilkan beberapa hal yang dapat disampaikan sebagai kesimpulan berikut saran, antara lain:

a) Administratif:

- Penyediaan citra satelit memerlukan proses panjang menyangkut aspek administrasinya, karena itu perlu diperhitungkan waktu untuk pembuatan kelas tak terawasi dan selang waktu antara pelaksanaan uji lapangannya.
- Diusahakan memperoleh citra dari tanggal pengambilan paling mutakhir dengan kualitas terbaik dari segi tutupan awan maupun kabut, rona alur (band stripping) dan lengkap komposisi band nya. Perlu dihindari penyediaan citra kompilasi dari beberapa tanggal dan kualitas tutupan yang berbeda.

b) Teknis pengkelasan awal

- Pembuatan klasifikasi tak terawasi dilakukan pada beberapa daerah tertentu yang dikenali komponen ekosistem atas dasar apa dilakukan pembagian kelas. Perlu dihindari analisa yang dilakukan menyeluruh untuk suatu luasan (sat scene) berdasar lokasi studi yang sangat terbatas dan spesifik ekosistemnya.

- Perlu masukan dari ahli ekosistem terumbu karang ketika klasifikasi awal dilakukan agar dapat menghindari kesalahan menentukan dan mengambil kisaran harga spektral untuk suatu kelas ekosistem.
- Menghindari sejauh mungkin terlalu berbedanya antara informasi citra dengan keadaan sesungguhnya saat uji lapangan. Beda tersebut akibat dari:
    - Tanggal pengambilan citra jauh beda/kadaluwarsa dari saat pengamatan
    - Kualitas citra (band stripping, awan)
    - *Cropping* dari beberapa citra

  Perbedaan ada pada:
    - Pergeseran garis pantai oleh beda pasut
    - Perubahan status terumbu karang (rusak, pertumbuhan, sedimentasi klastik, dst)
    - Beda kondisi akibat musim dan cuaca pada fisik air laut (kekeruhan, dll)
- Pengkelasan dilakukan bersistem pada suatu kawasan
- Harga spektral tiap kelas pada tiap lembar citra berbeda.

c) Teknis uji lapangan
- Uji lapangan dilakukan pada beberapa kawasan dan lokasi yang dibedakan atas dasar sifat-sifat keragaman: fisiografi, morfologi, biozonasi, oseanografi, geologi, dampak anthropogenik, dll. Untuk Indonesia, beberapa daerah dan kriterianya dapat di bedakan seperti pada Tabel 2.
- Perlu kelengkapan sarana yang memadai khususnya transportasi lokal dan perahu penelitian.
- Ketersediaan waktu yang memadai untuk uji petik pada setiap ekosistem berbeda dari setiap lokasi

Tabel 2. Berbagai kawasan di Indonesia dan kriterianya untuk uji lapangan

No	Kriteria Utama	Zona	Area	Keterangan
1	**Biozonasi**	Samudra Hindia	Pantai barat Sumatra, Jawa Selatan, NTB, NTT	Keragaman zona Samudra Hindia, dominasi koral masif
2		Samudra Pasifik	Sulawsei Utara, Halmahera, Irian Jaya Utara	Keragaman zona Samudra Pasifik, dominasi koral cabang
3	**Fisiografi**	Laut dalam	Laut Banda, Samudra Hindia dan Pasifik	Jernih, di kedalaman >10 m
4		Paparan kontinen	Laut Jawa, Selat Karimata, Laut Arafura	Keruh, di kedalaman < 10m, bakau dominan,
5	**Geologi**	Tektonik stabil	Kalimantan, Laut Jawa dan Cina Selatan	Paparan luas, tipis, tubir luas
6		Tektonik aktif	Busur luar volkanik, pantai barat Sumatra dan selatan Jawa-NTT,	Paparan dan tubir sempit, Laguna dalam, undak teras, mikro atol
7		Volkanik	Sangir Talaud, Banda, Krakatau, NTT, Ternate-Tidore	Jumbai terpotong, tipis, campuran bahan volkanik
8		Cekungan sedimen	Timur Sumatra, Utara Jawa, selatan Irian, Timur Kalimantan	Keruh, tipis, di kedalaman <10m
9	**Oseanografi dan iklim**	Upwelling	Samudra Hindia,	Individu/spesies tinggi
10		Arus dan angin musim	Paparan kontinen	Pertumbuhan lateral sejajar arah arus dan angin

Tabel 2. (Lanjutan)

No	Kriteria Utama	Zona	Area	Keterangan
11	**Geografi**	Pulau Besar	Sumatra, Jawa, Sulawesi, Irian . dll	Terumbu jumbai, keruh, bakau dominan
12		Pulau Kecil	Kepulauan Riau, Maluku	Jumbai melingkar, atol, jernih, bakau tipis
13		Paparan landai muara sungai besar	Paparan kontinen (Sumatra pantai timur, Kalimantan barat-selatan, Jawa utara, Irian selatan	Keruh, tipis,
14		Paparan curam laut terbuka	Sumatra pantai barat, Jawa selatan, Irian utara	Enersi tinggi,

d) Teknis klasifikasi terawasi dan GIS
- Interdependensi antara proses pengkelasan dengan proses analisa hasil pengukuran parameter (posisi absolut, spektra, kedalaman, dll) dari uji lapangan.
- Ketersediaan data RGB lengkap setiap tahap proses
- Ketersediaan data pasut dan kedalaman
- Ketersediaan data oseanografi dan iklim/cuaca

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada beberapa pihak, antara lain kepada masyarakat setempat, petugas lapangan beberapa dinas terkait (Perhubungan, Kehutanan, Pemda, dll) serta rekan-rekan yang telah membantu pelaksanaan uji lapangan, evaluasi dan analisa hasil serta penyiapan tulisan ini, kami ucapkan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

Hidro-Oseanografi, 1994. *Peta kedalaman daerah Kangean dan sekitarnya.*

LAPAN 1999. *Citra Satelit lembar Kangean Barat dan Timur, komposit* 1-7.

Nybakken J.W. 1982. *Marine Biology*: An Ecological Approach. PT. Gramedia Pustaka Utama.

Rogers C.S. et al, 1994. *Coral Reef Monitoring Manual for the Caribbean and Western Atlantic. National Park Service*, Virgin Island Nat Park, USA.

Siregar M.O. 1994., *Pengelolaan Lingkungan Pulau Wisata*, Thesis Universitas Indonesia.