



BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA

No.1063, 2014

BIG. Data Geospasial. Habitat Dasar. Laut Dangkal. Pengumpulan. Pengolahan. Pedoman Teknis.

**PERATURAN KEPALA BADAN INFORMASI GEOSPASIAL
NOMOR 8 TAHUN 2014
TENTANG
PEDOMAN TEKNIS PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA
GEOSPASIAL HABITAT DASAR PERAIRAN LAUT DANGKAL
DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA
KEPALA BADAN INFORMASI GEOSPASIAL**

- Menimbang : a. bahwa dalam penyelenggaraan pengumpulan dan pengolahan data geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal diperlukan suatu pedoman teknis sehingga menghasilkan Informasi Geospasial Tematik Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal di Indonesia yang akurat, handal, dipercaya, dapat dipertanggungjawabkan dan disepakati oleh para pihak;
- b. bahwa Badan Informasi Geospasial melakukan pembinaan kepada penyelenggara Informasi Geospasial Tematik berupa penerbitan peraturan perundang-undangan, pedoman, standar dan spesifikasi teknis untuk mewujudkan penyelenggaraan Informasi Geospasial yang berdaya guna dan berhasil guna melalui kerjasama, koordinasi, integrasi, dan sinkronisasi;
- c. bahwa berdasarkan pertimbangan huruf a dan huruf b perlu menetapkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial tentang Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal;

- Mengingat :
1. Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4725);
 2. Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau- Pulau Kecil sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 1 tahun 2014 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau- Pulau Kecil (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 2, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5490);
 3. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 140, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5059);
 4. Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 49, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5214);
 5. Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2013 Nomor 133, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5435);
 6. Peraturan Pemerintah Nomor 9 Tahun 2014 tentang Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 31, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5502);
 7. Peraturan Presiden Nomor 94 Tahun 2011 tentang Badan Informasi Geospasial (Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 144);
 8. Keputusan Presiden Nomor 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung;
 9. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 4 Tahun 2001 tentang Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang;
 10. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 200 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku Kerusakan Padang Lamun;

11. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 2 Tahun 2012 tentang Tata Cara dan Standar Pengolahan Data Geospasial;
12. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2013 tentang Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013;
13. Keputusan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 29 Tahun 2013 tentang Standar Pemrosesan data Geospasial;
14. Keputusan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 30 Tahun 2013 tentang Standar Metadata dan/atau Riwayat Data Dalam Penyelenggaraan Informasi Geospasial;

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : **PERATURAN KEPALA BADAN INFORMASI GEOSPASIAL TENTANG PEDOMAN TEKNIS PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA GEOSPASIAL HABITAT DASAR PERAIRAN LAUT DANGKAL.**

Pasal 1

Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal merupakan bagian dari kegiatan penyelenggaraan Informasi Geospasial Tematik terkait sebaran dan kondisi Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal.

Pasal 2

- (1) Informasi Geospasial Tematik Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal wajib mengacu pada Informasi Geospasial Dasar.
- (2) Informasi Geospasial Tematik Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disajikan pada skala peta:
 - a. 1:250.000;
 - b. 1:50.000;
 - c. 1:25.000;
 - d. 1:10.000; dan
 - e. 1:5.000.

Pasal 3

Penyelenggaraan Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal dilaksanakan berdasarkan Pedoman Teknis sebagaimana tercantum dalam Lampiran Peraturan Kepala ini.

Pasal 4

Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal disusun dan dimutakhirkan dengan memperhatikan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, kemampuan nasional yang ada, dan standar dan/atau spesifikasi teknis yang berlaku secara nasional dan/atau internasional.

Pasal 5

Peraturan Kepala ini mulai berlaku pada tanggal undangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Kepala ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Cibinong
pada tanggal 12 Mei 2014
KEPALA
BADAN INFORMASI GEOSPASIAL,

ASEP KARSIDI

Diundangkan di Jakarta
pada tanggal 4 Agustus 2014
MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
REPUBLIK INDONESIA,

AMIR SYAMSUDIN

I. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Wilayah pesisir yang kompleks baik dari segi biofisik (abiotik dan biotik) maupun sosial ekonomi menjadikan dinamisnya sumber daya alam yang ada. Semakin tinggi kompleksitas dan interaksinya maka semakin tinggi pula tingkat perubahan pada sumber daya yang ada. Kajian tentang dinamika pesisir terutama di wilayah perairan laut dangkal dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan, salah satunya adalah kajian pemetaan atau informasi geospasial. Perairan laut dangkal merupakan wilayah yang kaya nutrisi dimana suplai cahaya matahari yang berlimpah (*euphotic zone*) menjadikan biota di dalamnya sangat beranekaragam. Wilayah ini merupakan wilayah perairan laut yang selalu tergenang pada kedalaman kurang dari 30 meter yang dikenal dengan *epipelagic upper layer zone* (*Federal Geographic Data Committee, 2012*).

Habitat penting dalam perairan laut dangkal adalah karang dan padang lamun. Kedua habitat tersebut menyimpan keanekaragaman biota dan ketersediaan fungsi baik ekologis maupun ekonomis dibandingkan habitat lainnya. Pentingnya manfaat yang diberikan menjadikan proses pengumpulan informasi dan pemantauan terhadap habitat tersebut diperlukan. Clark (1992) menyampaikan bahwa terumbu karang daerah tropis telah mengalami degradasi atau penurunan kualitas maupun kuantitas. Berdasarkan hasil kegiatan penelitian yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan LIPI (P2O-LIPI) diperoleh gambaran bahwa hampir 43% terumbu karang di Indonesia sudah rusak berat atau bahkan dapat dianggap berada diambang kepunahan, sedangkan yang masih sangat baik hanya sekitar 6,5% (Moosa dan Suharsono, 1995). Kementerian Lingkungan Hidup (2002) menyatakan kondisi karang di Indonesia adalah 4% dalam kondisi kritis, 46% telah mengalami kerusakan, 33% kondisinya masih bagus dan kira-kira hanya 7% yang kondisinya sangat bagus. Bertambahnya berbagai aktivitas manusia yang berorientasi di daerah terumbu karang akan menambah tekanan dan sebagai dampaknya adalah turunnya kualitas terumbu karang.

Dalam upaya pengumpulan informasi habitat dasar perairan laut dangkal diperlukan metode yang dapat memetakan secara akurat dalam berbagai skala spasial maupun temporal secara efisien. Metode konvensional yakni survei lapangan untuk memetakan secara rinci seluruh habitat di perairan dangkal pada umumnya sulit dan memerlukan upaya dan biaya yang tinggi. Demi mengatasi hal tersebut, teknologi penginderaan jauh (inderaja) satelit seringkali digunakan untuk keperluan tersebut karena efektif dan efisien. Penggunaan teknologi penginderaan jauh dalam mendeteksi Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal seperti terumbu karang dan padang lamun telah banyak dilakukan.

Dengan menggunakan teknologi atau metode analisa geospasial, penyediaan informasi habitat dasar perairan laut dangkal terbukti lebih efisien dari segi biaya (Mumby, 1999). Teknologi dan metode analisa data geospasial untuk kajian pemetaan habitat dasar perairan laut dangkal digunakan sebagai salah satu pendekatan dalam menyediakan Informasi Geospasial (IG) akurat yang dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan. UNESCO menyebutkan bahwa penggunaan IG terumbu karang beserta habitat dasar perairan laut dangkal lainnya didominasi untuk kebutuhan monitoring, perencanaan atau pengelolaan kawasan (zonasi). Akan tetapi, hal tersebut tidak menutup kemungkinan adanya kebutuhan dari pengguna lain terhadap informasi geospasial habitat dasar perairan laut dangkal, khususnya di Indonesia. Lebih dari pada itu, kebutuhan perencanaan atau pengelolaan kawasan akan berbeda di tiap segmen peruntukannya yang pada akhirnya akan membedakan tingkat kedetilan informasi geospasial yang disediakan.

Sesuai amanah Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, dalam mewujudkan penyelenggaraan IG yang berdaya guna dan berhasil guna, maka ketersediaan data dan informasi geospasial tematik habitat dasar perairan laut dangkal Indonesia yang terintegrasi dan terklasifikasi secara sistematis sangat penting bagi para pembuat kebijakan, pemangku kepentingan, serta masyarakat pesisir. Penyusunan pedoman teknis pengumpulan dan pengolahan data geospasial habitat dasar perairan laut dangkal ini sejalan dengan semakin pentingnya data dan informasi yang akurat dari wilayah tersebut dalam berbagai skala spasial dan temporal.

Dalam rangka mencapai pengelolaan wilayah pesisir yang lebih terarah dan tepat sasaran maka penyediaan IG habitat dasar perairan laut dangkal perlu dilakukan. Penyediaan IG tersebut juga harus mengutamakan derajat kedetilan informasi yang sesuai dengan level pengelolaan dan kebutuhan para pemangku kepentingan serta memperhatikan kemudahan pengintegrasian dan keberbagi-pakaian data. Untuk mencapai tujuan

tersebut maka disusunlah Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal.

1.2. Tujuan dan Sasaran

Tujuan dari penyusunan dokumen ini adalah untuk menyediakan petunjuk teknis dalam pengumpulan dan pengolahan data geospasial habitat dasar perairan laut dangkal yang sesuai dengan prosedur yang telah disepakati.

Sasaran dari penyusunan dokumen teknis ini adalah tersedianya informasi geospasial habitat dasar perairan laut dangkal oleh kementerian/lembaga baik pemerintah maupun non-pemerintah yang mengacu pada dokumen teknis ini agar menghasilkan data yang dapat diintegrasikan untuk penyusunan satu data habitat dasar perairan laut dangkal nasional.

1.3. Dasar Hukum

Tata peraturan perundangan yang melandasi penyusunan Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal adalah:

1. Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4725);
2. Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 1 tahun 2014 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 2, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5490);
3. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 140, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5059);
4. Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 49, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5214);
5. Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2013 Nomor 133, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5435);

6. Peraturan Pemerintah Nomor 9 Tahun 2014 tentang Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 31, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5502);
7. Peraturan Presiden Nomor 94 Tahun 2011 tentang Badan Informasi Geospasial (Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 144);
8. Keputusan Presiden Nomor 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung;
9. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 4 Tahun 2001 tentang Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang;
10. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 200 Tahun 2004 tentang Kriteria Baku Kerusakan Padang Lamun;
11. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 2 Tahun 2012 tentang Tata Cara dan Standar Pengolahan Data Geospasial;
12. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2013 tentang Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013;
13. Keputusan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 29 Tahun 2013 tentang Standar Pemrosesan data Geospasial;
14. Keputusan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 30 Tahun 2013 tentang Standar Metadata dan/atau Riwayat Data Dalam Penyelenggaraan Informasi Geospasial;

1.4. Acuan

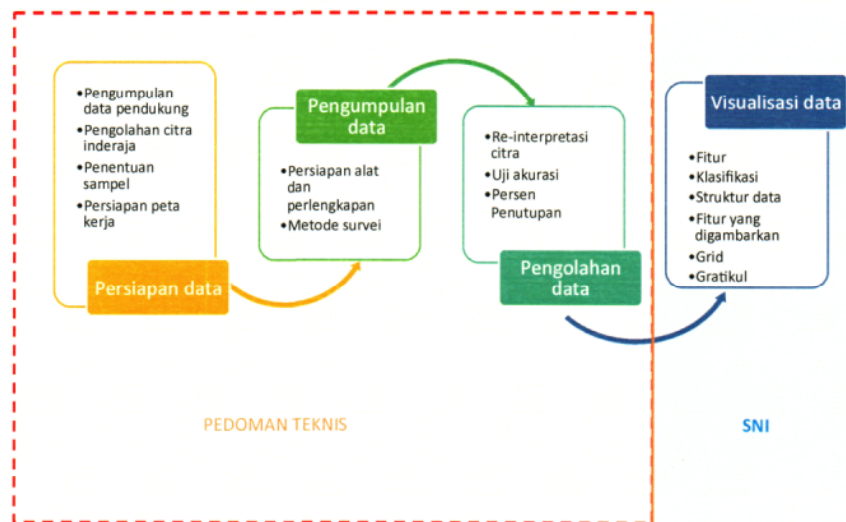
Penyusunan Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal adalah:

1. SNI 19-5602. 2- 2000 tentang Teknis Peta Rupabumi Indonesia Skala 1:25.000
2. SNI 19-5602. 3- 2000 tentang Teknis Peta Rupabumi Indonesia Skala 1:50.000
3. SNI 19-5602. 4- 2000 tentang Teknis Peta Rupabumi Indonesia Skala 1:250.000
4. SNI 19-6727-2002 tentang Peta Dasar Lingkungan Pantai Indonesia
5. SNI 7716:2011 tentang Pemetaan Habitat Perairan Laut Dangkal

1.5. Ruang Lingkup

Dokumen ini sebagai pedoman teknis untuk pemetaan habitat dasar perairan laut dangkal skala 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000 dan 1:250.000 yang terdiri dari tahapan persiapan data, pengumpulan data, dan pengolahan data. Sedangkan visualisasi data dijelaskan dalam SNI

1. Persiapan data, meliputi :
 - a. Pengumpulan data pendukung;
 - b. Pengolahan citra inderaja;
 - c. Penentuan sampel; dan
 - d. Pembuatan peta kerja.
2. Pengumpulan Data, meliputi :
 - a. Persiapan alat dan perlengkapan; dan
 - b. Metode survei.
3. Pengolahan Data, meliputi :
 - a. Re interpretasi;
 - b. Uji akurasi; dan
 - c. Analisis Data.



Gambar 1. Keterkaitan antara pedoman teknis dan SNI habitat dasar perairan laut dangkal

1.6. Daftar Istilah

1. Geospasial atau ruang kebumian adalah aspek keruangan yang menunjukkan lokasi, letak, dan posisi suatu obyek atau kejadian yang berada di bawah, pada, atau di atas permukaan bumi yang dinyatakan dalam sistem koordinat tertentu.
2. Data geospasial adalah data tentang lokasi geografis, dimensi atau ukuran, dan/atau karakteristik obyek alam dan/atau buatan manusia yang berada di bawah, pada, atau di atas permukaan bumi.
3. Data raster adalah data yang disimpan dalam bentuk grid atau piksel sehingga terbentuk suatu ruang yang teratur, data ini merupakan data geospasial permukaan bumi yang diperoleh dari citra perekaman foto atau radar dengan wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), pesawat atau satelit.
4. Data statistik adalah data yang berupa angka, yang dikumpulkan, ditabulasi, digolong-golongkan sehingga dapat memberi informasi yg berarti mengenai suatu masalah atau gejala.
5. Data vektor adalah data yang direkam dalam bentuk koordinat titik yang menampilkan, menempatkan dan menyimpan data geospasial dengan menggunakan titik, garis atau area (*poligon*).
6. Deteksi geo-bio-fisik adalah proses identifikasi parameter ketampakan yang menjadi ciri dari obyek permukaan bumi seperti koefisien pantulan, suhu permukaan, kandungan klorofil, kandungan air, dan kekasaran permukaan (*surface roughness*) obyek.
7. Interpretasi citra adalah proses penafsiran citra yang terdiri dari tiga rangkaian kegiatan terstruktur yaitu: deteksi, identifikasi, dan analisis (Sutanto, 1994)
8. Informasi Geospasial Dasar (IGD) adalah Informasi Geospasial yang berisi tentang obyek yang dapat dilihat secara langsung atau diukur dari kenampakan fisik di muka bumi dan yang tidak berubah dalam waktu yang relatif lama.
9. Informasi Geospasial Tematik (IGT) adalah Informasi Geospasial yang menggambarkan satu atau lebih tema tertentu yang dibuat mengacu pada IGD.

10. Terumbu karang adalah sekumpulan hewan karang dari filum *Cnidaria* kelas Anthozoa, yang bersimbiosis dengan sejenis tumbuhan alga (*zooxanthellae*), dan dapat menghasilkan terumbu (hermatipik).
11. Padang lamun adalah tumbuhan (tingkat tinggi) berbunga (Angiospermae) yang memiliki kemampuan beradaptasi dengan variasi salinitas (lingkungan laut).
12. Abiotik adalah komponen benda tak hidup.
13. Biotik adalah makhluk hidup (tumbuhan, hewan, manusia), baik mikro maupun makro serta prosesnya.
14. *Epipelagic zone* (zona epipelagik) adalah bagian teratas samudera yang diawali dari permukaan laut hingga kedalaman 200 meter.
15. *Euphotic zone* (zona eufotik) adalah zona permukaan laut atau danau yang tersinari cukup untuk memungkinkan berlangsungnya fotosintesis neto.
16. Pantai adalah daerah pasang surut antara pasang tertinggi dan surut terendah.
17. Penginderaan jauh adalah ilmu untuk mendapatkan informasi tentang obyek, daerah atau gejala di permukaan bumi yang direkam dengan alat tertentu (sensor), yang diperoleh tanpa kontak langsung terhadap obyek, daerah atau gejala yang dikaji.
18. Pesisir adalah daerah pertemuan antara darat dan laut; kearah darat meliputi bagian daratan, baik kering maupun terendam air, yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut seperti pasang surut, angin laut, dan perembesan air asin, sedangkan kearah laut meliputi bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses-proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar, maupun yang disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti penggundulan hutan dan pencemaran.
19. Peta adalah gambaran dari unsur-unsur alam dan atau unsur-unsur buatan, yang berada di atas maupun di bawah permukaan bumi yang digambarkan pada suatu bidang datar dengan skala tertentu.
20. Skala adalah angka perbandingan antara jarak dalam suatu Informasi Geospasial dengan jarak sebenarnya di muka bumi.

21. Spesies adalah suatu tingkat takson yang dipakai dalam taksonomi untuk menunjuk pada satu atau beberapa kelompok individu (populasi) yang serupa dan dapat saling membuahi satu sama lain di dalam kelompoknya (saling membagi gen) namun tidak dapat dengan anggota kelompok yang lain.
22. Substrat adalah campuran antara pasir, lumpur tanah liat yang bercampur dengan bahan organik yang pada umumnya berada pada wilayah pengendapan. Substrat di pesisir dan substrat di perairan bisa sangat berbeda proporsinya.
23. Transek lapangan adalah pengamatan langsung lingkungan dan keadaan sumber daya alam di lapangan mengikuti suatu lintasan tertentu.

II. Persiapan Data

Persiapan data dilakukan untuk memperoleh hasil interpretasi citra berupa klasifikasi Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal tentatif sebagai acuan penentuan sampel survei lapangan. Tahapan ini dibagi menjadi empat tahap yaitu pengumpulan data pendukung, pengolahan data inderaja, penentuan sampel, dan pembuatan peta kerja.

2.1. Pengumpulan Data Pendukung

Tahap pengumpulan data pendukung merupakan tahap awal dalam pelaksanaan kegiatan pengumpulan dan pengolahan data habitat dasar perairan laut dangkal. Data yang dikumpulkan terdiri dari dua jenis yaitu data geospasial dan data statistik. Penjelasan mengenai kedua data tersebut dijabarkan dalam bagian ini.

2.1.1. Data Geospasial

Data geospasial ini terdiri dari dua jenis yaitu data vektor dan data raster. Data geospasial digunakan sebagai data utama dalam pengolahan informasi geospasial dan juga acuan atau rujukan koreksi geometri atau sebagai sumber informasi pendukung.

A. Data Vektor

Data vektor yang digunakan dalam Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal ini meliputi data dasar dan data tematik. Data dasar yang digunakan adalah Peta Rupabumi Indonesia (RBI), Peta Lingkungan Pantai Indonesia (LPI) dan Peta Lingkungan Laut Indonesia (LLN). Sedangkan data tematik yang digunakan antara lain data eksisting terumbu karang dari pihak terkait lain dan data batas administrasi terbaru.

B. Data Raster

Data raster yang dimaksud dalam pedoman ini adalah data inderaja yang bersumber dari sensor optis, baik menggunakan wahana pesawat udara maupun satelit. Data raster yang bersumber dari citra inderaja yang dapat digunakan dalam Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal antara lain citra Landsat, SPOT, ALOS, IKONOS,

Quickbird, dan Worldview. Efisiensi penggunaan foto udara dan citra satelit telah dikaji oleh Mumby (1999). Penggunaan citra satelit untuk pemetaan skala tertentu dilakukan dengan menggunakan formula yang dicetuskan oleh Tobler (1987). Untuk memperoleh skala peta yang dihasilkan adalah dengan mengalikan nilai 2 terhadap resolusi citra kemudian dikalikan 1.000. Hubungan antara ketelitian GPS, skala peta, dan error pada koreksi geometrik dapat dilihat pada Keterangan:

Skala : skala peta yang dihasilkan
 R_s : resolusi spasial citra

Tabel 1. Kesalahan posisi yang diperbolehkan adalah maksimal sama dengan resolusi spasial citra yang digunakan.

$$Skala = (2 \times R_s) \times 1.000$$

Keterangan:

Skala : skala peta yang dihasilkan
 R_s : resolusi spasial citra

Tabel 1. Relasi antara skala peta dan citra satelit

Skala peta	Resolusi citra min (m)	Akurasi kesalahan GPS max. (m)	Koreksi geometrik max. (m)
5.000	2,5	2,5	1,25
10.000	5	5	2,5
25.000	12,5	12,5	6,25
50.000	25	25	12,5
250.000	125	125	62,5

Sebagai contoh, penggunaan citra satelit Worldview yang memiliki resolusi spasial 2 m maka penghitungan skala yang dapat dihasilkan adalah 1:4.000 yang diperoleh dari: $2 \times 2 \times 1.000$; hal ini masih relevan untuk pemetaan skala minimal 1:5.000. Contoh lain penggunaan citra Landsat dengan resolusi spasial *pansharp* 15 m maka penghitungan skala yang dapat dihasilkan adalah 1:30.000 yang masih relevan untuk pemetaan skala minimal 1:50.000.

2.1.2. Data Statistik

Data statistik ini digunakan sebagai informasi tambahan dalam menggambarkan efek sosial dan kultur masyarakat dalam pemanfaatan di wilayah habitat dasar perairan laut dangkal. Data sosial, ekonomi, kependudukan masyarakat dapat diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS).

2.2. Pengolahan Data Inderaja

Pengolahan data inderaja merupakan tahapan untuk memperoleh informasi dari data inderaja dan disajikan dalam peta kerja. Pengolahan data citra difokuskan pada data citra digital. Pengolahan data inderaja terdiri atas dua tahap yaitu pra pengolahan citra dan interpretasi citra.

2.2.1. Pra Pengolahan Citra

Pra pengolahan citra merupakan tahapan pengolahan data geospasial sebelum dilakukan interpretasi dan deliniasi citra untuk menghasilkan data sebaran habitat dasar perairan laut dangkal. Secara umum, tahap ini terdiri atas tiga tahap yaitu koreksi radiometrik, koreksi geometrik, *cropping* dan *masking*, komposit warna, dan penajaman digital. Pedoman ini merekomendasikan penggunaan citra digital level koreksi tertinggi yang sudah dikoreksi radiometrik dan geometrik secara sistematis, yang biasanya disediakan oleh *provider* citra satelit.

Sebagai catatan, citra yang digunakan harus sudah melalui langkah-langkah pra pengolahan citra minimal sebagai berikut:

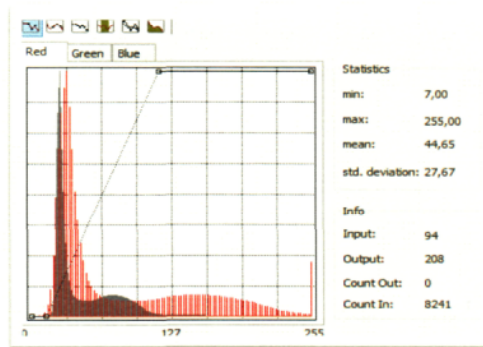
A. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel dengan mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer, hamburan awan (*haze*), dan hamburan obyek lainnya sebagai sumber kesalahan utama. Metode-metode yang sering digunakan untuk menghilangkan efek atmosfer antara lain metode *dark object subtraction* dan metode regresi. Koreksi radiometrik dilakukan dengan menggunakan salah satu dari dua metode tersebut.

A.1. Dark Object Subtraction

Metode ini juga dikenal dengan nama metode pergeseran histogram minimum, yang didasarkan pada sebuah asumsi bahwa di suatu tempat di dalam citra ada sebuah piksel dengan reflektan nol (Chavez et. al. 1977). Metode pergeseran histogram minimum merupakan metode koreksi radiometrik yang paling sederhana. Prinsip dasar dari metode ini menggunakan acuan obyek yang secara alami memiliki nilai pantulan nol. Obyek yang digunakan sebagai acuan tersebut biasanya adalah laut dalam, bayangan, atau aspal baru. Prosedur yang harus dilakukan adalah mencari obyek acuan tersebut dalam setiap *scene* citra. Kemudian nilai yang ada pada obyek tersebut digunakan untuk mengurangi seluruh nilai piksel

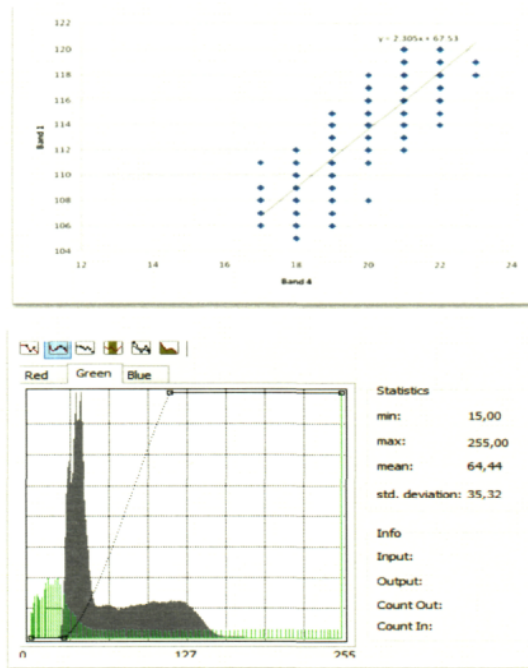
yang ada dalam *scene* citra pada kanal tertentu. Contoh hasil proses koreksi radiometrik *dark object subtraction* dapat dilihat dalam histogram pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Hasil koreksi radiometrik dengan menggeser histogram

A.2. Metode Regresi Linear

Metode regresi linear diterapkan dengan memplot nilai-nilai piksel hasil pengamatan dengan beberapa kanal sekaligus. Hal ini diterapkan apabila ada kanal rujukan (yang relatif bebas gangguan) yang menyajikan nilai nol untuk obyek tertentu, biasanya air laut dalam atau bayangan. Kemudian tiap saluran dipasangkan dengan saluran rujukan tersebut untuk membentuk diagram pancar (regresi) nilai piksel yang diamati. Saluran rujukan yang digunakan adalah saluran infra merah dekat. Cara ini efektif mengurangi gangguan atmosfer yang terjadi hampir pada semua saluran tampak bahkan mendekati perhitungan koreksi radiometrik metode absolut. Walaupun metode ini melewati beberapa tahap yang cukup rumit, akan tetapi hasilnya tidak selalu baik. Hal ini disebabkan karena tidak setiap citra mempunyai nilai piksel obyek yang ideal sebagai rujukan, seperti air dalam atau bayangan awan.



Gambar 3. Koreksi radiometrik metode regresi (atas) dan ilustrasi histogram hasil koreksi

B. Koreksi Geometri

Koreksi geometri dimaksudkan untuk memperbaiki posisi obyek pada citra terhadap posisi sebenarnya di lapangan. Koreksi geometri dilakukan dengan menggunakan rujukan informasi geospasial dasar (IGD). Informasi geospasial dasar yang dimaksud adalah peta Rupabumi Indonesia (RBI), Peta Lingkungan Pantai Indonesia (LPI) dan Peta Lingkungan Laut Nasional (LLN), citra tegak resolusi tinggi, atau dapat pula menggunakan citra yang telah terkoreksi atau data koordinat *Global Positioning System (GPS) Receiver* yang dikumpulkan dari survei lapangan pada tempat-tempat yang nampak pada citra seperti jembatan, perpotongan jalan dan lain-lain, terutama untuk pulau-pulau kecil dimana tidak tersedia peta, dengan tetap mengacu pada titik kontrol dalam Jaring Kontrol Horizontal Nasional yang dikelola BIG. Secara teknis, koreksi geometri dapat langsung dilakukan dengan mengacu pada pedoman dan standar yang telah ditetapkan oleh BIG.

C. Komposit Warna

Sehubungan dengan tema yang akan dikerjakan dalam survei dan pemetaan ini, maka terlebih dahulu diketahui karakteristik kanal dalam citra yang digunakan untuk survei dan pemetaan tersebut. Secara umum, kanal yang digunakan untuk indentifikasi kelas habitat dasar perairan laut dangkal yaitu kanal pada panjang gelombang/spektrum merah, hijau, dan biru, yang tersusun dalam komposit warna RGB warna asli (*true colour composite*), karena ketiga kanal tersebut memiliki tingkat penetrasi ke dalam air jernih yang cukup bagus, akan tetapi juga memiliki gangguan atmosferik yang cukup besar.

D. Pemotongan Citra dan *Masking*

Pemotongan citra diperlukan untuk membatasi daerah pemetaan atau penelitian sehingga memudahkan analisis citra dalam komputer. Selain itu pemotongan citra akan mengurangi kapasitas memori citra dan selanjutnya akan mempercepat pengolahan citra tersebut.

Masking dapat dilakukan secara digital atau manual. Untuk teknik digital, *masking* daratan dilakukan berdasarkan pembagian nilai piksel antara kanal inframerah dekat atau tengah dengan kanal spektrum biru, hijau, atau merah; atau menggunakan teknik garis kontur nilai piksel pada kanal spektrum inframerah, untuk melakukan pemilihan kontur berdasarkan nilai piksel antara obyek perairan dan daratan. Dalam hal ini digunakan kanal inframerah dekat/tengah, dimana pada kedua kanal tersebut batas antara daratan dan perairan mudah dibedakan. *Masking* awan secara digital lebih rumit dibandingkan dengan *masking* daratan, sehingga *masking* untuk menghilangkan awan dilakukan secara manual dengan menggunakan file vektor. *Masking* yang digunakan dalam pemetaan daerah tertentu dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan file vektor. *Masking* citra yang akan digunakan untuk indentifikasi kelas habitat dasar perairan laut dangkal dilakukan untuk menghilangkan adanya gangguan dari pengaruh awan dan obyek daratan atau obyek lain yang tidak diperlukan.

E. Penajaman Digital

Tahapan ini berisi penajaman digital yang bertujuan untuk mendapatkan kualitas visual dan variabilitas spektral citra menjadi lebih baik. Tahap ini secara umum terbagi menjadi tahap perbaikan kualitas visual citra (penajaman citra) dan koreksi citra akibat gangguan gelombang dan kolom air. Perbaikan kualitas visual citra dilakukan dengan menggunakan teknik perentangan linear. Sedangkan koreksi citra dilakukan menggunakan teknik koreksi atau transformasi citra yang bertujuan untuk menghilangkan efek gangguan yang umum terjadi di perairan laut dangkal. Teknik penajaman yang dibahas dalam pedoman ini adalah teknik yang umum dilakukan dalam pengolahan citra untuk habitat dasar perairan laut dangkal,

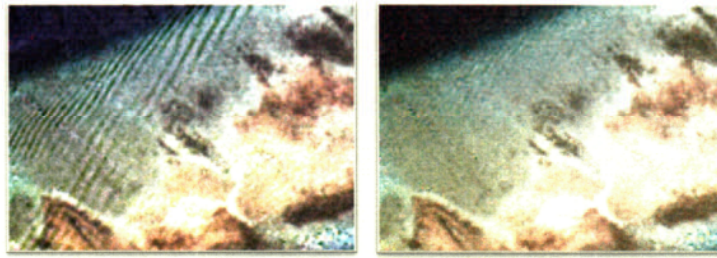
penggunaannya bersifat opsional tergantung kondisi citra. Kondisi citra yang dimaksud adalah adanya perbedaan spesifikasi/resolusi radiometrik, spektral, spasial dan kondisi atmosferik pada saat citra direkam. Berikut adalah teknik yang dilakukan dalam tahapan penajaman digital:

i. Teknik Perentangan Linear

Teknik ini dapat digunakan untuk mempertajam kenampakan obyek secara keseluruhan seperti mempertajam tepian, menghaluskan *noise*/gangguan, dan memunculkan spesifik area tertentu di citra. Adapun teknis penajaman dengan perentangan linear dapat dilakukan dengan melihat distribusi nilai piksel citra asli terlebih dahulu (nilai terendah dan tertinggi), kemudian nilai terendah tersebut direntangkan menjadi bernilai nol, dan nilai tertinggi ditarik ke nilai maksimum bit (*binary digit*) citra yang digunakan. Metode ini biasa disebut sebagai perentangan linear minimum-maksimum. Perentangan linear dapat pula dilakukan secara otomatis dengan memasukkan nilai persentase perentangan (biasanya berkisar antara 1 – 3 atau 5%) pada histogram masing-masing citra asli. Teknis perentangan dilakukan masing-masing terhadap kanal merah, hijau, dan biru dalam komposisi warna RGB. Perentangan linear juga dapat dilakukan secara interaktif, dengan cara menarik garis transformasi (*transform line*) menjadi nilai minimum dan maksimum citra output. Ini sangat bermanfaat pada saat penentuan *training area* obyek habitat dasar perairan laut dangkal maupun membantu pemilihan titik kontrol (GCP) untuk koreksi geometrik.

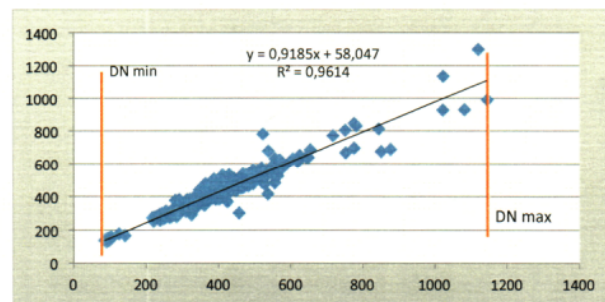
ii. Penghilangan Efek *Glint*

Penghilangan efek pantulan sinar matahari (*glint*) pada umumnya dilakukan pada citra resolusi tinggi karena pada citra tersebut efek *glint* secara jelas dapat terlihat. Secara sederhana, efek *glint* adalah gangguan yang ditimbulkan pantulan sinar matahari oleh gelombang air laut. Gangguan yang tampak pada citra, berupa nilai piksel tinggi akibat pantulan sinar matahari oleh permukaan air laut yang membentuk sudut balik sempurna ke arah sensor. Akibat gangguan ini, obyek yang ada di bawah permukaan air terlihat samar atau bahkan tidak tampak pada citra.



Gambar 4. Sebelum (kiri) dan sesudah (kanan) penghilangan efek *glint*

Gangguan akibat efek *glint* ini dapat diatasi dengan menggunakan dasar spektrum sinar inframerah dekat (*near infrared*) yang memiliki serapan maksimum di tubuh air, sehingga radiasi atau pantulan dari kolom air dan obyek dibawahnya sangat minimal/kecil. Sedangkan spektrum sinar tampak memiliki penetrasi maksimum pada perairan dangkal, serta menghasilkan pantulan obyek yang lebih besar dibandingkan spektrum inframerah dekat. Besarnya efek *glint* pada sinar tampak berbanding lurus (linear) dengan besarnya efek tersebut pada sinar inframerah dekat. Akan tetapi tidak semua gangguan akibat efek *glint* dapat dihilangkan atau direduksi, tergantung intensitas sinar matahari dan sudut pantulannya. Untuk mereduksi gangguan ini pun perlu kehati-hatian, terlalu besar nilai gangguan yang dihilangkan justru dapat menghilangkan informasi habitat dasar perairan laut dangkal yang lainnya.



Gambar 5. Penentuan persamaan regresi untuk reduksi efek *glint*

Teknik yang digunakan untuk menghilangkan atau mereduksi efek *glint* adalah menggunakan regresi linear antara kanal spektrum inframerah sebagai rujukan (sumbu x) dengan kanal lainnya yang akan dikoreksi (sumbu y). Pengambilan sampel diperlukan sebagai masukan pembuatan regresi linear. Sampel yang dipilih adalah perairan laut dalam dengan gangguan

glint maksimal, dengan gangguan kecil, dan tanpa gangguan efek *glint*. Merujuk pada gambar di atas maka diperoleh persamaan untuk reduksi efek *glint* (*de-glint*) sebagai berikut:

$$DeGlint = DN - (0.9185 \times (DN_{NIR} - DN_{NIR \text{ (minimum)}}))$$

Keterangan:

DN : Nilai digital.

NIR : Near Infra Red (kanal inframerah dekat).

iii. Koreksi Kolom Air

Koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan gangguan yang berada dalam kolom air laut yang dapat mempengaruhi nilai pantulan habitat/objek dasar perairan laut dangkal. Sebagian referensi penelitian juga melibatkan proses koreksi kolom air dalam pemetaan habitat dasar perairan laut dangkal. Salah satu referensi yang menganggap pentingnya koreksi kolom air adalah Green et al. (2005) dan Lyzenga (1978 dan 1981). Sebagian penelitian lain menilai adanya koreksi kolom air justru merusak nilai piksel citra. Hal tersebut diindikasikan dengan rendahnya korelasi nilai piksel hasil koreksi dengan nilai kedalaman habitat dasar yang diperoleh di lapangan (Setiyawan dkk., 2013). Pada koreksi kolom air juga perlu memperhatikan kualitas citra, untuk melihat apakah obyek dasar habitat perairan dangkal tersebut berada di dalam kolom air atau terpapar. Jika obyek dasar habitat perairan dangkal kondisinya terpapar, maka tidak perlu dilakukan koreksi kolom air, karena akan menghilangkan detail obyek tertentu. Selain itu, perlu juga diperhatikan kekeruhan air pada liputan citra perairan dangkal, karena koreksi kolom air tidak efektif pada perairan yang terlalu keruh.

Secara teori, sinar yang masuk ke dalam kolom air berkurang secara *eksponensial* dengan bertambahnya kedalaman air (*atenuasi*). Pada sinar tampak, sinar merah teratenuasi lebih cepat daripada sinar biru dan hijau. Terdapat dua cara dalam melakukan koreksi kolom air, khususnya dalam mencari nilai (k_i/k_j). Pertama, melalui nilai gradien korelasi antara kanal spektrum tampak. Kedua, diperoleh berdasarkan formula sebagai berikut:

$$\frac{k_i}{k_j} = a + \sqrt{(a^2 + 1)}$$

$$a = \frac{\sigma_{ii} - \sigma_{ij}}{2\sigma_{ij}}$$

$$Depth \ Invariant \ Index = \ln(L_i) - [(k_i/k_j) \cdot \ln(L_j)]$$

Keterangan:

$\sigma_{ii, jj}$: varian kanal i, atau kanal j

σ_{ij} : covarian kanal ij

- Li : Nilai digital pada kanal i.
 Lj : Nilai digital pada kanal j.
 Ki/Kj : Rasio koefisien atenuasi pada pasangan kanal i dan j.

iv. *Principal Component Analysis (PCA)*

PCA atau *Principal Component Analysis* digunakan untuk mempertajam citra dengan melakukan transformasi nilai piksel dengan cara memutar sumbu ruang spektral mengikuti garis ortogonal rerata piksel pada pasangan kanal tertentu, sehingga menghasilkan variasi nilai piksel yang maksimum. Hasil proses tersebut adalah beberapa kanal citra baru yang saling tidak berkorelasi. Hal tersebut dilakukan karena pada citra multispektral seringkali memiliki korelasi yang tinggi antar band/salurannya, sehingga beberapa obyek pada citra sulit untuk dikenali (Richards, 1999). Dalam pedoman pengolahan data geospasial habitat dasar perairan laut dangkal ini citra hasil PCA digunakan sebagai masukan dalam klasifikasi citra *maximum likelihood*.

2.2.2. Interpretasi Citra Inderaja

Untuk mendapatkan informasi klasifikasi habitat dasar perairan laut dangkal, citra inderaja yang sudah dikoreksi kemudian diinterpretasi. Dalam melakukan interpretasi, digunakan 9 unsur interpretasi, yaitu: rona/warna, tekstur, bayangan/tinggi, ukuran, pola, asosiasi, lokasi, bentuk, dan konvergensi bukti. Secara umum, proses atau tahapan interpretasi adalah proses deteksi, klasifikasi, identifikasi dan analisis, serta delineasi kelas habitat dasar perairan laut dangkal (Sutanto, 1994). Proses utama dalam interpretasi adalah klasifikasi citra. Dalam melakukan klasifikasi, metode minimum yang disarankan adalah klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised*). Secara singkat, penjelasan mengenai metode klasifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

A. Klasifikasi Tidak Terbimbing (*Unsupervised*)

Klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised*) dilakukan dengan mengelompokkan piksel pada citra menjadi beberapa kelas berdasarkan pada perhitungan statistik tertentu tanpa menentukan sampel piksel (*training*) yang digunakan oleh komputer sebagai acuan untuk melakukan klasifikasi. Identifikasi ulang dilakukan dengan membandingkan citra hasil koreksi untuk menghasilkan klasifikasi yang lebih sedikit (penggabungan kelas/*merging*) sesuai dengan klasifikasi yang dibutuhkan pada skala hasil. Pada proses interpretasi ulang ini dibantu secara visual menggunakan citra komposit warna atau data hasil kerja lapangan sebagai dasar

penggabungan kelas. Algoritma yang disarankan digunakan dalam klasifikasi tidak terbimbing adalah *isodata classification*.

Pada prinsipnya klasifikasi *isodata* mengklasifikasikan nilai piksel berdasarkan nilai rata-rata (*means*) menjadi kluster-kluster tertentu, piksel yang tidak terkelaskan dalam nilai rata-rata tertentu akan dikelaskan kembali secara berulang berdasarkan analisis nilai piksel minimum. Parameter utama dalam klasifikasi *isodata* adalah *threshold* dan iterasi klasifikasi. Secara praktis, klasifikasi *isodata* dilakukan secara *trial and error* hingga menghasilkan jumlah kelas optimal yang mewakili kelas habitat pada skala hasil.

Prosedur umum

1. Citra yang digunakan berupa citra saluran tunggal. Citra tersebut dapat berupa citra hasil konversi, koreksi, PCA, maupun asli.
2. Dalam melakukan klasifikasi *isodata*, perlu memasukkan parameter utama: jumlah kelas, *threshold*, dan iterasi.
 - a. Jumlah kelas menentukan banyaknya kelas minimum dan maksimum yang dihasilkan dalam klasifikasi.
 - b. Kelas akan terbentuk selama nilai *threshold* suatu kelas lebih kecil daripada yang *threshold* ditetapkan.
 - c. Klasifikasi akan selesai baik apabila iterasi telah mencapai nilai yang ditetapkan *user* maupun nilai *threshold* suatu kelas sama dengan *threshold* yang ditetapkan *user*.
3. Memasukkan parameter jumlah minimal piksel tiap kelas. Biasanya jumlah minimal yang dimasukkan adalah 4 piksel; merujuk pada minimum objek yang dapat dikenali.
4. Memasukkan parameter standar deviasi kelas maksimal. Prinsip dari klasifikasi *isodata* adalah nilai piksel minimum; jika suatu kelas dengan standar deviasi melebihi standar deviasi yang ditetapkan *user* maka kelas akan terbagi menjadi dua atau terbentuk kelas baru.
5. Keberhasilan dalam melakukan klasifikasi *isodata* juga tergantung separabilitas nilai piksel dalam citra.

B. Klasifikasi Terbimbing (*Supervised*)

Klasifikasi terbimbing merupakan proses pengelompokan piksel pada citra menjadi beberapa kelas tertentu dengan berdasarkan pada statistik sampel piksel (*training*) atau *region of interest*. Sampel piksel ditentukan oleh pengguna sebagai piksel acuan yang selanjutnya digunakan oleh komputer sebagai dasar melakukan klasifikasi. Sampel piksel yang baik

memiliki rerata keterpisahan yang baik antar tiap kelasnya yang ditunjukkan oleh nilai indeks separabilitas (*separability index*) (Richards, 1999). Sampel piksel dapat bersumber dari pengetahuan interpreter terhadap kondisi lokal atau data hasil kerja lapangan. Algoritma klasifikasi citra yang digunakan yaitu *maximum likelihood*.

Klasifikasi *maximum likelihood* mengelaskan nilai piksel berdasarkan probabilitas suatu nilai piksel terhadap kelas tertentu dalam sampel piksel. Apabila nilai probabilitas nilai piksel berada di bawah nilai *threshold* yang ditentukan maka piksel tersebut tidak terkelaskan. Lain halnya apabila dalam klasifikasi tidak memasukkan nilai *threshold* maka semua piksel dapat terkelaskan sesuai sampel piksel yang ada.

Prosedur umum

1. Citra yang digunakan berupa citra saluran tunggal. Citra tersebut dapat berupa citra hasil konversi, koreksi, PCA, maupun asli.
2. Membuat *training area* atau *region of interest* (ROI) sebagai masukan klasifikasi *maximum likelihood*. Pembuatan *training area* dapat mengacu pada 30% data *groundtruth* yang diperoleh dari survei lapangan.
3. Membuat *training area* yang mewakili tiap kelas habitat berdasarkan homogenitas habitat/objek dasar perairan laut dangkal. Maka dari itu, penggunaan 9 unsur interpretasi dan pengetahuan lokal interpreter/user sangat membantu pembuatan *training area*. Minimum piksel dalam *training area* tiap kelas adalah 30 piksel.
4. Melakukan uji separabilitas *training area* atau ROI sebelum klasifikasi dijalankan. Separabilitas dikatakan baik apabila nilainya lebih dari 1,9.

C. Klasifikasi Citra Berbasis Obyek

Klasifikasi berbasis obyek dilakukan untuk mengenali obyek berdasarkan kelompok piksel, bukan berdasarkan individu piksel. Teknik ini dikenal dengan *Object-Based Image Analysis* (OBIA) atau *feature extraction*. Klasifikasi ini mempertimbangkan aspek spektral dan aspek geospasial dari obyek yang dikaji. Obyek dibentuk melalui proses segmentasi yang merupakan proses pengelompokan piksel yang mempunyai karakteristik spektral dan geospasial yang homogen.

Terdapat dua teknik dalam klasifikasi citra berbasis obyek. Pertama, klasifikasi menggunakan *rule-based*. Klasifikasi *rule-based* didasarkan pada parameter yang ditentukan oleh interpreter. Parameter dapat berupa algoritma atau transformasi citra, atau index tertentu. Kedua,

klasifikasi menggunakan algoritma *nearest neighbour*. Dalam melakukan teknik ini diperlukan sampel piksel sebagai masukan klasifikasi. Algoritma ini mengklasifikasikan nilai piksel atas kedekatannya dengan piksel dalam kelas tertentu berdasarkan sampel piksel.

Prosedur umum

1. Citra yang digunakan berupa citra saluran tunggal. Citra tersebut dapat berupa citra hasil konversi, koreksi, PCA, citra asli, maupun citra *pansharpen*.
2. Melakukan segmentasi citra berdasarkan parameter skala dan warna (tekstur). Pengalaman interpreter dalam melakukan segmentasi sangat mempengaruhi keberhasilan pemisahan habitat/objek tiap segmen. *Trial and error* juga dapat diterapkan dengan justifikasi keberhasilan segmentasi secara visual (penerapan 9 unsur interpretasi).
3. Memilih teknik klasifikasi: *nearest neighbour (example based)* dan *rule based*.
 - a. Teknik *nearest neighbour* membutuhkan *training area* sehingga langkah ini dapat dikatakan mirip dengan klasifikasi per piksel (*supervised*). *Training area* yang digunakan dalam klasifikasi berbasis objek ini berupa poligon hasil segmentasi. Setelah *training area* ditentukan, klasifikasi dapat dijalankan.
 - b. Teknik *rule based* membutuhkan masukan beberapa parameter untuk mengarahkan klasifikasi pada penentuan kelas tertentu. Parameter yang digunakan pun spesifik pada karakteristik kelas yang dimaksud. Sebagai contoh, untuk ekstraksi informasi vegetasi dapat digunakan parameter nilai NDVI sebagai salah satu *rule* dalam klasifikasi.
4. Langkah klasifikasi dapat dilakukan secara hierarkis; dari klasifikasi yang paling umum ke klasifikasi yang terkecil.

2.3. Penentuan Sampel

Dari hasil peta/citra tentatif yang diperoleh berdasarkan hasil klasifikasi, ditentukan sampel yang akan dibawa ke lapangan untuk verifikasi kebenarannya. Metode penentuan sampel yang digunakan adalah: *purposive* dan *proportional random sampling*. *Purposive* dengan mempertimbangkan keragaman atau variabilitas kelas habitat dasar perairan laut dangkal pada peta kerja. *Proportional random sampling* digunakan dalam menentukan titik sampel pada lokasi dengan variabilitas kelas habitat dasar perairan laut dangkal. Titik sampel yang sudah ditentukan dituangkan (diplot) ke dalam peta kerja. Jumlah titik sampel ditentukan secara representatif dan proporsional berdasarkan luasan area yang dipetakan. Sebagai panduan di lapangan digunakan peta kerja yang telah dicetak atau dalam bentuk digital yang telah terkoneksi dengan GPS.

Penentuan sampel juga mempertimbangkan aspek kondisi alamiah seperti: kedalaman perairan, rata-rata terumbu, keruangan terumbu karang (asosiasi terhadap obyek lain seperti permukiman, industri atau muara sungai), serta keterbukaan lokasi terumbu karang dari arah datangnya angin (*leeward* dan *windward*). *Leeward* merupakan daerah terumbu karang yang terlindung dari datangnya angin, sedangkan *windward* sebaliknya.

Dengan mempertimbangkan efisiensi waktu dan biaya, serta sulitnya medan pada saat pengambilan sampel habitat dasar perairan laut dangkal maka penentuan jumlah sampel hanya mempertimbangkan jumlah kelas tiap skala yang dihasilkan dalam klasifikasi. Masing-masing kelas setidaknya harus memiliki minimal 15 hingga 30 sampel di lapangan. Jumlah sampel tersebut sudah memperhitungkan jumlah sampel untuk input klasifikasi dan untuk uji akurasi interpretasi.

2.4. Pembuatan Peta Kerja

Peta kerja dalam pengumpulan dan pengolahan data geospasial habitat dasar perairan laut dangkal terdiri dari Peta Rupabumi Indonesia, data hasil interpretasi awal citra satelit dan rencana titik untuk pengambilan sampel. Pada peta kerja terdapat unsur-unsur dasar yang merupakan unsur penting yang terlihat jelas. Prosedur yang harus dilakukan untuk membuat peta kerja adalah dengan memasukkan unsur-unsur dasar sesuai tipe kenampakan/fitur pada permukaan bumi. Unsur-unsur dasar yang harus terlihat berdasarkan urutan kenampakannya adalah:

- a. Batas administrasi seperti batas negara, batas provinsi, batas kabupaten/kota, batas kecamatan, dan batas kelurahan/desa;
- b. Jalan/rel seperti sarana transportasi untuk kereta api antar wilayah atau untuk lori di wilayah perkebunan, misalnya di perkebunan tebu;
- c. Unsur perairan seperti sungai, saluran atau selokan, lautan, danau atau rawa, dan tambak;
- d. Bangunan-bangunan penting seperti bangunan milik atau yang digunakan untuk kegiatan pemerintahan, baik sipil maupun militer, dan untuk keperluan kegiatan masyarakat umum;
- e. Liputan lahan pesisir lain seperti perkebunan, permukiman; dan
- f. Data tematik sebaran habitat dasar perairan laut dangkal dan klasifikasinya.

III. Pengumpulan Data

Tujuan dari pelaksanaan pengumpulan data habitat dasar perairan laut dangkal adalah:

1. Mengumpulkan informasi titik kontrol untuk koreksi geometri
2. Mengumpulkan data habitat dasar perairan laut dangkal untuk input klasifikasi dan data ekologi; dan
3. Mengumpulkan data habitat dasar perairan laut dangkal untuk validasi hasil interpretasi citra;
4. Mengumpulkan informasi tambahan seperti peran sosial dan budaya dalam pemanfaatan habitat dasar perairan laut dangkal.

Berikut akan dibahas peralatan dan perlengkapan yang diperlukan dan metode survei yang digunakan.

3.1. Peralatan dan Perlengkapan

Beberapa peralatan dan perlengkapan yang akan digunakan dalam survei lapangan untuk pengumpulan data geospasial habitat dasar perairan laut dangkal adalah:

- a. Peta kerja: merupakan hasil pengolahan awal data spasial habitat dasar perairan laut dangkal yang dilaksanakan dari proses interpretasi awal citra satelit, yang ditumpangsusunkan dengan peta rupa bumi dan diberi lokasi pengambilan sampel, digunakan untuk memberikan acuan dalam pengambilan sampel di lapangan
- b. Pedoman identifikasi habitat dasar perairan laut dangkal: panduan dalam mengidentifikasi habitat dasar perairan laut dangkal, baik secara jenis dan marganya, ketika sedang berada di lapangan. Pedoman ini juga menentukan bentuk dari persebaran karang, non karang dan biota lainnya (dapat menggunakan pedoman dalam Veron (1995)).
- c. *Global Positioning System (GPS) Receiver*: digunakan untuk pengambilan *Ground Control Point (GCP)* dalam koreksi geometrik citra dan *ground check point* dalam

koreksi hasil interpretasi citra. Jenis dan ketelitian GPS disesuaikan dengan resolusi spasial citra yang diinterpretasi dan ketelitian pembuatan peta

- d. Roll-meter: digunakan pada saat membuat areal transek ketika pengambilan sampel/plot sampel.
- e. Transek kuadrat: ukuran menyesuaikan ukuran piksel citra resolusi tinggi yang digunakan (Gambar 6). Penggunaan transek kuadrat hanya diperuntukan pada metode survei *photoquad* untuk pemetaan skala besar.



Gambar 6. Kuadrat transek untuk pengukuran sampel karang

- f. Sabak / Kertas tahan air: digunakan untuk mencatat data yang diperoleh di lapangan agar data aman dan tidak basah. Sebaiknya dicetak dalam form isian untuk kemudahan dalam pengisian.
- g. Alat tulis: digunakan untuk mencatat data yang diperoleh di lapangan.
- h. Kamera bawah air: digunakan untuk mengambil data dan dokumentasi tutupan habitat dasar perairan laut dangkal.



Gambar 7. Kamera bawah air

- i. Peralatan penyelaman: *masker*, *snorkle*, *fin*, *scuba* (*Buoyancy Control Device* (BCD), tabung, *regulator*), sepatu selam (*booties*), dan sarung tangan.



Gambar 8. Peralatan selam yang digunakan saat melakukan penyelaman (*scuba.com*)

- j. Balon penyelam (*Diver's below*): sebagai prosedur dasar keselamatan dalam penyelaman, berfungsi untuk memberitahu kapal bahwa terdapat penyelam di dalam air.
- k. Baju pelampung: digunakan sebagai alat dasar keselamatan di perairan

- l. Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (P3K): peralatan pertama ketika terjadi kecelakaan saat di lapangan
- m. Perlengkapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), Obat-obatan (dalam dan luar).

3.2. Metode Pengumpulan Data Lapangan

Secara umum, metode survei dalam pedoman ini adalah metode penginderaan jauh yang dikombinasikan dengan metode survei ekologi atau biologi laut. Artinya, pengumpulan data dilakukan untuk keperluan koreksi geometrik citra, validasi citra menggunakan alat GPS dan kamera foto, dan untuk keperluan pengumpulan parameter ekologi habitat seperti persenutupan, jenis atau bentuk pertumbuhan, serta kondisi habitat.

3.2.1. Pengambilan Data *Ground Control Point* (GCP)

Ground Control Point adalah titik ikat yang digunakan untuk melakukan koreksi geometrik pada citra yang akan dilakukan interpretasi. GCP berfungsi untuk mengikat posisi yang terdapat pada citra pada lokasi sebenarnya. Citra yang belum terkoreksi geometrik belum dapat digunakan untuk panduan lapangan maupun acuan dalam pengambilan titik sampel oleh karena itu pengambilan GCP penting untuk dilaksanakan. Tingkat akurasi GCP sangat tergantung pada jenis GPS yang digunakan dan jumlah sampel GCP terhadap lokasi dan waktu pengambilan. Lokasi ideal pengambilan GCP adalah obyek-obyek tetap seperti perempatan jalan, sudut jalan, benda/monument/bangunan yang mudah diidentifikasi atau dikenal. Pada lokasi pesisir atau laut, obyek-obyek seperti dermaga, jetty, atau mercusuar dapat digunakan untuk GCP. Karena sedikitnya obyek acuan sebagai GCP di wilayah pesisir laut, sebaiknya pengambilan data GCP dilakukan dengan melakukan persiapan awal seperti mengidentifikasi obyek GCP pada peta dasar maupun pada citra yang akan diinterpretasi. Jenis atau tingkat ketelitian GPS disesuaikan dengan resolusi spasial citra dan skala kedetilan informasi geospasial. Sebagai contoh, dengan menggunakan GPS navigasi yang memiliki ketelitian ± 5 meter, dengan asumsi peta yang ditampilkan di layar memiliki skala 1 : 10.000, maka kesalahan 5 meter di lapangan hanya setara dengan 0,5 milimeter di peta sehingga ketelitian di bawah 5 meter masih bisa diterima. Hubungan skala peta dan tingkat akurasi GPS yang dibutuhkan dapat dilihat pada bab 2.1.1 B.

3.2.2. Metode Survei

Terdapat 3 metode dalam pengumpulan data habitat dasar perairan laut dangkal yaitu *Rapid Reef Assessment (RRA)*, *Stop and Go*, dan *Photoquad*. Matriks hubungan antara skala dan metode survei dapat dilihat dalam Tabel 2.

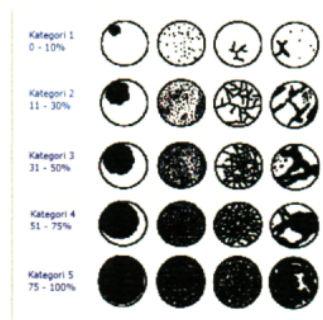
Tabel 2. Relasi antara metode survei dan skala peta yang sesuai

Metode	Kedalaman informasi	Skala
RRA	Kelas habitat umum	1:250.000
Stop and go	Varisasi kelas habitat, kerapatan kualitatif	1:50.000 dan 1:25.000
Photoquad	Kerapatan tutupan, jenis/life form	1:10.000 dan 1:5.000

3.2.2.1 Rapid Reef Assessment (RRA)

Teknik *Rapid Reef Assessment (RRA)* pada umumnya digunakan untuk memperkirakan tutupan dari berbagai obyek dasar (*benthic*) seperti karang, pasir, padang lamun, dan biota lain. Perkiraan tutupan obyek tersebut dilakukan oleh penyelam secara visual selama 5 menit untuk luasan area sekitar 100 m².

Penilaian atas persentase obyek didasarkan pada panduan seperti terlihat pada Gambar 9. Metode ini dianggap baik untuk dapat memperkirakan persentase tutupan masing-masing jenis habitat dalam waktu yang relatif singkat untuk skala area yang luas. Dalam pemetaan skala 1:250.000, metode ini cukup efektif digunakan untuk tujuan verifikasi hasil interpretasi dan pengumpulan informasi ekologi habitat dasar perairan laut dangkal.



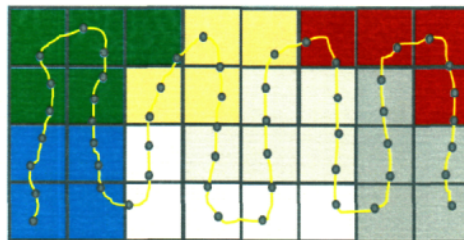
Gambar 9 Skematik representatif persen penutupan (English et al., 1994).

Prosedur Umum

1. Pengamatan untuk setiap titik dilakukan selama ± 5 menit dengan mengamati persentase tutupan habitat relatif. Data yang diperoleh dicatat dalam format data yang telah disiapkan, dicatat posisinya dalam GPS dan di foto.
2. Setelah selesai pengamatan pada satu titik, maka pengamat naik ke perahu untuk menuju ke titik berikutnya. Penentuan titik pengamatan dilakukan secara random pada peta kerja yang telah disiapkan atau berdasar jarak tempuh kapal setiap 2-5 menit.
3. Penentuan jumlah titik pengamatan disesuaikan dengan luas wilayah survei atau tergantung besar kecilnya pulau.
4. Pengamatan titik sampel dilakukan pada rata-rata terumbu dan tepi terumbu pada kedalaman 1- 5 meter.

3.2.2.2 Stop and Go

Metoda survei *stop and go* digunakan untuk memantau obyek dasar perairan secara cepat tetapi dapat digunakan baik untuk validasi maupun pengumpulan data ekologi. Peralatan yang dibutuhkan adalah peralatan *skin dive*, *GPS Receiver*, dan kamera bawah air (*underwater camera*). Penentuan titik permulaan metode *stop and go* berdasarkan variabilitas kelas habitat yang dapat dilihat dari hasil klasifikasi citra tentatif. Selanjutnya, surveyor melakukan *snorkling* dengan pengambilan titik sampel dan foto kelas habitat pada interval tertentu terkontrol *GPS receiver*. Data yang diperoleh dengan metode ini adalah variasi kelas habitat (persen cover dalam bentuk atribut). Yang dimaksud variasi kelas habitat adalah kelas habitat yang terdiri dari kelas dominan dan kelas lain dapat teridentifikasi dengan baik. Metode ini digunakan untuk pemetaan skala 1:50.000 dan 1:25.000. Pengambilan sampel dalam jalur dapat dilakukan secara *snorkling* atau dikombinasikan antara *snorkling* dan menggunakan kapal motor kecil apabila jarak antar lokasi sampel tidak memungkinkan dijangkau dengan *snorkling*.



Gambar 10. Jalur yang dibuat di lapangan menggunakan foto dan GPS

Prosedur Umum

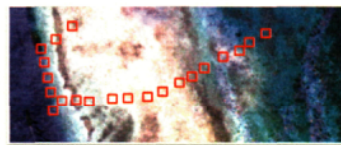
1. Titik awal penentuan jalur *stop and go* berdasarkan atas variabilitas kelas habitat berdasarkan interpretasi citra.
2. Setelah titik awal ditentukan, surveyor melakukan *snorkling* sebagaimana dalam Gambar 10 dan mencatat (*mark*) posisi dalam GPS, kelas habitat dan persen tutupan dalam *tally sheet*, serta mengambil gambar foto setiap habitat yang ditemui dalam interval waktu atau jarak tertentu, biasanya 1-3 menit atau sekitar 10 meter.
3. Untuk mengambil titik berikutnya yang cukup jauh maka titik tersebut dapat dijangkau dengan menggunakan kapal atau *speed boat*.
4. Pengamatan titik sampel dilakukan pada rata-rata terumbu, tepi terumbu, substrat, dan padang lamun.
5. Pengambilan titik dilakukan berdampingan dengan membuat jalur di sebelah jalur sebelumnya (bolak-balik) seperti dalam ilustrasi Gambar 10. Titik abu-abu menunjukkan posisi titik sampel. Kotak berwarna-warni adalah ilustrasi piksel.

3.2.2.3 Photoquad (Photographic Transect)

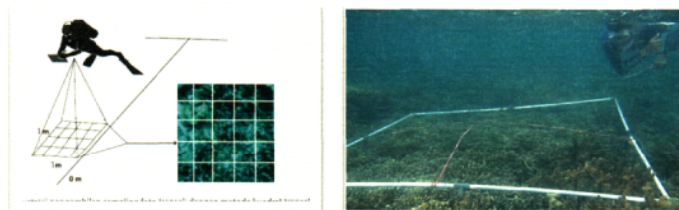
Photographic Transect (Jokiel, et al, 2004) digunakan dalam pengambilan data di lapangan dengan mencatat obyek dasar dengan jarak menyesuaikan variabilitas kelas hasil klasifikasi habitat. Prosedur pengambilan sampel dalam metode ini adalah dengan cara meletakkan plot/kuadrat sebagai unit pengamatan di lapangan. Penggunaan plot mengikuti ukuran piksel citra resolusi tinggi. Sebagai alat bantu pengukuran persen tutupan, plot/kuadrat yang digunakan dapat dibagi menjadi beberapa bagian, biasanya menjadi 10 bagian. Pengambilan data dapat dilakukan dengan kamera foto bawah air dan didukung dengan kamera video bawah air. Pengambilan gambar dilakukan pada jarak bebas menyesuaikan ukuran plot/piksel yang digunakan agar seluruh plot dapat terliput kamera. Setiap gambar yang diambil dicatat posisinya (bagian tengah transek / centroid) menggunakan GPS. Analisis persentase tutupan habitat hasil pengambilan data lapangan dilakukan di dalam laboratorium. Metode ini disarankan untuk pemetaan skala besar yaitu skala 1:10.000 dan skala 1:5.000. Ukuran plot untuk skala 1:10.000 dan 1:5.000 adalah menyesuaikan ukuran piksel yang dianjurkan yaitu maksimal 5 meter dan 2,5 meter.

Prosedur Umum

1. Titik awal penentuan sampel ditentukan atas variabilitas kelas habitat berdasarkan interpretasi citra.
2. Penentuan titik sampel juga memperhatikan ukuran minimal poligon dalam kelas habitat. Artinya, dalam meletakkan plot/kuadrat diusahakan di dalam area kelas habitat yang sama yang memiliki luas/ukuran minimal 2 x 2 ukuran piksel citra (resolusi spasial).
3. Setelah titik awal ditentukan, surveyor melakukan *snorkeling* atau *scuba diving* meletakkan plot/kuadrat dan mencatat (*mark*) posisi dalam GPS serta mengambil gambar foto setiap habitat yang ditemui. Kemudian berpindah ke titik berikutnya.
4. Mencatat persentase tutupan, jenis dominan, bentuk pertumbuhan dan kondisi habitat dalam setiap plot
5. Untuk mengambil titik berikutnya yang cukup jauh maka titik tersebut dijangkau dengan menggunakan *speed boat*.
6. Pengamatan titik sampel dilakukan pada rataian terumbu, tepi terumbu, substrat, dan padang lamun.



Gambar 11. Ilustrasi dalam pengambilan sampel dengan metode *photoquad*



Gambar 12. Foto dengan menggunakan metode *photographic transect*.

IV. Pengolahan Data

Tahap pengolahan data dalam pengumpulan dan pengolahan data geospasial habitat dasar perairan laut dangkal secara umum meliputi kegiatan re-intepretasi citra, uji akurasi, dan analisa data. Setelah melakukan pengumpulan data, perlu dilakukan intepretasi ulang untuk membenahi hasil interpretasi awal sesuai dengan hasil cek lapangan. Pengolahan data geospasial habitat dasar perairan laut dangkal menghasilkan informasi berdasarkan tipe fitur yaitu poin dan poligon.

4.1 Re-interpretasi Citra

Dalam tahap persiapan, telah dijelaskan cara pembuatan peta kerja. Peta kerja tersebut *divalidasi* dengan data lapangan. Data yang diperoleh dari survei lapangan yang terkait dengan *validasi* citra yaitu *validasi* tutupan habitat dasar perairan laut dangkal. Untuk *validasi* tutupan habitat dasar perairan laut dangkal, re-interpretasi dilakukan dengan cara memasukkan titik *validasi* lapangan sebanyak 30% dari total hasil pengamatan lapangan sebagai *training area* dalam proses klasifikasi digital secara otomatis, atau manual apabila klasifikasi dilakukan secara visual. Sisanya, yakni sebanyak 70% digunakan sebagai bahan uji akurasi hasil klasifikasi (interpretasi). Sehingga dengan *validasi* peta atau citra akan diperoleh informasi terbaru tutupan habitat dasar perairan laut dangkal.

Re-interpretasi terdiri dari dua tahap kegiatan: *pasca* pengolahan citra (*post classification*) dan vektorisasi data raster. Berikut adalah penjelasan singkat tentang tahap *pasca* pengolahan citra dan vektorisasi data raster:

4.1.1 *Pasca Pengolahan Citra*

Tahap ini merupakan kegiatan pengolahan citra yang dilakukan setelah pengolahan citra (klasifikasi) dan survei lapangan. Tahap ini bertujuan untuk memperbaiki (*refinement*) hasil klasifikasi citra. Tidak semua nilai piksel dapat dikelaskan atau dikelompokkan berdasarkan nilai spektralnya menjadi kelas habitat sesuai yang interpreter kehendaki berdasarkan pengetahuannya. Hal ini dilakukan untuk menghindari kesalahan klasifikasi objek yang mengalami *noise*/gangguan yang tidak dapat dikoreksi maupun objek berbeda tetapi memiliki kemiripan nilai spektral. Teknik yang digunakan untuk memperbaiki hasil klasifikasi citra dapat secara visual maupun digital.

Perbaikan hasil klasifikasi visual adalah dengan cara menggabungkan (*merge*) piksel yang memiliki kelas yang sama secara visual pada layar monitor, biasanya sudah berupa data vektor dan perbaikan dilakukan dalam perangkat Sistem Informasi Geografis. Sedangkan perbaikan hasil klasifikasi citra secara digital dapat dilakukan antara lain dengan generalisasi menggunakan filter *majority kernel window* 3 x 3. Selanjutnya dilakukan proses perbaikan secara visual sebagaimana dijelaskan di atas. Dalam klasifikasi berbasis objek, kemungkinan adanya objek yang *missclassified* menjadi lebih kecil karena adanya pertimbangan skala dan tekstur pada proses segmentasi, serta penggunaan parameter *rule* yang sesuai dengan karakteristik objek.

4.1.2 *Vektorisasi Data Raster*

Informasi geospasial habitat dasar perairan laut dangkal yang standar biasanya berupa data vektor. Untuk menghasilkan data vektor, citra yang sudah diperbaiki dan di uji akurasi selanjutnya didigit *on screen* atau dikonversi secara otomatis menjadi data vektor. Digitasi *on screen* adalah teknik yang disarankan di dalam pedoman ini karena mampu menghasilkan data vektor yang *smooth* mendekati logis di lapangan. Untuk menghasilkan informasi geospasial dengan skala tertentu, maksimum skala peta pada saat digitasi adalah $\frac{1}{4}$ x penyebut skala output. Proses digitasi harus memenuhi kaidah topologis data geospasial yang dibangun.

4.2 Uji Akurasi

Uji ketelitian terhadap hasil interpretasi dilakukan dengan bantuan matriks uji ketelitian hasil pengembangan Short (1982). Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui ketelitian pemetaan tutupan habitat dasar perairan laut dangkal. Uji akurasi dilakukan menggunakan acuan 70% data lapangan. Berdasarkan uji ketelitian ini, maka besarnya ketelitian seluruh hasil interpretasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sederhana sebagai berikut:

$$A = \left(\left(\sum_{i=1}^r X_{ii} \right) / N \right) \times 100\%$$

dimana:

A = akurasi total,
 X_{ii} = matriks diagonal, dan
 N = jumlah sampel

Pada dasarnya, uji ketelitian dilakukan setelah melakukan survei atau kerja lapangan. Hasil klasifikasi perlu dilakukan pengujian agar menghasilkan data yang dapat diterima dengan tingkat ketelitian (akurasi) tertentu. Dasar yang dipakai sebagai acuan keakurasian hasil interpretasi yakni minimal sebesar 60 % untuk hasil interpretasi tutupan habitat dasar perairan laut dangkal.

Dalam melakukan uji ketelitian hasil interpretasi, semua sampel dari populasi dilakukan pengujian terhadap data hasil pengecekan lapangan. Pengujian yang dimaksud adalah melakukan perbandingan dengan menyusun matriks kesalahan (*error matrix* atau *confusion matrix*). Pengujian dilakukan terhadap sampel yang mewakili obyek tertentu dalam suatu poligon obyek dengan koordinat lokasi yang sama di lapangan. Selanjutnya sampel yang telah diambil dari lapangan dibandingkan dengan kelas obyek hasil klasifikasi (Tabel 3).

Tabel 3. Matriks uji interpretasi (Short, 1982).

Data Terklasifikasi	Data Lapangan			Total Baris	Komisi	Ketelitian produser
	x	y	z			
X		a	b	c		
Y	d					
Z	e					
Total Kolom	f					
Omisi (%)						
Ketelitian pengguna						

Keterangan:

X, Y, Z = Obyek hasil interpretasi citra
 x, y, z = Obyek yang nampak di lapangan
 a, b, c = Jumlah sampel

Sehingga, sebagaimana pada matriks di atas, maka didapatkan beberapa rumus:

4.2.1. Ketelitian Keseluruhan

$$K_s = \frac{J_i}{T_t} \times 100\%$$

dimana:

K_s = ketelitian keseluruhan
 J_i = jumlah sampel pada diagonal (yang terklasifikasikan secara benar)
 T_t = total sampel yang diuji

4.2.2. Ketelitian Pengguna

$$K_i = \frac{J_k}{T_a} \times 100\%$$

dimana:

K_x = ketelitian pengguna untuk kelas X
 J_k = jumlah sampel pada kolom yg benar (yang terklasifikasikan secara benar)
 T_a = total piksel terklasifikasikan sebagai kelas X

4.2.3. Ketelitian Produser

$$K_i = \frac{J_b}{T_b} \times 100\%$$

dimana:

K_i = ketelitian produser untuk kelas X
 J_b = jumlah sampel pada baris yang benar (yang terklasifikasikan secara benar)
 T_b = total sampel lapangan kelas X

4.2.4. Kesalahan Omisi

$$O_x = \frac{(d + e)}{f} \times 100$$

dimana:

O_x = kesalahan omisi kelas X

d dan e = jumlah sampel data lapangan kelas x yang terklasifikasikan salah; yaitu jumlah sampel pada kelas x tetapi terklasifikasikan menjadi Y dan Z

f = jumlah total sampel lapangan kelas x atau jumlah kolom x

4.2.5. Kesalahan Komisi

$$K_x = \frac{(a + b)}{c} \times 100$$

dimana:

K_x = kesalahan komisi kelas x

a dan b = jumlah sampel hasil klasifikasi multispektral kelas X yang terklasifikasikan salah; yaitu jumlah sampel hasil klasifikasi kelas X tetapi di lapangan merupakan kelas y dan z

c = jumlah total piksel kelas X atau jumlah total baris X

Untuk kriteria penilaian, semakin tinggi nilai persentase menunjukkan tingkat ketelitian yang semakin baik.

Contoh hasil uji akurasi pengumpulan dan pengolahan data geospasial Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal dapat dilihat pada Tabel 4 yang menunjukkan bahwa akurasi keseluruhan (K_s) sebesar 78,4 % untuk tutupan habitat dasar perairan laut dangkal.

Tabel 4. Contoh hasil uji akurasi

Kelas	Terumbu Karang	Padang Lamun	Makro Alga	Substrat	Jumlah terkelaskan dgn benar	Total	Komisi	Ketelitian produser
Terumbu karang	14	2	0	0		16	12,5	87,5
Padang lamun	2	9	0	2		13	15,4	69,2
Makro alga	0	1	8	2		11	27,3	72,7
Substrat	0	1	1	9		11	18,2	81,8
Jumlah terkelaskan					40			
Total	16	13	9	13		51		
Omisi	12,5	30,8	11,1	30,8				
Ketelitian pengguna	87,5	69,2	88,9	69,2			Total	78,4

4.3 Analisa Data

Hasil pengukuran lapangan dapat menghasilkan data yang dicatat pada tabel isian habitat dasar perairan laut dangkal, yang selanjutnya diolah lebih lanjut untuk memperoleh informasi berbentuk fitur titik (*point*) dan atau poligon yang berisi informasi kuantitatif struktur komunitas habitat di lokasi survei. Fitur titik dan poligon berisi informasi tentang kelas habitat, persen tutupan habitat, dan bentuk pertumbuhan maupun jenis, ditambah (tautan) foto dan titik koordinat GPS. Data yang baik dapat dibandingkan dengan data pengulangan di lain waktu.

Data lapangan dapat dianalisis langsung di lapangan atau dapat melihat kembali foto yang diambil di lapangan beserta titik GPS yang menyertai. Adapun formula yang digunakan untuk mengetahui persen tutupan dari pengambilan data lapangan per transek menggunakan metode *photoquad* adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ Cover} = \frac{\% \text{ total per kelas habitat}}{\% \text{ total per jalur/transek}} \times 100\%$$

Hasil akhir dari pengolahan data (persen tutupan karang) dapat dikelompokkan ke dalam 4 (empat) kategori seperti yang tersaji dalam Tabel 5 (Kepmen LH No. 4 Tahun 2001) dan Tabel 6 untuk persentase luas tutupan padang lamun (Kepmen LH No. 200 Tahun 2004). Selanjutnya informasi tersebut dapat dijadikan referensi dan acuan dalam upaya pengelolaan pesisir dan laut.

Tabel 5. Persentase luas tutupan terumbu karang yang hidup (Kepmen LH No. 4/2001)

Parameter	Kriteria baku kerusakan terumbu karang (%)		
Prosentase Luas Tutupan Terumbu Karang yang Hidup	Rusak	Buruk	0 – 24,9
		Sedang	25 – 49,9
	Baik	Baik	50 – 74,9
		Baik sekali	75 – 100

Tabel 6. Persentase luas tutupan padang lamun (Kepmen LH No. 200/2004)

Parameter	Kriteria baku kerusakan terumbu karang (%)		
Prosentase Luas Tutupan Padang Lamun	Rusak	Miskin	< 29,9
		Kurang kaya/kurang sehat	30 – 59,9
	Baik	Kaya/sehat	≥ 60

V. Hasil dan Penutup

5.1 Hasil

Dari kegiatan pengumpulan dan pengolahan data geospasial habitat dasar perairan laut dangkal, diharapkan menghasilkan beberapa informasi sebagai berikut:

1. Data geospasial habitat dasar perairan laut dangkal berformat vektor dan memiliki basisdata spasial. Format vektor sudah memiliki topologi terbangun. Data habitat dasar perairan laut dangkal harus sesuai dengan SNI Habitat Dasar Perairan Laut Dangkal (7716 – 2011);
2. Penyajian atau visualisasi informasi geospasial habitat dasar perairan laut dangkal yang mengikuti pedoman atau standar penyajian peta;
3. Informasi akurasi pemetaan tutupan habitat dasar perairan laut dangkal;
4. Informasi geospasial titik pengambilan sampel dalam format vektor dan memiliki basisdata;
5. Foto *groundtruth* hasil pengamatan lapangan; dan
6. Analisa data tutupan habitat dasar perairan laut dangkal.

5.2 Penutup

Hasil kegiatan pengumpulan dan pengolahan data geospasial habitat dasar perairan laut dangkal memberikan informasi dasar tentang liputan habitat dasar perairan laut dangkal. Data tersebut dapat digunakan sebagai *baseline* untuk rencana rehabilitasi, penyusunan peta pengelolaan pesisir ataupun sebagai data dasar analisa kerusakan ekosistem.

Kegiatan pengumpulan dan pengolahan data geospasial habitat dasar perairan laut dangkal menjadi tanggung jawab bersama antar kementerian/lembaga, pemerintah daerah, perguruan tinggi dan lembaga swadaya masyarakat. Untuk itu, pedoman teknis ini diharapkan tidak hanya dapat digunakan bahkan juga dievaluasi dan diperbaharui apabila diperlukan.

Pedoman teknis ini diharapkan dapat menjadi acuan bersama dalam penyediaan informasi spasial yang diperlukan baik dalam pengelolaan maupun analisa kerusakan ekosistem. Dengan adanya pemahaman bersama, maka diharapkan pula hasil penyediaan IGT habitat dasar perairan laut dangkal dapat menghasilkan informasi yang akurat, standar, dan selaras dengan informasi tematik yang lainnya.

- No photo sesuai dengan nomer foto dalam kamera yang digunakan

FORM SURVEI METODE PHOTOQUAD

[illegible]

Catatan:

- Kondisi habitat berisi informasi pengamatan kondisi habitat dasar yang diamati. Kondisi habitat dapat diisi dengan informasi kerusakan habitat seperti: *bleaching*, patahan, ledakan, dll. Informasi ini bersifat atributal

KODE BENTUK PERTUMBUHAN KARANG DAN JENIS LAMUN

TERUMBU KARANG	
Coral Branching	CB
Coral Encrusting	CE
Coral Feliose	CF
Coral Massive	CM
Coral Submassive	CS
Coral Mushroom	CMR
Coral Millepora	CME
Coral Tubipora	CTU
Coral Heliopora	CHE
Dead Coral	DC
Dead Coral Algae	DCA
Bleached Coral	BC

Hard Coral	HC
Soft Coral	SC
Xenia	XN
Sponge	SP
Hydroids	HY
Other	OT

Acropora Branching	ACB
Acropora Encrusting	ACE
Acropora Submassive	ACS
Acropora Table	ACT

Turf Algae	TA
Coralline Algae	CA
Halimeda	HA
Macro Algae	MA

PADANG LAMUN	
Cymodoceae	CC
Halodule	HD
Syringodium	SY
Thalassodendron	THD
Amphibolis	AB
Zostera	Z
Phyllospadix	PS
Heterozostera	HZ
Posidonia	P

Enhalus	EH
Halophila	HP
Thalassia	TH

SUBSTRAT	
Sand	S
Rubble	R
Silt	SI
Rock	RCK

KEPALA
BADAN INFORMASI GEOSPASIAL,


ASEP KARSIDI