

KAJIAN PENGGUNAAN DATA INDERAJA UNTUK PEMETAAN GARIS PANTAI (STUDI KASUS PANTAI UTARA JAKARTA)

Gathot Winarso^{*)}, Haris Joko^{**)}, dan Samsul Arifin^{*)}

^{*)} Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Inderaja LAPAN

^{**)} Dinas Hidro-Oseanografi TNI AL

e-mail: gathot_winarso@hotmail.com

ABSTRACT

Shore line is important to define seawater administration borders of a province, a district, and a city related to decentralization. The shore line can be extracted from remote sensing data. However, the definition of vertical datum reference for the shore line and low water level place are totally different. The sea water level position for shore line used in the hydrographic mapping is mean high sea level (MHSL), while the sea water level for shore line used in the geodetic mapping is mean sea level (MSL). However, remote sensing data were recorded in specific time that also have a specific sea water level, might be in a high or a low sea level depending on the location. Objectives of this research are to understand the position of the sea water level for the shore line mapping when the Landsat 7 is acquired and how to adjust to make a standard shore line definition. The landsat ETM+ compositing of 543 (RGB) Maritime and Navigation Map of 1 : 50.000 scale were overlaid and compared in same condition of spheroid, datum, and projection system. In the area where there is no significant change due to the dynamic of coastal processes, the result of the overlaid image and map indicated that the shore line matched between each other. However, in the area where there are some indicated change, resulted on some differences between the shore line from the image and the map. The sea level position when the image was acquired was in high sea level and the image shore line was as same as the hydrographic shore line. There are two conditions when an image is acquired on a difference water level position. The shore line position would not change in area without 0 meter contour line and would change in area have 0 meter contour line. Adjustment should be made in the second condition.

Key word: *Shore line, Landsat*

ABSTRAK

Garis pantai (*shore line*) memiliki peranan penting dalam penentuan batas wilayah laut suatu provinsi, kabupaten dan kota sebagai perwujudan semangat otonomi daerah. Satelit penginderaan jauh dapat menghasilkan produk garis pantai. Pengertian bidang referensi kedalaman untuk batas kedudukan garis pantai dan batas kedudukan garis air rendah sangatlah berbeda. Kedudukan permukaan laut pada garis pantai yang digunakan untuk pemetaan hidrografi (*hydrographic shore line*) berada di bidang *mean high water level* (MHWL), sedang kedudukan permukaan laut pada garis pantai yang digunakan untuk pemetaan topografi (*geodetic shore line*) berada di bidang *Mean Sea Level* (MSL). Sedangkan data penginderaan jauh mengamati permukaan bumi pada waktu tertentu yang mana kondisi pasang surut pada kedudukan tertentu mungkin dalam kedudukan air tinggi, rata-rata atau air rendah, tergantung dari waktu akuisisi data dan kondisi pasang surut pada waktu yang sama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kedudukan garis pantai yang diperoleh dari

data Landsat 7 pada waktu data diakuisisi, dan bagaimana melakukan penyesuaian (*adjustment*) terhadap referensi kedudukan garis pantai tertentu. Citra Landsat ETM+ tahun 2002 telah dibandingkan dengan Peta Laut dan Navigasi skala 1 : 50.000 dalam kondisi *spheroid*, datum dan sistem proyeksi yang sama. Pada daerah-daerah yang tidak mengalami perubahan, citra dan peta sangat bersesuaian, akan tetapi pada daerah-daerah tertentu tidak bersesuaian yang dikarenakan adanya dinamika laut yang relatif tinggi. Kondisi pasang surut saat akuisisi data adalah saat air tinggi dan dapat dikatakan garis pantai yang diekstraksi adalah garis pantai menurut pemetaan hidrografi. Ada dua macam kondisi yang menentukan apakah garis pantai akan berubah jika akuisisi dilakukan pada kondisi pasang surut yang berbeda, yaitu daerah yang tidak memiliki garis surutan 0 m akan tidak mengalami perubahan sedangkan daerah dengan garis surutan 0 m akan berubah. *Adjustment* harus dilakukan pada daerah yang kedua ini.

Kata kunci: *Garis pantai, Landsat*

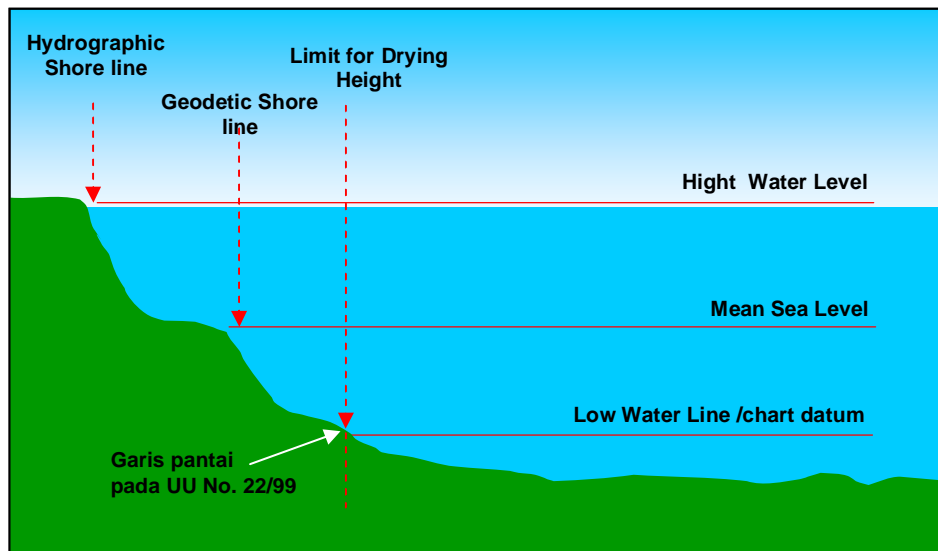
1 PENDAHULUAN

Teknologi penginderaan jauh (Inderaja) telah berkembang dengan pesat dan pemanfaatannya telah juga banyak digunakan di berbagai bidang kehidupan manusia, salah satunya adalah pemanfaatan untuk identifikasi dan studi garis pantai. Dengan menggunakan data inderaja kita dapat membedakan atau mengidentifikasi batas antara badan air dengan daratan atau secara umum dapat membedakan wilayah laut dan wilayah daratan atau dengan garis pantainya. Selain itu telah tersedia produk/data inderaja yang mempunyai resolusi rendah sampai dengan resolusi tinggi dengan berbagai lebar spektral.

Dengan menggunakan data inderaja, pemantauan perubahan garis pantai dapat dilaksanakan secara cepat, sehingga dinamika perubahan garis pantai dapat diketahui dari tahun ke tahun. Selain itu informasi tentang garis pantai juga digunakan dalam penentuan batas wilayah, baik antar negara maupun dalam lingkup suatu negara, misalnya dalam penentuan batas wilayah laut provinsi, kabupaten dan kota menurut Undang-undang No. 22 Tahun 1999.

Garis pantai (*shore line*) adalah garis imajiner yang terbentuk dan merupakan batas air laut dan daratan dan garis ini berubah sesuai dengan kondisi pasang surut air laut. Garis ini selalu berubah-ubah, baik perubahan sementara, maupun permanen dalam jangka waktu tertentu akibat adanya rekresi dan akresi (Hang Tuah, 1991). Ada tiga macam kedudukan garis pantai yang digunakan dalam pembuatan peta yaitu garis pantai pada saat pasang tinggi, garis pantai pada saat air rata-rata, maupun garis pantai pada saat air rendah.

Pengertian bidang referensi kedalaman untuk batas kedudukan garis pantai dan batas kedudukan garis air rendah sangatlah berbeda dan dalam *A Manual On Technical Aspects UNCLOS '82* (IHO, 1993), dijelaskan sebagai berikut: kedudukan permukaan laut pada garis pantai yang digunakan untuk pemetaan hidrografi (*hydrographic shore line*) berada di bidang *mean high water level* (MHWL), sedang kedudukan permukaan laut pada garis pantai yang digunakan untuk pemetaan topografi (*geodetic shore line*) berada di bidang *mean sea level* (MSL) dan kedudukan permukaan laut pada batas air rendah (*limit for drying height*) dinyatakan pada garis air rendah (*chart datum*), lihat Gambar 1-1.



Gambar 1-1: Variasi kedudukan garis pantai akibat adanya pasang surut (IHO,1993 dan RI, 1999)

Sementara itu data penginderaan jauh mengamati permukaan Bumi pada waktu tertentu, seperti satelit Landsat 7, melewati wilayah Indonesia kurang lebih pada jam 10.00 pagi. Pada saat ini kondisi pasang surut pada satu kedudukan tertentu yang tidak diketahui kedudukannya apakah dalam kedudukan air tinggi, rata-rata atau air rendah. Oleh karena itu perlu dipelajari kedudukan garis pantai yang dihasilkan dari data indera dan bagaimana mengoreksi kedudukan garis pantai jika berada dalam kedudukan yang tidak sesuai dengan kedudukan yang didefinisikan oleh sebuah definisi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kedudukan garis pantai yang diperoleh dari data Landsat 7 pada waktu data diakuisisi, dan bagaimana melakukan penyesuaian (*adjustment*) terhadap referensi kedudukan garis pantai tertentu.

2 MATERI DAN METODE

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah di pantai sepanjang Teluk Jakarta, mulai dari pantai sebelah barat yang masuk dalam wilayah Kabupaten Tangerang sampai sebelah timur yang masuk dalam wilayah Kabupaten Bekasi. Lokasi ini

dipilih karena kemudahan akses untuk melakukan *ground ceck* dan pengambilan data lapangan, ketersediaan data Landsat, peta-peta tematik serta data sekunder lainnya.

2.2 Bahan dan Materi

Data utama dalam penelitian ini adalah Data Landsat 7 dengan sensor ETM+ path row 122/64 yang diakuisisi pada 20 November Tahun 2002. Sebagai peta dasar yang digunakan adalah Peta Laut dan Navigasi Skala 1 : 50.000 daerah Jakarta dan sekitarnya. Juga digunakan Peta Rupa Bumi Indonesia dalam mengikat titik-titik referensi jika kenampakan objek dalam Peta Laut dan Navigasi tidak kelihatan karena fokus objeknya adalah wilayah pantai. Data lain yang mendukung penelitian ini adalah data sekunder berupa data ramalan pasang surut dari Dinas Hidro-oseanografi.

2.3 Pengolahan Data Inderaja

Pengolahan data indera meliputi pengolahan awal mulai dari konversi format data sampai data dapat diolah sesuai pemanfaatan yang kita kehendaki. Pada tahap ini dilakukan sesuai standar baku pengolahan data indera, termasuk pula proses koreksi geometrik sistematis,

koreksi radiometrik dan lain-lainnya. Koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan Peta Laut dan Navigasi skala 1 : 50.000 yang diterbitkan oleh Dinas Hidrooseanografi TNI AL yang dibantu dengan Peta Rupa Bumi skala 1 : 25.000 dari Bakosurtanal.

2.4 Metode Ekstraksi Garis Pantai

Berbagai metode dalam meng-ekstraksi garis pantai telah banyak berkembang. Garis pantai bisa diperoleh hanya dengan mengekstraksi band tunggal, karena reflektan dari kolom air kurang lebih sama dengan nol dari band inframerah. Pengalaman menunjukkan bahwa band inframerah dari sensor ETM+ yaitu band 5 adalah band terbaik dalam mengekstraksi *interface* daratan-lautan (Kelley, *et al.* 1998 dalam Alesheikh, *et al.* 2007).

Penetapan garis pantai yang digunakan dalam penelitian adalah interpretasi visual dari kenampakan objek dari komposit 543 (RGB) karena batas tegas antara air laut dan daratan yang ada dapat dilukiskan (Winarso *et al.* 2001). Metode ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan waktu yang lama ketika mendijitasi di atas layar (*on screen*) untuk analisa data yang banyak karena garis pantai yang panjang. Dalam penelitian ini, panjang garis pantai yang dibuat relatif tidak panjang dan hanya menggunakan citra komposit 543 (RGB), sehingga keterbatasan metode ini bisa diatasi. Lebih lanjut, komposit 542 (RGB) ini sudah mengikutsertakan band-band dengan nilai korelasi yang rendah antar bandnya dan mengandung informasi yang lebih tinggi dari komposit lainnya (Moore, 2000).

Proses otomatis atau digital ekstraksi garis pantai bisa dilakukan, yaitu dengan membuat rasio band 5 dengan band 2 atau band 4 dengan band 2, daerah dengan tutupan lahan berupa badan air akan mempunyai nilai

kurang dari satu dan daratan sebaliknya (Winarso *et al.* 2001; Alesheikh, *et al.* 2007). Akan tetapi masing-masing rasio memiliki kelemahan yaitu ketika tutupan lahan daratan berupa badan air seperti tambak dan rawa dengan batas laut dengan lahan basah tersebut adalah daratan atau vegetasi. Rasio band 5/2 akan membuat garis pantai yang salah pada batas berupa vegetasi dan sebaliknya rasio band 4/2 akan membuat kesalahan pada batas berupa tanah.

Selama melakukan interpretasi visual diperhatikan dan diamati kedudukan garis pantai, terutama kemungkinan adanya kenampakan daratan yang masih basah karena pengaruh pasang surut dan dibandingkan dengan garis pantai hidrografi (*hight sea level*) dan garis rendah pada kontur 0 meter.

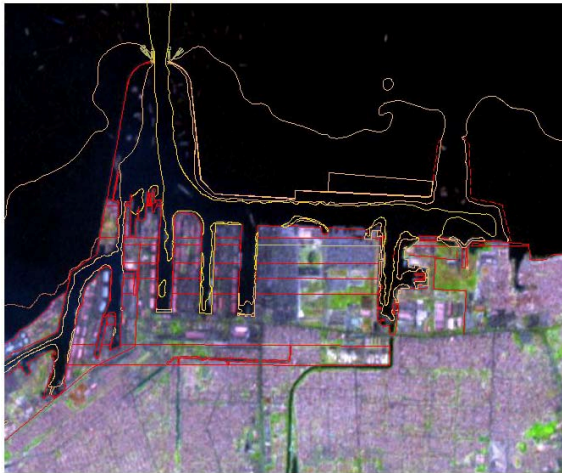
2.5 Pengolahan Data Vektor

Pengolahan data vektor meliputi konversi format data vektor yang asalnya adalah dalam format DXF dengan koordinat proyeksi lokal. Kemudian dikonversikan menjadi format *shapefile* yang dapat dianalisis menggunakan perangkat lunak ArcView. Selanjutnya dilakukan konversi ke dalam Proyeksi Koordinat Geodetik Latitute Longitute dengan Datum WGS 84 sesuai dengan peta format cetaknya. Selanjutnya dengan fasilitas Projection Utility dikonversi menjadi UTM S48 dengan datum WGS 84 untuk dapat *dioverlay* dengan citra Landsat 7 yang telah dikoreksi geometrik dalam Proyeksi UTM.

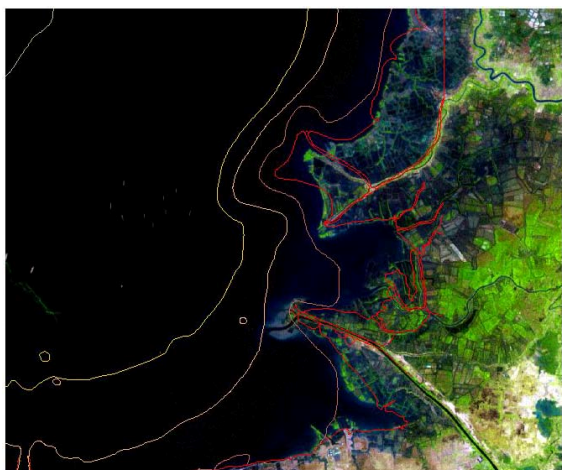
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil tumpang susun antara garis pantai yang dihasilkan dari citra Landsat ETM+ (selanjutnya disebut dengan citra saja) dengan garis pantai Peta Laut dan Navigasi (selanjutnya disebut dengan peta saja) disajikan dalam Gambar 3-1, 3-2, 3-3 dan 3-4.

Pada Gambar 3-1 diperlihatkan bahwa garis pantai antar keduanya sangat tepat, seperti terlihat di Pelabuhan Tanjung Priok, Taman Impian Jaya Ancol dan Pelabuhan Muara Baru. Terlihat garis pantai antara keduanya sangat tepat pada daerah-daerah yang memiliki kemungkinan besar tidak berubah karena proses alamiah (akresi dan abrasi). Hal ini terjadi di Pelabuhan Tanjung Priok yang merupakan bangunan permanen dan bangunan-bangunan permanen di daerah Ancol dan Muara Baru.



Gambar 3-1: Overlay antara citra Landsat ETM+ 543 (RGB) dengan Peta Laut dan Navigasi (garis merah) di Daerah Pelabuhan Tanjung Priok



Gambar 3-2: Overlay antara citra Landsat ETM+ 543 (RGB) dengan Peta Laut dan Navigasi (garis merah) di Daerah Muara Gembong Bekasi



Gambar 3-3: Overlay antara citra Landsat ETM+ 543 (RGB) dengan Peta Laut dan Navigasi (garis merah dan poligon kuning) di Daerah Pelabuhan Tanjung Priok



Gambar 3-4: Overlay antara citra Landsat ETM+ 543 (RGB) dengan Peta Laut dan Navigasi (garis merah) di Daerah Tanjung Pasir Tangerang

Pada Gambar 3-2, terlihat perbedaan antara garis pantai dari citra dengan garis pantai dari peta. Hal ini bukan berarti garis pantai yang diekstraksi dari citra salah, akan tetapi telah terjadi perubahan karena selang waktu yang lama antara survei pembuatan peta tersebut dengan tanggal akuisisi citra. Pemutakhiran peta juga dilakukan, akan tetapi hanya pada daerah-daerah tertentu saja karena merupakan daerah yang penting sebagai jalur pelayaran. Menurut studi

yang dilakukan oleh Prasetya (2002), dengan menggunakan data Landsat TM multitemporal memang telah terjadi perubahan garis pantai di daerah pantai sebelah barat Bekasi atau tepatnya pantai sebelah timur Teluk Jakarta. Hal ini membuktikan bahwa memang terjadi perubahan garis pantai pada daerah ini.

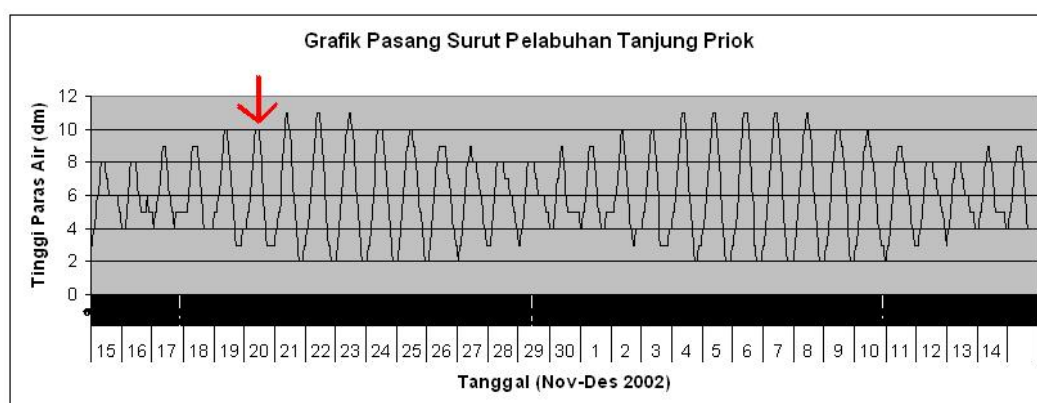
Pada Gambar 3-3, terlihat perbedaan antara garis pantai citra dengan peta karena adanya reklamasi Pantai Mutiara dan pembangunan penambahan penahan gelombang Pelabuhan Muara Baru. Di daerah Pantai Indah Kapuk juga terjadi perbedaan, hal ini dikarenakan sedimentasi di daerah hutan mangrove, sebagaimana fungsi hutan mangrove sebagai daerah *sediment trap*. Pada Gambar 3-4 juga diperlihatkan adanya perbedaan yang signifikan antara citra dengan peta. Telah terjadi

dinamika daerah pesisir yang tinggi dikarenakan adanya proses sedimentasi, sedimen transport karena arus yang dipicu oleh angin musim (*moonsoon*) yang menjadi pengaruh dominan di kawasan ini.

Kondisi pasang surut selama akuisis data yaitu pada tanggal 20 November 2002 pukul 10.00 WIB dapat dilihat pada Gambar 3-5 dan 3-6. Pada Gambar 3-5, pukul 10.00 WIB posisi air dalam keadaan pasang tinggi pada hari tersebut. Sedangkan kondisi pasang tinggi pada tanggal tersebut dibandingkan dengan pada pasang tinggi selama tanggal 15 November 2002-15 Desember 2002 berada pada kondisi bukan tertinggi selama kurun tersebut akan tetapi hanya berbeda 1 dm dengan pasang tinggi.



Gambar 3-5: Grafik pasang surut di Pelabuhan Tanjung Priok tanggal 20 November 2002. Garis merah waktu satelit melewati lokasi penelitian



Gambar 3-6:Grafik pasang surut di Pelabuhan Tanjung Priok periode 15 November 2002 – 15 Desember 2002. Panah merah posisi pasang pada saat satelit melewati lokasi penelitian

Jadi garis pantai yang dihasilkan dari citra tanggal 20 November 2002 adalah garis pantai pada saat pasang tinggi atau dapat dikatakan garis pantai menurut istilah pemetaan hidrografi. Perlu dijelaskan bahwa pada pemetaan hidrografi ada perbedaan antara garis pantai dengan garis air rendah (*chart datum*) yang mana garis pantai adalah pada kedudukan rata-rata air tinggi sementara garis air rendah adalah pada saat air rendah, atau dalam peta *bathimetri* sebagai garis surutan 0 (*low water line*). Garis ini yang digunakan sebagai garis dasar penentuan batas wilayah laut menurut UU No 22 Tahun 1999. Jika satelit mengakuisisi data pada saat air rendah maka keadaan garis pantai dibandingkan dengan garis pantai saat air tinggi dapat dikategorikan menjadi dua yaitu pertama tidak berubah karena pasang surut dan berubah karena pasang surut.

Pertama tidak berubah pada garis pantai hidrografi tanpa adanya garis surutan 0 (*low water line*) karena garis kontur kedalaman setelah garis pantai adalah garis kontur dengan kedalaman dari 0 yang diukur pada saat air rendah. Pada daerah ini kedudukan garis pantai yang sama antara pada saat air tinggi, rata-rata dan air rendah. Hal ini terjadi karena tingginya amplitudo pasang surut yaitu selisih antara pasang tinggi dengan surut tidak menimbulkan perbedaan/perubahan garis pantai pada skala peta yang dimaksud. Kejadian ini terjadi pada daerah yang kelerengan gisik terjal atau pada daerah yang terdapat bangunan pantai yang tegak lurus dengan permukaan air laut dan tingginya lebih dari selisih air tinggi dan air rendah, seperti terjadi di pelabuhan dan bangunan pantai lainnya. Bisa juga batas antara air dengan daratan itu berupa vegetasi dengan ketinggian lebih dari selisih pasang tinggi dan surut rendah, seperti tumbuhan bakau.

Pada kasus pantai dengan jenis yang pertama ini, kenampakan garis pantai menggunakan citra sangat mudah dikenali. Selain objeknya yang

tegas berupa bangunan/objek permanen yang jelas karena tidak ada kandungan air yang membuat kenampakan hampir mirip dengan air. Akan tetapi juga karena kedudukan garis pantai yang yang tidak berubah dengan berubahnya pasang surut. Oleh karena itu, pada kasus ini kedudukan garis pantai yang dihasilkan dari citra tidak perlu dipermasalahkan lagi karena tidak adanya perubahan, walaupun terjadi perubahan kedudukan garis pantai lebar perubahannya kurang dari $\frac{1}{2}$ resolusi citra yang tidak kelihatan terjadi perubahan pada citra dengan resolusi tertentu tersebut. Kalau kita gambarkan dengan skala peta, maka perubahan kedudukan tersebut tidak terdeteksi atau tidak terjadi perubahan pada skala peta yang kita kehendaki, walaupun terlihat pada skala peta yang lebih besar lagi. Hal ini tergantung dari resolusi citra satelit yang kita gunakan maupun skala peta yang kita kehendaki.

Kedua, garis pantai secara hidrografi yang terdapat garis kontur 0 atau garis surutan. Pada daerah pantai seperti ini, maka kedudukan garis pantai akan berubah karena peristiwa/kejadian pasang surut. Ketika terjadi surut rendah maka garis pantai akan berkedudukan di garis kontur 0 tersebut, sedangkan ketika terjadi pasang tinggi maka kedudukan garis pantai pada garis pantai hidrografi yaitu pada saat air tinggi, sedangkan garis pantai secara geodetik berada di antara kedua kedudukan tersebut. Jarak antara kedua garis tersebut dipengaruhi oleh kelerengan gisik dan selisih antara air tinggi dengan air rendah. Biasanya ini terjadi pada pantai yang memiliki gisik landai dengan dasar berupa lumpur atau pasir, juga terjadi pada daerah terumbu karang.

Pada kasus pantai dengan kondisi seperti di atas, kenampakan kedudukan garis pantai akan ikut berubah sesuai dengan kondisi pasang surut. Akan tetapi sejauh pengamatan penulis pada penelitian ini dan pada

penelitian sebelumnya, penentuan dimana kedudukan garis pantai akan menjadi rancu dan membingungkan. Hal ini dikarenakan pada saat air pasang, maka kenampakan objek di bawah air akan muncul sebagai objek yang hampir mirip dengan daratan, sedangkan pada saat air rendah akan muncul sebagai endapan yang mengandung air, dimana kita akan kesulitan menentukan dimana kedudukan garis pantai yang nyata. Dari hasil analisa ini maka disarankan untuk menentukan kedudukan garis pantai pada objek yang tegas sebagai daratan yaitu tanah/lahan yang sudah tidak mengandung air atau vegetasi. Karena kenampakan objek di bawah air pada saat air pasang pada daerah yang jernih adalah berwarna biru pada komposit 542(rgb) dan akan berwarna merah agak biru/gelap pada saat air surut, sementara kenampakan daratan yang sebenarnya akan kelihatan sama dan tegas sebagai batas air dan daratan.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

Garis pantai yang dihasilkan dari citra bersesuaian dengan garis pantai dari Peta Laut dan navigasi pada daerah-daerah yang relatif tidak berubah dan tidak bersesuaian pada daerah-daerah yang mengalami perubahan karena dinamika laut seperti abrasi dan akresi karena disebabkan kedudukan pasang surut pada saat akuisisi data yang digunakan adalah pada kondisi air tinggi seperti yang didefinisikan sebagai garis pantai oleh peta hidrografi. Terdapat dua kategori wilayah apabila citra satelit diakuisisi pada kondisi pasang surut yang berbeda, yaitu daerah tanpa surutan 0 m tidak akan mengalami perubahan dan daerah dengan garis surutan 0 akan mengalami perubahan, sehingga *adjustmen* harus dilakukan pada kriteria kawasan ini.

Ucapan terima kasih

Saya ucapkan terima kasih kepada penyunting jurnal ini terutama

kepada Bapak Dr. Vincentius Siregar dan bapak Dr. Mahdi Kartasasmita, atas saran dan masukannya menjadikan tulisan ini lebih baik dari sebelumnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Alesheikh, A. A., Ghorbanali, A. And Nouri, N., 2007. *Coastline Change Detection using Remote Sensing*. International Journal Environmental Science Technology, 4 (1): 61-66 pp.
- Dishidros (Dinas Hidro-oseanografi), 2002. *Buku Ramalan Pasang Surut Tahun 2002*. Dishidros, Jakarta.
- Hang Tuah, 1991. *Diktat Hidraulika (Coastal Hydraulics)*. Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrodinamika, Pusat Antar Universitas Ilmu Rekayasa, ITB, Bandung.
- Internasional Hydrographic Organization, 1993. *A Manual On Technical Aspects UNCLOS' 82 (IHO) 1993*.
- Moore, K. J., 2000. *Shoreline Mapping Techniques*. Journal Coastal Res 16 (1), 111-124.
- Prasetya, Teguh, 2003. *Identifikasi Perubahan Garis Pantai Kawasan Pesisir Barat Kabupaten Bekasi Jawa Barat Akibat Akresi-rekreasi dengan menggunakan Data Citra Landsat TM*. Skripsi S1 Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP Semarang.
- RI (Republik Indonesia), 1999. *Undang-undang Nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintah Daerah*. Lembaran Negara RI Tahun 1999 No. 3839. Sekretariat Negara, Jakarta.
- Winarso, G., Syarif Budhiman dan Judijanto, 2001. *The Potential Application of Remote Sensing Data for Coastal Study*, Proceeding on 22nd Asian Conference on Remote Sensing, CRISP NUS and Asian Association on Remote Sensing, Singapura.