

PENDEKATAN SEL SEDIMEN MENGUNAKAN CITRA PENGINDERAAN JAUH SEBAGAI DASAR PENATAAN RUANG WILAYAH PESISIR (Studi Kasus di Pesisir Utara Propinsi Jawa Tengah)

Oleh :

Nurul Khakhim, Dulbahri, Djati Mardiatno*

Valentina Arminah**

* Staf Pengajar Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

** Staf Pengajar Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Yogyakarta

INTISARI

Wilayah pesisir adalah wilayah peralihan antara darat dan laut. Terdapat banyak sekali sumberdaya alam yang dapat dimanfaatkan oleh manusia, sehingga perkembangan wilayah pesisir semakin pesat dan kondisi ini menyebabkan konflik antara berbagai kepentingan manusia di wilayah tersebut. Diperlukan pengaturan ruang di wilayah pesisir untuk mengatasi konflik antar kepentingan tersebut dengan menggunakan suatu pendekatan yang mempertimbangkan hubungan setiap sumberdaya dalam ekosistem wilayah pesisir dan dengan tetap memperhatikan ekosistem tersebut secara menyeluruh. Pendekatan tersebut adalah pendekatan sel sedimen (sediment cell). Sel sedimen adalah satuan panjang pantai yang mempunyai keseragaman kondisi fisik dengan karakteristik dinamika sedimen dalam wilayah pergerakannya tidak mengganggu keseimbangan kondisi pantai yang berdekatan. Pendekatan sel sedimen untuk perencanaan tata ruang pada prinsipnya adalah bahwa satu unit pengelolaan adalah panjang pantai dengan karakteristik tertentu yang berkaitan dengan proses alami dan penggunaan lahan pesisir. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan batas sel sedimen di wilayah pesisir utara Propinsi Jawa Tengah sebagai dasar penataan ruang pesisir di wilayah tersebut. Metode yang digunakan untuk menentukan sel sedimen adalah dengan interpretasi citra Landsat ETM+ tahun 2002 dan pengukuran lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di wilayah pesisir utara Propinsi Jawa Tengah terdapat 6 sel sedimen, dimana tiap sel sedimen tersebut mempunyai keseragaman kondisi fisik dengan karakteristik dinamika sedimen yang berbeda dengan sedimen sel lainnya. Sel sedimen-sel sedimen tersebut meliputi : Sel sedimen 1 yang dimulai dari Muara Sungai Cisanggarung sampai sebelah timur Muara Sungai Pemali, Sel sedimen 2 yang dimulai dari sebelah Timur Sungai Pemali sampai Muara Sungai Bodri, Sel sedimen 3 yang dimulai dari Muara sungai Bodri sampai Muara Sungai Wulan, Sel Sedimen 4 yang dimulai dari muara Sungai Wulan sampai pesisir utara Kabupaten Jepara, Sel sedimen 5 yang dimulai dari pesisir utara Kabupaten Pati sampai Muara Sungai Kalioso Rembang, dan Sel sedimen 6 yang dimulai dari muara Sungai Kalioso sampai pesisir utara Kabupaten Rembang, Tiap-tiap sel sedimen dapat digunakan sebagai dasar pengaturan peruntukan ruang kegiatan pembangunan dengan memperhatikan perilaku sedimen dengan menyusun matrik keserasian kegiatan pembangunan di wilayah pesisir.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Wilayah pesisir adalah daerah pertemuan antara darat dan laut, dengan batas ke arah darat meliputi bagian daratan, baik kering maupun terendam air yang masih mendapat pengaruh sifat-sifat laut seperti angin laut, pasang surut, perembesan air laut (intrusi) yang dicirikan oleh vegetasinya yang khas, sedangkan batas wilayah pesisir ke arah laut mencakup bagian atau batas terluar daripada daerah paparan benua (*continental shelf*), dimana ciri-ciri perairan ini masih dipengaruhi oleh proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar, maupun proses yang disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti penggundulan hutan dan pencemaran (Bengen, 2002).

Mendasarkan pada batasan tersebut, dapat disimpulkan bahwa wilayah pesisir merupakan wilayah peralihan (*interface*) antara daratan dan lautan. Oleh karena itu, wilayah pesisir merupakan ekosistem khas yang kaya akan sumberdaya alam baik sumberdaya alam dapat pulih (*renewable resources*) seperti ikan, terumbu karang, hutan mangrove, dan sumberdaya tak dapat pulih (*non-renewable resources*) seperti minyak dan gas bumi, bahan tambang dan mineral lainnya. Selain itu, wilayah pesisir juga memiliki potensi energi kelautan yang cukup potensial seperti gelombang, pasang surut, angin, dan OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*), serta memiliki potensi jasa-jasa lingkungan (*environmental services*) seperti media transportasi, keindahan alam untuk kegiatan pariwisata, dan lain-lain.

Pertumbuhan penduduk yang semakin pesat menyebabkan kebutuhan akan lahan untuk tempat tinggal dan tempat berusaha menjadi semakin besar. Dengan semakin terbatasnya sumberdaya yang ada di daratan, maka pemanfaatan lahan dan beranekaragam sumberdaya yang ada di wilayah pesisir akan semakin meningkat dan memungkinkan pula pemanfaatan secara berganda. Setiap pemanfaatan sumberdaya wilayah pesisir dapat menyebabkan terjadinya perubahan ekosistem dengan skala tertentu.

Pemanfaatan dengan tidak mempertimbangkan prinsip-prinsip ekologi dapat menurunkan mutu lingkungan dan berlanjut dengan terjadinya kerusakan ekosistem wilayah pesisir yang bersangkutan. Dengan demikian masalah utama dalam pengelolaan dan pengembangan sumberdaya wilayah pesisir adalah pemanfaatan ganda daripada sumberdaya tanpa adanya koordinasi keterpaduannya. Dalam hal ini tiap sektor kegiatan bertujuan memaksimumkan kepentingannya, tanpa mempertimbangkan kepentingan pihak lain. Hasilnya adalah timbulnya konflik kepentingan (*conflict of interest*).

Disinilah perlunya penataan ruang wilayah pesisir, sehingga semua pemanfaatan sumberdaya wilayah pesisir harus diatur dan dikelola dengan mempertimbangkan hubungan setiap sumberdaya dalam ekosistem wilayah pesisir dan dengan tetap memperhatikan ekosistem tersebut secara menyeluruh.

Konsep perencanaan tata ruang pesisir tidak dapat mengikuti sepenuhnya konsep

g sangat ketat. Hal ini disebabkan karakter pesisir yang sangat dinamis tetapi rentan adap perubahan yang terjadi. Kondisi dinamis inilah yang menyebabkan perlunya iri model pendekatan yang sesuai untuk penataan ruang wilayah pesisir.

Pendekatan sel sedimen adalah salah satu pendekatan yang dapat digunakan sebagai an penataan ruang wilayah pesisir. Sel sedimen adalah satuan panjang pantai yang mpunyai keseragaman kondisi fisik dengan karakteristik dinamika sedimen dalam wilayah gerakannya tidak mengganggu keseimbangan kondisi pantai yang berdekatan (<http://www.ICZM Sabah.Gov.Sediment.html>). Pendekatan sel sedimen untuk perencanaan tata ng pada prinsipnya adalah bahwa satu unit pengelolaan adalah panjang pantai dengan karakteristik tertentu yang berkaitan dengan proses alami dan penggunaan lahan pesisir. hubungan dengan sifat dinamis dan keterkaitan ekologis dari ekosistem pesisir, maka manfaat ruang pesisir selain berdasarkan pada kesesuaian biofisik, harus pula mperhatikan keterkaitan dampak antara kegiatan yang berada di kawasan pesisir dan serasian (*compatibility*) antar kegiatan di sekitarnya.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan batas sel sedimen di wilayah pesisir ara Propinsi Jawa Tengah sebagai dasar penataan ruang pesisir di wilayah tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

<http://www.ICZM Sabah.Gov.Sediment.html> tertulis bahwa sel sedimen adalah satuan anjang pantai yang mempunyai keseragaman kondisi fisik dengan karakteristik dinamika edimen dalam wilayah pergerakannya tidak mengganggu keseimbangan kondisi pantai ang berdekatan.

Pengalaman negara Inggris dalam *coastal defence* sejak abad ke-19 (era Victorian) menyimpulkan bahwa bekerja sama dengan alam (*working with nature*) dalam penanganan masalah erosi/abrasi menjadi keharusan. Oleh karena itu, pemahaman pergerakan sedimen lalam satu sistem sedimen transpor (*sediment cell*) menjadi prasyarat dalam mengelola aris pantai dan hal ini dituangkan dalam kerangka kebijakan Pemerintah Inggris (<http://www.foc.Co.UK>). Lebih jauh, kebijakan yang lebih luas (*caring, understanding, using wisely*) dijadikan dasar kebijakan Pemerintah Australia dalam mengelola sumberdaya laut dan pesisir tanpa merusak atau menurunkan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan hidup dan aspirasinya.

Dulbahri (2001) mengemukakan bahwa pendekatan sel sedimen untuk model perencanaan tata ruang dapat dikaji melalui citra satelit dan foto udara. Integrasi data penginderaan jauh dan kerja lapangan merupakan pendekatan yang dapat diterapkan dalam pengelolaan pesisir. Proses yang terjadi di wilayah pesisir adalah sangat dinamis dimana gelombang, arus, dan pasang surut merupakan tenaga yang selalu 'mencari' di satu tempat dan mengangkut serta

Konsep tentang pesisir dikemukakan oleh Thurman (1978), yaitu sebidang lahan yang membentang di pedalaman dari garis pesisir (*coastline*) sejauh pengaruh laut yang dibuktikan pada bentuklahannya. Garis pesisir (*coastline*) adalah garis yang membentuk batas antara pesisir dan pantai. Garis pesisir (*coastline*) berbeda dengan garis pantai (*shoreline*). Jika garis pesisir membatasi pesisir dan pantai yang kedudukannya relatif tetap, maka garis pantai membatasi darat dan permukaan laut yang kedudukannya selalu berubah dan sangat fluktuatif bergantung pada pasang surut dan besarnya gelombang. Pada suatu saat, garis pesisir dapat berimpit dengan garis pantai (Sunarto, 2001). Berimpitnya kedua garis tersebut terjadi ketika laut mengalami pasang dengan gelombang yang relatif besar.

Kay dan Alder (1999) memberikan ciri pokok kepebisiran, yaitu: (1) daerah kepebisiran mencakup komponen-komponen darat dan laut, (2) mempunyai batas darat dan laut yang ditentukan oleh tingkat pengaruh darat pada laut dan pengaruh laut pada darat, serta (3) tidak memiliki lebar, kedalaman, dan ketinggian yang seragam.

Dahuri (2003) mengemukakan bahwa pengelolaan lingkungan dalam wilayah pesisir sesuai dengan konsep yang ada harus dilaksanakan secara terencana, rasional, bertanggung jawab sesuai dengan kemampuan daya dukungnya dengan mengutamakan sebesar-besarnya kemakmuran rakyat serta memperhatikan kelestarian fungsi dan keseimbangan lingkungan kawasan pesisir bagi pembangunan yang berkelanjutan. Konsep perencanaan tata ruang pesisir tidak dapat mengikuti sepenuhnya konsep daratan, karena karakteristik eko-biologis dan prinsip dasar yang berbeda. Pada kawasan pesisir, pola perencanaan sangat dipengaruhi oleh pembagian zona-zona perlindungan yang sangat ketat. Hal ini disebabkan karakter pesisir yang sangat dinamis tetapi rentan terhadap perubahan yang terjadi.

Perencanaan tata ruang kawasan pesisir mencakup penetapan peruntukan lahan yang terbagi menjadi empat zone yaitu : (1) zona preservasi, (2) zona konservasi, (3) zona penyangga, dan (4) zona budidaya (zona pemanfaatan) (Dahuri, dkk, 2004). Dalam UU No.24/1992 tentang tata ruang, zona (1) dan (2) dinamakan kawasan lindung, sedangkan zona (4) dinamakan kawasan budidaya. Zona preservasi adalah suatu daerah dengan ekosistem yang unik, biota endemik atau langka, atau proses penunjang kehidupan seperti daerah pemijahan (*spawning ground*), daerah pembesaran (*nursery ground*) dan alur ruaya (*migration rates*) dari biota perairan. Dalam zona ini tidak diperbolehkan adanya kegiatan manusia, kecuali kegiatan pendidikan dan penelitian. Sementara itu, beberapa kegiatan pembangunan (pemanfaatan) dilakukan secara terbatas dan terkendali, misalnya kawasan hutan mangrove atau terumbu karang untuk kegiatan wisata alam bahari (*ecotourism*) dapat berlangsung dalam zona konservasi.

Keberadaan zona preservasi dan konservasi dalam suatu wilayah pembangunan sangat penting dalam memelihara berbagai proses penunjang kehidupan, seperti siklus hidrologi dan unsur hara, membersihkan limbah secara alamiah, dan sumber keanekaragaman (*biodiversity*) bergantung pada kondisi alam. Luas zona preservasi dan konservasi yang optimal dalam suatu kawasan pembangunan sebaiknya antara 30 - 50% dari luas totalnya (Dahuri, dkk 2004). Selanjutnya, setiap kegiatan pembangunan (Dahuri, dkk 2004).

daknya ditempatkan pada lokasi yang secara biofisik sesuai, sehingga membentuk mosaik yang harmonis.

Kepesisiran mencakup suatu ruang tempat aktivitas manusia yang menyangkut pantai, i secara teoritik sel sedimen berkaitan erat dengan pantai dan kepesisiran, sehingga i ruang pesisir erat kaitannya dengan sel sedimen.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk menentukan sel sedimen adalah dengan erpretasi citra penginderaan jauh dan survei lapangan. Melalui kenampakan pada jenis ra penginderaan jauh tertentu, pengenalan kondisi fisik pantai yang didasarkan pada seragaman dapat dengan mudah diidentifikasi, demikian pula lokasi penyebaran materi suspensi dan pengendapan dapat diidentifikasi, sehingga batas keseragaman pantai pat ditentukan.

Penentuan Sel Sedimen dari Citra Penginderaan Jauh

Data yang digunakan adalah data digital Landsat 7 ETM+ tahun 2002 (Gambar 1). emrosesan citra dilakukan pada angka intensitas, sehingga disebut sebagai pemrosesan uantitatif. Pemrosesan citra secara digital meliputi dua aktifitas atau kegiatan, yaitu :

1. Restorasi citra secara kuantitatif. Kegiatan ini dapat dibagi menjadi dua tahap yaitu pemrosesan awal (*pre-processing*) meliputi koreksi terhadap kesalahan radiometrik, geometrik dan kesalahan lain yang ditimbulkan oleh karakteristik sensor. Tahap yang kedua dari restorasi citra ini adalah penajaman citra untuk meningkatkan kualitas citra dalam rangka mempermudah identifikasi atau determinasi.
2. Penyadapan data atau ekstraksi informasi tematik mencakup analisis citra, deteksi obyek, dan segmentasi. Dalam penelitian ini digunakan data digital Landsat yang telah dikoreksi terhadap kesalahan-kesalahan sistematis yang berkenaan dengan sistem (rotasi bumi, efek panoramik, *stripping effect* dan sudut pandang), sehingga hanya diperlukan koreksi terhadap kesalahan yang sifatnya non sistematis.

Pengenalan obyek didasarkan pada kenampakan alamiah maupun buatan. Sel sedimen sebagai obyek didasarkan pada gerak sedimen disuatu ruas garis pantai hingga daerah pecah gelombang. Gerak sedimen tidak dapat dicermati secara langsung pada citra, walau demikian pada kekeruhan dapat dengan jelas ditelusuri. Tingkat kekeruhan dapat menggambarkan arah dan penyebaran materi tersuspensi. Melalui tingkat kekeruhan ditentukan zonasi gerakan sedimen tersuspensi. Pengenalan kondisi fisik pantai didasarkan pada keseragaman, melalui citra pengenalan ditinjau atas kenampakan pada citra. Lokasi penyebaran materi tersuspensi dan pengendapan dapat diidentifikasi, sehingga batas keseragaman pantai dapat ditentukan.

Hasil identifikasi batas sel sedimen melalui pengolahan citra secara digital ini kemudian akan dilanjutkan dengan pemetaan air laut dan pengukuran data fisik

kenampakan morfologi pantai dari citra, jenis endapan di lapangan dan kemudahan dalam mencapainya di lapangan (aksesibilitas mudah), sehingga pengambilan sampel air laut dilakukan di lokasi-lokasi : Pantai Pekalongan, Sendang Sikucing Kendal, Kaliwungu Kendal, Pantai Marina Semarang, Muara Kali Wulan Demak, Teluk Awur Jepara, dan Puncel Pati. Data sampel air laut ini kemudian dianalisa di laboratorium yaitu kandungan suspensi sedimen.

Pengukuran data fisik di lapangan yang meliputi parameter-parameter gelombang juga dilakukan di lokasi-lokasi pengambilan sampel tersebut, ditambah dengan pengukuran parameter gelombang di Sluke Rembang, dengan pertimbangan karena dari morfologi pantai dan kenampakan pada citra diidentifikasi menunjukkan tipe dan sifat gelombang yang berbeda dengan pantai-pantai yang lain di pesisir utara Jawa Tengah. Untuk memudahkan langkah penelitian, obyek kajian dibagi menjadi beberapa variabel. Dalam penelitian ini digunakan variabel bebas (X) berupa parameter kualitas air laut yang dipilih (dalam hal ini adalah suspensi sedimen), variabel terikat (Y) berupa nilai piksel dan variabel kontrol (Z) yang dalam hal ini digunakan faktor kedalaman dasar perairan sebagai faktor kontrol. Variabel kontrol ini dibagi menjadi tiga kategori, yaitu kategori I adalah kedalaman kurang dari 5 meter, kategori II adalah kedalaman 5-10 meter, dan kategori III adalah kedalaman lebih dari 10 meter. Hal ini dengan mempertimbangkan kemampuan daya tembus (penetrasi) air dari spektrum tampak.

Penentuan Sel Sedimen melalui Survei Lapangan

Pemahaman tentang sel sedimen di lapangan harus dibangun dari berbagai faktor yang berperan dalam penentu kondisi pantai. Faktor yang harus diketahui adalah kecepatan angin, suhu udara, dan suhu air laut; melalui ketiga faktor tersebut, dapat diperoleh energi gelombang. Faktor lain yang diperlukan adalah periode gelombang. Perpaduan dari berbagai faktor tersebut dapat diperoleh sifat gelombang. Faktor sudut lereng gisik dan sudut datang gelombang pecah diperlukan untuk mengetahui tenaga gelombang pecah sepanjang pantai, serta kecepatan gelombang pecah sehingga dapat diketahui tipe gelombang pecah.

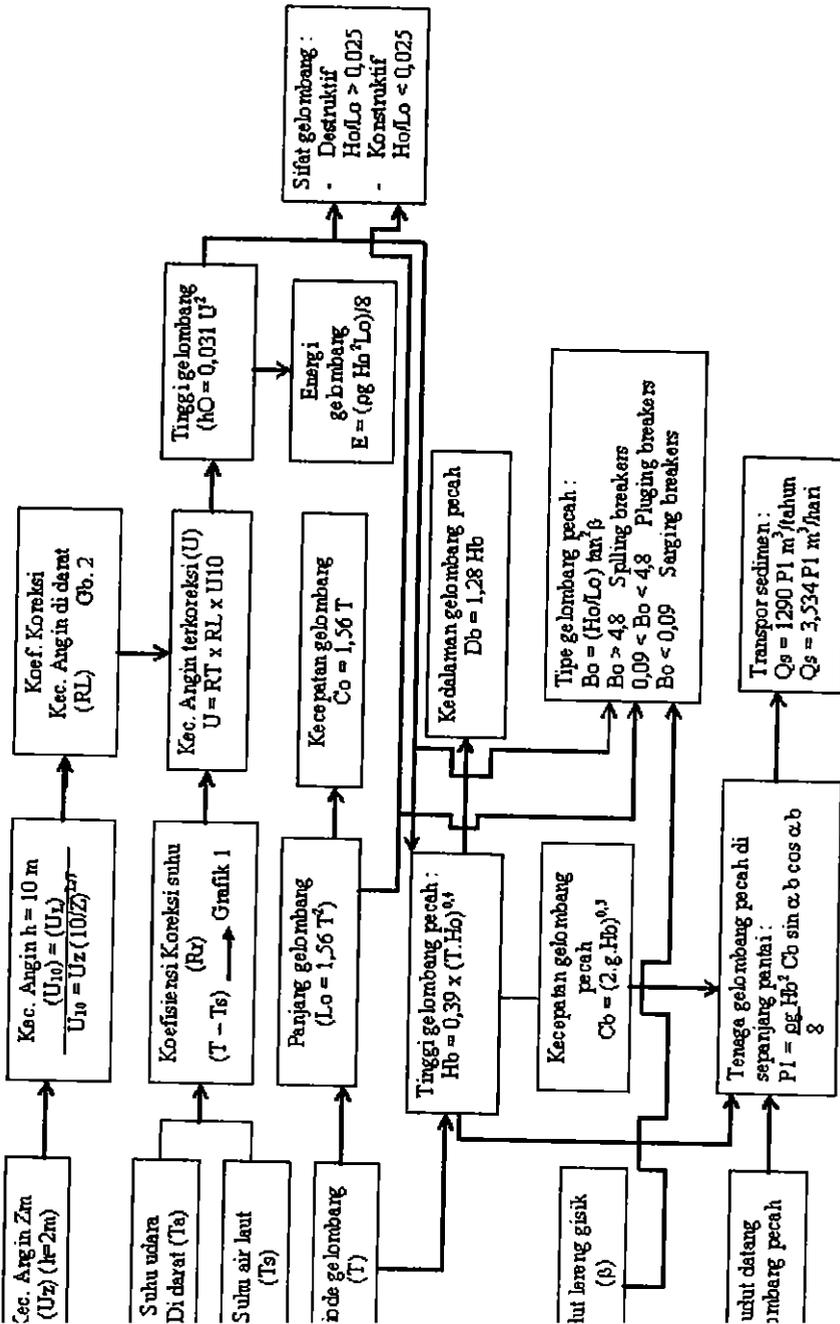
Transpor sedimen persatuan waktu dapat diperoleh melalui integrasi kecepatan gelombang dan tenaga gelombang sebagai faktor yang langsung berkaitan dengan kondisi alam pantai. Kedalaman gelombang pecah diperoleh melalui tinggi gelombang pecah, dan kedalaman gelombang pecah merupakan batas sirkulasi sedimen dalam satu sel sedimen ke arah laut. Sedang penyebaran gerak sedimen sepanjang pantai dipengaruhi oleh sudut lereng fisik, arah datang gelombang pecah, dan sifat gelombangnya. Berdasarkan sifat gelombang, kedalaman gelombang pecah, tipe gelombang pecah dan sudut lereng gisik dapat diketahui kondisi pantai. Keseragaman kondisi pantai dapat diketahui melalui sifat fisik dan sudut arah gelombang pecah yang dapat digunakan untuk mengetahui dinamika sedimen sepanjang pantai; sehingga dapat diperoleh satu satuan zonasi dinamika sedimen dan zonasi pengendapannya. Berdasarkan pada keseragaman kondisi pantai pada satu satuan panjang tertentu dapat difahami kondisi satu sel sedimen. Untuk jelasnya konsep

CITRA LANDSAT ETM +
KOMPOSIT 321



2002

Gambar 1. Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2002 Sebagian Propinsi Jawa Tengah



Gambar 2. Alur Pikir Pemahaman Hidrodinamik (Sunarto, 2003)

Diagram alir ini jelas menggambarkan keterkaitan tipe gelombang dan kondisi pantai, dimana tipe gelombang dapat memberi dampak terhadap kondisi pantai. Karakteristik gelombang akan peluang menentukan kondisi pantai yang selanjutnya berdampak pada pesisir; sehingga pemanfaatan pesisir harus memperhatikan kondisi pantai.

Secara konseptual dapat dikemukakan bahwa kerusakan pantai dapat diketahui berdasarkan pada sifat gelombang, yaitu dengan memperhatikan nilai H_o/L_o . Jika nilai $L_o > 0,025$ maka pantai mengalami pengikisan atau abrasi, jika $H_o/L_o < 0,025$ maka pantai mengalami penambahan atau sedimentasi. Tingginya transportasi sedimen dapat diketahui apabila nilai Q dapat dihitung baik harian maupun tahunan, sehingga dapat diperkirakan tingkat kerusakan pantainya.

Pemetaan Ruang Pesisir Menggunakan Sel Sedimen

Dalam menyusun tata ruang pesisir dengan menggunakan metode sel sedimen diperlukan untuk memberikan pedoman pola pemanfaatan ruang dan struktur pemanfaatan ruang yang berdasarkan pada karakteristik pesisir dan perilaku sedimen.

Struktur pemanfaatan ruang merupakan wujud interaksi antar beberapa aktivitas pada suatu kawasan pesisir dengan kawasan lainnya, dan hal ini memungkinkan terjadinya perkembangan yang optimal antar unit-unit kawasan maupun kawasan sekitarnya. Untuk itu, penyusunan pemanfaatan kawasan pesisir dibuat sedemikian rupa sehingga kegiatan-kegiatan antar kawasan dapat saling menunjang dan memiliki keterkaitan dengan kawasan yang berbatasan. Sehubungan dengan sifat dinamis dan keterkaitan ekologis dari ekosistem pesisir, maka penataan pemanfaatan ruang pesisir selain berdasarkan pada kesesuaian fisik, harus pula memperhatikan keterkaitan dampak antar kegiatan yang berada di kawasan pesisir dan keserasian (*compatibility*) antar kegiatan di sekitarnya.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran sedimen tersuspensi sampel air laut yang diambil di lapangan, yaitu di Pantai Pekalongan, Sendang Sikucing Kendal, Kaliwungu Kendal, Pantai Marina Semarang, Muara Kali Wulan Demak, Teluk Awur Jepara, dan Puncel Pati, serta nilai piksel pada tiga saluran (*band*) yaitu saluran 1, saluran 2 dan saluran 3 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Sedimen Tersuspensi dan Nilai Pikel pada Setiap Saluran

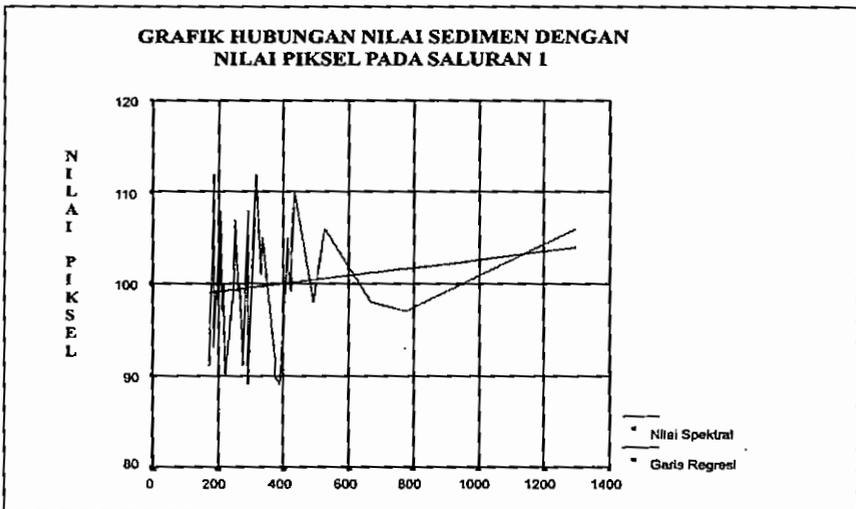
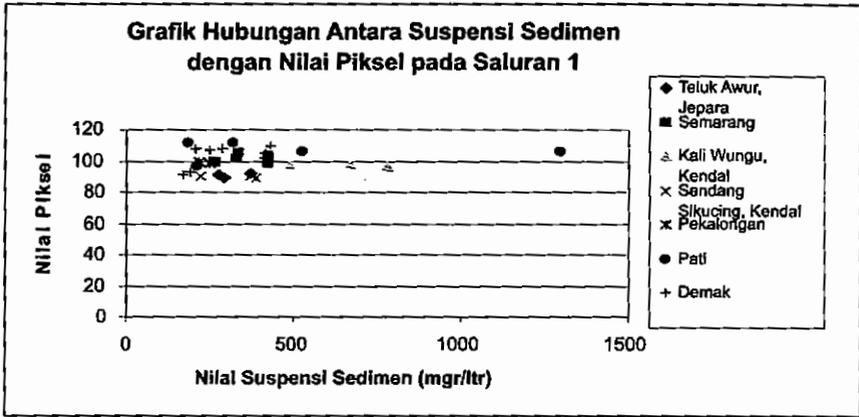
Sedimen Tersuspensi	Saluran 1	Saluran 2	Saluran 3
373	92	51	70
277	91	50	71
289	89	50	71
422	99	56	80
265	100	64	84
328	101	63	84
336	105	68	85
422	103	71	86
668	98	65	71
777	97	65	79
489	98	64	78
373	90	45	63
386	89	44	64
222	90	46	64
218	100	61	81
248	99	64	83
525	106	102	96
213	97	42	63
185	112	53	83
316	112	82	96
1297	106	88	92
430	110	91	97
288	108	78	90
171	91	44	65
189	93	44	68
260	99	48	73
251	107	92	99
206	108	59	84
413	105	61	85
415	102	74	84

Sumber : Hasil Pengukuran, 2003

Hubungan Nilai Refleksi dan Kekeruhan

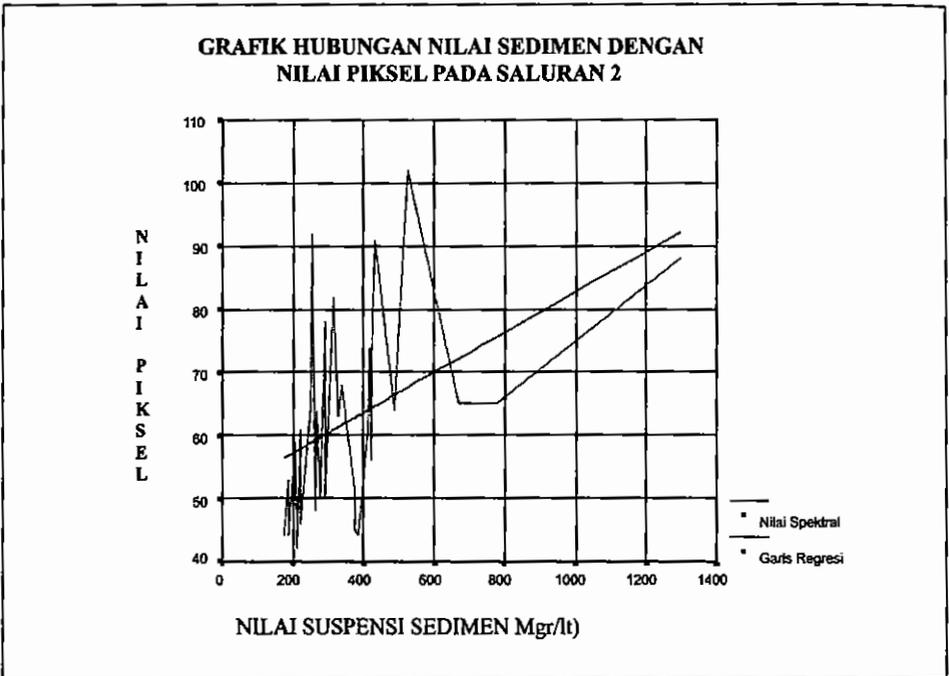
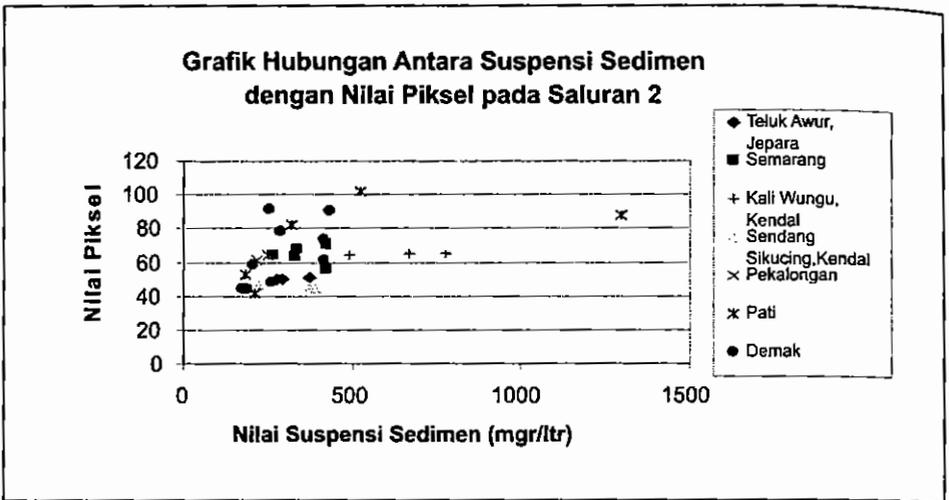
Proses pergerakan sedimen akan berpengaruh pada kondisi pesisir dan hal ini berkaitan erat dengan konsentrasi sedimen yang tersuspensi dalam air. Karakteristik interaksi antara panjang gelombang dan kondisi air dengan tingkat kekeruhan tertentu menunjukkan suatu keterkaitan yang erat, sehingga penentuan panjang gelombang merupakan hal penting. Tingkat kekeruhan berkaitan dengan jumlah materi tersuspensi dalam satu satuan volume tertentu dalam hal ini miligram per liter (mgr/lt). Untuk dapat menilai keterkaitan digunakan berbagai panjang gelombang yang dicerminkan dalam saluran. Pada tahun ini, digunakan

berdasarkan hasil pengumpulan sampel sedimen tersuspensi di perairan pantai dapat diketahui bahwa keterkaitan antara kekeruhan dan nilai pantulan cukup baik. Perhatikan Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5, maka keseragaman pada sel sedimen dapat ditelusuri melalui citra dan hal ini merupakan salah satu cara mengenali keseragaman alam perairan pesisir. Kondisi perairan pesisir dapat digunakan untuk menentukan zonasi perairan dalam menentukan peruntukan perairan pesisir.



Gambar 3. Hubungan Nilai Pikel dan Kekeruhan pada Saluran 1

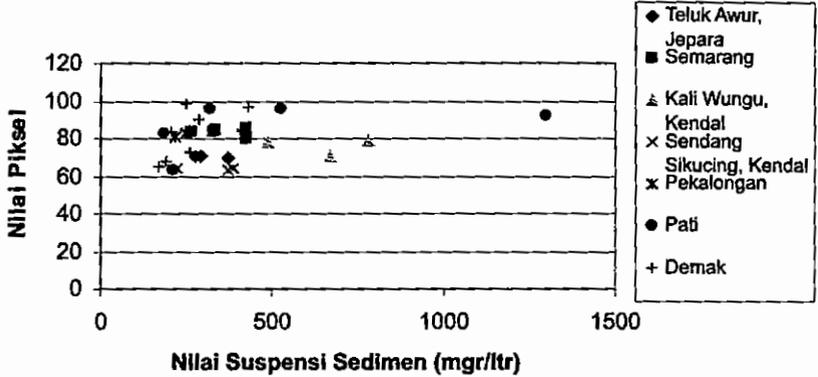
Pada Gambar 3, belum dapat ditentukan secara pasti keterkaitan materi sedimen dan



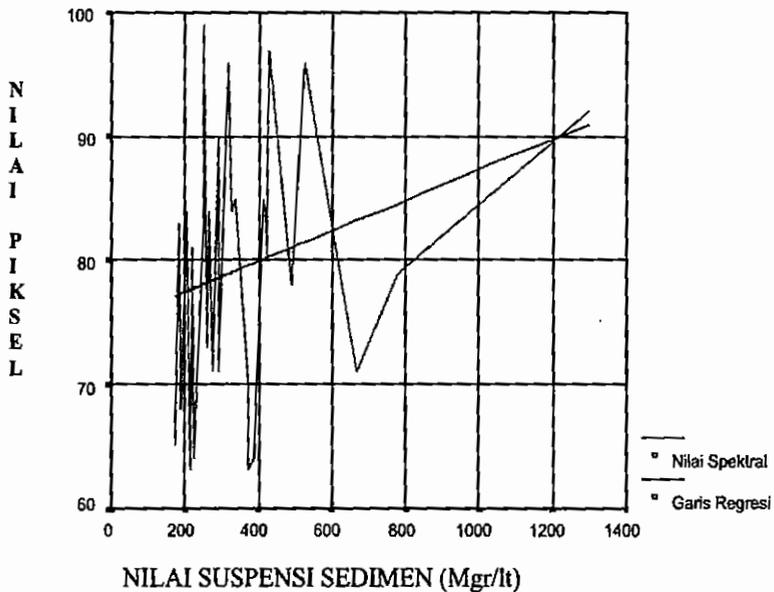
Gambar 4. Hubungan Nilai Pikel dan Kekeruhan pada Saluran

Pada Gambar 4, Kecenderungan tampak jelas bahwa makin keruh air laut makin tinggi nilai

Grafik Hubungan Antara Suspensi Sedimen dengan Nilai Piksel pada Saluran 3



GRAFIK HUBUNGAN NILAI SEDIMEN DENGAN NILAI PIKSEL PADA SALURAN 3



Berdasarkan pada kenampakan dalam Gambar 4 dan Gambar 5 maka dapat dikemukakan bahwa kekeruhan dapat dicermati dari citra dan kekeruhan berkaitan erat dengan volume materi tersuspensi serta nilai pantulan, sehingga untuk mengetahui tingkat kekeruhan sebaiknya digunakan Saluran 2 dan Saluran 3.

Keseragaman pantai dapat pula dicermati melalui kenampakan pada kondisi darat. Kondisi darat dapat dicermati secara langsung melalui pemanfaatan maupun sebaran pengendapan materi. Hal ini dapat dicermati melalui pola pengendapan, sehingga karakteristik pantai dapat ditentukan dalam arti apakah pantai terisi oleh endapan atau air keruh. Atas dasar pengenalan tingkat kekeruhan air laut dan kondisi fisik pantai, serta pola dan pemanfaatan lahan maka keseragaman pada satu satuan pantai dapat ditentukan. Satu satuan pantai yang mempunyai keseragaman adalah satu unit, dan unit ini disebut sel sedimen.

Hasil Penentuan Sel Sedimen melalui Pengukuran Lapangan

Keseragaman kenampakan fisik mencerminkan keseragaman materi serta proses pembentukannya. Keseragaman materi merupakan karakteristik yang harus dipahami dalam penentuan zonasi hamparan sehingga batas zonasi merupakan garis pemisah dari dua karakter yang berbeda. Pemanfaatan lahan didasarkan pada keseragaman fisik dan hal ini tercermin dalam satu satuan. Keseragaman fisik tercermin dalam sel sedimen, sehingga batas satu sel sedimen dengan lainnya dapat ditarik secara tegas karena karakter dua kenampakan memang berbeda.

Mendasarkan pada hasil penentuan sel sedimen dari interpretasi citra dan pengukuran lapangan, maka daerah penelitian dibagi menjadi 6 sel sedimen (Gambar 5), yaitu :

1. Sel sedimen 1 yang dimulai dari Muara Sungai Cisanggarung sampai sebelah timur Muara Sungai Pemali, yang secara administratif meliputi wilayah pesisir Kabupaten Brebes sampai Kabupaten Tegal. Pada sel sedimen 1 ini bahan endapannya adalah pasir dan mempunyai sifat gelombang destruktif.
2. Sel sedimen 2 yang dimulai dari sebelah Timur Sungai Pemali sampai Muara Sungai Bodri, yang secara administratif meliputi wilayah pesisir Kabupaten Pekalongan sampai Kabupaten Kendal (yang di dalamnya terdapat dua sub sel sedimen). Pada sel sedimen 2 ini bahan endapannya adalah pasir dan mempunyai sifat gelombang konstruktif.
3. Sel sedimen 3 yang dimulai dari Muara sungai Bodri sampai Muara Sungai Wulan, yang secara administratif meliputi wilayah pesisir Semarang sampai Kabupaten Demak. Pada sel sedimen 3 ini bahan endapannya adalah lumpur dan mempunyai sifat gelombang destruktif.
4. Sel Sedimen 4 yang dimulai dari muara Sungai Wulan sampai pesisir utara Kabupaten Jepara, yang secara administratif meliputi wilayah pesisir sebagian Kabupaten Demak dan Kabupaten Jepara. Pada sel sedimen 4 ini bahan endapannya adalah pasir dan mempunyai sifat gelombang destruktif.

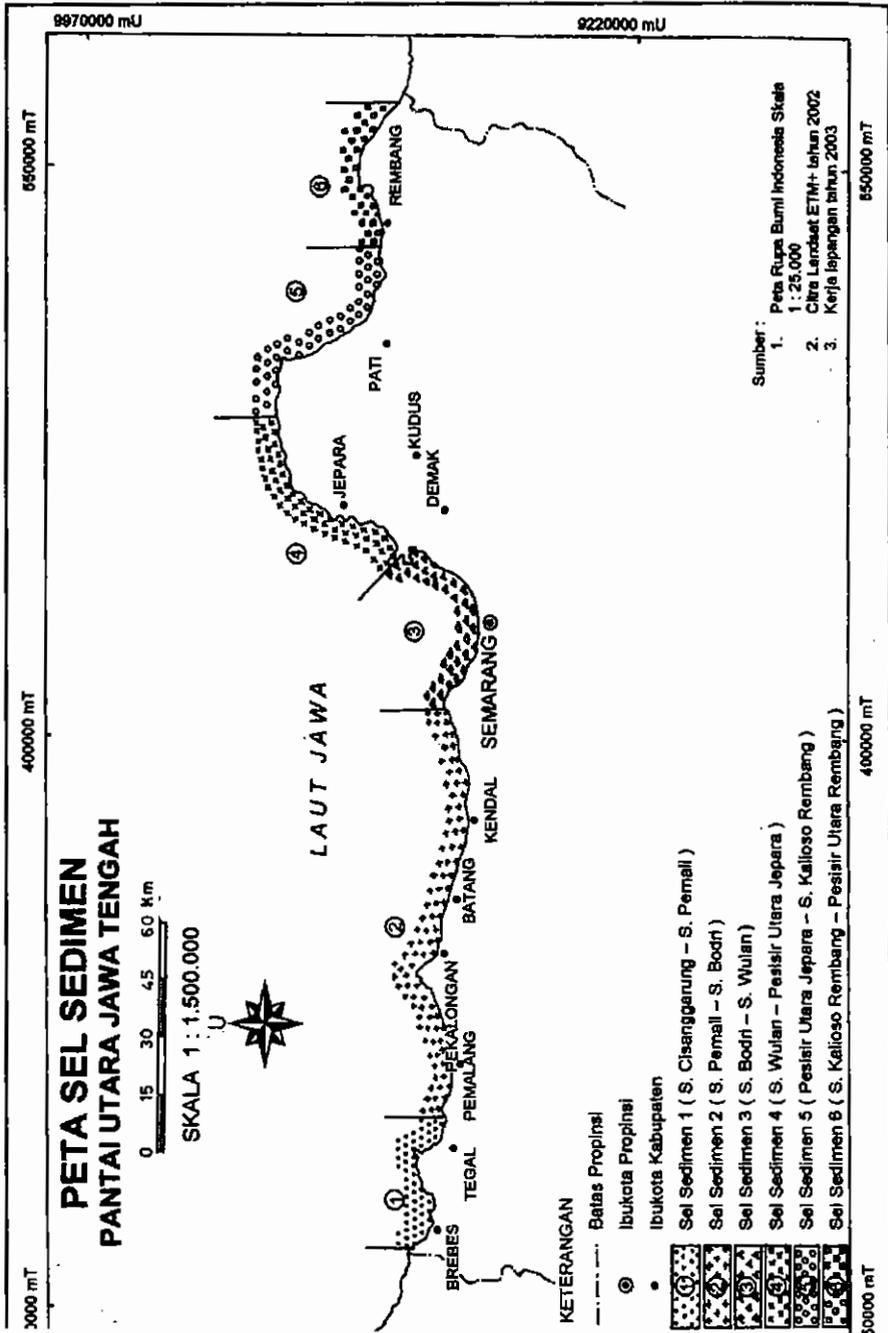
Pada sel sedimen 5 ini bahan endapannya adalah batuan dan mempunyai sifat gelombang konstruktif.

6. Sel sedimen 6 yang dimulai dari muara Sungai Kalioso sampai pesisir utara Kabupaten Rembang, yang secara administratif meliputi wilayah pesisir Kabupaten Rembang. Pada sel sedimen 6 ini bahan endapannya adalah batuan dan mempunyai sifat gelombang tenang.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Parameter Gelombang di Lokasi Pengukuran

No.1	Parameter Gelombang	Lokasi Pengukuran								
		Depok Pelalongan	Sendang Sikacing Kendal	Ngebum Kendal	Wedung Demak	Kali Wulan Demak	Pantai Kartini Jepara	Pincel Pati	Bandengan Jepara	Sluke Rembang
1	Periode Gelombang	2,48	3,657	1,98	2,91	1,62	1,066	3,94	4,5	6,834
2	Tinggi Gelombang	2,34	0,71	2,64	1,429	1,27	1,02	1,43	2,33	1,58
3	Panjang Gelombang	5,59	20,86	6,12	13,21	4,09	1,77	24,22	31,59	72,86
4	Kecepatan Gelombang (Co) (m/detik)	3,87	5,7	3,09	4,45	2,53	1,66	6,15	7,02	10,66
5	Energi Gelombang	65,93	105,63	53,56	33,87	66,26	2,31	62,19	215,34	228,38
6	Sifat Gelombang	Destruktif	Destruktif	Destruktif	Destruktif	Destruktif	Destruktif	Destruktif	Destruktif	Destruktif
7	Tinggi Gelombang	1,24	0,9	1,19	1,09	0,82	0,64	1,23	1,13	1,59
8	Kedalaman Gelombang Pecah (db) (m)	1,59	1,15	1,53	1,39	1,05	0,815	1,57	1,45	2,04
9	Kecepatan Gelombang Pecah (Cb) (m/detik)	4,93	4,2	4,83	4,62	4,01	3,53	4,91	4,71	5,58
10	Tipe Gelombang Pecah	Surgung	Surgung	Surgung	Surgung	Surgung	Surgung	Surgung	Surgung	Surgung
11	Transpor Sedimen	4,66	2,33	10,18	0,52	3,86	0,223	12,62	0,934	2,19

Sumber : Hasil Pengukuran lapangan dan Perhitungan Data (2003)



Gambar 6. Peta Sel Sedimen Pantai Utara Jawa Tengah

Penataan Ruang Pesisir mendasarkan pada Sel Sedimen

Penggunaan lahan merupakan cerminan aktifitas manusia pada suatu wilayah, dan ini sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik lahan disamping kondisi sosial ekonomi. Kondisi fisik lahan pada suatu tempat akan berbeda dengan tempat lain, kondisi fisik lahan pada pantai dengan karakteristik tertentu akan berbeda dengan karakteristik pantai yang lain.

Sehubungan dengan sifat dinamis dan keterkaitan ekologis dari ekosistem pesisir, maka penataan pemanfaatan ruang pesisir selain berdasarkan pada kesesuaian biofisik, harus pula memperhatikan keterkaitan dampak antara kegiatan yang berada di kawasan pesisir dan keserasian (*compatibility*) antar kegiatan di sekitarnya.

Proses penyusunan tata ruang pesisir dapat dilakukan dengan cara menumpang-tusukkan (*overlay*) peta-peta tematik yang memuat karakteristik biofisik (ekologis) wilayah pesisir terhadap peta-peta yang memuat persyaratan (kriteria) biofisik dari setiap kegiatan pembangunan yang direncanakan, dan peta-peta penggunaan ruang (lahan) pesisir saat ini dengan unit pemetaan satu sel sedimen. Penentuan tata ruang ini dapat dilakukan dengan menggunakan teknik tradisional seperti *manual map overlaying* atau teknik Sistem Informasi Geografis (SIG) seperti Arc/Info. Informasi dasar biasanya tersedia dalam bentuk Peta-Peta Tematik (*thematic maps*) yang diperlukan untuk menyusun kelayakan biofisik ini tidak saja meliputi karakteristik daratan dan hidrometeorologi, tetapi juga karakteristik oceanografi, faktor fisik dan biologi perairan pesisir khususnya perilaku sedimennya.

Setelah berhasil menempatkan setiap kegiatan pembangunan pada lokasi yang secara ekologis sesuai (*suitable*), maka tugas perencanaan berikutnya adalah menentukan tingkat (laju) optimal dari setiap kegiatan pembangunan. Dalam hal ini yang dimaksud dengan tingkat pembangunan yang optimal adalah suatu besaran (intensitas) pembangunan yang secara sosial ekonomi menguntungkan dan secara ekologis aman atau segenap dampak lingkungan negatif yang ditimbulkannya masih dapat ditanggung oleh ekosistem alam. Penetapan tingkat pembangunan yang optimal dapat dilakukan dengan cara membuat analisis optimasi antara permintaan (*demand*) akan sumberdaya, ruang serta jasa-jasa lingkungan pesisir lainnya dan kemampuan wilayah pesisir dalam menyediakan secara berkesinambungan.

Selanjutnya, setiap kegiatan pembangunan (industri, pertanian, budidaya perikanan, permukiman dan lainnya) dalam zona pemanfaatan hendaknya ditempatkan pada lokasi yang secara biofisik sesuai, hingga membentuk suatu mozaik yang harmonis. Misalnya, penempatan kegiatan budidaya tambak udang pada lahan pesisir bertekstur pasir atau sangat masam, atau berdekatan dengan kawasan industri biasanya akan menemui kegagalan.

Untuk menguji apakah dua kegiatan dapat secara serasi berdampingan, dapat ditempuh dengan menyusun matriks keserasian (Tabel 3).

**Tabel 3. Matriks Keserasian (*Compatibility Matrix*)
Antar Kegiatan Pembangunan di Wilayah Pesisir**

NO	KEGIATAN	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Perikanan Tangkap (A)	X	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
2	Perikanan Tambak (B)	S	X	S	S	S	S	K	K	K	S	S	S	S
3	Marikultur (C)	S	S	X	S	S	K	S	S	S	S	S	S	S
4	Pertanian (D)	K	K	K	X	S	S	K	K	K	S	S	S	S
5	Perhutanan (E)	S	S	S	S	X	S	S	S	S	S	S	S	S
6	Perhubungan (F)	S	K	K	S	K	X	K	K	K	S	S	S	S
7	Prwsta Pantai Diving (G)	S	S	S	S	S	X	S	S	S	S	S	S	S
8	Prwst Pantai Berpasir(H)	S	S	S	S	S	S	S	X	S	S	S	S	S
9	Prwst Renang , Selncr (I)	S	S	S	S	S	K	S	S	X	S	S	S	S
10	Pertambangan Migas (J)	K	K	K	K	K	K	K	K	K	X	K	S	S
11	Pertamb Mineral (K)	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	X	S	S
12	Pelabuhan (L)	S	K	K	S	K	S	K	K	K	S	S	X	S
13	Galangan Kapal (M)	S	S	S	S	K	S	S	S	S	S	S	S	X

Sumber : Cicin-Sain dan Knecht, 1998

Keterangan : * = Pembacaan tabel dari kiri ke kanan

S = Aktivitas Pembangunan di sebelah kiri tidak memberikan dampak negatif terhadap aktivitas di sebelah kanan

K = Aktivitas Pembangunan di sebelah kiri memberikan dampak negatif terhadap aktivitas pembangunan disebelah kanan

Matriks ini disusun berdasarkan pada kemungkinan dampak yang ditimbulkan oleh suatu kegiatan, dan kemampuan respon dari kegiatan yang berdampingan di dalam menanggung dampak termaksud. Misalnya kegiatan tambak udang tidak mungkin dapat berdampingan dengan industri kimia yang mengeluarkan limbah tanpa diolah terlebih dahulu. Penentuan lokasi bagi berbagai peruntukan ruang selain harus memperhatikan matriks kesesuaian di atas, juga perlu memperhatikan perilaku sedimen. Sebagai contoh, jika arah sedimen dari timur ke barat maka penempatan tambak udang tidak boleh diletakkan di sebelah barat industri kimia. Dengan demikian, perilaku sedimen sangat berpengaruh terhadap penempatan peruntukan ruang di samping faktor kesesuaian biogeofisik.

Struktur pemanfaatan ruang selain harus memperhatikan keterkaitan di atas, juga perlu ditetapkan keterkaitan fungsional antar kawasan seperti pengembangan sistem pusat-pusat perkotaan dan perdesaan, hirarkhi wilayah/pelayanan, pusat-pusat permukiman, dan sistem jaringan transportasi. Dengan pengembangan sistem tersebut diharapkan akan tercapai keterkaitan fungsional sehingga akan memperkuat struktur pemanfaatan ruang di wilayah pesisir.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa:

- Ketchum, B.W. (Ed.), 1973. *Water's Edge : Critical Problems of The Coastal Zone*. MT.Press, Massachusetts.
- Sunarto, 2001. Geomorfologi Kepesisiran dan Peranannya dalam Pembangunan nasional Indonesia, *Pidato Ilmiah Pengukuhan Jabatan Lektor Kepala*, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Sunarto, 2003. *Geomorfologi Pantai : Dinamika Pantai*. Laboratorium Geomorfologi Terapan Jurusan Geografi Fisik Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Thurman, H.V., 1978. *Introductory Oceanography*. Bell & Howell Co. Columbus.