

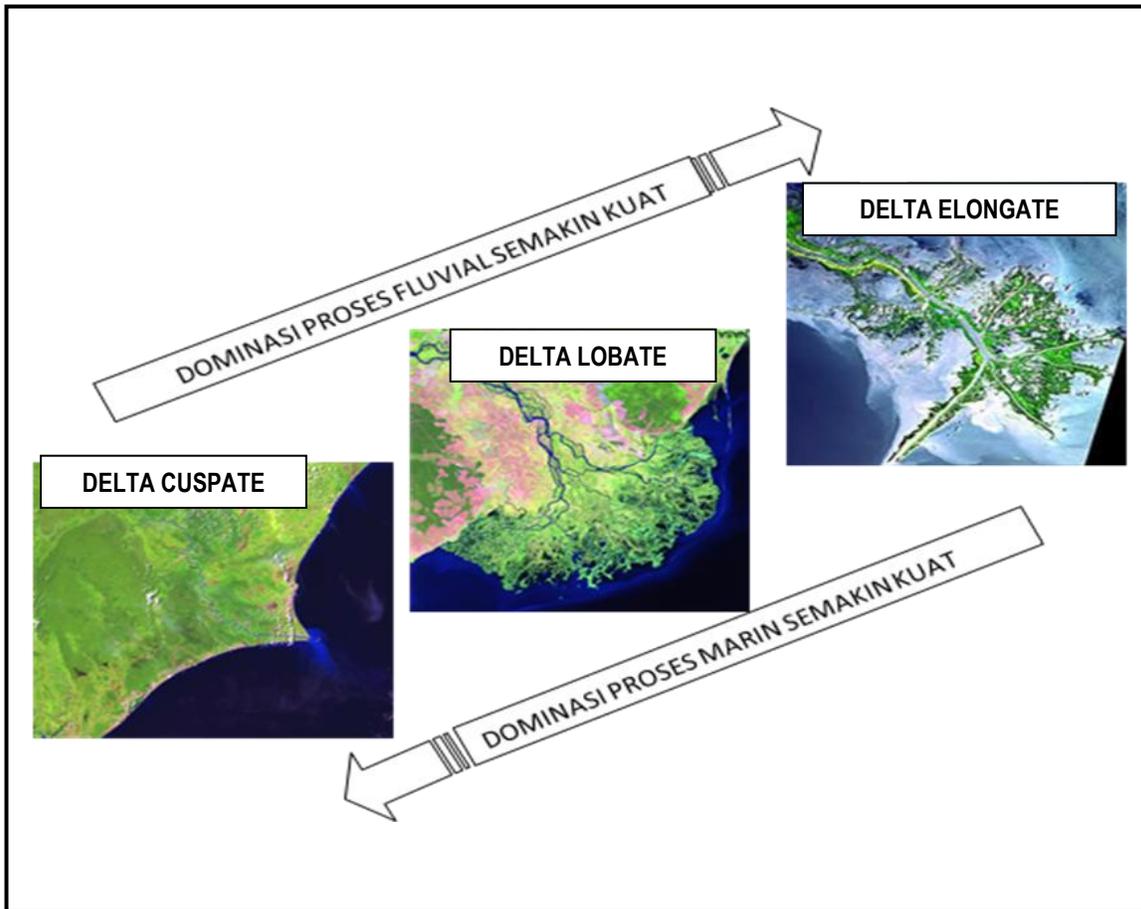
## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Delta dan Bentuk-Bentuk Delta**

Pengertian delta menurut Reineck dan Singh (1975) adalah massa sedimen baik subaerial maupun submerged yang terendapkan pada tubuh air (laut atau danau) terutama oleh aktivitas sungai. Dalam kamus Oceanografi (Setiyono, 1996) dijelaskan bahwa delta merupakan endapan sedimen yang berasal dari daratan yang terbentuk di muara sungai berbatasan dengan laut ataupun danau. Kemudian Selby (1985) mendefinisikan delta sebagai dataran rendah yang hampir rata, terletak di muara sungai tempat endapan sedimen terakumulasi. Wright (1978) mendefinisikan delta sebagai daerah akumulasi di wilayah pesisir, baik yang subaqueous dan subaerial, materialnya berasal dari endapan sungai maupun endapan sekunder dari laut yang dibentuk oleh berbagai agen, seperti gelombang, arus atau pasang surut.

Hehanusa *et al.* (1975) mengemukakan bahwa delta merupakan hasil interaksi proses fluvial dan marin sehingga dinamika delta tidak terlepas dari dua hal di atas. Hal ini ditunjukkan oleh maju atau mundurnya garis pantai delta, yakni maju pada bagian yang mendapatkan imbuhan sedimen dan mundur pada bagian yang mengalami abrasi. Kuat lemahnya pengaruh proses marin dan proses fluvial mempengaruhi jenis delta yang terjadi. Apabila pengaruh proses fluvial lebih kuat dibanding proses marin, maka akan terbentuk Delta Kipas (lobate) dan Delta Kaki Burung (elongate) yang termasuk *high constructive deltas*. Jika pengaruh proses marin lebih kuat maka akan terbentuk Delta Lancip (Cuspate) yang termasuk *high-destructive deltas*.



Gambar 1. Hubungan Proses Marin dan Fluvial pada Pengendapan Delta

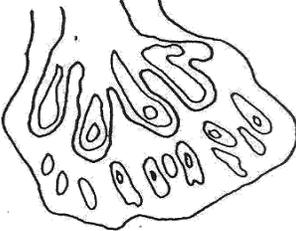
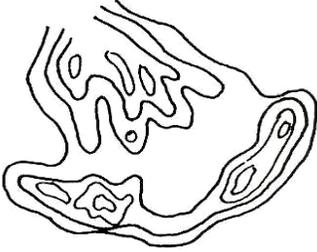
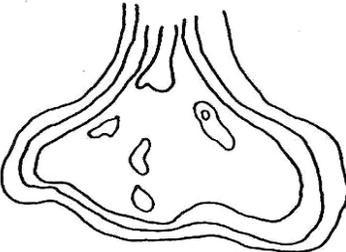
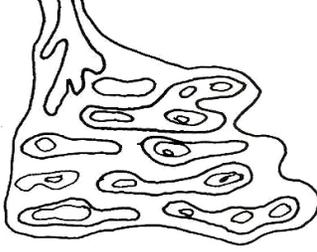
Dari beberapa definisi tersebut di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa delta terbentuk di muara sungai dan sangat tergantung pada jumlah material sedimen yang diendapkan di daerah tersebut dan proses hidrodinamika yang terjadi di daerah tersebut.

Pengertian Sedimen adalah sekumpulan rombakan material: batuan, mineral, dan bahan organik yang mempunyai ukuran butir tertentu (Pethick, 1984). Menurut Dackombe dan Gardiner (1983), kebanyakan sumber dari material sedimen adalah daratan, dimana erosi dan pelapukan batuan berperan terhadap pengikisan daratan dan ditransportasikan ke laut. Sedimen pantai menurut Pethick (1984) berasal dari tiga

sumber, yaitu erosi sungai, erosi pantai, dan erosi dasar laut, dimana pada kenyataannya justru sungai yang memberikan suplai yang relatif besar (kurang lebih 90%) terhadap transport sedimen yang terjadi di pantai. Hampir semua keping dan serpihan batu yang merupakan pecahan batu padat permukaan bumi mengendap di suatu tempat sebagai sedimen. Lingkungan pengendap berbeda satu sama lain dan sangat mempengaruhi ciri sedimen yang dihasilkan. Lingkungan tempat pengendapan beragam dari lereng curam pegunungan, lembah sungai, pantai sampai dasar laut dangkal di pinggir pulau dan laut dalam (Hartoko, 2010).

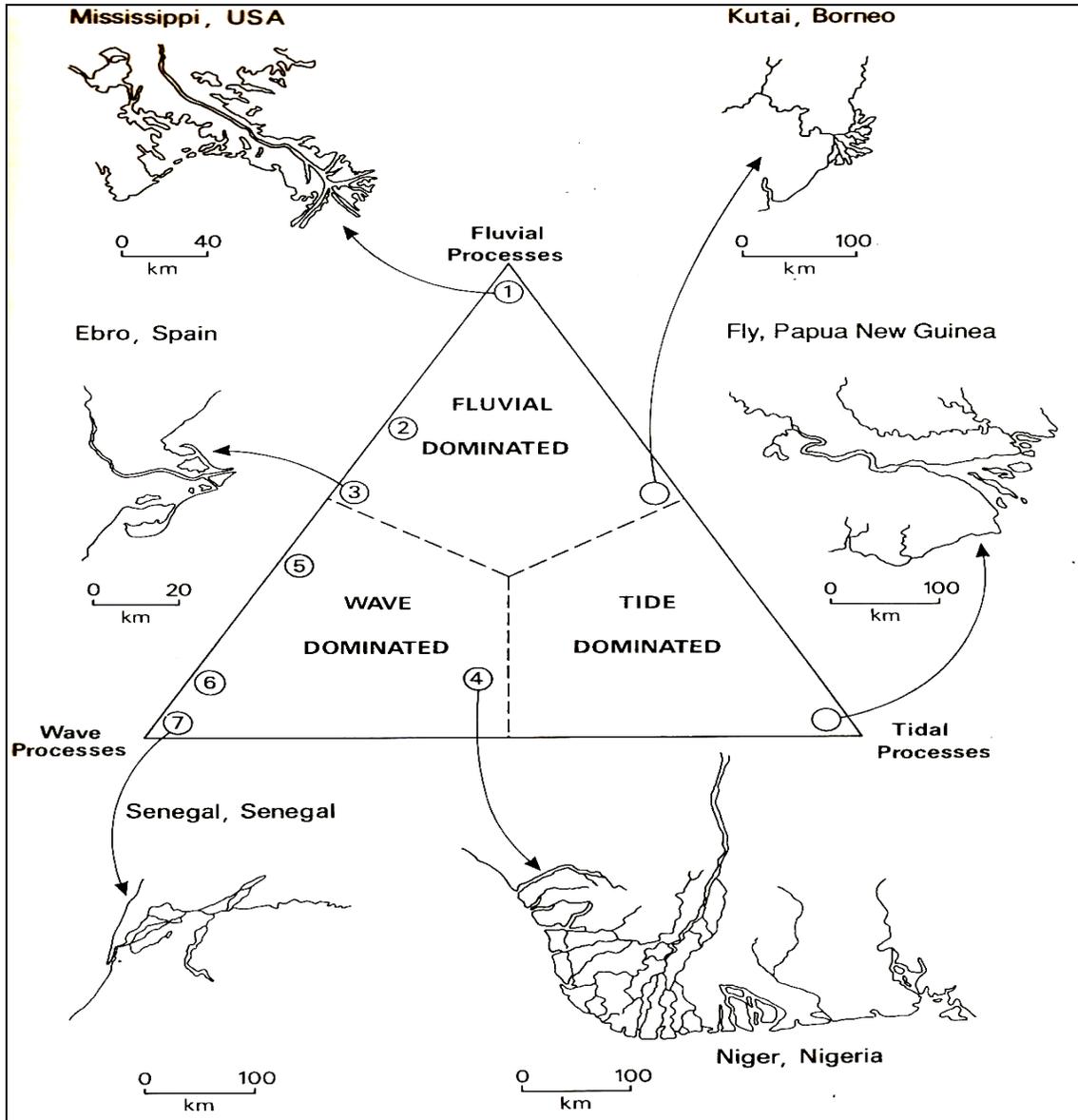
Wright (1978) membagi delta menjadi enam tipe. Tipe pertama berkembang pada lingkungan yang mempunyai julat pasang surut rendah, arus sepanjang pesisir rendah, serta material halus sebagai *suspended load* lebih dominan, akan cenderung membentuk delta tipe kaki burung. Tipe kedua berkembang pada tempat yang terpengaruh energi gelombang rendah, dasar pesisir dangkal, tetapi mempunyai julat pasang-surut tinggi, sehingga meninggalkan bentuk yang lebar. Tipe ketiga di bawah pengaruh energi gelombang sedang, julat pasang-surut tinggi, serta arus sepanjang pesisir rendah, sehingga akan meninggalkan bentuk kenampakan *beach sands* pada saluran sungai dan menyebabkan saluran sungai tidak berkembang. Tipe keempat di bawah pengaruh pengaruh energi gelombang yang sedang, dasar pesisir sangat datar, julat pasang-surut rendah, sehingga meninggalkan bentuk *barriers sands* dan membentuk semacam lagoon sebagai wadah perkembangan delta lebih lanjut. Tipe kelima berkembang pada tempat yang terpengaruh oleh energi gelombang yang besar, topografi dasar pesisir miring. Tipe keenam di bawah pengaruh energi gelombang yang sangat besar dengan arus pesisir yang cukup kuat, sehingga meninggalkan bentuk memanjang sejajar garis pesisir.

Untuk lebih jelasnya gambaran bentuk masing-masing delta tersaji dalam Gambar 2 sebagai berikut.

 <p>Tipe 1. Energi gelombang Rendah, Arus pantai kecil, material suspensi tinggi</p>	 <p>Tipe 2. Energi gelombang Rendah, Arus pantai kecil, Julat Pasang surut tinggi</p>	 <p>Tipe 3. Energi gelombang sedang, Arus pantai kecil, Julat pasang surut tinggi</p>
 <p>Tipe 4. Energi gelombang Sedang, Arus pantai kecil, Julat Pasang surut rendah</p>	 <p>Tipe 5. Energi gelombang Tinggi, Arus pantai kecil, Julat Pasang surut tinggi</p>	 <p>Tipe 6. Energi gelombang Tinggi, Arus pantai besar, dasar pantai miring</p>

Gambar 2. Tipe-tipe Delta Menurut Wright (1978)

Summerfield (1991) telah membuat suatu diagram yang memberikan gambaran pengaruh proses fluvial, proses gelombang dan pengaruh pasang surut terhadap berbagai tipe delta yang terbentuk di dunia. Bila pengaruh proses fluvial dominan maka delta akan cenderung berbentuk Delta Kaki Burung, seperti misalnya Delta Mississippi, USA. Bila pengaruh fluvial dan gelombang hampir seimbang maka akan membentuk Delta Cuspate, seperti misalnya Delta Sungai Ebro, Spanyol. Tetapi bila pengaruh fluvial dan pasang surut hampir seimbang maka akan membentuk Delta Kipas seperti Delta Mahakam di Kutai Kalimantan.



Gambar 3. Tipe Delta dalam Hubungannya dengan Tenaga Fluvial, Gelombang dan Pasut (Sumber: Summerfield, 1991).

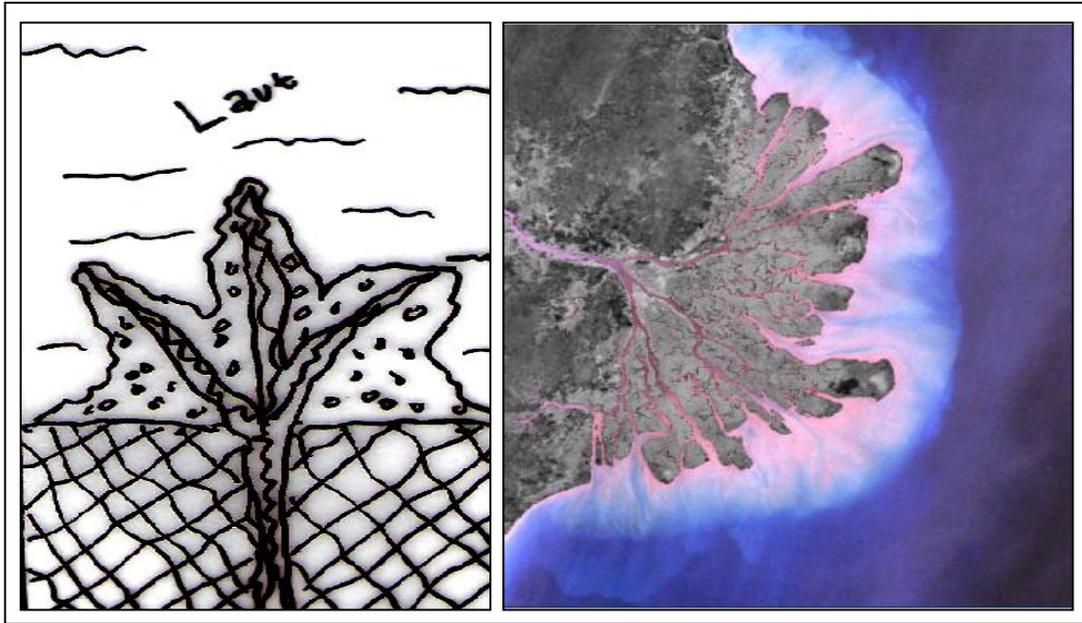
Menurut Davis (1978), arus sungai yang memasuki air laut akan mengalami perlambatan. Akibatnya kemampuan mengangkut material berkurang sehingga material tersebut mengendap. Dalam proses pengendapan terjadi pemilahan, yaitu material sedimen berbutir kasar akan diendapkan terlebih dahulu dekat dengan sungai, sedangkan material yang lebih halus akan diendapkan jauh dari muara sungai. Secara teoritis urutan

pemilahan sedimen pada muara sungai menuju ke arah laut adalah: pasir, lanau atau debu, dan lempung. Bird (2006) menyatakan bahwa sedimen yang mengendap pada delta mempunyai struktur baji yang berasal dari sungai dan berselingan dengan sedimen laut yang pada umumnya berasal dari daratan, tetapi diendapkan kembali di delta oleh arus laut dan ombak.

Faktor yang paling penting terjadinya perkembangan delta adalah pemasokan material dan aktivitas pada wilayah pengendapan. Reineck dan Singh (1975) menyatakan bahwa kenampakan delta terkontrol oleh morfologi pesisir, arah dan intensitas gelombang, tingkat pengangkutan sedimen pesisir, serta julat pasang surut. Faktor-faktor tersebut di atas ternyata mempunyai pengaruh yang berbeda-beda, sehingga membentuk berbagai macam tipe delta yang berlainan.

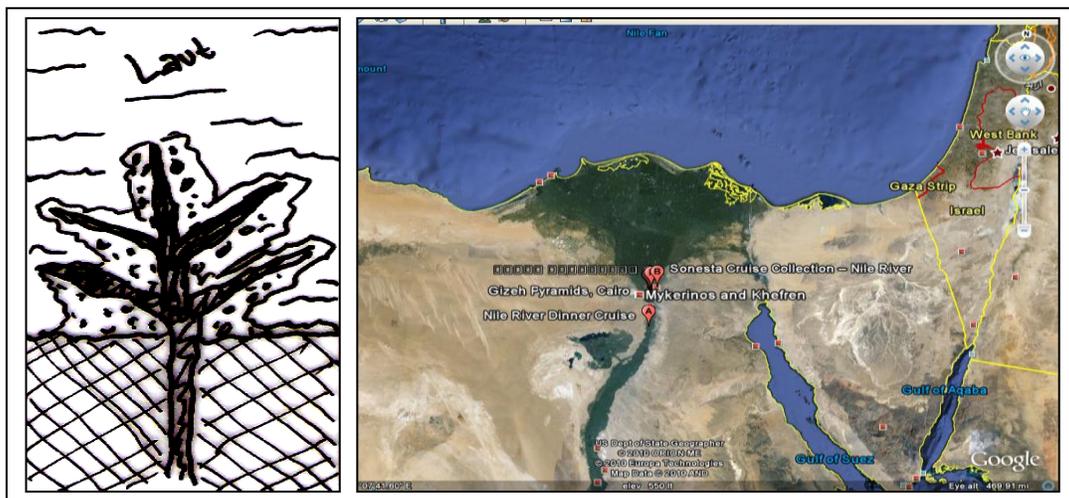
Menurut Hartoko (2010) bentuk delta dapat dikelompokkan 5 macam, yaitu:

a) **Delta Lobben**, bentuknya menyerupai kaki burung. Delta ini biasanya tumbuh cepat besar, karena sungai membawa banyak bahan endapan, contohnya Delta Mississippi dan Delta Mahakam di Kalimantan Timur yang tersaji pada Gambar 4. Delta Mahakam terjadi karena tingginya muatan sedimen dan kuatnya dorongan masa air Sungai Mahakam ke arah laut, maka karakter Delta Mahakam adalah '*fresh-water dominated delta ecosystem*'. Mencermati bentuk delta yang dapat mengembang ke semua arah menandakan bahwa tidak terdapat tahanan kuat dari masa air laut. Apabila ada tekanan suatu arus dari arah tertentu, maka bentuk delta akan berbelok mengikuti arah arus atau arah gelombang yang terjadi di perairan tersebut.



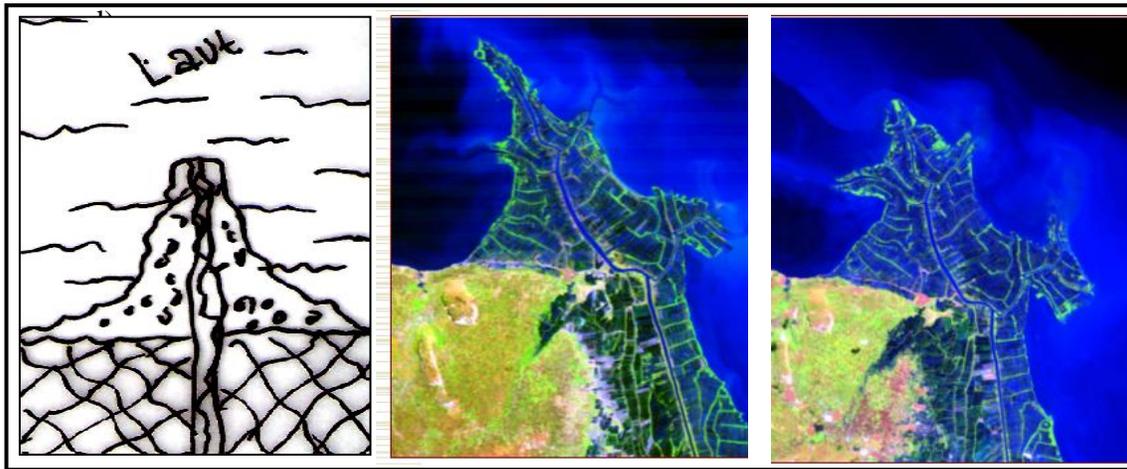
Gambar 4. Bentuk Delta Kaki Burung (*lobben*) dan Delta Mahakam  
(Sumber: Hartoko, 2010).

b) **Delta Tumpul**, bentuknya seperti busur. Bentuknya yang tumpul menandakan bahwa energi gelombang yang datang relatif kuat dengan arah tegak lurus ke arah pantai, sehingga material sedimen yang berasal dari sungai akan didistribusikan secara merata ke arah kanan dan kiri muara. Keadaannya cenderung tetap (tidak bertambah besar), misalnya Delta Tiger dan Sungai Nil sebagaimana tersaji pada Gambar 5.



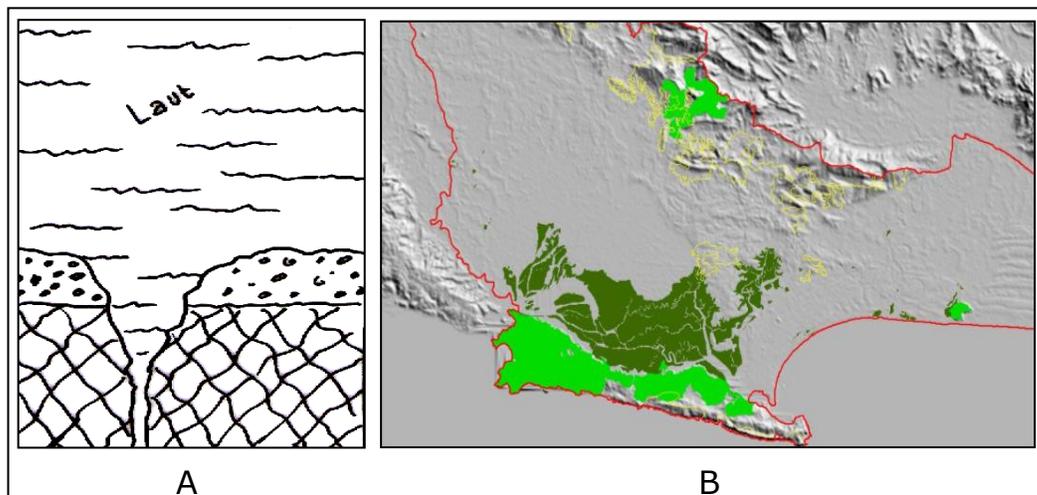
Gambar 5. Bentuk Delta Sungai Nil dan Delta Tiger (Sumber : Hartoko, 2010).

c) **Delta Runcing**, bentuknya runcing ke atas menyerupai kerucut. Delta ini makin lama makin sempit. Bentuk semakin menyempit dikarenakan semakin lemahnya energi masa air sungai dan karena pantai yang sangat landai. Contoh adalah Delta Sidorajo, Provinsi Jawa Timur tersaji pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Bentuk Delta Runcing Sidoarjo Jatim dari Landsat\_ETM 1994 dan 2002  
(Sumber : Hartoko, 2010).

e) **Estuaria**, yaitu bagian yang rendah dan luas di mulut sungai. Contoh seperti pada Laguna Segara Anakan, Cilacap Jawa Tengah yang tersaji dalam Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Delta Estuaria (A) dan Laguna Segara Anakan (B)  
(Sumber: Hartoko, 2010).

f) **Delta Berbelok**, biasanya pertemuan sungai dan pantai samudera laut dalam.

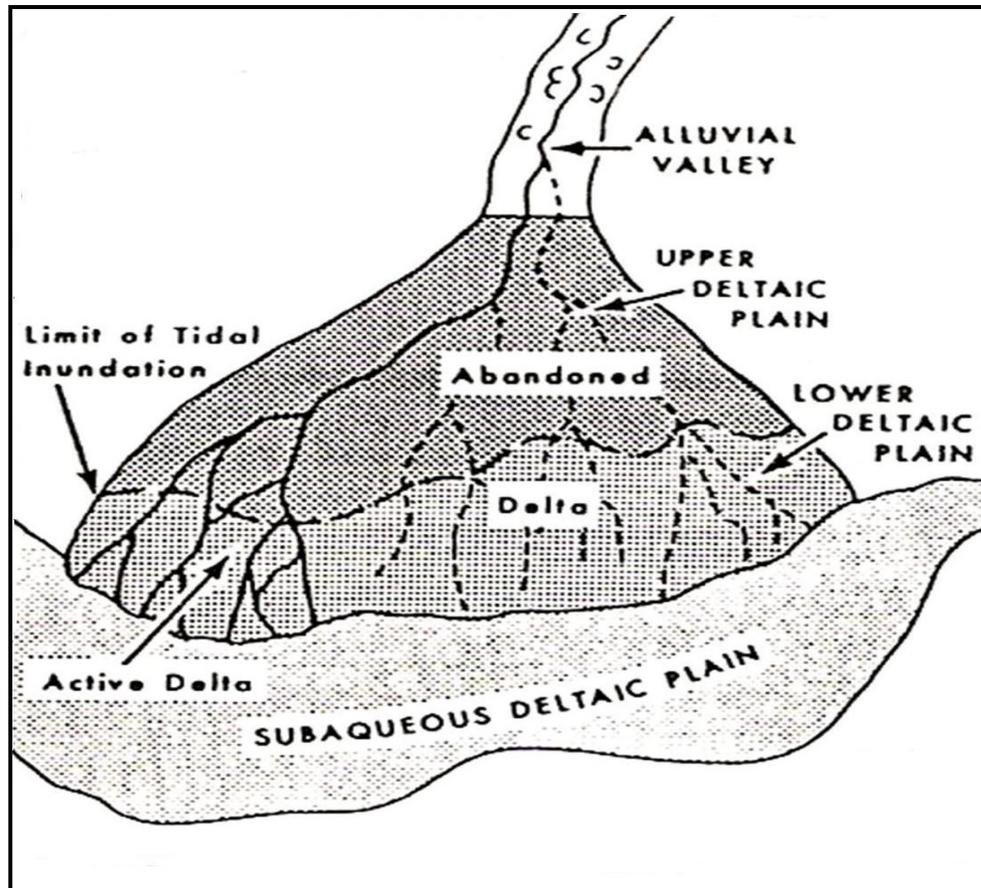
Delta berbelok terjadi karena tekanan arus dari laut sangat besar sehingga aliran sungai tidak dapat masuk ke arah laut dalam. Contohnya adalah pada Delta Pantai Ayah Kebumen yang ada di Pantai Selatan Jawa sebagaimana tersaji pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Pantai Estuaria Ayah Kebumen yang Berbelok di Pantai Selatan Jawa (Hartoko, 2010).

Berbagai macam tipe delta tersebut secara umum mempunyai kondisi fisiografis yang universal yaitu dibagi menjadi dua: (1) delta bagian bawah (*subaqueous delta*) yaitu bagian delta yang tenggelam pada waktu pasang surut rendah, dan merupakan bagian terdepan dengan material terdiri dari material endapan halus, (2) delta bagian atas (*subaerial delta*), yaitu daratan di atas batas pasang surut rendah yang terbagi atas daratan di atas batas pasang surut rendah. Daerah ini terbagi atas daratan delta bawah (*lower delta plain*) yang masih terpengaruh interaksi sungai dan marin membentang ke arah darat sampai batas pengaruh pasang surut merupakan bagian delta yang aktif dan daratan

delta atas (*upper delta plain*) yang merupakan bagian lebih tua dan diluar pengaruh pasang surut atau marin (Wright, 1978). Untuk lebih jelasnya disajikan Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Komponen Delta Secara Horisontal ( Wright, 1978)

## 2.2 Tenaga Pembentuk Delta

Perubahan-perubahan yang terjadi pada bentuk lahan delta disebabkan oleh proses-proses yang bekerja pada bentuklahan itu. Sunarto (2004) menyatakan bahwa tenaga alami yang bekerja di daerah kepepesisiran (*coastal*) yakni angin, gelombang, arus, dan pasang surut. Tenaga ini baik langsung maupun tidak langsung akan ikut mempengaruhi morfodinamika delta. Berikut akan ditelaah pustaka yang berkaitan dengan tenaga alami tersebut.

## **1) Angin (*wind*)**

Angin termasuk tenaga yang secara tidak langsung mempengaruhi bentukan delta. Duxbury *et al.* (2002) mengemukakan, bahwa kebanyakan tenaga untuk membangkitkan gelombang laut adalah angin. Menurut Selby (1985) tiupan angin lemah yang melintasi permukaan air laut dapat diamati dari riak permukaan air, akan tetapi riak-riak yang teratur tidak akan dapat dihasilkan hingga gelombang mempunyai kecepatan lebih dari 1,1 m/dt. Bretschneider menyatakan bahwa kecepatan angin lebih dari 10 knot atau lebih dari 19 km/jam atau lebih dari 5 m/detik adalah suatu kecepatan angin yang dianggap mampu membangkitkan gelombang (Sunarto, 2004).

## **2) Gelombang Laut (*wave*).**

Di atas sudah dijelaskan bahwa tiupan angin di permukaan air laut menyebabkan permukaan air laut itu menjadi gelombang. Gelombang ialah gerakan berayun tubuh air laut yang diwujudkan oleh naik turunnya permukaan air secara bergantian (Snead, 1982).

Gelombang laut memiliki bentuk dan dimensi. Bentuk gelombang secara ideal adalah bentuk sinus. Gelombang berbentuk sinus memiliki puncak dan lembah gelombang, karena itu suatu gelombang memiliki dimensi tinggi. Tinggi gelombang ( $H$ ) ialah jarak vertikal antara puncak dan lembah. Oleh karena gelombang berbentuk sinus, maka suatu gelombang memiliki dimensi panjang. Panjang gelombang ( $L$ ) ialah jarak horizontal yang diukur dari titik puncak suatu gelombang hingga titik puncak pada gelombang berikutnya yang berurutan. Dimensi gelombang berikutnya adalah periode gelombang ( $T$ ) yaitu waktu yang dibutuhkan untuk satu panjang gelombang melintasi satu titik. Dimensi gelombang yang terakhir adalah kecepatan gelombang ( $C$ ) yaitu merupakan perbandingan panjang gelombang dengan periode gelombang (Bird, 2006).

Summerfield (1991) menyatakan bahwa ada hubungan antara kecepatan angin dengan tinggi gelombang, yang secara empiris telah ditentukan berdasarkan bukti-bukti observasi seperti berikut ini,

Tinggi Gelombang  $H = 0,031 U^2$  ( dalam meter), dimana U adalah kecepatan angin yang terjadi di laut (Summerfield, 1991).

Gelombang penting untuk dipelajari, karena gelombang memiliki energi, maka gelombang mampu menentukan bentuk pantai, tipe pantai, memisahkan sedimen di permukaan pantai, serta mampu mengangkut sedimen (Kasim,1993).

### **3) Arus Laut (Current)**

Arus laut merupakan tenaga marin yang berpengaruh terhadap daerah pesisir. Menurut Duxbury *et al.* (2002) arus laut yang berpengaruh terhadap perkembangan pantai adalah arus pasang surut (*tidal current*), arus menuju pantai (*onshore current*), arus susur pantai (*longshore current*), dan arus balik (*rip current*).

Arus pasut berlangsung ketika air laut bergerak ke arah daerah pesisir pada saat pasang dan berbalik mengalir ke arah laut pada saat surut. Ketika terjadi arus pasang dan kemudian berubah menjadi arus surut, terjadi suatu periode air tenang dimana kecepatan arus pasang sangat lambat, berhenti, dan kemudian berbalik arah. Arus menuju pantai (*onshore current*) terjadi pada saat gelombang yang bergerak ke arah pantai menghasilkan arus pada zona empasan (*surf zone*). Arus menuju pantai ini membawa sedimen dari laut menuju ke pantai dan mengendapkannya di pantai (Duxbury *et al.*, 2002). Arus susur pantai (*longshore current*) ialah arus laut yang terdapat di zona empasan, yang umumnya bergerak sejajar garis pantai, yang ditimbulkan gelombang pecah yang membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus yang menyusuri dan sejajar

pantai ini umumnya merupakan hasil gelombang yang datang pada perairan pantai yang dangkal pada sudut yang kurang dari normal terhadap garis pantai dan kontur bawah laut. Arus susur pantai merupakan pengisi bagi arus balik (Snead, 1982). Arus balik berperan dalam menyebarkan sedimen dari pantai ke lepas pantai (Derbyshire *et al.*, 1979).

#### **4). Pasang Surut (*Tide*)**

Pasang surut air laut merupakan fluktuasi ritmik muka air laut yang diakibatkan oleh pengaruh gaya tarik benda-benda angkasa, terutama bulan dan matahari, terhadap massa air laut di bumi. Pengaruh gaya tarik bulan terhadap muka air laut di bumi lebih besar 2,34 kali daripada pengaruh gaya tarik matahari (Duxbury *et al.*, 2002).

Pada saat berlangsung air pasang disebut air naik (*flood tide*) dan kedudukan muka laut mencapai puncaknya disebut air tinggi (*high water*). Pada saat berlangsung air surut disebut air turun (*ebb tide*) dan kedudukan muka laut mencapai titik rendahnya disebut air rendah (*low water*). Beda tinggi antara air tinggi dan air rendah disebut sebagai julat pasut (*tidal range*).

Pasang purnama atau pasang perbani (*spring tide*) terjadi ketika kedudukan bulan segaris dengan matahari, yakni pada saat Bulan Purnama dan saat Bulan Mati. Pada saat pasang purnama ini terjadi julat pasut terbesar, sehingga terjadi pula kedudukan muka laut tinggi tertinggi (*highest high water*) dan kedudukan muka laut tendah terendah (*lowest low water*). Pasang mati (*neap tide*) terjadi ketika seperempat bulan awal dan seperempat bulan akhir. Pada saat berlangsung pasang mati terjadi julat pasut terkecil (Hutabarat dan Evans, 1985; Duxbury *et al.*, 2002; Sunarto, 2004; Bird, 2006). Berdasarkan besarnya julat pasut, maka pasang surut di suatu pantai dapat diklasifikasikan menjadi:

- a. mikropasut, dengan julat pasut < 2 meter,
- b. mesopasut, dengan julat pasut 2-4 meter,
- c. makropasut, dengan julat pasut > 4 meter.

Jenis pasut di suatu tempat dengan tempat lain tidak sama, hal ini dipengaruhi oleh konfigurasi pulau, variasi topografi dasar laut dan bentuk pantai. Untuk mengetahui jenis pasut di suatu tempat dapat ditentukan dengan menggunakan rumus *Formzahl*, yaitu (Akbaruddin, 2007) :

$$F = \frac{A(K1) + (A(O1))}{A(M2) + (A(S2))}$$

Keterangan :

F adalah nilai Formzahl

A(K1) dan A(O1) adalah amplitudo konstanta pasang surut tunggal utama

A(M2) dan A(S2) adalah amplitudo konstanta pasang surut ganda utama

Berdasarkan harga F ini, jenis pasut diklasifikasikan dalam 4 (empat) kelompok yaitu:

- Pasut harian ganda  $0 < F \leq 0,25$
- Pasut campuran condong ke harian ganda  $0,25 < F \leq 1,50$
- Pasut campuran condong ke harian tunggal  $1,50 < F \leq 3,00$
- Pasut harian tunggal  $3,00 < F$

### 2.3. Perubahan Spasial Delta

Salah satu hasil proses geomorfik yang bekerja pada muara sungai adalah delta. Oleh karena proses geomorfik di wilayah pesisir, dimana muara sungai berada, sangat dinamis maka delta yang terbentuk akan selalu mengalami perubahan dan perkembangan.

Faktor yang paling penting terjadinya perkembangan delta adalah pemasokan material dan aktivitas pada wilayah pengendapan. Menurut Morgan (1961 dalam Wright, 1978) perkembangan delta dipengaruhi oleh rezim sungai, proses-proses pantai, struktur, serta iklim. Reineck dan Singh (1975) menyatakan bahwa kenampakan delta terkontrol oleh morfologi pantai, arah dan intensitas gelombang, tingkat pengangkutan sedimen pantai, serta julat pasang surut.

Pengendapan sedimen oleh masing-masing tenaga pengendapan di mintakat pesisir maupun mintakat lain sangat dipengaruhi keadaan lingkungan pengendapannya. Oleh karena itu, setiap lingkungan pengendapan yang dibentuk oleh tenaga pengendapan yang berbeda memiliki karakteristik sedimen yang berbeda pula. Menurut Reineck dan Singh (1975), untuk menentukan suatu lingkungan pengendapan dapat digunakan parameter ukuran butir sedimen. Persebaran ukuran sedimen tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor besar kecilnya tenaga yang bekerja, tenaga yang kuat mampu mengangkut butir pasir lebih besar dan mineral berat lebih banyak.

Seorang ahli tanah bernama Wentworth telah memperkenalkan skala metrik untuk menentukan ukuran butir. Berdasarkan percobaan, jika endapan dibagi dalam kelas-kelas ukuran butir digambarkan pada sumbu X dan persentase pada sumbu Y, maka pada umumnya mempunyai sebaran normal. Karena tidak semua endapan sedimen mempunyai persebaran normal, maka Krumbein memperkenalkan ukuran butir endapan ke dalam skala log, dengan simbol  $\phi$  atau phi. Nilai  $\phi$  adalah hasil ubahan dari diameter butir skala Wentworth, dengan rumus  $\phi = -\log d$ , ( $d$  adalah diameter butir skala Wentworth) (Suprajaka, 1989). Dengan menggambarkan kelas-kelas ukuran butir dalam kelas-kelas ukuran butir *skala phi* dan persentase berat dari masing-masing kelas akan diperoleh

persebaran lebih mendekati normal. Kurve persebaran ini dicirikan oleh beberapa parameter statistik penting yaitu, rerata ukuran butir (*mean size*), tingkat pemilahan (*sortasi*), kemencengan (*skewness*), kelancipan (*kurtosis*) yang dapat dilihat secara langsung secara kualitatif, sedangkan secara kuantitatif dengan rumus-rumus tertentu.

Tingkatan kekasaran material merupakan pencerminan tingkat kekuatan tenaga pengangkut, semakin kasar ukuran butir mencerminkan semakin besar tenaga pengangkutnya. Kemudian dalam kaitannya dengan pemilahan, sedimen endapan marin biasa terpilah lebih baik dibandingkan dengan sedimen endapan fluvial, tetapi lebih buruk bila dibandingkan dengan endapan angin. Endapan angin mempunyai tingkat pemilahan yang baik, karena tenaga angin relatif stabil kekuatannya dalam jangka waktu yang lama.

#### **2.4. Penutup Lahan (*land cover*) dan Pemanfaatan Lahan (*land use*)**

Penutup lahan dan pemanfaatan lahan merupakan dua pengertian yang berbeda, namun keduanya seringkali dipakai secara bersama-sama dalam berbagai kepentingan. Jika penutup lahan dimaksudkan untuk mengacu kepada sumberdaya itu sendiri, maka pemanfaatan lahan mengacu kepada aktivitas yang ada hubungannya dengan penggunaan sumberdaya itu. Jadi tanaman padi, rumput, hutan masuk kategori penutup (*cover*), sedangkan pertanian, penggembalaan, kehutanan adalah tergolong aktivitas (Hardoyo, 2002).

Pemanfaatan lahan (*land use*) adalah semua jenis penggunaan atas lahan oleh manusia, mencakup penggunaan untuk pertanian hingga lapangan olah raga, rumah mukim, hingga rumah makan, rumah sakit hingga kuburan (Hardoyo, 2002). Batasan mengenai pemanfaatan lahan sering kali berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang

lahan tertentu (permukiman, perkotaan, pesawahan). Pemanfaatan lahan juga merupakan pemanfaatan lahan dan lingkungan alam untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam penyelenggaraan kehidupannya. Pengertian istilah pemanfaatan lahan biasanya digunakan untuk mengacu pemanfaatan masa kini (*present or current land use*). Oleh karena aktivitas manusia di bumi bersifat dinamis, maka perhatian seringkali ditujukan baik kepada perubahan pemanfaatan lahan baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

Menurut Arsyad (1989) pemanfaatan lahan dikelompokkan menjadi dua golongan besar yaitu pemanfaatan lahan pertanian dan pemanfaatan lahan bukan pertanian. Pemanfaatan lahan pertanian dibedakan lagi berdasarkan atas penyediaan air dan komoditi yang diusahakan yang terdapat di atas lahan tersebut. Berdasarkan hal ini dikenal macam pemanfaatan lahan seperti tegalan, sawah, perkebunan, padang rumput, hutan produksi, hutan lindung, padang alang-alang, dan sebagainya. Pemanfaatan lahan non pertanian dapat dibedakan ke dalam pemanfaatan lahan permukiman, industri, rekreasi, pertambangan, dan sebagainya.

Perubahan pemanfaatan lahan adalah bertambahnya suatu pemanfaatan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lainnya diikuti dengan berkurangnya tipe pemanfaatan lahan yang lain dari satu waktu ke waktu berikutnya, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda. Perubahan pemanfaatan lahan dalam pelaksanaan pembangunan tidak dapat dihindari. Perubahan tersebut terjadi karena adanya keperluan untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang makin meningkat dan tuntutan akan mutu kehidupan yang lebih baik (Ariyanto, 2007).

Perubahan pemanfaatan lahan akan selalu terjadi seiring dengan semakin banyaknya jumlah penduduk. Namun perubahan pemanfaatan lahan tidak menjadi masalah apabila mempertimbangkan tingkat kesesuaian lahannya. Pemanfaatan lahan

yang mempertimbangkan tingkat kesesuaian lahannya akan mengurangi resiko kerusakan lingkungan.

## **2.5. Evaluasi Kesesuaian Lahan**

Ritung *et al.* (2007) menyatakan Evaluasi Lahan adalah suatu proses penilaian sumber daya lahan untuk tujuan tertentu dengan menggunakan suatu pendekatan atau cara yang sudah teruji. Hasil evaluasi lahan akan memberikan informasi dan/atau arahan penggunaan lahan sesuai dengan keperluan.

Kesesuaian Lahan (*land suitability*) merupakan kecocokan suatu lahan untuk tujuan penggunaan tertentu, melalui penentuan nilai (kelas) lahan serta pola tata guna lahan yang dihubungkan dengan potensi wilayahnya, sehingga dapat diusahakan penggunaan lahan yang lebih terarah. Dasar pemikiran utama dalam prosedur evaluasi kesesuaian lahan adalah kenyataan bahwa berbagai pemanfaatan lahan membutuhkan persyaratan yang berbeda-beda. Oleh karena itu dibutuhkan keterangan-keterangan tentang lahan tersebut yang menyangkut berbagai aspek sesuai dengan rencana peruntukan yang dipertimbangkan. Proses dalam menentukan potensi sumberdaya lahan untuk berbagai penggunaan disebut evaluasi kesesuaian lahan (Sanjoto, 1996)

Menurut Sitorus (1985), Jamulya (1991), ada tiga metode dalam penentuan tingkat kesesuaian lahan yaitu metode *description* (pemerian), metode *matching* (perbandingan), dan metode *scoring* (pengharkatan). Metode deskriptif dilaksanakan dengan menguraikan kelas-kelas kesesuaian lahan dalam bentuk kalimat. Metode perbandingan merupakan suatu cara menilai potensi lahan dengan membandingkan antara karakteristik lahan terhadap kriteria kesesuaian lahan yang telah ditetapkan. Metode pengharkatan merupakan suatu cara menilai potensi lahan dengan memberikan

nilai pada masing-masing karakteristik lahan, sehingga dapat dihitung nilainya dan dapat ditentukan harkatnya.

Struktur klasifikasi kesesuaian lahan menurut kerangka FAO (1976) dapat dibedakan menurut tingkatannya, yaitu tingkat Ordo, Kelas, Subkelas dan Unit. Ordo adalah keadaan kesesuaian lahan secara global. Pada tingkat ordo kesesuaian lahan dibedakan antara lahan yang tergolong sesuai (*S = Suitable*) dan lahan yang tidak sesuai (*N = Not Suitable*).

Kelas adalah keadaan tingkat kesesuaian dalam tingkat ordo. Berdasarkan tingkat detail data yang tersedia pada masing-masing skala pemetaan, kelas kesesuaian lahan dibedakan menjadi: (1) Untuk pemetaan tingkat semi detail (skala 1:25.000-1:50.000) pada tingkat kelas, lahan yang tergolong ordo sesuai (*S*) dibedakan ke dalam tiga kelas, yaitu: lahan sangat sesuai (*S1*), cukup sesuai (*S2*), dan sesuai marginal (*S3*), sedangkan lahan yang tergolong ordo tidak sesuai (*N*) tidak dibedakan ke dalam kelas-kelas. (2) Untuk pemetaan tingkat tinjau (skala 1:100.000-1:250.000) pada tingkat kelas dibedakan atas kelas sesuai (*S*), sesuai bersyarat (*CS*) dan tidak sesuai (*N*).

Dalam penelitian ini untuk menentukan tingkat kesesuaian lahan ditentukan dengan metode pengharkatan dengan mengambil beberapa parameter serta pembobotan dalam menentukan tingkat kesesuaiannya. Untuk tingkat kedetailan pemetaannya sampai pada tingkat semi detail (skala 1:50.000). Pemanfaatan lahan yang dijadikan obyek penelitian adalah pemanfaatan lahan untuk perikanan tambak, pemanfaatan lahan untuk kawasan industri, pemanfaatan lahan untuk pariwisata, dan pemanfaatan lahan untuk kawasan rehabilitasi pantai (konservasi). Setiap peruntukan lahan mempunyai persyaratan-persyaratan tertentu yang dapat di jelaskan sebagai berikut.

### **2.5.1 Kriteria Umum Kawasan Budidaya Perikanan Tambak**

Kegiatan budidaya tambak biasanya terletak di daerah pesisir. Faktor yang merupakan dasar pertimbangan pemilihan lokasi tambak adalah kemampuan daya dukung lahan/ruang tercukupi, artinya seberapa besar ruang tersebut dapat berproduksi secara optimal dengan tidak memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, sehingga kelestarian produksi tetap terjamin. Lokasi pertambakan sebaiknya jauh dari pengaruh limbah industri, pertanian, pelabuhan, pertambangan, dan sebagainya. Di samping itu terletak pada kawasan yang mudah memperoleh air bersih dan arus yang kuat untuk memperlancar/pengenceran pembuangan limbah.

Pantjara *et al.* (2008) telah menggunakan sembilan kriteria (variabel) untuk menilai kesesuaian lahan budidaya tambak di Kecamatan Watubangga Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. Ke sembilan variabel tersebut meliputi pH tanah, lereng, tekstur tanah, curah hujan, jarak dari pantai, tipe garis pantai, penutup lahan, jarak dari sungai, dan aksesibilitas. Setiap kriteria dibuat empat tingkat kesesuaian yaitu kelas sesuai, cukup sesuai, sesuai marginal, dan kelas tidak sesuai. Menurut Pantjara ke sembilan variabel ini mempunyai pengaruh yang tidak sama terhadap tingkat kesesuaian lahan tambak. Untuk itu masing-masing kriteria diberi bobot yang bervariasi mulai dari 7 sampai 15 dengan jumlah total dari 9 kriteria bobot sebanyak 100. Bobot yang paling besar (15) pada kriteria pH tanah, lereng, dan tekstur tanah, sedangkan bobot yang paling kecil (7) pada aksesibilitas. Setiap variabel ini oleh Pantjara dibuat peta tematik dan selanjutnya dilakukan overlay peta (indek overlay model) untuk mengetahui persebaran keruangan kelas kesesuaian lahan tambak.

Variabel yang dibuat Pantjara ini lebih menekankan pada kondisi fisik daratannya, padahal pengaruh kualitas air di perairan, di mana lahan tambak berada, sangat besar dalam menentukan tingkat kesesuaian lahan tambak. Untuk itu perlu dilengkapi dengan mempertimbangkan kondisi fisik dan kimia perairan tambak setempat seperti kekeruhan (TSS), kecerahan, temperatur, salinitas, kadar oksigen terlarut, kadar nitrat dan nitrit sesuai dengan standar baku mutu kualitas perairan dari Kepmen Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004.

### **2.5.2. Kriteria Umum Kawasan Wisata Pantai**

Kawasan wisata pantai lebih ditekankan pada keindahan dan keaslian alam pantai yang mampu menarik minat pengunjung. Beberapa faktor pertimbangan dalam pemilihan lokasi kawasan wisata pantai adalah parameter dan kriteria pemilihan lokasi yaitu kedalaman air antara 0–10 m, pantai dengan substrat berpasir atau campuran antara hancuran karang dan biota bercangkang, kecerahan perairan tinggi, kecepatan arus tidak membahayakan, tipe pantai, dan ketersediaan air tawar. Perencanaan kawasan pariwisata hendaknya mempertimbangkan kemampuan daya dukung kawasan dan daya tampung pengunjung. Lokasi pariwisata pantai hendaknya yang aman dan jauh dari kawasan perikanan dan pertambangan, sehingga dampak negatif tidak menyebar sampai kawasan pariwisata. Pembangunan fisik kawasan wisata pantai hendaknya menyatu dengan alam, baik dari segi bentuk, luasan, bentang alam, sehingga tidak mengurangi nilai keindahan dan aspek perlindungan terhadap obyek wisata itu sendiri. Perencanaan kawasan wisata pantai harus mempertimbangkan kebutuhan penduduk lokal untuk pemanfaatan sumberdaya alam yang tersedia, sehingga tidak menimbulkan konflik kepentingan antara wisatawan dengan penduduk lokal dikemudian hari (DKP Provinsi Jawa Tengah, 2007).

Dari banyak faktor yang dipertimbangkan untuk merencanakan kawasan wisata bahari, Yulius (2009) menyusun matrik kesesuaian lahan kawasan wisata pantai dengan menggunakan 9 kriteria yang meliputi kedalaman perairan, tipe/ karakteristik pantai, lebar pantai, material dasar /sedimen perairan, kemiringan pantai, kekeruhan perairan, penutupan lahan pantai, biota berbahaya, dan ketersediaan air tawar. Seluruh kriteria ini dibuat tiga kelas kategori yaitu S1 (Sesuai), S2 (Sesuai Marginal), dan TS (Tidak Sesuai). Masing-masing kriteria di anggap mempunyai pengaruh sama terhadap kesesuaian lahan untuk kawasan wisata pantai, sehingga tidak dibuat pembobotan.

Bila dikaji lebih lanjut matrik yang disusun Yulius ini belum memperhatikan baku mutu air laut untuk wisata yang ditetapkan Kepmen LH No 51 tahun 2004, misalnya pada kandungan TSS seharusnya kurang dari 20 mg/lit. Misalnya, Yulius membuat klasifikasi nilai TSS <400 mg/lit sehingga dibandingkan dengan standar baku mutu air laut untuk wisata yang ditetapkan Kepmen LH No 51 tahun 2004 sangat jauh perbedaan besaran angkanya. Untuk itu penggunaan matrik ini perlu disesuaikan dengan ketentuan yang berlaku sekarang ini. Di samping itu matrik kesesuaian lahan untuk kawasan wisata pantai dari Yulius ini hanya 3 kelas yaitu Sesuai (S), Cukup Sesuai (CS), dan Tidak sesuai (TS), untuk itu dalam penelitian ini akan disesuaikan menjadi empat kelas yaitu S1, S2, S3, dan TS.

### **2.5.3. Kriteria Umum Kawasan Industri.**

Banyak faktor yang merupakan pedoman umum pemilihan lokasi untuk kegiatan industri, diantaranya adalah pertimbangan jenis industri, karakter dan volume limbah yang dihasilkan, metode atau teknik pengelolaan limbah. Industri berat sedapat mungkin tidak berada pada areal yang rentan pencemaran, terutama pada daerah yang kaya

sumberdaya hayati perairan. Lokasi industri harus berada pada daerah arus yang kuat untuk memperlancar/pengenceran pembuangan limbah.

Perencanaan kawasan industri di wilayah pesisir harus mempertimbangkan berbagai aspek fisik seperti kondisi geografis, arah angin, topografi, luas dan kondisi lahan, masalah banjir, gelombang pasang, masalah pembuangan, transportasi darat dan laut, jenis industri yang dikembangkan/dibangun, penyediaan air tawar, sumber tenaga listrik dan sumberdaya manusia. Industri yang tidak berorientasi pada fasilitas lingkungan pantai diarahkan untuk dikembangkan ke arah darat. Perencanaan kawasan industri harus mempertimbangkan tata guna tanah sekitarnya, membangun jalur hijau selebar 500 m untuk membatasi kawasan dengan zona lainnya.

Sanjoto (1996) menyusun matrik kriteria untuk kesesuaian lahan industri yang meliputi kemiringan lereng, penggunaan lahan, sumberdaya air, dan kerawanan bencana. Masing-masing kriteria mempunyai bobot yang bervariasi mulai dari 1 sampai 5. Bobot yang paling besar (5) pada penggunaan lahan dan bobot yang terkecil (1) pada sumberdaya air dan kerawanan bencana. Pemberian bobot penggunaan lahan paling tinggi karena untuk menjaga agar alih fungsi lahan dilakukan secara hati-hati. Jangan sampai lahan produktif dialihfungsikan menjadi kawasan industri. Hal ini sesuai dengan Kepres No.53 Tahun 1989 Pasal 7 disebutkan bahwa pembangunan Kawasan Industri tidak mengurangi areal tanah pertanian dan tidak dilakukan di atas tanah yang mempunyai fungsi untuk melindungi sumber daya alam dan warisan budaya.

#### 2.5.4. Kriteria Umum Rehabilitasi Pantai (Kawasan Lindung)

Menurut Keputusan Presiden Nomor 32 tahun 1990 tentang kawasan lindung, terdapat 4 (empat) kategori kawasan lindung, yaitu:

- 1) Kawasan yang memberikan perlindungan bagi kawasan bawahnya, terdiri atas:
  - Kawasan Hutan Lindung.
  - Kawasan Hutan yang terletak di pesisir dan telah ditetapkan sebagai Hutan Lindung (Perda RTRW), terutama ekosistem mangrove yang mempunyai manfaat penting sebagai *spawning ground*, *nursery ground*, dan *feeding ground*.
  - Kawasan bergambut yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut yang berfungsi mengendalikan faktor hidrologi wilayah dan melindungi ekosistem yang khas.
  - Kawasan resapan air atau sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS).
- 2) Kawasan perlindungan setempat
  - Kawasan sempadan pantai yang lebarnya proporsional dengan bentuk dan kondisi pantai, minimal 130 meter dari garis pantai pada saat pasang tertinggi ke arah darat.
  - Kawasan sekitar mata air atau Daerah Aliran Sungai pada daerah pesisir, kawasan mata air yang perlu dilindungi terutama yang terdapat di pulau-pulau kecil.
  - Kawasan sempadan sungai, dimana sempadan sungai yang dilindungi meliputi bantaran sungai dari badan air ke arah darat sampai 100 meter (minimal).
- 3) Kawasan Suaka Alam dan Cagar Budaya

Kawasan perlindungan terhadap kawasan suaka alam dilakukan untuk melindungi keanekaragaman biota, ekosistem tertentu, gejala dan keunikan alam bagi kepentingan plasma nutfah, ilmu pengetahuan dan pembangunan pada umumnya. Kawasan cagar

alam, suaka margasatwa, kawasan taman nasional dan kawasan taman wisata alam yang dapat ditemukan di wilayah daratan dan perairan pesisir.

#### 4) Kawasan Rawan Bencana Alam

Perlindungan terhadap kawasan rawan bencana alam dilakukan untuk melindungi manusia dan kegiatannya dari bencana yang disebabkan oleh faktor alam dan faktor manusia.

Fauzi *et al.* (2009) menggunakan empat kriteria yang meliputi tanah, vegetasi, penggunaan lahan, dan pertimbangan RTRW yang digunakan untuk melakukan evaluasi kesesuaian lahan kawasan hutan lindung, dan diberi bobot yang berbeda mulai dari 6 sampai 10. Klasifikasi yang dibuat Fauzi meliputi tiga kelas yaitu S (Sesuai), CS (Cukup Sesuai, dan TS (Tidak Sesuai).

### **2.6. Pengelolaan dan Pemanfaatan Lahan Wilayah Pesisir**

UU RI no 27 tahun 2007 Bab I Pasal 1 menjelaskan bahwa Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil adalah suatu proses perencanaan, pemanfaatan, pengawasan, dan pengendalian Sumberdaya Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil antar sektor, antara Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah, antara ekosistem darat dan laut, serta antara ilmu pengetahuan dan manajemen untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Dahuri *et al.* (2002) menyebutkan, pengelolaan wilayah pesisir secara terpadu adalah suatu pendekatan pengelolaan wilayah pesisir yang melibatkan dua atau lebih ekosistem, sumberdaya dan kegiatan pemanfaatan pembangunan secara terpadu (*integrated*) guna mencapai pembangunan wilayah pesisir secara berkelanjutan.

Di wilayah pantai, seperti diketahui terdapat berbagai ekosistem yang mempunyai karakteristik sendiri – sendiri yang berbeda satu sama lain, yaitu ekosistem terumbu karang, hutan *mangrove*, padang lamun, estuaria dan sebagainya. Ekosistem yang terdapat di wilayah pantai merupakan habitat yang baik untuk berbagai biota, baik sebagai tempat pemijahan (*spawning ground*), pengasuhan (*nursery ground*) dan sebagai tempat mencari makan atau pembesaran (*feeding ground*) (Supriharyono, 2007). Beberapa ekosistem buatan yang terdapat di sana yaitu tambak, pelabuhan dan lainnya. Dalam berbagai ekosistem tersebut terkandung potensi sumberdaya alam yang memerlukan pengelolaan dalam pemanfaatannya. Pengelolaan dimaksudkan agar sumberdaya yang ada dapat terus dimanfaatkan secara berkelanjutan dengan cara mempertahankan eksistensi sumberdaya yang ada.

Dahuri *et al.* (2002) menyatakan bahwa agar dapat menempatkan berbagai kegiatan pembangunan di lokasi yang secara ekologis sesuai, maka kelayakan biofisik (*biophysical suitability*) dari wilayah pesisir harus diidentifikasi lebih dahulu. Pendugaan kelayakan biofisik ini dilakukan dengan cara mendefinisikan persyaratan biofisik setiap kegiatan pembangunan, kemudian dipetakan (dibandingkan) dengan karakteristik biofisik wilayah pesisir itu sendiri. Dengan cara ini dapatlah ditentukan kesesuaian pemanfaatan lahan setiap lokasi wilayah pesisir. Pemanfaatan lahan di lokasi yang sesuai, tidak saja menghindarkan kerusakan lingkungan tetapi juga menjamin keberhasilan (*viability*) ekonomi kegiatan tersebut. Pada gilirannya nanti akan menambah kesejahteraan penduduk setempat.

Pada umumnya sifat pesisir, khususnya pesisir delta sangat dinamis. Oleh karena itu dalam pengelolaan dan pemanfaatan lahan pesisir delta, di samping memperhatikan

kesesuaian lahannya, diharapkan juga saling mendukung (*compatible*) serta memisahkan dari kegiatan yang bersifat bertentangan (*incompatible*). Untuk itulah perlu perencanaan pengelolaan dan pemanfaatan lahan pesisir yang memperhatikan potensi sumberdaya dan permasalahan yang terjadi di wilayah tersebut.

Di dalam UU Nomor 27 tahun 2007 disebutkan bahwa ada hirarki dalam kegiatan perencanaan pengelolaan wilayah pesisir. Hirarki pertama adalah **Rencana Strategis** pengelolaan wilayah pesisir yang berperan dalam menentukan visi/wawasan dan misi pengelolaan, hirarki kedua adalah **Rencana Zonasi** yang berperan dalam pengalokasian ruang, memilah kegiatan yang sinergis dengan tidak dan pengendalian pemanfaatan ruang laut. Hirarki ketiga adalah **Rencana Pengelolaan** yang berperan untuk menuntun pengelolaan atau pemanfaatan sumberdaya di wilayah prioritas sesuai karakteristiknya, dan hirarki keempat **Rencana Aksi** yang berperan menuntun penetapan dan pelaksanaan kegiatan proyek sebagai upaya mewujudkan rencana pengelolaan dan mencapai tujuan dan sasaran. Berdasarkan hirarki tersebut maka dalam penelitian ini akan menitikberatkan kepada pembuatan rencana zonasi.

## **2.7. Rencana Zonasi Pesisir Delta**

Suatu zona adalah suatu kawasan yang memiliki kesamaan karakteristik fisik, biologi, ekologi, dan ekonomi yang ditentukan berdasarkan kriteria tertentu untuk mengelompokkan kegiatan yang bersifat sinergis dan memilahnya dari kegiatan yang bertentangan. Menurut UU Nomor 27 Tahun 2007, zonasi adalah suatu bentuk rekayasa teknik pemanfaatan ruang melalui penerapan batas-batas fungsional sesuai dengan potensi sumberdaya dan daya dukung serta proses-proses ekologis yang berlangsung sebagai satu kesatuan dalam ekosistem pesisir. Rencana Zonasi adalah rencana yang

menentukan arah penggunaan sumberdaya tiap-tiap satuan perencanaan disertai dengan penetapan struktur dan pola ruang pada kawasan perencanaan yang memuat kegiatan yang boleh dilakukan dan tidak boleh dilakukan serta kegiatan yang hanya dapat dilakukan setelah memperoleh ijin. Kawasan Rencana Zonasi mencakup semua wilayah kecamatan di pesisir dan saluran air yang ditemukan di wilayah ini. Secara spesifik, batas wilayah daratan untuk tujuan rencana zonasi ditetapkan sama dengan batas administrasi kecamatan, dan batas ke arah laut dari pasang tertinggi sampai 4 mil laut pada tingkat pemerintahan kabupaten dan sampai 12 mil laut untuk tingkat propinsi (Tim Penyusun Pedoman Direktorat Pesisir dan Lautan Ditjen KP3K DKP, 2007).

Tujuan zonasi adalah membagi wilayah pesisir ke dalam zona-zona yang sesuai dengan peruntukan dan kegiatan yang bersifat saling mendukung (*compatible*) serta memisahkannya dari kegiatan yang bersifat bertentangan (*incompatible*). Diagram berikut menggambarkan contoh kegiatan yang saling mendukung dan saling bertentangan antar pemanfaatan lahan dalam suatu zona.

Konservasi						Keterangan : ■ Mendukung X Konflik ● Normal
Wisata	■					
Pelabuhan	X	■				
Budidaya Perikanan	X	●	X			
Industri	X	X	■	X		
	Konservasi	Wisata	Pelabuhan	Budidaya Perikanan	Industri	

Gambar 10 . Diagram Keserasian Kegiatan Pemanfaatan Lahan Pesisir  
(Sumber: Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Tengah, 2007)

Dalam undang-undang perencanaan tata ruang (Undang Undang No. 24 tahun 1992) menetapkan tiga kelas zona yang dinamakan zona pengembangan, zona proteksi, dan zona pemanfaatan khusus. Zona pengembangan atau disebut juga sebagai zona banyak ragam pemanfaatan (*multiple use zone*) didefinisikan sebagai wilayah dimana aktivitas khusus yang dilakukan manusia ditekankan pada yang berhubungan dengan pemanfaatan sumberdaya (lahan). Karena itu, pemanfaatannya tidak terbatas pada satu aktivitas saja. Zona proteksi (zona konservasi) didefinisikan sebagai wilayah yang memiliki atribut ekologi yang khusus atau luar biasa, memiliki biodiversitas yang tinggi, dan biasanya memiliki spesies-spesies endemik, langka maupun terancam punah. Zona pemanfaatan khusus merupakan zona yang diperuntukan bagi tujuan primer tertentu, misalnya untuk pangkalan militer, pelabuhan, dan terminal kargo (Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Tengah, 2007). Ketiga zona ini akan diidentifikasi di daerah penelitian dengan pendekatan pola perubahan garis pantai yang ada di daerah tersebut.

## **2.8. Penggunaan Penginderaan Jauh dalam Kajian Perkembangan Delta**

Saat ini teknik penginderaan jauh sistem satelit sudah banyak digunakan untuk berbagai penelitian di bidang kelautan. Beberapa keunggulannya diantaranya adalah (1) resolusi temporalnya sangat baik misalnya satelit Landsat mempunyai resolusi temporal 16 hari artinya satelit tersebut akan memotret daerah yang sama dalam jangka waktu tersebut, (2) resolusi spektralnya sangat baik, (3) dalam format digital, (4) citra yang dihasilkan mempunyai proyeksi hampir orthogonal, dan (5) relatif mudah perolehan datanya. Menurut Zuidam *et al.* (1998) penginderaan jauh juga dapat digunakan untuk deteksi, pemetaan dan pengukuran polusi, transpor sedimen, dan perubahan garis pantai. Namun kekurangannya adalah harganya masih mahal, dan kualitas citranya sangat

tergantung pada cuaca. Dengan adanya beberapa kelebihan tersebut maka, pemanfaatan citra satelit sumberdaya untuk monitoring suatu wilayah, termasuk survey kepadatan vegetasi, perubahan garis pantai delta, menjadi harapan untuk dapat dilaksanakan.

Citra satelit Landsat adalah salah satu citra satelit sumberdaya alam yang mempunyai resolusi spasial 30 m x 30 meter (kecuali saluran inframerah thermal), dan merekam dalam 7 saluran spektral. Masing-masing saluran citra satelit Landsat peka terhadap respons atau tanggapan spektral obyek pada julat panjang gelombang tertentu, dan hal ini yang menyebabkan nilai piksel pada berbagai saluran spektral sebagai cerminan nilai tanggapan spektral pun bervariasi. Adanya variasi tanggapan spektral pada setiap saluran merupakan salah satu kelebihan dari citra satelit Landsat, sebab dengan memadukan berbagai saluran tersebut dapat diperoleh citra baru dengan informasi baru pula. Berdasarkan citra satelit Landsat saluran hijau dan inframerah tengah (TM2 dan TM5), dapat diturunkan informasi kerapatan vegetasi (Suharyadi, 2004)

Citra penginderaan jauh menggambarkan keadaan muka bumi seperti kenampakan aslinya, dengan menggunakan alat yang disebut sensor untuk merekam energi pantulan ataupun gelombang pancaran obyek di permukaan bumi dengan berbagai spektrum panjang gelombang. Setiap obyek di muka bumi mempunyai karakteristik tersendiri dalam menyerap, memantulkan, dan meneruskan obyek tenaga yang diterima. Oleh karena itu citra penginderaan jauh di samping merupakan sarana yang paling efektif dan efisien untuk memperoleh informasi tentang penutup lahan, juga sangat baik untuk mengidentifikasi perubahan garis pantai, dan juga arah gerakan arus (Trisakti, 2003).

Salah satu keunggulan penggunaan citra inderaja dalam penelitian ini adalah diperolehnya informasi obyek secara multi temporal, sehingga dapat dikaji dan dianalisis

perkembangannya. Gambaran obyek pada citra inderaja juga menolong kita untuk berfikir secara spasial sehingga membantu di dalam analisis keterkaitan antar ruang yang dalam hal ini adalah keterkaitan antara hulu DAS dan proses pantai dengan wilayah delta. Untuk itu penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh.

## **2.9. Kajian Penelitian yang Terkait**

Penelitian yang berkaitan dengan perubahan garis pantai, termasuk perkembangan Delta, sudah banyak dilakukan. Namun demikian kajian penelitian lebih banyak terfokus pada perubahan garis pantainya saja, tanpa mengkaitkan dengan kondisi perubahan pemanfaatan lahan di daerah hulu dan perubahan hidrodinamika wilayah perairan setempat. Penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini diantaranya adalah,

**Penelitian yang dilakukan oleh Sidarto (1997)** bertujuan untuk mengetahui perkembangan Pantai Tangerang Jawa Barat. Pada penelitian ini foto udara yang digunakan adalah hasil pemotretan tahun 1991, penafsirannya dilakukan dengan bantuan alat stereoskop cermin sehingga dapat melihat obyek secara tiga dimensi. Hasil penafsirannya dipindahkan pada peta topografi skala 1:50.000 dan dilakukan kerja lapangan. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa perkembangan Pantai Tangerang sangat dipengaruhi oleh aktivitas Sungai Cisadane. Pada Pliosen Akhir, Kota Tangerang diduga merupakan pantai yang memanjang ke arah timur sampai Jakarta dan ke arah barat laut sampai Mauk. Setelah plio-plistosen di muara Sungai Cisadane terendapkan Delta Tangerang, sementara itu di bagian timur terendapkan pematang pasir pantai. Pada Plistosen Tengah, di muara Sungai Cisadane terendapkan Delta Kohod yang diikuti oleh terendapnya pematang pasir pantai disepanjang pantai dengan arah timur-barat. Lewat

Plistosen Akhir di muara Sungai Cisadane terendapkan Delta Tegalamos. Endapan pantai Resen tersusun dari endapan pantai sekarang dan endapan Delta Tanjungburung.

**Penelitian yang dilakukan oleh Saptorini *et al.* (2001)**, bertujuan untuk memantau perubahan garis pantai Teluk Banten dan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui perubahan garis pantai digunakanlah pendekatan teknik penginderaan jauh dengan membandingkan hasil interpretasi citra pemotretan tahun 1990, 1994 dan 1999, sedangkan untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi perubahan garis pantai dilakukan pengamatan lapangan. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan teknik penginderaan jauh dengan membandingkan pemotretan tahun 1990, 1994 dan 1999 dapat dideteksi secara jelas perubahan garis Pantai Banten. Faktor yang berpengaruh terhadap perubahan garis pantai tersebut adalah adanya aktivitas manusia berupa reklamasi pantai.

**Penelitian yang dilakukan Ambarwulan *et al.* (2003)**, salah satu tujuannya adalah untuk mengetahui perubahan fisik dari Delta Mahakam. Penelitian ini baru mengkaji dari aspek fisiknya dan belum mengkaji keterkaitannya dengan perubahan pemanfaatan lahan di atasnya serta faktor sosial ekonomi lainnya. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat dilihat proses-proses morfodinamika dari Delta Mahakam yang dilihat melalui perubahan garis pantainya, untuk kemudian dapat diperdalam pada penelitian lanjutan pada tahun akan datang. Metode yang digunakan untuk analisis pertumbuhan delta adalah menggunakan analisis *change detection* yang menggunakan citra inderaja multi sensor dan multi waktu yang terkoreksi, yaitu tahun 1994, 1998, dan tahun 2003. Analisis perubahan garis pantai pada periode 1994-1998-2003 dilakukan dengan menggunakan *Map Calculation*, yaitu dengan menjumlah peta Daratan94, Daratan98 dan

Daratan2003. Kesimpulan yang diperoleh adalah bahwa metode *change detection* dapat menganalisis perubahan liputan lahan pada delta plain, dimana perubahan vegetasi mangrove menjadi tambak sangat jelas terdeteksi pada penelitian ini, sedangkan perubahan garis pantai sangat sulit didapat.

**Penelitian yang dilakukan Khakim et al. (2005)**, bertujuan untuk menentukan batas sel sedimen di wilayah pesisir utara Propinsi Jawa Tengah sebagai dasar penataan ruang pesisir di wilayah tersebut. Metode penelitian yang digunakan untuk menentukan sel sedimen adalah dengan interpretasi citra penginderaan jauh dan survei lapangan. Melalui kenampakan pada jenis citra penginderaan jauh tertentu, pengenalan kondisi fisik pantai yang didasarkan pada keseragaman dapat dengan mudah diidentifikasi, demikian pula lokasi penyebaran materi tersuspensi dan pengendapan dapat diidentifikasi, sehingga batas keseragaman pantai dapat ditentukan. Sel sedimen adalah satuan panjang pantai yang mempunyai keragaman 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 pemanfaatan lahan pesisir. Hasil penelitian menunjukkan pantai utara Jawa Tengah terdapat enam (6) sel sedimen yaitu: 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, sel sedimen 6 dimulai dari muara Sungai Kalioso Rembang sampai pesisir Kabupaten Rembang.

**Penelitian yang dilakukan Sutrisno *et al.* (2005)**, dengan tujuan utama adalah mengembangkan model prediksi berbasis spasial, sebagai alat untuk memperkirakan dampak dari naiknya muka laut dan sedimentasi terhadap kawasan delta, serta opsi kebijakan apa yang dapat dipilih untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan yang terkena dampak fenomena ini. Pembuatan model spasial penelitian dilakukan dengan metode: 1) menggabungkan komponen sedimentasi ke dalam satu persamaan, 2) di dalam modifikasi model ini komponen sedimentasi merupakan faktor pengurangnya, sehingga dampak positif maupun negatif dari kombinasi naiknya muka laut dan sedimentasi terhadap wilayah pesisirnya dapat terlihat lebih jelas, 3) model dikembangkan secara dinamis dan memperhitungkan komponen ketidak pastian dari unsur-unsur muka laut (*MSL*) dan sedimentasi, selama > 10 tahun pengamatan, 4) naiknya muka laut dihitung dengan menggunakan data pasang surut stasiun lokal, 5) model yang merupakan dampak fisik ini dihubungkan dengan model ekonomi yang juga bersifat dinamis dengan konsepsi yang berbeda, yaitu menggunakan nilai pasar (*market value*) produksi tambak udang dan perikanan tangkap pada kawasan mangrove sebagai komponen utama analisis ekonomi. Metode evaluasi ekonomi total hutan mangrove (*total economic valuation method/ TEV*) juga diterapkan dalam analisis ekonomi sebagai input dalam penetapan kebijakan untuk menata pemanfaatan lahan yang lebih lestari.

Hasil simulasi dengan menggunakan model ini memperlihatkan bahwa dengan laju kenaikan muka laut (*AZ*) sebesar 0,15-0,75 cm/tahun (normal = 0,475 cm/ tahun) dan laju akumulasi sedimen (*AS*) sebesar 0,15-1,22 cm/tahun (normal = 0,196 cm/ tahun)

diperoleh dari analisa MSL selama >10 tahun dan perhitungan data lapangan, diperkirakan sampai tahun 2014 akan terjadi pemunduran garis pantai sebesar  $\pm 1,83-1,57$  m atau terjadi pengurangan garis pantai rata-rata 0,18-4,16 m per tahun. Pemunduran garis pantai ini dapat terjadi pada semua sisi pulau, terutama pada kawasan pesisir yang mempunyai ketinggian <1 m dpl. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa pemunduran garis pantai pada pesisir yang menghadap ke laut lebih besar dibandingkan dengan wilayah pesisir lain yang menghadap ke sungai. Keadaan ini disebabkan pesisir ini mempunyai wilayah landai dengan ketinggian 0-1 m dpl yang lebih luas jika dibandingkan dengan yang menghadap ke sungai.

**Penelitian yang dilakukan oleh Subagio (2007)** bertujuan untuk mengetahui perubahan garis pantai pada wilayah Delta Rungkut dan Delta Porong dalam dimensi geometris selama periode 1945-2006. Dalam penelitian ini citra penginderaan jauh yang digunakan adalah citra Landsat tahun 1985, 1989, 1994, 2000, 2003, dan citra Aster 2006. Sedangkan sumber data delta tahun 1945 diperoleh dari peta topografi buatan US Army. Untuk mengetahui perkembangan garis pantai digunakan teknik overlay dengan menumpangsusunkan garis pantai tahun 1945 dengan 1985, tahun 1945 dengan 1994, tahun 1954 dengan 2000, tahun 1945 dengan 2003, tahun 1945 dengan 2006. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perubahan garis pantai paling besar terjadi di Delta Porong dengan nilai laju perubahan sebesar 57 m/tahun. Sementara pada Delta Rungkut laju penambahan garis pantai mencapai 42,7 m/tahun.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu tersebut di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan citra penginderaan jauh sangat membantu dalam penelitian perubahan garis pantai. Teknik pengolahan citra yang digunakan juga menunjukkan kecenderungan

yang semakin baik. Karena itu dalam penelitian ini penulis juga menggunakan teknik penginderaan jauh sebagai salah satu sumber perolehan data. Walaupun menggunakan teknik penginderaan jauh namun metode pengolahan data citra penginderaan jauh mempunyai perbedaan dengan penelitian sebelumnya, yaitu berkaitan dengan penyajian overlay data citra yang dapat dilakukan secara bersamaan dalam 5 waktu pemotretan yang berbeda. Lima waktu yang berbeda adalah tahun 1910 menggunakan peta topografi, sedangkan tahun 1972, 1992, 2002, dan 2009 menggunakan citra Landsat dari berbagai generasi. Dengan total rentang waktu mencapai 100 tahun, penelitian ini dapat memberikan gambaran pola perubahan pantai delta secara komperhensif.

Tabel 1. Perbandingan Beberapa Penelitian yang Pernah Dilakukan

Keterangan	Peneliti					
	Sidarto	Saptarini <i>et al.</i>	Ambarwulan <i>et al.</i>	Khakim <i>et al.</i>	Sutrisno <i>et al.</i>	Subagio
Tahun	1997	2001	2003	2005	2005	2007
Obyek Kajian	Pantai Delta Tangerang Jawa Barat	Teluk Banten	Delta Mahakam Kalimantan Timur	Pantai Utara Jawa Tengah	Delta Mahakam Kalimantan Timur	Pantai Delta Porong dan Rungkut Jawa Timur
Tujuan	Mengetahui penyebab perkembangan Delta Tangerang	Mengetahui perubahan garis pantai Teluk Banten	Mengetahui perubahan fisik dari Delta Mahakam dengan menggunakan citra penginderaan jauh	Menentukan batas sel sedimen di wilayah pesisir utara Provinsi Jawa Tengah	Mengembangkan model prediksi berbasis spasial, sebagai alat untuk memperkirakan dampak dari naiknya muka laut dan sedimentasi terhadap kawasan delta,	Mengetahui perubahan garis pantai delta porong dan rungkut
Metode	Pengukuran lapangan dan teknik interpretasi Foto Udara tahun 1991	Red Green Change Detection menggunakan citra satelit multi year (1990, 1994, 1999)	Red Green Change Detection menggunakan citra satelit multi year (1994, 1998, 2004)	Interpretasi citra Landsat ETM tahun 2002 dan pengamatan lapangan.	Metode yang digunakan: 1) menggabungkan komponen sedimentasi ke dalam satu persamaan, 2) model dinamis, dari unsur-unsur muka laut ( <i>MSL</i> ) dan sedimentasi 3) Metode <i>TEV (total economic valuation method)</i> .	Teknik penginderaan jauh dan pengukuran lapangan
Hasil	Dapat diketahui perkembangan Delta Tangerang dipengaruhi aktivitas sungai Cisadane	Perubahan Garis pantai di Teluk Banten terjadi dalam bentuk abrasi dan akresi. Reklamasi pantai ditengarai sebagai penyebab akresi	Dapat diketahui perubahan liputan lahan pada <i>delta plain</i> , dimana perubahan vegetasi mangrove menjadi tambak sangat jelas terdeteksi pada penelitian ini. Tapi perubahan garis pantai sangat sulit didapat.	Pembagian pantai utara jawa tengah kedalam enam sel sedimen	Dapat diketahui model dinamis perubahan muka air laut terhadap delta	Dapat diketahui perubahan garis pantai delta porong rata-rata 57 m/th dan delta rungkut 42,7 m/th

## 2.10. Kerangka Konsep

Perkembangan wilayah delta di samping berkaitan dengan pengelolaan DAS hulu, juga dipengaruhi oleh proses hidrodinamika yang meliputi Gelombang (*wave*), Pasang Surut (*tidal*), dan Arus Sepanjang Pesisir (*longshore current*). Ketiga proses tersebut akan mengangkut dan mendistribusikan material sedimen ke sebelah kanan ataupun kiri muara sungai (Pethick, 1983; Masselink dan Russel, 2007). Jadi secara teoritis bentuk perkembangan pesisir delta di samping dipengaruhi oleh besaran asupan material sedimen juga dipengaruhi oleh besaran tenaga hidrodinamika yang bekerja di sepanjang pesisir.

Secara garis besar ada dua sedimen yang ditransportasikan yaitu *Cohesive* dan *Non Cohesive* (Pratikto *et al.*, 1997). Transpor sedimen kohesif sering diistilahkan menjadi *Suspended Load Transport* karena kebanyakan sifatnya yang melayang di air, sedangkan transpor sedimen non kohesif disebut *Bed Load Transport*. Dalam kenyataan di lapangan, material yang termasuk *Suspended Load Transport* adalah material lumpur (mud/siltation), sedangkan *Bed Load Transport* adalah material littoral.

Gerakan air yang mempengaruhi hanyutan sedimen bukan saja berupa gelombang (*wave*), tetapi juga arus sepanjang pesisir (*longshore current*) atau gabungan dari keduanya. Arus sepanjang pesisir (*longshore current*) itu sendiri terjadi karena gelombang yang menuju pesisir berlangsung tidak sejajar dengan garis pesisir, sehingga resultan tenaga gelombang menghasilkan arus sepanjang pesisir. Tenaga arus sepanjang pesisir sangat tergantung dari gelombang, sedangkan gelombang sendiri dipengaruhi oleh angin, kedalaman dan pasang surut (Bird, 2006).

Menurut Wright (1978), arus sungai yang memasuki air laut akan mengalami perlambatan. Akibatnya kemampuan mengangkut material berkurang sehingga material tersebut mengendap. Dalam proses pengendapan terjadi pemilahan, yaitu material sedimen berbutir kasar akan diendapkan terlebih dahulu dekat dengan sungai, sedangkan material yang lebih halus akan diendapkan jauh dari muara sungai. Secara teoritis urutan pemilihan pada muara sungai menuju ke arah laut adalah: pasir, lanau atau debu, dan lempung. Bird (2006) mengatakan bahwa sedimen yang mengendap di delta mempunyai struktur baji yang berasal dari sungai dan berselingan dengan sedimen laut yang pada umumnya berasal dari daratan, tetapi diendapkan.

Proses perubahan spasial delta yang berlangsung secara dinamik akan berakibat terjadinya perubahan-perubahan garis pesisir. Perubahan garis pesisir yang ditimbulkan bisa terjadi karena adanya proses abrasi, akresi, dan pendangkalan. Berbagai proses geomorfologis yang terjadi di wilayah pesisir akan berpengaruh terhadap bangunan-bangunan pesisir seperti pelabuhan, industri, obyek wisata, maupun pertambakan yang ada di sepanjang wilayah pesisir delta. Pesisir Kabupaten Kendal merupakan pesisir yang berbentuk delta yang berasal dari hasil endapan Sungai Bodri, Sungai Damar, Sungai Blorong, dan sungai-sungai kecil lainnya. Perencanaan wilayah pesisir yang berbentuk delta seharusnya berbeda dengan wilayah pesisir yang berbentuk lurus. Hal ini karena perubahan pesisir (*coastal change*) pada bentuk pantai yang berdelta lebih dinamis dari pada bentuk pantai yang lurus. Dengan mempelajari kecenderungan arah perubahan spasial delta dapat menjadi dasar dalam evaluasi pemanfaatan lahan yang ada di wilayah pesisir delta.