

PENDEKATAN SECARA EMPIRIK TERHADAP GEJALA PERUBAHAN GARIS PANTAI DAERAH INDRAMAYU DAN SEKITARNYA

Oleh:

Delyuzar Ilahude dan Ediar Usman

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjuran No. 236 Bandung-40174

Diterima : 19-01-2009; Disetujui : 16-07-2009

SARI

Lokasi daerah studi Indramayu secara geografis terletak di pesisir utara Pulau Jawa dan termasuk pantai terbuka terhadap pengaruh energi gelombang dari arah barat laut, utara dan timur laut.

Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis perubahan garis pantai dari analisis parameter oseanografi yang dibangkitkan oleh komponen angin permukaan. Pendekatan secara empirik terhadap perubahan garis pantai dari parameter oseanografi, menunjukkan telah terjadi proses erosi dan sedimentasi di pantai Indramayu dan sekitarnya. Daerah abrasi meliputi kawasan bagian tenggara dan barat laut pantai Indramayu. Pergerakan arus sepanjang pantainya disertai oleh pengendapan sedimen (Q) berarah barat laut. Nilai Q pada zona Z-3 lebih besar dari pada di zona Z-1 dan Z-2 dengan jumlah nisbi pasokan sedimen cenderung bergerak ke arah barat laut.

Daerah pesisir kawasan Delta Cimanuk diperkirakan akan menjadi zona akumulasi sedimen sepanjang tahun. Sementara proses erosi di bagian tenggara Indramayu tetap berkembang dan berlangsung secara musiman.

Kata kunci : Erosi , Indramayu, pasokan sedimen

ABSTRACT

The study area Indramayu, is geographically located at the northern coast of Jawa, which is an open beach that influenced by wave action from the northwest, north and northeast directions.

The purpose of this study is to analyze the shift of the shore line based on oceanographic parametric analysis made by surface wind component. An empiric approach to the coastal line change conduct oceanographic parameters shows that erosion and sedimentation have occurred along the coastal area of Indramayu and its surrounding. The eroded area encompasses the northeastern and northwestern coasts of Indramayu. Its longshore current is followed by sediment (Q) supplies that tend to be deposited in the northwest area. The value of Q in the Z-3 zone is larger than Z-1 and Z-2 zones, as relative amount of sediment supplies tend to move northwest.

The coastal area of Delta Cimanuk is estimated to be zone of sediment accumulation along the year, while the erosion process in southeast part of Indramayu spreads and occurs seasonally.

Keywords : Erosion, Indramayu, sediment supply

PENDAHULUAN

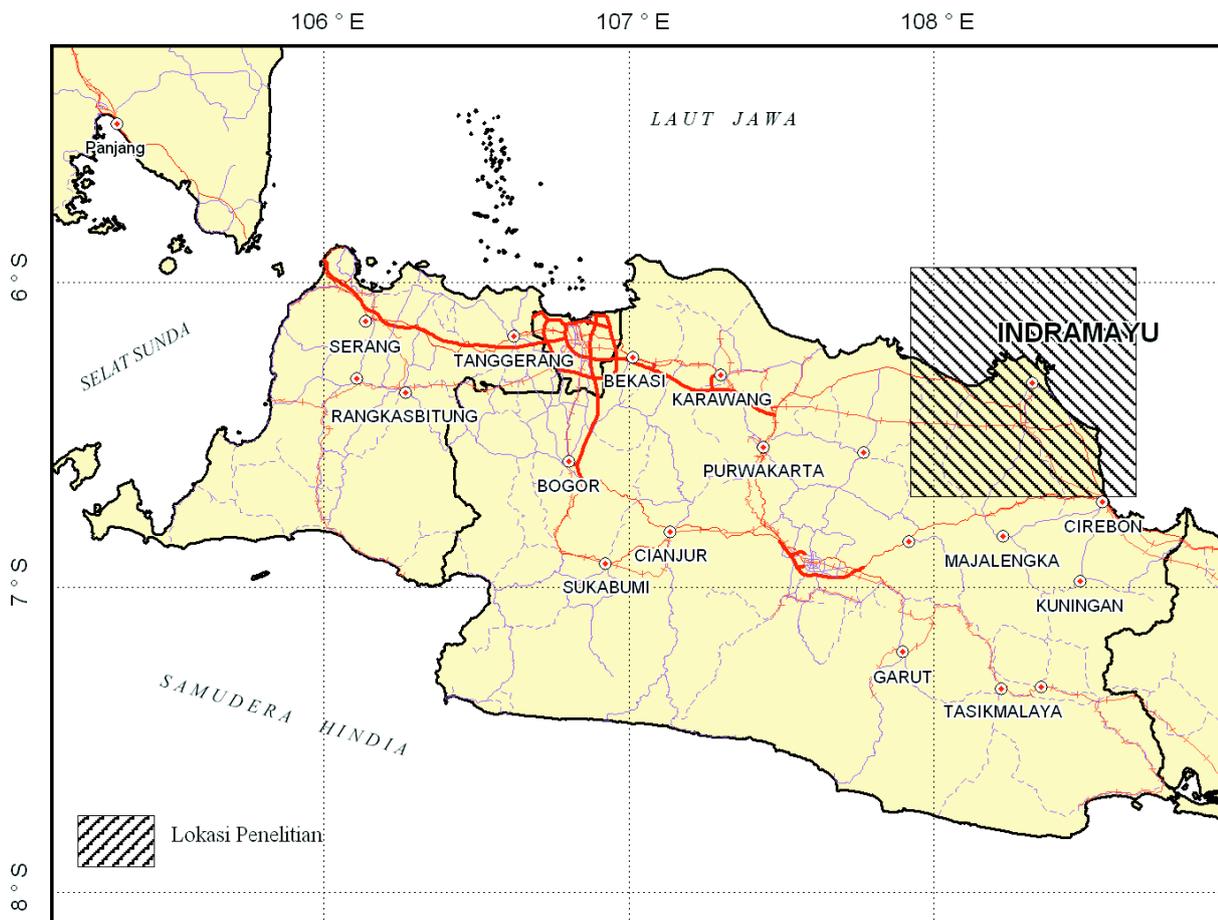
Latar Belakang

Daerah telitian secara geografis terletak di pantai utara Indramayu pada koordinat $107^{\circ}10'00''$ - $108^{\circ}35'00''$ BT dan $05^{\circ}30'00''$ - $05^{\circ}55'00''$ LS. Lokasi ini tidak jauh dengan jalur lalu-lintas Jakarta-Indramayu, Pantura (Gambar 1).

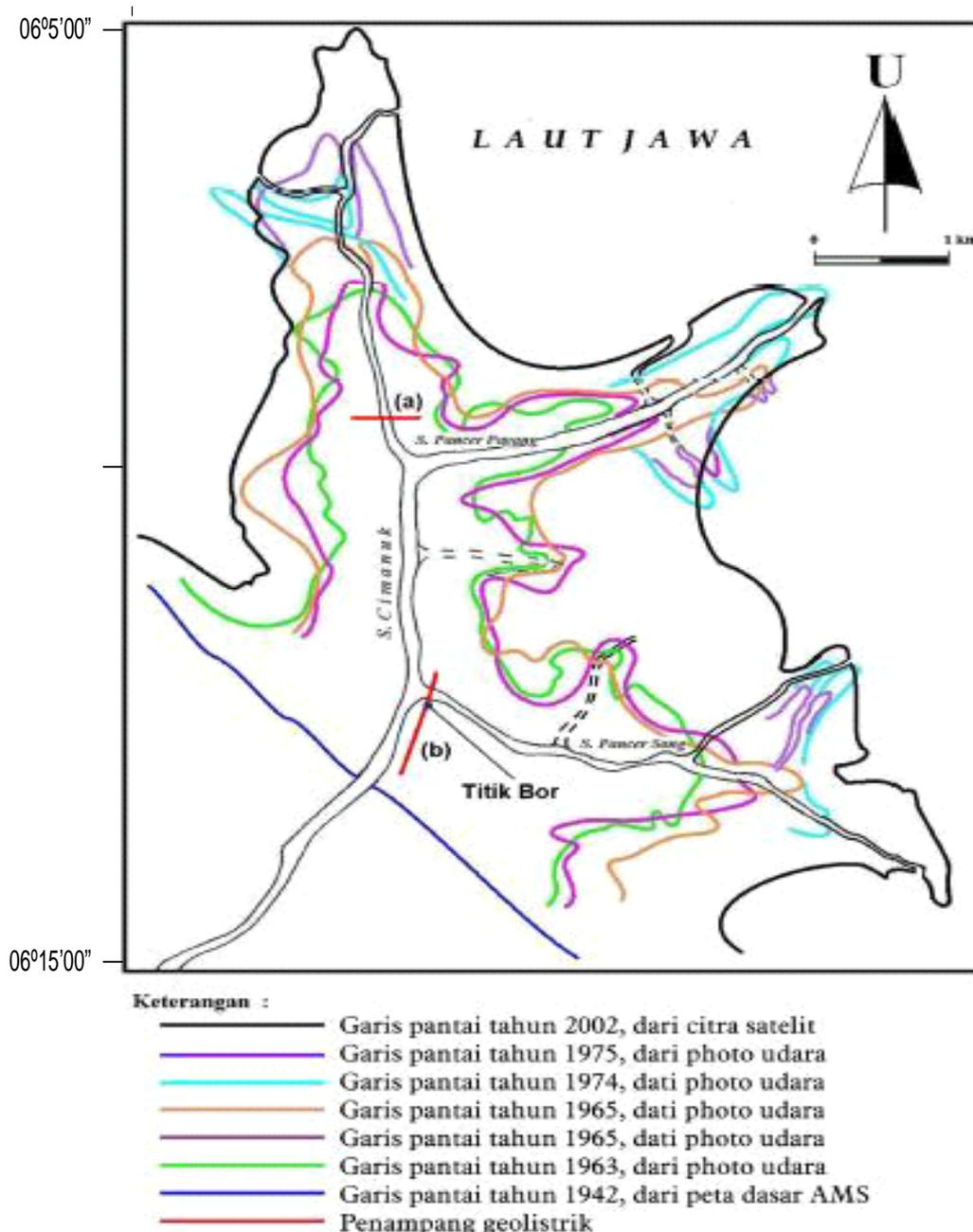
Daerah pesisir Indramayu dan sekitarnya telah lama dikenal sebagai salah satu daerah yang berpotensi di sektor kelautan, khususnya di bidang perikanan dan usaha tambak udang. Peningkatan ekonomi khususnya di sektor perikanan dan tambak udang tersebut, terbentur secara tidak langsung pada masalah abrasi pantai yang diperkirakan telah berlangsung lama. Di lain pihak, di pesisir pantai di bagian lain dari zona abrasi tersebut terjadi sedimentasi yang cenderung menutupi muara-muara sungai yang berada di daerah penelitian. Kondisi ini akibat adanya pembabatan hutan *mangrove* untuk usaha

pertambakan ikan dan udang yang memicu terjadinya erosi dan sedimentasi di sepanjang pantai.

Di daerah delta baru Sungai Cimanuk telah dilakukan penelitian oleh Hehanussa dkk (1976 dan 1980) (Gambar 2) dan di daerah bagian Barat dan Timur dari Delta Cimanuk telah dilakukan oleh Kusnida dkk (1987). Dari hasil penelitian tersebut memperlihatkan di kawasan pantai Indramayu sebagian mengalami erosi yang ditandai dengan tebing pantai yang terjal dan sebagian mengalami sedimentasi (progradasi). Keseimbangan antara proses erosi dan sedimentasi di sepanjang pantai Barat Indramayu tersebut, merupakan efek dari arus dan gelombang pada Musim Barat yang mengakibatkan kawasan pantai mundur dan kawasan pantai maju. Data dari Dinas Kelautan dan Perikanan Indramayu (DKP, 2007) juga menunjukkan adanya perubahan garis pantai di bagian Timur dari Delta Cimanuk yang terjadi di sepanjang pantai kurang lebih 55,50 km, mulai



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian.



Gambar 2. Perubahan garis pantai Indramayu dan sekitarnya (Hehanusa dkk, 1976 dan 1980 dalam Astjario dan Astawa, 2002).

dari bagian timur Dadap hingga ke muara Cimanuk, berdasarkan data tahun 1992 hingga tahun 2002. Perubahan garis pantai di bagian timur Delta Cimanuk cukup intensif yang ditandai oleh bentuk pantai yang mengalami erosi di bagian tenggara dan daerah sedimentasi di pantai bagian utara dan barat laut Indramayu.

Abrasi pantai yang cukup parah terjadi di semua tempat di bagian Tenggara Indramayu, terutama di daerah pantai Dadap dan Tanjakan yang sudah mengancam perumahan penduduk setempat.

Di Delta Cimanuk perubahan garis pantai mengalami proses akresi atau garis pantai maju ke arah laut. Perubahan tersebut memperlihatkan dampak positif bagi peningkatan dan penambahan luas lahan. Di daerah ini tumbuh tumbuhan hutan bakau dan gosong pasir sebagai cikal-bakal pertumbuhan daratan. Pada umumnya pantai di Indramayu mengalami abrasi, seperti yang dijumpai mulai dari bagian tenggara Karangampel hingga ke daerah Jatinyuat, dengan panjang pantai kurang lebih 25 km. Abrasi pantai tersebut tergolong

kuat, mengingat dampak yang ditimbulkannya juga besar, seperti tenggelamnya bangunan rumah penduduk, hilangnya lahan tambak dan hancurnya sebagian besar hutan bakau.

Pantai abrasi lainnya adalah di daerah Krangkeng yang telah merusak lahan pertanian produktif dan hutan bakau. Abrasi di daerah ini juga menggerus batuan sedimen tua (Kuarter) di bagian bawah endapan pematang pantai.

Di daerah Krangkeng terlihat sisa-sisa tumbuhan bakau yang menunjukkan bahwa pantai abrasi tersebut telah merusak habitat hutan bakau dan bila tidak segera ditanggulangi, maka akan merusak lahan pertanian yang lebih luas.

Pemerintah Daerah setempat memilih daerah pesisir Indramayu untuk dikembangkan sebagai daerah peruntukan tambak, sawah serta daerah kawasan wisata pantai.

Untuk itu diperlukan penelitian, terutama kajian aspek hidro-oseanografi dan geologi untuk mengetahui penyebab terjadinya perubahan garis pantai akibat abrasi dan sedimentasi di kawasan tersebut.

Untuk mengkaji adanya abrasi yang terjadi di bagian barat laut dan tenggara Indramayu tersebut, dilakukan pengumpulan data parameter oseanografi dan data angin selama lima tahun yang diambil dari tiga Stasiun Meteorologi yaitu Cirebon, Semarang dan Jakarta. Data tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan kurva prediksi gelombang perairan dalam (*deep-water-wave forecasting*).

Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui efek dari energi gelombang baik melalui pengamatan secara visual maupun dengan pendekatan secara empirik dari data parameter oseanografi yang menjadi penyebab terjadinya erosi. Tujuannya adalah menganalisis parameter oseanografi yang memicu terjadinya erosi di pantai tersebut, serta mengetahui arah pergerakan pasokan sedimen (*sediment supply*) yang disebabkan oleh arus sejajar pantai baik dari darat maupun dari pesisir pantai yang berkaitan dengan indikasi adanya perubahan garis pantai.

Kondisi Geologi dan Bentang Alam

Berdasar data geologi daerah Indramayu dan sekitarnya menunjukkan bahwa sebagian

besar daerah penelitian merupakan dataran aluvium yang tersusun oleh endapan sungai dan pantai yang terdiri atas lempung, pasir, kerikil, lumpur dan material organik (cangkang moluska dan sisa tumbuhan) asal darat dan laut (Achdan dan Sudono, 1992) (Gambar 3). Endapan alluvial ini adalah hasil rombakan batuan, tidak kompak dan mudah tererosi. Di bagian muara Sungai Cimanuk terdapat endapan delta yang terdiri atas percampuran sedimen darat dan laut. Sebaran sedimen tersebut membentuk seperti kipas aluvial yang membentuk seperti kaki burung (*birdfoot delta*). Di tepi pantainya telah dikembangkan berbagai budi daya antara lain tambak udang, tambak garam dan pemukiman.

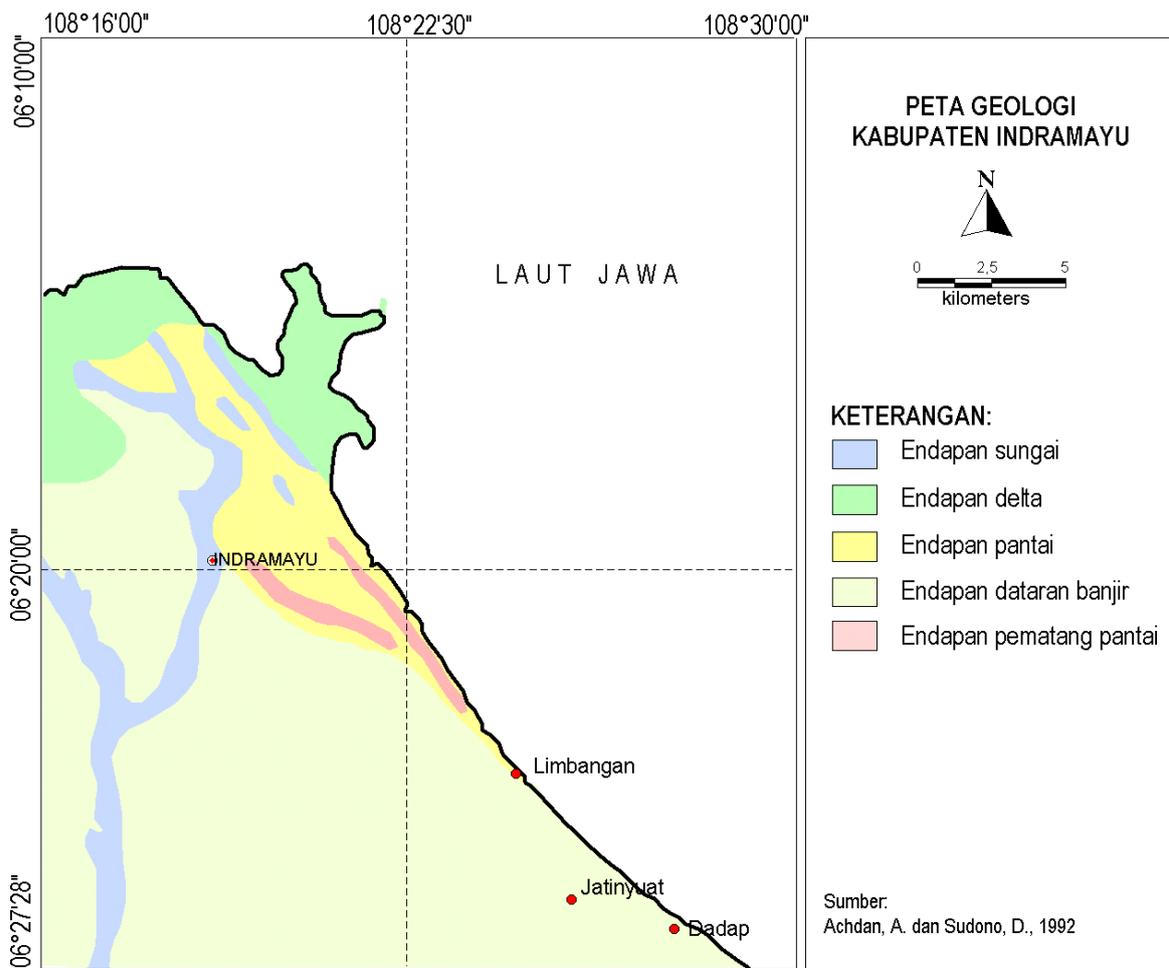
Karena Pantai Indramayu dan sekitarnya berhadapan langsung dengan Laut Jawa, maka pengaruh angin musim (*monsoon*) sepanjang tahun cukup berpengaruh terhadap perubahan garis pantai. Iklim pada Musim Barat dan Timur sangat mempengaruhi kestabilan garis pantai di daerah tersebut. Hal ini ditandai oleh proses abrasi gelombang dan sedimentasi yang terjadi di sejumlah tempat. Endapan sedimen di sekitar muara sungai yang terlihat pada saat surut, menjadi bukti adanya sedimen yang dipasok dari darat terutama terjadi pada periode musim hujan.

Proses erosi pantai diantaranya akibat abrasi gelombang pada dua musim, yaitu Musim Timur dan Musim Barat yang ditandai dengan erosi pantai di bagian Tenggara Indramayu. Proses erosi tersebut merupakan indikasi adanya aktifitas gelombang yang memicu arus sejajar pantai bergerak dengan memasok sedimen ke beberapa lokasi. Faktor inilah yang mengakibatkan perubahan terhadap garis pantai di beberapa pesisir pantai Indramayu dan sekitarnya.

Untuk memperlihatkan perkembangan proses abrasi di kawasan tersebut, maka akan dianalisis parameter oseanografi yang dominan berpengaruh terhadap pesisir pantai Indramayu dan sekitarnya.

METODE PENELITIAN

Untuk menganalisis tinggi dan periode gelombang di daerah penelitian digunakan kurva prediksi gelombang perairan dalam (*deep-water-wave forecasting curve*) (Bretschneider, 1954). Sementara untuk menghitung besaran energi fluks gelombang sepanjang pantai, digunakan



Gambar 3. Peta geologi daerah Indramayu (Modifikasi Achdan dan Sudono, 1992).

prediksi tinggi gelombang dengan mengacu dari data angin yang bersumber dari 3 (tiga) Stasiun Meteorologi yaitu Cirebon, Kemayoran Jakarta, dan Semarang yang dipublikasikan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika Jakarta dari tahun 1981-1985. Data ini dianalisis secara kualitatif untuk mendapatkan nilai frekuensi arah angin (n) pada masing-masing komponen arah angin (Tabel 1).

Untuk mengetahui kekuatan angin yang sesungguhnya terhadap garis pantai, maka di pantai Kabupaten Indramayu dilakukan pengukuran arah garis pantai pada 2 (dua) lokasi dan 1 (satu) lokasi di luar wilayah Kabupaten Indramayu sebagai pembandingan. Selanjutnya dari pengukuran arah garis pantai pada tiga titik tinjau tersebut diperoleh arah tegak lurus angin terhadap garis pantai (n).

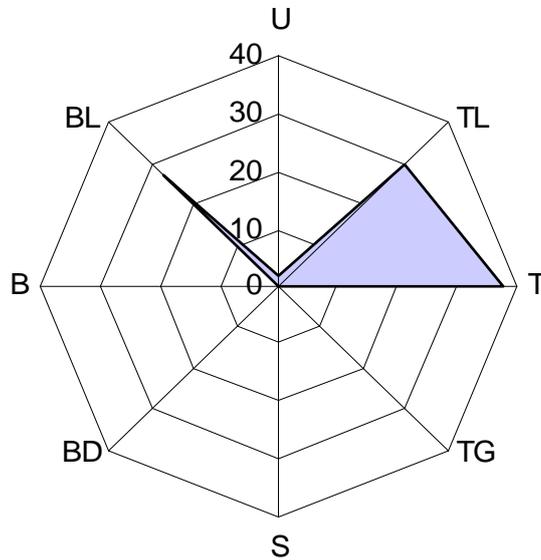
Frekuensi arah angin yang diperoleh selama lima tahun tersebut digunakan untuk menganalisis parameter oseanografi dan

pergerakan sedimen di sepanjang pantai (*longshore drift*). Dengan mensubstitusikan densitas air (?) sebesar 1025 kg/m^3 , sudut datang gelombang (\emptyset), serta tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) kedalam persamaan linier empiris yang diformulasikan oleh Ijima dan Tang (1967) di bawah ini, maka nilai energi fluks gelombang (P_o) dalam satuan (Newton-meter/detik) dapat diketahui dari formulasi di bawah ini :

$$P_o = 0.09952 n^? H^2 T \text{ Sin } \emptyset \quad (1)$$

Nilai energi fluks ini disajikan dalam peta pergerakan sedimen sepanjang pantai. Selanjutnya untuk mengetahui nilai laju volume pasokan sedimen tererosi persatuan waktu (Q), dilakukan pendekatan dengan menggunakan persamaan linier empiris yang diformulasikan oleh Komar dan Inman dalam Bijker (1988) dengan mensubstitusikan hasil analisis data

Analisis Diagram Bunga Arah Angin Dominan Dari Stasiun Meteorologi Jatiwangi Cirebon (> 10 Knot)



Gambar 4. Diagram bunga (wind rose) arah angin dominan dari Stasiun Meteorologi Jatiwangi Cirebon.

Tabel 1. Analisis prosentase frekuensi arah angin permukaan dari Stasiun Meteorologi Cirebon, Jakarta dan Semarang selama 5 tahun (1981- 1985)

Arah Angin	Prosentase Frekuensi Arah Angin (> 10 Knot)		
	Jatiwangi (Cirebon) (%)	Kemayoran (Jakarta) (%)	A. Yani (Semarang) (%)
U	2	7,5	3,01
TL	30	0,1	17,73
T	37,5	7,3	8,63
TG	0	0	0
S	0	0	0
BD	0	0	0
B	0,1	18,25	2,2
BL	27	21,9	28

gelombang rata-rata perairan dalam yang akan disajikan dalam peta.

Nilai Q yang diperoleh dari pendekatan secara empirik tersebut, merupakan pasokan rata-rata sedimen terangkut sepanjang pantai (*longshore-transport rate*) akibat abrasi gelombang dalam satuan meter kubik per tahun.

Dengan asumsi percepatan gravitasi (g) $9,81 \text{ m/detik}^2$, porositas sedimen (p) $0,4$, konstanta (K) 1288 , dan densitas sedimen (ρ_s) 2650 kg/m^3 , maka pendekatan secara empiris terhadap jumlah pasokan sedimen tersebut dapat didekati dari formulasi yang diaplikasikan oleh Komar dan Inman dalam Bijker (1988), yaitu :

$$Q = K P_1 / (\rho_s - \rho)g (1 - p) \quad (2)$$

Dengan mensubstitusikan sudut datang gelombang terhadap garis pantai (θ) dan nilai energi fluks gelombang (P_0) ke dalam formulasi *longshore-energy flux* (P_1) di bawah ini :

$$P_1 = 0,5 P_0 \sin 2 \theta \quad (3)$$

maka volume pasokan sedimen rata-rata sepanjang pantai (Q) dapat diperoleh.

HASIL PENELITIAN

Abrasi Dan Sedimentasi

Dari data geologi, endapan pantai umumnya terdapat di sekitar garis pantai hingga melebar ke arah daratan dan membentuk dataran pantai yang luas (Gambar 3). Endapan pantai ini terdiri dari sedimen berbutir halus yang terdiri atas lanau yang terhampar cukup luas, sedangkan lanau pasiran tersebar di sepanjang pesisir pantai dan umumnya menempati muara-muara sungai (Achdan dan Sudono, 1992). Endapan pantai tersebut dipasok oleh arus dan gelombang ke arah lepas pantai maupun sejajar pantai. Indikasi dari aktifitas gelombang dan arus tersebut dapat dilihat di lepas pantai bagian Tenggara Indramayu yaitu di daerah Juntinyuat. Abrasi di kawasan ini ditandai dengan mundurnya garis pantai yang menyisahkan dataran pasang surut dengan endapan sedimen berbutir kasar hasil abrasi yang tersebar di muka garis pantai pada saat air surut. Sementara di

bagian timur lautnya (dekat muara) terjadi sedimentasi.

Adanya abrasi di bagian Tenggara Indramayu tersebut menjadi dilema untuk pengembangan daerah peruntukan pelabuhan perikanan di daerah Indramayu dan sekitarnya. Demikian juga di bagian barat laut Indramayu secara visual dijumpai abrasi mendekati delta Cimanuk yang diperkirakan telah berlangsung lama. Endapan sedimen hasil abrasi tersebut umumnya menutupi muara-muara sungai yang ditandai dengan gosong pasir di beberapa lokasi.

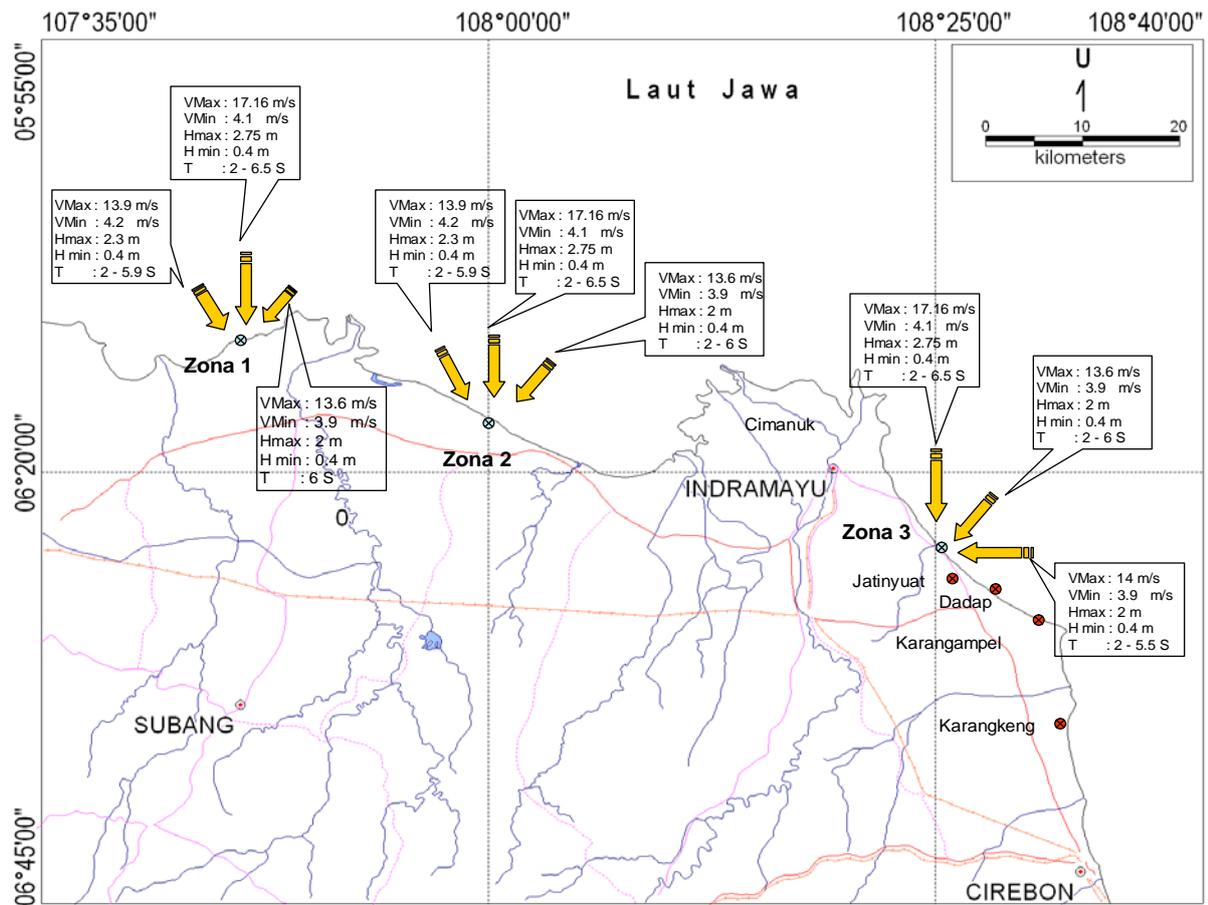
Laju Pasokan Sedimen

Hasil analisis data angin permukaan yang diambil adalah kecepatan angin di atas 10 knot (1981-1985) yang dapat membangkitkan gelombang (Tabel 1). Data angin dianalisis dari stasiun terdekat yaitu Stasiun Meteorologi Jatiwangi Cirebon, sedangkan dua stasiun meteorologi lainnya Kemayoran Jakarta dan A. Yani Semarang digunakan sebagai pembanding. Hasilnya menunjukkan bahwa daerah pantai Utara Indramayu, dipengaruhi oleh angin musim (*monsoon*) secara periodik, baik dari barat laut, utara maupun dari tenggara yang digambarkan dalam diagram *windrose*.

Perbedaan parameter gelombang hasil prediksi pada setiap titik pengamatan akan menyebabkan perbedaan besarnya variasi aliran energi gelombang di setiap titik pengamatan. Interpretasi hasil perhitungan energi fluks gelombang yang diplot terhadap titik-titik tinjau yang berada di garis pantai akan memberikan indikasi arah arus sejajar pantai dan proses pantai yang terjadi. Dengan memperhatikan bentuk garis pantai, daerah survei dibagi dua bagian yaitu bagian utara daerah survei yang pantainya relatif menghadap ke utara dan daerah sebelah tenggara yang pantainya relatif menghadap ke timur laut.

Untuk pantai sebelah utara, arah angin yang paling berpengaruh pada proses dinamika pantai adalah angin utara, barat laut dan timur laut, sedangkan untuk pantai sebelah tenggara, arah angin yang berpengaruh adalah arah utara, timur laut dan timur (Gambar 5).

Analisis prediksi gelombang dari kurva perairan dalam (*deep-water-wave forecasting*) dilakukan untuk mewakili skala waktu yang lama. Sementara untuk pengamatan langsung hanya mewakili musim tertentu, sehingga



Gambar 5. Hasil analisis tinggi dan periode gelombang rata-rata perairan dalam (deep waters) di perairan Kabupaten Indramayu dan sekitarnya (1981-1985).

Tabel 2. Hasil analisis energi fluks gelombang di perairan Indramayu dan sekitarnya.

Lokasi	Prediksi Energi fluks Gelombang (P_o)
	(N-m/det)
T1	-107
T2	-203
T3	60
T4	110
T5	182
T6	-739
T7	-332
T8	-217

diperlukan analisis prediksi gelombang dari data angin permukaan selama 5 tahun.

Berdasarkan data angin tersebut, maka kisaran tinggi gelombang di perairan Kabupaten Indramayu adalah antara 1 – 1,5 meter dan kecepatan angin rata-rata adalah 6 meter/detik. Jika dilihat dari kondisi angin secara umum, maka arah angin berasal dari utara, timur laut dan timur. Dengan demikian arah rambatan gelombang di bagian utara Indramayu berasal dari barat laut, utara dan timur laut, sedangkan di bagian tenggaranya berasal dari utara, timur laut dan timur, dengan tinggi gelombang berada pada kondisi normal. Sementara pada kondisi kecepatan angin di atas 10 knots, maka tinggi gelombang yang dapat dibangkitkan adalah 0,4 - 2,75 meter dan periode waktu (T) antara 2 - 6,5 detik (Gambar 5).

Berdasarkan pendekatan kurva prediksi gelombang perairan dalam, diperoleh tinggi gelombang dari minimum hingga maksimum (H) di daerah perairan Indramayu berkisar antara 0,4 hingga 2,75 meter dengan periode waktu (T) antara 2 hingga 6,5 detik. Sudut datang gelombang (θ) pada setiap titik pendugaan di sepanjang garis pantai bervariasi antara 0 hingga 90 derajat. Sudut datang gelombang tersebut sebagai faktor koreksi untuk mendapatkan besaran nilai energi fluks (P_0). Frekuensi data angin (n) mempunyai nilai yang sangat bervariasi dan dihitung berdasarkan statistik frekuensi data angin pada masing-masing komponen arah angin. Dengan mensubstitusikan densitas air (?) serta tinggi dan periode gelombang kedalam persamaan linier empiris yang diformulasikan oleh Ijima dan Tang (1967) maka nilai energi fluks gelombang (P_0) dapat diketahui.

Dengan menggunakan data tersebut di atas maka diperoleh besaran prediksi energi fluks gelombang di perairan Kabupaten Indramayu seperti di bawah ini (Tabel 2).

Secara visual, tinggi gelombang sepanjang pantai meningkat akibat perubahan kedalaman, dan mengalami refraksi setelah melewati zona gelombang pecah. Umumnya energi gelombang maksimum terjadi pada saat air menuju pasang hingga pasang maksimum (*high-water level*) akibat adanya interferensi/superposisi gelombang dari arah pantai.

Arus Sejajar Pantai

Arus sejajar pantai yang ditimbulkan oleh energi gelombang sangat berperan dalam memasok sedimen di sekitar pantai. Pasokan sedimen dari zona pantai yang mengalami abrasi di pantai Indramayu dapat dilihat di bawah ini (Gambar 6). Pergerakan sedimen sejajar pantai bagian tenggara Indramayu bergerak ke arah barat laut merupakan proses alamiah yang dominan terjadi sepanjang musim. Arus ini umumnya bermuatan sedimen dan sebagian terakumulasi di daerah muara sungai.

Indikasi arus sejajar pantai yang berpengaruh terhadap lereng pantai adalah kecepatan abrasi di pantai bagian tenggara dan pantai barat laut daerah penelitian serta adanya sedimentasi di bagian utara dan barat laut Indramayu. Disamping itu pembelokan arah mulut sungai dan ujung pasir juga memperkuat alasan proses dan intensitas abrasi tersebut. Adanya arus sejajar pantai akan menimbulkan penumpukan sedimen ke arah barat laut.

Dari pendekatan formulasi pada persamaan (1) maka nilai energi fluks ditunjukkan dalam grafik energi fluks gelombang, yang memperlihatkan kurva sedimentasi dan abrasi (Gambar 6). Grafik naik yang cukup signifikan terjadi pada lokasi T-6 sampai dengan T-8, yang mengindikasikan bahwa di pesisir pantai tersebut telah berkembang proses abrasi. Sementara grafik turun yang cukup tajam terjadi pada lokasi T-5 hingga ke T-6 yang menunjukkan adanya sedimentasi yang cukup signifikan di pesisir pantai tersebut. Arah pergerakan material sepanjang tahun tersebut ditunjukkan oleh nilai energi fluks negatif dan positif pada masing-masing lokasi titik peninjauan. Dengan ketentuan nilai energi fluks negatif berlawanan arah jarum jam (kekiri) dan nilai positif searah jarum jam (ke kanan). Dengan demikian, arah dominan dari pergerakan sedimen tersebut cenderung ke arah barat laut yang dapat digambarkan dalam peta analisis zona abrasi dan sedimentasi.

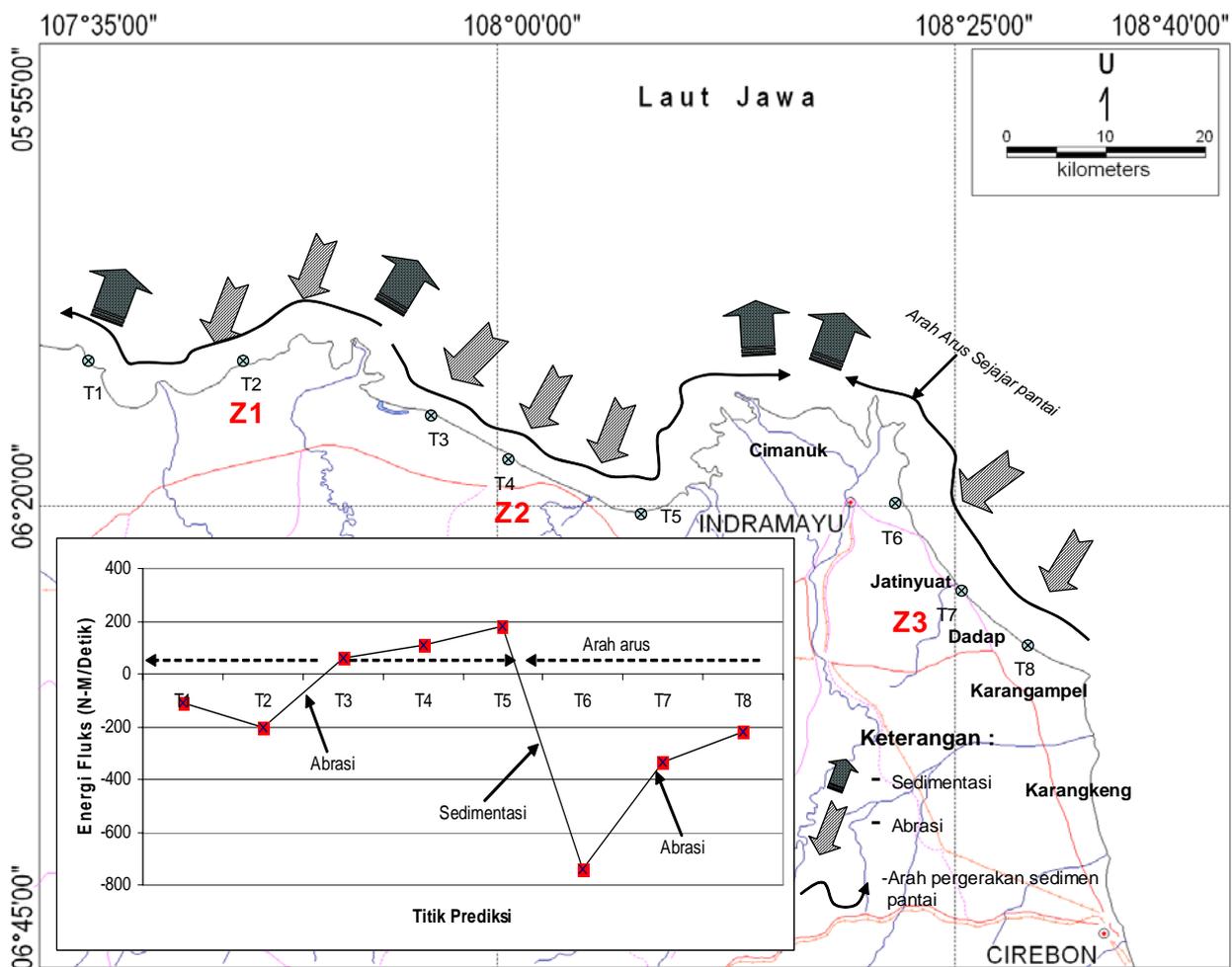
Secara visual, arus sepanjang pantai timbul setelah energi gelombang mengalami refraksi karena adanya perubahan kedalaman di lepas pantai Indramayu. Umumnya energi gelombang dan pergerakan sedimen tersebut terjadi pada saat air menuju pasang hingga pasang maksimum setelah melewati zona gelombang pecah.

Hasil analisis pergerakan sedimen tersebut menunjukkan bahwa daerah abrasi meliputi kawasan bagian tenggara dan barat laut pantai Indramayu dengan pergerakan arus sepanjang pantai yang disertai arah pengendapan sedimen sebagian ke arah barat laut dan sebagian ke arah timur dan terakumulasi di muara Sungai Cimanuk. Metode ini didukung oleh pengamatan secara visual yang ditandai dengan adanya pesisir pantai yang tererosi di bagian tenggara Indramayu, sehingga profil pantai di daerah tersebut cenderung membentuk gawir pantai (*beach scarp*) dengan sudut lebih besar dari 45 derajat, sedangkan di bagian barat laut (Muara Sungai Cimanuk) relatif landai karena adanya pergerakan sedimen baik dari arah barat maupun dari arah tenggara (Gambar 6).

Kecepatan arus pasang surut (*tidal current*) yang terekam di daerah penelitian secara eksplisit relatif kecil, yaitu rata-rata 0,3 meter/detik pada saat surut dan 0,1 meter/detik pada

saat pasang. Pada saat surut menuju pasang arah arus ke arah barat laut (BL) dengan arah berkisar antara $270^{\circ} - 351^{\circ}$ dan pada saat pasang menuju surut cenderung ke arah tenggara (TG) dengan arah berkisar antara $111^{\circ} - 179^{\circ}$, kadang-kadang ke arah barat daya (BD) dengan arah berkisar antara $202 - 265^{\circ}$ (DKP Indramayu, 2007).

Dengan demikian, pengaruhnya terhadap pergerakan sedimen jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan kecepatan pasokan sedimen yang ditimbulkan oleh komponen arus sejajar pantai. Oleh karena kecepatan arus pasang surut tersebut relatif kecil, maka prediksi tinggi gelombang perairan dalam, khususnya pada tiga lokasi (Zona 1, Zona 2 dan Zona 3), diperlukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh energi gelombang yang memicu proses erosi dan arus sepanjang pantai di daerah Indramayu.



Gambar 6. Analisis zona abrasi dan sedimentasi dan pergerakan sedimen pantai perairan Indramayu dan sekitarnya.

Tabel 3. Hasil prediksi pasokan sedimen rata-rata hasil abrasi per tahun

No.	Lokasi	Prediksi Pasokan Sedimen Rata-Rata Sepanjang Pantai (Q) (m ³ /tahun)
1	Zona 1 (T2)	4951
2	Zona 2 (T4)	3578
3	Zona 3 (T7)	6127

Dengan asumsi percepatan gravitasi (g) 9,81 m/detik², porositas sedimen (p) 0,4, konstanta pasokan sedimen (K) sebesar 1288, dan densitas sedimen (ρ_s) 2650 kg/m³, maka pendekatan secara empiris terhadap jumlah pasokan sedimen tersebut dapat didekati dari formulasi (2) yang diaplikasikan oleh Komar dan Inman dalam Bijker (1988).

Dengan mensubstitusikan sudut datang gelombang terhadap garis pantai dan nilai energi *flux* gelombang (P_0) ke dalam formulasi *longshore-energy flux* (P_1) maka volume pasokan sedimen rata-rata sepanjang pantai (Q) dapat diperoleh seperti di bawah ini (Tabel 3).

Dengan menggunakan metode tersebut di atas maka hubungan matematis memperlihatkan bahwa nilai kumulatif KP_1 , merupakan fungsi linier dari nilai Q . Oleh sebab itu, besaran energi *flux* yang diperoleh di perairan Indramayu dan sekitarnya (Tabel 2), merupakan salah satu acuan untuk mendapatkan nilai pasokan material rata-rata (Q) per satuan waktu. Pada Musim Timur dan Barat, nilai Q ini akan meningkat jika faktor *longshore-energy flux* (P_1) meningkat ke arah bagian barat laut Indramayu.

Peta pergerakan arus bermuatan sedimen (Gambar 6) dan prediksi pasokan sedimen rata-

rata sepanjang pantai (Tabel 3) menunjukkan bahwa dari arah barat laut ke tenggara nilai pasokan sedimen rata-rata per tahun (Q) adalah sebesar 4951, 3578 dan 6127 m³/tahun. Energi fluks gelombang terendah terdapat pada zona 2, sedangkan tertinggi berada pada zona 3 di bagian tenggara Indramayu. Besaran energi fluks sepanjang pantai P_1 (Tabel 2) dan nilai pasokan sedimen rata-rata Q (Tabel 3) bervariasi sepanjang tahun.

Nilai pasokan sedimen (Q) ini berubah-ubah, akan tetapi pola (*trend*) grafik penurunan maupun peningkatan nilai pasokan sedimen (Q) pada masing-masing lokasi tersebut relatif sama. Demikian juga

perubahan nilai P_1 pada musim barat dan musim timur akan mengubah besaran pasokan sedimen rata-rata (Q) sepanjang tahun.

Oleh karena nilai parameter oseanografi (gelombang dan arus sejajar pantai) bersifat dinamis, maka pendekatan nilai empiris pada Tabel 3 tersebut paling tidak, dapat memberi gambaran bahwa jumlah pasokan sedimen per tahun yang bergerak ke arah barat laut cukup signifikan. Besar dan kecilnya jumlah pasokan sedimen (Q) tersebut sangat ditentukan oleh percepatan arus sejajar pantai yang memicu erosi di bagian tenggara dan barat laut Indramayu.

Dengan melihat kondisi di lapangan serta hasil prediksi tinggi gelombang dan pasokan sedimen rata-rata sepanjang tahun maka pesisir perairan Indramayu dan sekitarnya diperkirakan akan mengalami perubahan garis pantai secara signifikan seiring dengan aktifitas abrasi di bagian tenggara Indramayu mulai dari Dadap hingga Karangampel. Sementara proses sedimentasi cenderung menempati daerah Delta Cimanuk dan sekitarnya.

Adanya pasokan sedimen bergerak dari zona Z-2 ke arah timur laut dan dari zona Z-3 ke arah barat laut maka tidak menutup

kemungkinan akan mengakibatkan proses sedimentasi di pesisir pantai Delta Cimanuk semakin berkembang.

KESIMPULAN

Pendekatan secara empirik dari analisis parameter oseanografi dan data angin permukaan menunjukkan telah terjadi abrasi gelombang yang meliputi kawasan bagian tenggara dan barat laut Pantai Indramayu yang ditandai dengan pesisir pantai yang tererosi di bagian tenggara dan sebagian di bagian barat laut.

Proses erosi di bagian tenggara Indramayu akan berkembang dan berlangsung secara musiman yang diperkirakan akan mempercepat perubahan garis pantai di kawasan tersebut. Untuk itu di bagian tenggara Indramayu perlu dibuat sistem proteksi pantai yang diperhitungkan dengan sudut datang gelombang terhadap garis pantai di kawasan tersebut.

Pergerakan sedimen dari barat laut dan tenggara ke arah muara Sungai Cimanuk akan memperluas kawasan sedimentasi di kawasan tersebut dengan pasokan sedimen Q dari zona Z-2 dan Z-3. Adanya pergerakan sedimen ke kawasan Delta Cimanuk maka diperkirakan kawasan tersebut akan menjadi zona akumulasi sedimen sepanjang tahun.

ACUAN

- Achdan dan Sudono, 1992, *Peta geologi Lembar Indramayu*, Jawa, skala 1 : 100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Astjario, P dan Astawa, I.N., 2007, Proses pertumbuhan delta baru Sungai Cimanuk hingga tahun 2002 di pantai timur Kabupaten Indramayu, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jurnal Geologi Kelautan Volume 5, No. 3.
- Bijker, E.W., 1988, An international journal for coastal, harbour and offshore engineers, *Coastal Engineering*, Volume 12, No. 3, p.285-297.
- Bretschneider, C.L., 1954, Generation of wind wave over a shallow bottom, *US Army Corps of Engineering*, Beach Tech. Memo., no.51, p.22
- BMG, 1981-1985, Data angin dan curah hujan, Stasiun Meteorologi Ahmad Yani Semarang
- _____ : Data angin dan curah hujan, Stasiun Meteorologi Kemayoran Jakarta
- _____ : Data angin dan curah hujan, Stasiun Meteorologi Jatiwangi Cirebon.
- Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) Indramayu, 2007, *Studi Kelayakan Pembangunan Talud Penahan Abrasi Pantai*, Laporan Intern.
- Hehanussa, P.E., Hadiwisastra, S. dan Djoehanah, S., 1976, Sedimentasi delta baru Cimanuk. Pertemuan Ilmiah ke 4, IAGI di Bandung.
- Hehanussa, P.E., 1980, Penelitian sedimen dasarsungai di delta Cimanuk, Jawa Barat. Laporan Intern Proy. Invent. Sumberdaya Mineral, air dan tanah. Lembaga Geologi dan Pertambangan Nasional, LIPI, Bandung.
- Ijima and Tang F.L.W., 1967, Numerical calculation of wind wave at shallow water, *Proc. 10th Conf. Coastal Eng.* p.3-45.
- Kusnida, D., Soeharno, Darlan, Y., Masduki, A., Susilohadi, Kresna, T.D., 1987, Penyelidikan Geologi dan Geofisika Kelautan di Perairan Indramayu, Jawa Barat, Pusat Pengembangan Geologi Kelautan, Laporan Intern.