

Laju Perubahan Garis Pantai Menggunakan Modifikasi Teknik *Single Transect* (ST) dan Metode *End Point Rate* (EPR): Studi Kasus Pantai Sebelah Utara Indramayu-Jawa barat

(Shoreline Change Rate Using Modification Technique of Single Transect (ST) and the End Point Rate (EPR) Method: Northern Coast of Indramayu-West Java Study Case)

Faizal Kasim

*Staf Pengajar Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo. Jl. Jenderal Sudirman No. 6 Kota Gorontalo 96122
e-mail corresponding author: kasim.faizal@gmail.com*

Abstracts: Northern coastal area of Java has geomorphologically complex features, such as rapid coastal development (erosion-sedimentation), most consisting of low-lying coast (slope), and erodable sandy beach. Shoreline change mapping is considered a valuable task for coastal monitoring and assessment. This paper presents the change analysis extraction of shoreline dynamic using combined between modification technique of single transect and the end point rate method which is performed segmentary in every shoreline grid along at 101,04 km of northern shoreline of Indramayu, West Java-Indonesia. The research's result was satisfactory and the approach has proven to be effective considering lack of the change rate for area which faces the complexity featureset of extraction.

Keywords: Single transect, end point rate, landsat

Pendahuluan

Pesisir sebelah Utara Jawa Barat memiliki ciri dataran yang rendah dengan beberapa teluk dan tanjung, bentuk garis pantai melengkung dengan laju akresi yang tinggi, sebagian besar terdiri atas deposit aluvial yang berasal dari aliran sungai, serta energi gelombang yang relatif kecil. Kawasan pesisir sebelah Utara Jawa Barat berbeda dari kawasan sebelah Selatan berdasarkan elevasi, morfologi, perkembangan pantai, etologi, serta karakteristik gelombang (Ongkosongo, 1980).

Kawasan pesisir sebelah utara Jawa Barat merupakan kawasan strategis dari sisi pembangunan karena berada dalam zona pertumbuhan kawasan Pantura dan banyak aktifitas sosial-ekonomi seperti jalur transportasi, kawasan industri (energi, perikanan dan pariwisata), pemukiman, tambak maupun sawah (UNDP Indonesia, 2007; Rubiman dan Rahayuningsih, 2008; Yusuf dan Francisco, 2009). Terkait dengan fenomena evolusi pantai, Laporan BPLHD Jawa Barat-PPGL dalam Bapeda-JABAR (2007) melaporkan bahwa abrasi yang berlagsung adalah sekitar 47,87% dari total panjang pantai Utara Jawa Barat dimana Pantai Indramayu mengalami abrasi paling panjang lebih kurang 48.57 km dan

akresi 46,37% sedangkan Pantai Subang mengalami akresi terpanjang sekitar 50.44 km. Sedangkan yang stabil lebih kurang 5,75% (Rekamudra, 2007). Berdasarkan hal tersebut maka informasi laju perubahan garis sebelah Utara Indramayu menjadi sangat penting dalam kepentingan pengelolaan kawasan ini ke depan.

Garis pantai merupakan batas antara daratan dan tubuh air. Definisi garis pantai yang ideal yakni merupakan batas fisik pertemuan darat dan air (Dolan *et al.* 1991). Informasi ekstraksi garis pantai yang akurat serta monitoring perubahannya merupakan hal penting dalam memahami dan menguraikan proses-proses yang berlangsung di kawasan pantai. Informasi perubahan garis pantai sangat penting dalam berbagai kajian pesisir seperti misalnya; rencana pengelolaan kawasan pesisir, pewilayahan bahaya, studi erosi-akresi, serta analisis dan pemodelan morfodinamik pantai (Chand dan Acharya, 2010).

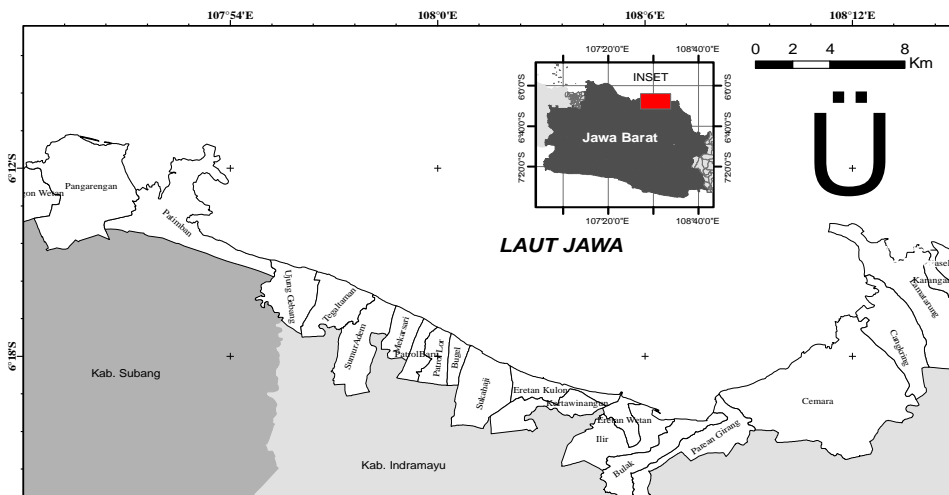
Integrasi teknik penginderaan jauh seperti penggunaan data Landsat TM dan ETM⁺ dengan sistim informasi geografis (SIG) terbukti menyediakan pendekatan yang sangat bermanfaat bagi studi-studi perubahan garis pantai dewasa ini. Metode ini menyediakan keunggulan dalam waktu pengerjaan serta ketersediaan data yang bisa diperoleh secara *repetitive* untuk cakupan yang luas (Kasim, 2011). Kajian ini bertujuan memaparkan penggunaan gabungan modifikasi teknik *single transek (ST)* pada data citra satelit Landsat TM dan ETM⁺ dengan metode penghitungan statistik *end point rate (EPR)* dalam analisis laju perubahan garis pantai pesisir sebelah Utara Indramayu, Jawa barat.

Metode Penelitian

Lokasi penelitian adalah garis pantai bagian utara pulau Jawa, mencakup wilayah garis pantai dari 22 desa yang masuk dalam Kabupaten Indramayu dan Subang Provinsi Jawa Barat. Lokasi penelitian yang menjadi *area of interest (AOI)* terletak pada 107°48'0,572"-108°15'0,576" BT dan 6°7'29,766"- 6°22'29,766" LS. Survei dilakukan pada bulan Oktober 2008. Peralatan yang digunakan dalam penelitian, adalah: (1) perangkat komputer, (2) perangkat lunak pengolah citra dan SIG, (3) GPS, dan (4) alat tulis menulis. Sedangkan bahan berupa (1) data dasar berupa: Peta rupa bumiskala 1: 25.000 produksi terakhir, Citra Landsat-5 TM tahun 1991, serta Landsat-7 ETM dari *path/row* yang sama tahun 2003, sebagaimana diunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis *dataset* yang digunakan analisis perubahan garis pantai

Tahun	Satelit /Sensor	Akuisisi		Path / row	Resolusi spasial
		(dd-mm-yyyy)	(hh-mm:ss)		
1991	Landsat-5 / TM	05-07-1991	02:46:00 GMT	121/064	30 m
2003	Landsat-7 / ETM	27-05-2003	02:42:23 GMT	121/064	30 m



Gambar 1. Area of interest yang menjadi Lokasi Penelitian

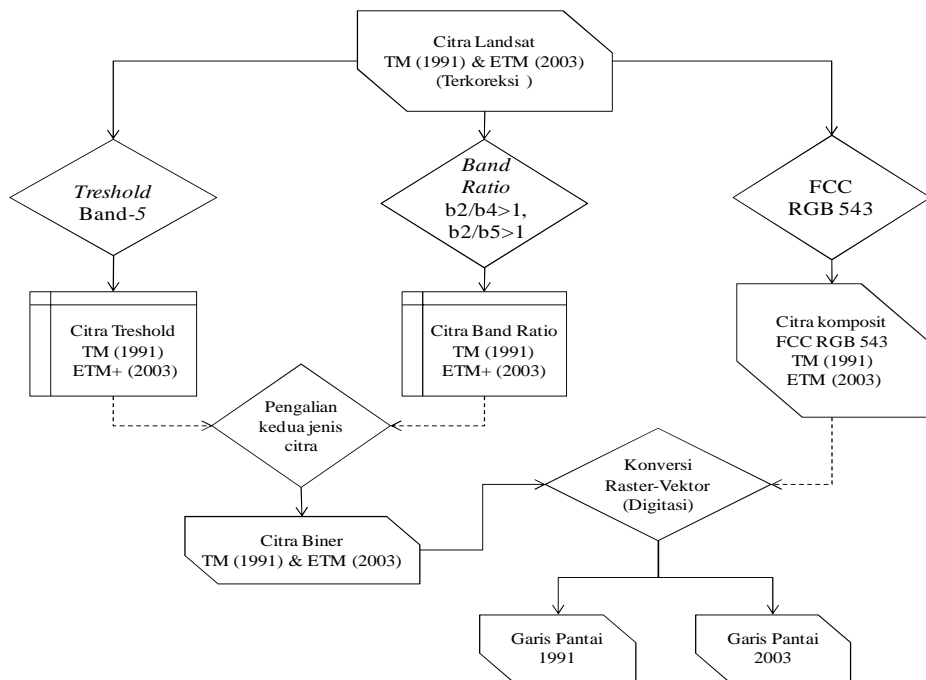
Pengembangan Metodologi

Pengolahan Dataset Landsat untuk Deliniasi Garis Pantai

Teknik deliniasi garis pantai dari kedua *dataset* Landsat yang digunakan mencakup gabungan beberapa pendekatan, yakni; metode *single band threshold*, *band ratio (rationing)*, serta FCC RGB 543 seperti disajikan pada Gambar 2. Teknik *single band* (Band-5) pada kedua *dataset* Landsat TM dan ETM+ digunakan untuk membagi secara langsung antara laut dan darat berdasarkan nilai spektral Band-5 untuk memperoleh nilai *threshold* batas darat-air bagi masing-masing *dataset* TM (1991) dan ETM+ (2003). Hasil analisis histogram Band-5 untuk nilai *threshold* batas darat-air pada kedua *dataset* Landsat ditunjukkan pada Gambar 3, yaitu: 10 untuk TM (1991) dan 17 untuk ETM+ (2003). Nilai lebih kecil dari kedua nilai *threshold* mengindikasikan kelas piksel laut, sebaliknya piksel dengan nilai lebih besar dari nilai *threshold* diklasifikasi sebagai kelas darat untuk setiap *dataset* TM dan ETM+.

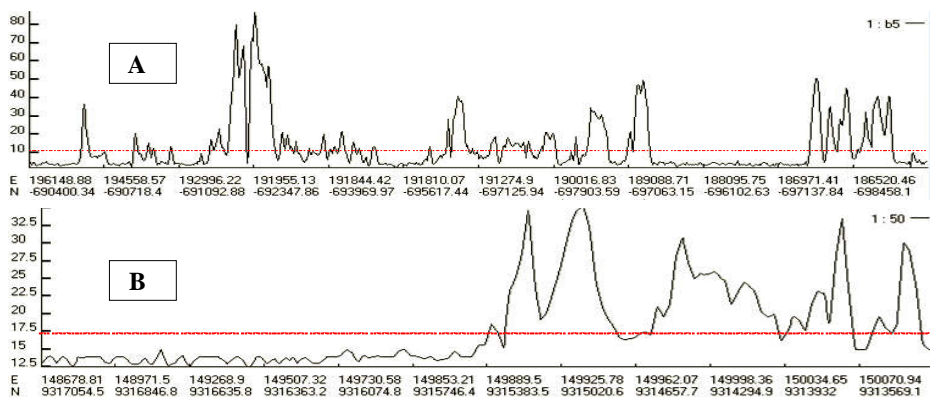
Metode *single band* seperti di atas sangat sesuai untuk penentuan batas darat-air pada daerah pantai berpasir, namun memiliki kelemahan diterapkan pada daerah pantai berlumpur dan bervegetasi. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut digunakan metode *Band-Ratio* sehingga diperoleh batas nilai piksel yang lebih informatif. Pada metode *Band Ratio*, rasio Band-4 dan 2 (b_4/b_2) akan menghasilkan batas darat-air pada daerah pantai yang tertutup oleh vegetasi. Daerah darat yang tidak bervegetasi ikut terkelaskan ke dalam piksel air (laut). Sebaliknya dengan rasio Band-5 dan 2 (b_5/b_2) maka diperoleh garis pantai dari daerah yang tertutup oleh pasir dan tanah. Untuk memperoleh kombinasi dari kedua informasi, selanjutnya digunakan algoritma sebagai berikut (Winarso *et al.* 2001):

$$\text{If } (b_4/b_2) \geq 1 \text{ then } 1 \text{ else if } (b_5/b_2) \geq 1 \text{ then } 1 \text{ else } 2 \dots\dots\dots (1)$$



Gambar 2. Metode deliniasi darat-laut untuk ekstraksi garis pantai dari *dataset* Landsat Tahun 1991 dan Landsat ETM+ Tahun 2003.

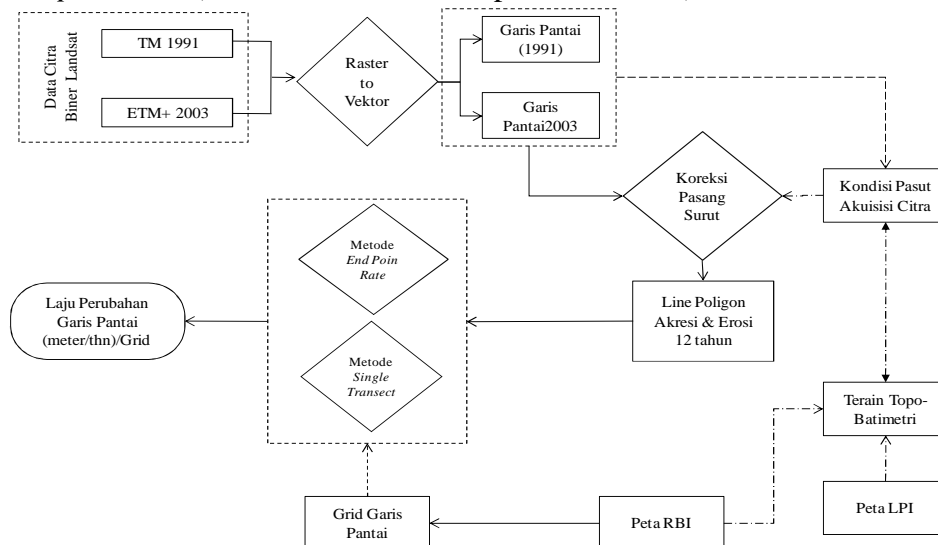
Dengan maksud mendapatkan hasil ekstraksi batas darat-air yang lebih baik dari jenis citra biner berdasarkan penerapan algoritma Persamaan (1) yakni mengatasi kecenderungan batas air-darat yang masuk ke dalam piksel kelas air dilakukan dengan membuat citra baru (Alesheikh *et al.* (2007) yang dibuat dari hasil perkalian kedua jenis citra yang dihasilkan (citra *single band threshold* Band-5 dan citra *band ratio*). Selain kedua pendekatan deliniasi tersebut, pendekatan jenis citra komposit RGB digunakan dalam rangka membantu pengenalan informasi secara visual bagi keseluruhan pendekatan deliniasi yang dilakukan maupun pada hasil konversi *raster to vector*.



Gambar 3. Hasil analisis histogram nilai *threshold* (A) Band-5 data TM Tahun 1991 dan (B) ETM+ Tahun 2003.

Ekstraksi Perubahan Garis Pantai dan Penghitungan Laju Akresi serta Erosi

Diagram alir pendekatan yang digunakan mengekstrak fitur (*line* dan *polygon*) garis pantai serta penghitungan laju perubahan (akresi/erosi) disajikan pada Gambar 4. Analisis laju perubahan garis pantai dilakukan terhadap vektor yang dihasilkan dari *konversi raster to vector* pada tahapan deliniasi. Tahapan deliniasi ini menghasilkan fitur *line* dan *polygon* garis pantai tahun 1991 (TM) dan Tahun 2003 (ETM+). Pada tahapan deliniasi dilakukan koreksi pasang surut pada kedua fiturset (*polyline*) garis pantai tahun 1991 dan 2003. Ekstraksi fiturset garis pantai tahun 1991 dan 2003 dikerjakan pada tiap segmen (*shoreline grid*) berbentuk bujur sangkar berukuran 1 menit ($\pm 1,8$ km) dimana secara keseluruhan terdapat 51 buah *shoreline grid*. Analisis jarak perpindahan titik akresi/erosi dari hasil tumpang tindih (*overlay*) fiturset garis pantai tahun 1991 dan 2003 menggunakan modifikasi metode *single transect*, sedangkan analisis statistik nilai laju perubahan tiap titik akresi/erosi dari kedua fiturset garis pantai (12 tahun) dianalisis menggunakan metode *end point rate* (Thieler *et al.* 2001; Hapke *et al.* 2010).

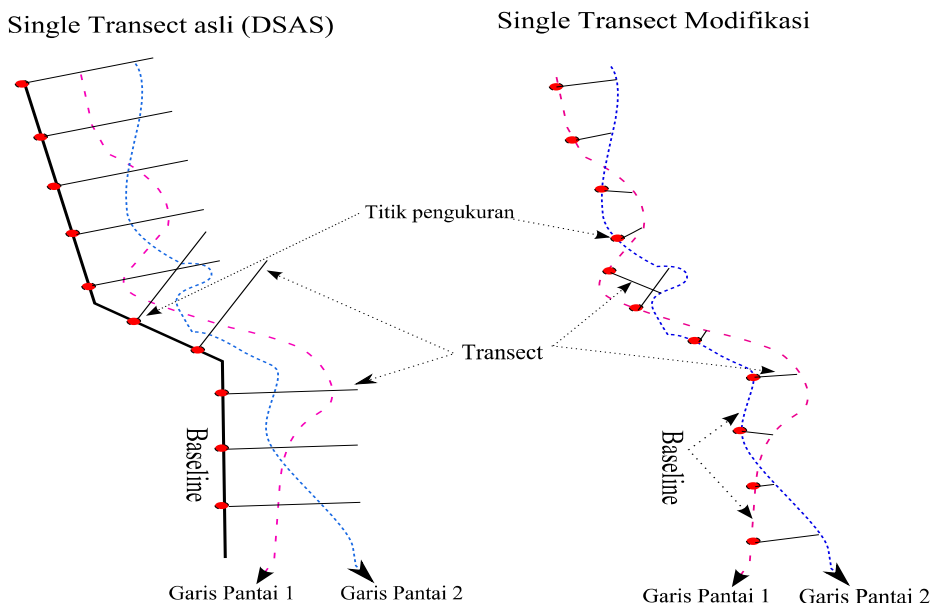


Gambar 4. Metode pengumpulan dan analisis data variabel laju perubahan garis pantai

Modifikasi metode *single transect*

Perbedaan komponen antara metode *single transect* asli dan modifikasi bisa dilihat pada Gambar 5. Dalam hal ini modifikasi metode *single transect* dilakukan terhadap *baseline* yang menjadi dasar untuk pembuatan transek. Pada metode *single transect* asli yakni *plugin DSAS* (*digital shoreline analysis system*), *baseline* dibuat menggunakan *buffer-*

tool. Selanjutnya pada *baseline* ini dibuat garis-garis transek tegak lurus berjarak spasi tetap sebagai titik pengukuran. Besar perubahan/perpindahan posisi garis pantai (m) selanjutnya sebagai panjang tiap transek yang menjadi titik perpotongan antara garis pantai-1 dengan garis pantai-2. Panjang jarak titik perpotongan (panjang transek) yang mewakili perpindahan garis pantai pada pantai maju (akresi) ditandai sebagai nilai positif (+), sebaliknya ditandai negatif (-) jika jarak titik perpotongan tersebut merupakan garis pantai mundur (erosi).



Gambar 5. Perbedaan komponen pada metode *single transect* asli dan modifikasi untuk penentuan jarak perubahan/perpindahan antar posisi garis pantai

Pada pendekatan *single transect* modifikasi, *baseline* tidak dibuat menggunakan *buffer tool*. Sebaliknya fitur yang dijadikan *baseline* adalah fitur *polyline* akresi dan erosi dari hasil *overlay fiturset* garis pantai 1991 dengan 2003. Masing-masing *polyline* ini yang langsung dijadikan *baseline* titik-titik pengukuran untuk garis-garis transek tegak lurus di mana jarak spasi tiap titik pengukuran sebesar 100 meter (Gambar 5). Berdasarkan penentuan perpindahan posisi garis pantai dari pendekatan *single transect* maka diperoleh beberapa parameter perhitungan, sebagai berikut: 1) jumlah garis transek dalam tiap *shoreline grid* menurut entitasnya masing-masing, 2) panjang keseluruhan garis transek berdasarkan penjumlahannya menurut masing-masing tanda entitas yaitu negatif untuk erosi dan positif untuk akresi, serta 3) rentang waktu kedua *dataset* Landsat TM dan ETM.

Statistik Laju Perubahan End Point Rate

Berdasarkan ketiga parameter di atas maka penghitungan statistik dengan pendekatan metode *end point rate* untuk laju perubahan garis pantai pada tiap *shoreline grid* secara matematis diformulasikan sebagai berikut (Kasim, 2011):

$$Vc = \left(\frac{L_{ae}}{\sum N_{ae}} \right) \cdot Y^{-1} \dots\dots\dots (2)$$

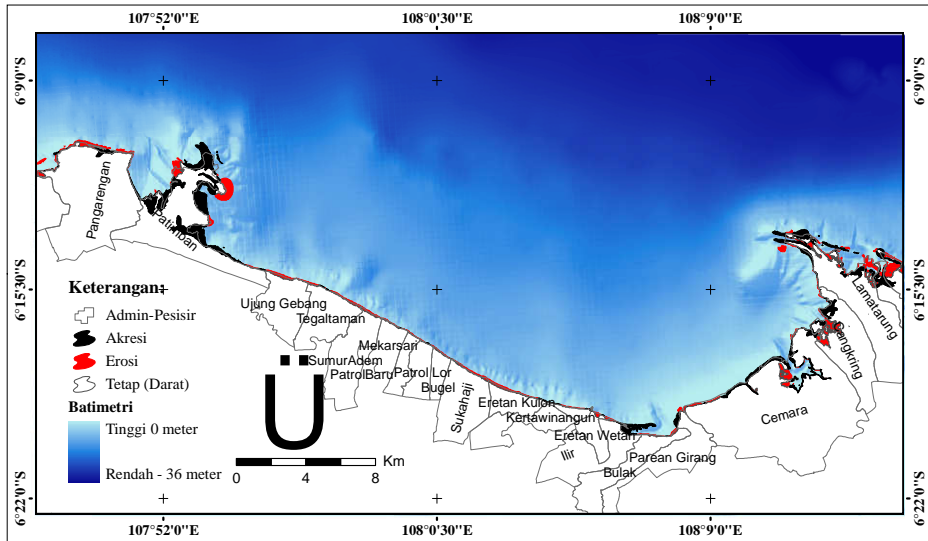
dimana ; Vc = Rerata kecepatan perubahan maju/mundur garis pantai tiap *shoreline grid* (meter/tahun), L_{ae} = Panjang keseluruhan *single transect* pada tiap *shoreline grid* (meter) menurut *entity* Akresi (+) dan Erosi (-), $\sum N_{ae}$ = Jumlah transek pada tiap *shoreline grid*, Y = Rentang waktu hasil ekstraksi *fiturset* garis pantai 1991 dan 2003 (12 tahun).

Hasil dan Pembahasan

Zona Perubahan Pantai

Peta sebaran kawasan akresi dan erosi sepanjang wilayah AOI berdasarkan *overlay fiturset* TM (1991) dan fiturset ETM+ (2003) ditampilkan pada Gambar 6. Erosi di kawasan pantai pesisir sebelah Utara Indramayu banyak menarik perhatian dan mendorong berbagai penelitian dilakukan terhadap kawasan ini disebabkan oleh kawasan ini yang strategis dan berkembang dalam aktivitasnya sebagai daerah penyangga kawasan industri yang banyak terdapat di sebelah Utara Pulau Jawa. Selain juga karena keberadaan sumberdaya alam serta infrastruktur dan jalur transportasi utama antara Cirebon-Jakarta (UNDP Indonesia, 2007). Hasil ekstrasi dinamika pantai yang berlangsung dalam wilayah AOI selama kurun waktu 12 tahun secara umum mendukung beberapa hasil penelitian lain mengenai dinamika pantai sebelah Utara Pulau Jawa yang diantaranya dilakukan oleh Ongkosongo (1980) untuk pertumbuhan garis pantai Utara Jawa dari Teluk Banten hingga Cirebon; hasil pengamatan DPLH Indramayu tahun 2005 (Rekamudra 2007) terhadap zona akresi/erosi wilayah pesisir Utara Jawa Barat.

Berdasarkan pengamatan zona akresi terlihat bahwa hasil penelitian ini mendukung proyeksi Ongkosongo (1980) serta hasil analisis Rekamudra (2007) terutama berkenaan dengan pertumbuhan (akresi) daerah Delta Cipunagara (Subang) dan Tanjung Waledan (Indramayu). Pengamatan yang berbeda dari proyeksi Ongkosongo (1980) terdapat pada proyeksi pertumbuhan sepanjang garis pantai di antara kedua daerah. Di lain pihak, kesesuaian hasil dalam penelitian ini dengan laporan Rekamudra (2007) dapat dilihat menyangkut sebaran zona perubahan (akresi/erosi) yang terdapat di sebelah Timur dan Barat sepanjang garis pantai Utara indramayu.



Gambar 6. Peta zona akresi dan erosi hasil analisis *overlay fiturset* garis pantai dari *dataset* Landsat TM Tahun 1991 dan ETM+ Tahun 2003

Hasil analisis statistik rerata jarak perpindahan/perubahan posisi tiap garis pantai (m) yang menunjukkan jarak setiap entitas akresi dan erosi selama 12 tahun dalam wilayah AOI disajikan pada Tabel 2. Rerata jarak zona akibat akresi adalah sebesar 5,75-584,04 meter dan rerata jarak perpindahan zona daratan akibat erosi adalah sebesar 6,14-439,32 meter. Dengan analisis spasial selanjutnya diketahui bahwa zona akresi terluas terdapat di kawasan Delta Cipunagara (Patimban, Kabupaten Subang) dengan rerata jarak akresi sebesar 159,32-538,50 meter, Tanjung Lonjakan (Eretan Wetan) sebesar 126,21 meter dan Cangkring sebesar 42,10 meter di mana keduanya masuk dalam wilayah Kabupaten Indramayu. Di lain pihak, zona erosi terbesar terdapat di garis pantai Eretan Kulon dan Eretan Wetan hingga Sukahaji yakni sebesar 117,29 meter hingga 153,34 meter (Gambar 6).

Laju Perubahan Garis Pantai

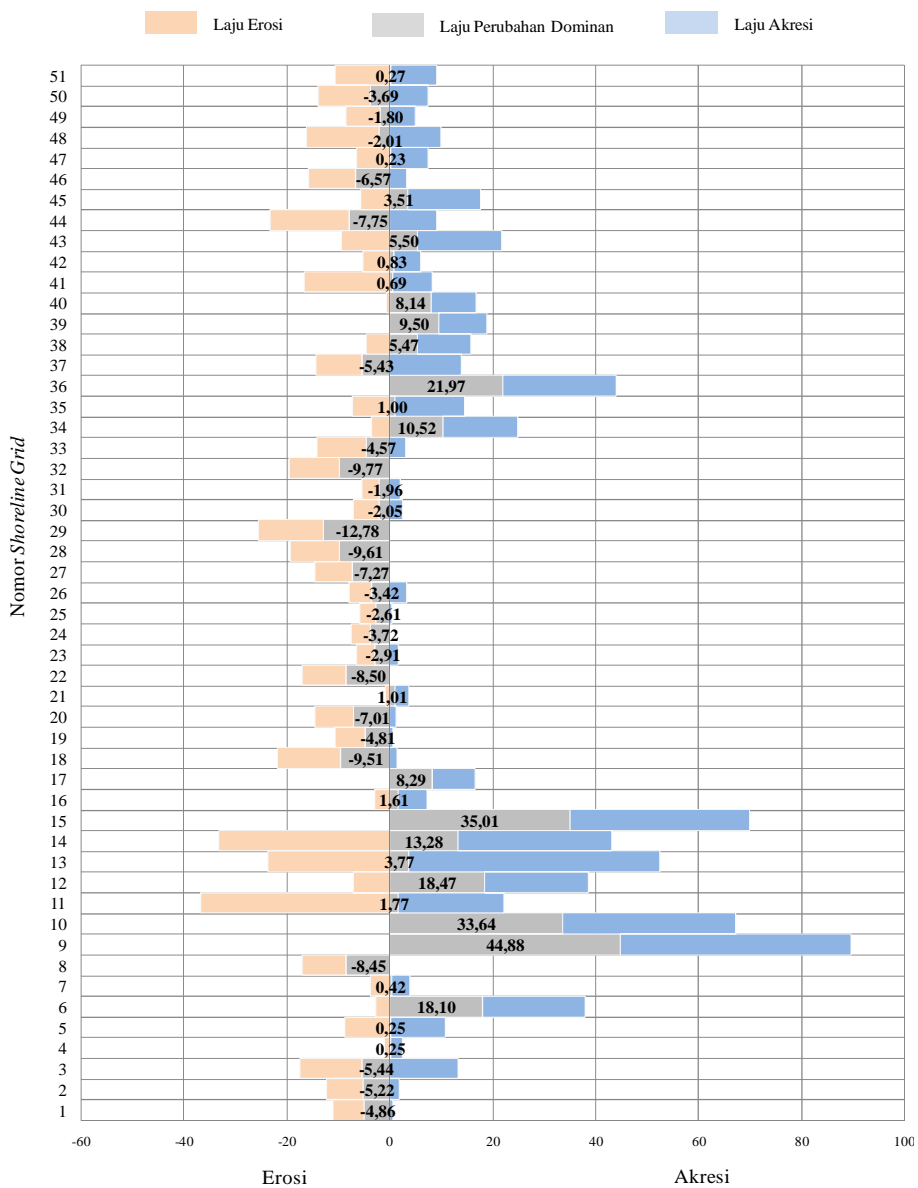
Berdasarkan penandaan entitas tiap transek yakni tanda positif (+) untuk transek berentitas akresi dan tanda negatif (-) untuk transek berentitas erosi maka petunjuk entitas perubahan seluruh posisi yang dominan dalam tiap *shoreline grid* (diwakili oleh panjang tiap transek) selanjutnya ditentukan sebagai jumlah panjang seluruh transek (berdasarkan tanda entitasnya masing-masing) yang ada dalam tiap *shoreline grid* tersebut. Dari teknik ini diperoleh nilai yang mewakili jumlah perubahan seluruh posisi garis pantai pada tiap *shoreline grid* dalam kurun waktu dari tahun 1991 hingga 2003.

Tabel 2. Nilai statistik panjang tiap transek untuk masing-masing entitas dalam tiap *shoreline grid* kurun waktu 12 tahun

No Grid	Cnt_No Gri			Min_Shape_Length			Max_Shape_Length			Ave_Shape_Length			Sum_Shape_Length			SD_Shape_Length			Var_Shape_Length		
	abresi	erosi	perubahan	abresi	erosi	perubahan	abresi	erosi	perubahan	abresi	erosi	perubahan	abresi	erosi	perubahan	abresi	erosi	perubahan	abresi	erosi	perubahan
1	5	24	29	0,19	-28,21	-28,21	1,04	-0,02	1,04	0,74	-6,02	-4,86	3,71	-144,54	-140,82	0,33	6,26	6,24	0,11	39,17	38,95
2	3	13	16	0,40	-13,65	-13,65	4,29	-0,90	4,29	1,95	-6,87	-5,22	5,85	-89,37	-83,52	2,06	3,50	4,80	4,24	12,27	23,03
3	9	26	35	2,58	-32,17	-32,17	37,79	-2,94	37,79	13,23	-11,90	-5,44	119,10	-309,35	-190,25	11,67	9,35	14,85	136,11	87,46	220,53
4	6	11	17	0,34	-1,19	-1,19	4,66	-0,66	4,66	2,39	-0,91	0,25	14,34	-10,03	4,31	1,87	0,20	1,94	3,49	0,04	3,76
5	13	15	28	1,36	-18,88	-18,88	23,38	-1,76	23,38	10,65	-8,76	0,25	138,50	-131,37	7,13	7,29	5,25	11,62	53,13	27,52	135,08
6	34	3	37	0,19	-4,37	-4,37	71,68	-1,09	71,68	19,94	-2,73	18,10	677,81	-8,20	669,61	18,72	1,64	18,99	350,34	2,68	360,64
7	8	6	14	1,00	-8,46	-8,46	5,93	-0,25	5,93	3,54	-3,74	0,42	28,34	-22,47	5,87	1,43	3,14	4,35	2,03	9,84	18,89
8	0	6	6	0	-15,69	-15,69	0	-3,03	-3,03	0	-8,45	-8,45	0	-50,72	-50,72	0	5,63	5,63	0	31,66	31,66
9	27	0	27	6,88	0	6,88	122,72	0	122,72	44,88	0	44,88	1211,62	0	1211,62	29,67	0	29,67	880,26	0	880,26
10	24	0	24	4,40	0	4,40	62,45	0	62,45	33,64	0	33,64	807,36	0	807,36	18,53	0	18,53	343,48	0	343,48
11	33	16	49	2,32	-66,65	-66,65	71,24	-1,11	71,24	20,38	-36,61	1,77	672,49	-585,76	86,73	14,49	20,05	31,54	209,97	402,09	994,70
12	29	2	31	2,72	-8,34	-8,34	71,76	-5,67	71,76	20,23	-7,01	18,47	586,63	-14,01	572,62	16,53	1,89	17,36	273,27	3,58	301,42
13	11	18	29	11,46	-32,43	-32,43	88,72	-0,91	88,72	48,67	-23,67	3,77	535,37	-426,07	109,30	20,95	9,15	38,52	438,89	83,78	1483,67
14	39	14	53	4,41	-66,18	-66,18	122,26	-4,90	122,26	29,97	-33,22	13,28	1168,73	-465,06	703,67	30,16	18,00	39,20	909,64	324,06	1536,72
15	21	0	21	4,63	0	4,63	130,68	0	130,68	35,01	0	35,01	735,21	0	735,21	30,70	0	30,70	942,60	0	942,60
16	11	10	21	0,39	-7,36	-7,36	15,58	-0,16	15,58	5,73	-2,92	1,61	63,03	-29,18	33,86	4,51	2,26	5,66	20,37	5,12	32,07
17	2	0	2	6,18	0	6,18	10,41	0	10,41	8,29	0	8,29	16,58	0	16,58	2,99	0	2,99	8,95	0	8,95
18	4	16	20	0,04	-16,93	-16,93	3,04	-5,07	3,04	1,48	-12,25	-9,51	5,90	-196,04	-190,14	1,47	3,27	6,37	2,16	10,71	40,54
19	3	17	20	0,46	-11,01	-11,01	0,87	-0,10	0,87	0,65	-5,77	-4,81	1,95	-98,12	-96,17	0,21	3,69	4,12	0,04	13,62	17,01
20	1	19	20	1,23	-12,46	-12,46	1,23	-0,98	1,23	1,23	-7,44	-7,01	1,23	-141,37	-140,15	0,00	2,86	3,39	0,00	8,17	11,50
21	1	1	2	2,76	-0,74	-0,74	2,76	-0,74	2,76	2,76	-0,74	1,01	2,76	-0,74	2,02	0,00	0,00	2,47	0,00	0,00	6,12
22	0	22	22	0	-12,64	-12,64	0	-2,42	-2,42	0	-8,50	-8,50	0	-186,98	-186,98	0	2,88	2,88	0	8,29	8,29
23	2	19	21	0,81	-6,02	-6,02	2,59	-0,28	2,59	1,70	-3,40	-2,91	3,39	-64,52	-61,12	1,26	1,42	2,06	1,58	2,01	4,24
24	0	1	1	0	-3,72	-3,72	0	-3,72	-3,72	0	-3,72	-3,72	0	-3,72	-3,72	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
25	1	5	6	0,48	-6,07	-6,07	0,48	-1,11	0,48	0,48	-3,22	-2,61	0,48	-16,12	-15,64	0,00	2,12	2,43	0,00	4,50	5,88
26	2	14	16	1,98	-6,68	-6,68	4,63	-0,18	4,63	3,30	-4,38	-3,42	6,60	-61,27	-54,66	1,87	2,20	3,38	3,50	4,97	11,42
27	0	21	21	0	-10,49	-10,49	0	-3,06	-3,06	0	-7,27	-7,27	0	-152,65	-152,65	0	2,20	2,20	0	4,82	4,82
28	0	10	10	0	-13,13	-13,13	0	-5,46	-5,46	0	-9,61	-9,61	0	-96,13	-96,13	0	2,89	2,89	0	8,32	8,32
29	0	11	11	0	-14,63	-14,63	0	-11,41	-11,41	0	-12,78	-12,78	0	-140,56	-140,56	0	0,79	0,79	0	0,63	0,63
30	8	13	21	1,11	-9,50	-9,50	4,61	-0,49	4,61	2,57	-4,89	-2,05	20,57	-63,57	-43,01	1,16	2,32	4,18	1,35	5,40	17,49
31	5	14	19	0,83	-6,46	-6,46	2,54	-0,02	2,54	2,14	-3,43	-1,96	10,71	-47,95	-37,25	0,74	1,91	3,02	0,55	3,66	9,11
32	0	3	3	0	-11,14	-11,14	0	-8,09	-8,09	0	-9,77	-9,77	0	-29,32	-29,32	0	1,55	1,55	0	2,41	2,41
33	7	11	18	0,23	-20,55	-20,55	9,14	-0,13	9,14	3,15	-9,48	-4,57	22,04	-104,29	-82,26	3,66	7,18	8,67	13,37	51,58	75,19
34	28	8	36	0,74	-5,42	-5,42	53,58	-0,49	53,58	14,52	-3,48	10,52	406,44	-27,82	378,62	11,89	2,18	12,94	141,36	4,77	167,56
35	11	17	28	4,34	-13,39	-13,39	26,14	-0,78	26,14	13,54	-7,11	1,00	148,94	-120,85	28,09	6,72	4,05	11,48	45,15	16,37	131,89
36	3	0	3	21,11	0	21,11	22,94	0	22,94	21,97	0	21,97	65,90	0	65,90	0,92	0	0,92	0,84	0	0,84
37	4	23	27	0,64	-23,78	-23,78	19,97	-0,20	19,97	13,87	-8,79	-5,43	55,48	-202,13	-146,65	8,95	6,62	10,66	80,06	43,83	113,61
38	14	7	21	5,05	-7,24	-7,24	27,73	-2,60	27,73	10,42	-4,42	5,47	145,81	-30,91	114,90	5,55	1,53	8,49	30,85	2,33	72,07
39	3	0	3	7,12	0	7,12	11,33	0	11,33	9,50	0	9,50	28,51	0	28,51	2,16	0	2,16	4,68	0	4,68
40	29	2	31	0,77	-0,97	-0,97	13,19	-0,05	13,19	8,73	-0,51	8,14	253,29	-1,02	252,26	3,89	0,65	4,41	15,12	0,43	19,45
41	42	17	59	0,15	-41,95	-41,95	21,40	-0,59	21,40	7,62	-16,04	0,69	320,17	-279,50	40,68	6,47	16,38	14,98	41,81	268,31	224,40
42	17	13	30	0,02	-8,78	-8,78	20,24	-0,06	20,24	5,31	-5,03	0,83	90,24	-65,40	24,84	4,79	2,97	6,59	22,97	8,85	43,49
43	38	28	66	0,49	-37,90	-37,90	55,15	-0,07	55,15	16,32	-9,18	5,50	620,34	-257,08	363,27	17,37	10,26	19,41	301,78	105,18	376,83
44	29	63	92	0,25	-57,93	-57,93	23,97	-0,28	23,97	9,10	-15,50	-7,75	263,90	-976,57	-712,66	7,08	11,30	15,32	50,12	127,80	234,57
45	17	20	37	1,16	-21,71	-21,71	43,63	-0,65	43,63	14,20	-5,58	3,51	241,34	-111,54	129,80	12,32	5,03	13,44	151,78	25,25	180,59
46	8	30	38	1,07	-26,06	-26,06	8,56	-0,01	8,56	3,45	-9,24	-6,57	27,60	-277,32	-249,72	2,30	7,64	8,61	5,31	58,31	74,22
47	29	31	60	0,05	-23,65	-23,65	18,70	-0,49	18,70	7,29	-6,37	0,23	211,37	-197,37	14,01	4,89	6,64	9,01	23,92	44,15	81,15
48	30	30	60	0,07	-48,32	-48,32	31,47	-1,37	31,47	10,02	-14,04	-2,01	300,65	-421,13	-120,48	7,03	12,79	15,87	49,39	163,46	251,79
49	10	14	24	1,45	-15,43	-15,43	7,50	-1,67	7,50	5,07	-6,71	-1,80	50,71	-93,89	-43,19	2,07	3,35	6,57	4,29	11,26	43,22
50	29	51	80	0,07	-54,84	-54,84	60,37	-0,22	60,37	7,50	-10,05	-3,69	217,37	-512,66	-295,29	11,51	9,55	13,29	132,43	91,25	176,75
51	10	8	18	0,14	-25,98	-25,98	23,13	-0,08	23,13	8,96	-10,58	0,27	89,58	-84,65	4,93	7,53	9,53	12,93	56,71	90,77	167,21

Tabel 3. Nilai statistik laju perpindahan tiap transek setiap tahun untuk masing-masing entitas dalam tiap *shoreline grid*

No Grid	Cnt No Gri			Min Shape Length			Max Shape Length			Ave Shape Length			Sum Shape Length			SD Shape Length			Var Shape Length		
	alasi	erosi	perubahan	alasi	erosi	perubahan	alasi	erosi	perubahan	alasi	erosi	perubahan	alasi	erosi	perubahan	alasi	erosi	perubahan	alasi	erosi	perubahan
11	33	16	49	27,89	-799,79	-799,79	854,88	-13,30	854,88	244,54	-439,32	21,24	8069,83	-7029,08	1.040,75	173,88	240,63	776,14	30235,83	57900,37	143236,26
14	39	14	53	52,87	-794,22	-794,22	1467,12	-58,78	1.467,12	359,61	-398,63	159,32	14024,82	-5580,76	8.444,06	361,92	216,02	973,80	130987,90	46664,75	221287,80
13	11	18	29	137,53	-389,11	-389,11	1064,59	-10,93	1.064,59	584,04	-284,04	45,23	6424,42	-5112,80	1.311,61	251,40	109,84	1.161,04	63200,58	12064,14	213647,92
41	42	17	59	1,79	-503,42	-503,42	256,86	-7,13	256,86	91,48	-197,29	8,27	3842,09	-3353,98	488,11	77,60	196,56	1.054,08	6021,17	38636,80	32313,89
44	29	63	92	2,99	-695,22	-695,22	287,60	-3,32	287,60	109,20	-186,01	-92,96	3166,84	-11718,79	-8.551,95	84,95	135,66	886,53	7217,12	18403,28	33777,93
48	30	30	60	0,86	-579,87	-579,87	377,64	-16,50	377,64	120,26	-168,45	-24,10	3607,80	-5053,50	-1.445,70	84,33	153,42	1.140,75	7112,00	23538,47	36257,07
29	0	11	11	0	-175,61	-175,61	0	-136,87	-136,87	0	-153,34	-153,34	0	-1686,75	-1.686,75	0	9,51	2.419,31	0	90,49	90,49
18	4	16	20	0,47	-203,20	-203,20	36,43	-60,88	36,43	17,71	-147,03	-114,08	70,83	-2352,51	-2.281,68	17,64	39,27	1.736,75	311,15	1541,79	5837,19
3	9	26	35	30,98	-386,01	-386,01	453,44	-35,32	453,44	158,80	-142,78	-65,23	1429,21	-3712,21	-2.283,00	140,00	112,23	206,35	19600,38	12594,82	31756,93
51	10	8	18	1,65	-311,78	-311,78	277,52	-0,99	277,52	107,50	-126,97	3,29	1074,95	-1015,79	59,16	90,37	114,33	2.163,11	8166,78	13070,47	24078,29
50	29	51	80	0,88	-658,11	-658,11	724,46	-2,66	724,46	89,95	-120,63	-44,29	2608,46	-6151,91	-3.543,45	138,09	114,63	999,86	19069,95	13139,89	25451,96
32	0	3	3	0	-133,71	-133,71	0	-97,07	-97,07	0	-117,29	-117,29	0	-351,86	-351,86	0	18,61	5.426,20	0	346,31	346,31
28	0	10	10	0	-157,50	-157,50	0	-65,47	-65,47	0	-115,36	-115,36	0	-1153,57	-1.153,57	0	34,62	2.547,26	0	1198,67	1198,67
33	7	11	18	2,77	-246,65	-246,65	109,73	-1,53	109,73	37,78	-113,77	-54,84	264,43	-1251,49	-987,06	43,88	86,18	1.864,73	1925,44	7427,12	10827,70
46	30	38	38	12,83	-312,67	-312,67	102,73	-0,08	102,73	41,40	-110,93	-78,86	331,23	-3327,87	-2.996,64	27,65	91,63	1.411,46	764,32	8396,95	10687,03
43	38	28	66	5,87	-454,82	-454,82	661,82	-0,81	661,82	195,90	-110,18	66,05	7444,12	-3084,93	4.359,19	208,46	123,07	1.024,01	43456,56	15145,59	54262,80
37	4	23	27	7,73	-285,30	-285,30	239,64	-2,44	239,64	166,44	-105,46	-65,18	665,77	-2425,61	-1.759,84	107,37	79,44	1.540,92	11527,94	6311,17	16359,43
5	13	15	28	16,33	-226,54	-226,54	280,53	-21,12	280,53	127,84	-105,09	3,06	1661,97	-1576,41	85,56	87,47	62,95	2.80,92	7650,27	3963,29	19450,84
22	0	22	22	0	-151,73	-151,73	0	-28,98	-28,98	0	-101,99	-101,99	0	-2243,79	-2.243,79	0	34,55	1.660,21	0	1193,53	1193,53
8	0	6	6	0	-188,29	-188,29	0	-36,34	-36,34	0	-101,44	-101,44	0	-608,62	-608,62	0	67,53	1.077,41	0	4559,62	4559,62
20	1	19	20	14,73	-149,53	-149,53	14,73	-11,77	14,73	14,73	-89,29	-84,09	14,73	-1696,48	-1.681,75	0,00	34,30	1.742,87	0,00	1176,55	1655,61
27	0	21	21	0	-125,88	-125,88	0	-36,69	-36,69	0	-87,23	-87,23	0	-1831,77	-1.831,77	0	26,35	1.706,26	0	694,46	694,46
35	11	17	28	52,14	-160,70	-160,70	313,70	-9,41	313,70	162,48	-85,31	12,04	1787,27	-1450,19	337,08	80,63	48,55	1.504,28	6501,84	2357,54	18991,94
12	29	2	31	32,66	-100,11	-100,11	861,17	-68,01	861,17	242,74	-84,06	221,66	7039,52	-168,13	6.871,39	198,37	22,70	1.003,98	39350,34	515,35	43404,88
2	3	13	16	4,78	-163,75	-163,75	51,43	-10,84	51,43	23,40	-82,49	-62,64	70,21	-1072,43	-1.002,22	24,70	42,03	142,66	610,18	1766,29	3316,76
49	10	14	24	17,42	-185,13	-185,13	89,99	-19,62	89,99	60,85	-80,48	-21,59	608,51	-1126,74	-518,22	24,84	40,26	1.829,18	617,21	1620,72	6223,67
47	29	31	60	0,58	-283,84	-283,84	224,40	-5,86	224,40	87,47	-76,40	2,80	2536,50	-2368,40	168,09	58,69	79,73	1.124,74	3444,36	6357,15	11686,22
1	5	24	29	2,32	-338,52	-338,52	12,53	-0,27	12,53	8,91	-72,27	-58,27	44,57	-1734,45	-1.689,88	3,92	75,10	74,89	15,40	5640,23	5609,23
19	3	17	20	5,47	-132,08	-132,08	10,41	-1,18	10,41	7,80	-69,26	-57,70	23,40	-1177,44	-1.154,04	2,48	44,29	1.741,39	6,16	1961,73	2449,63
45	17	20	37	13,89	-260,52	-260,52	523,53	-7,86	523,53	170,36	-66,92	42,10	2896,11	-1338,50	1.557,62	147,84	60,30	1.426,45	21856,32	3636,33	26004,96
42	17	13	30	0,20	-105,38	-105,38	242,93	-0,67	242,93	63,70	-60,37	9,94	1082,85	-784,77	298,08	57,51	35,69	1.492,84	3307,94	1273,68	6261,99
30	8	13	21	13,35	-114,03	-114,03	55,34	-5,88	55,34	30,85	-58,68	-24,58	246,79	-762,90	-516,10	13,94	27,87	1.715,22	194,36	776,97	2519,19
38	14	7	21	60,55	-86,83	-86,83	332,74	-31,18	332,74	124,98	-52,99	65,66	1749,71	-370,91	1.378,80	66,65	18,32	1.761,50	4442,42	335,76	10378,45
26	2	14	16	23,75	-80,10	-80,10	55,50	-2,16	55,50	39,62	-52,52	-41,00	79,25	-735,23	-655,98	22,45	26,74	1.969,53	504,17	715,27	1644,01
7	8	6	14	11,95	-101,53	-101,53	71,14	-2,98	71,14	42,51	-44,94	5,04	340,12	-269,62	70,50	17,10	37,64	666,85	292,57	1416,81	2719,44
24	0	1	1	0	-44,61	-44,61	0	-44,61	-44,61	0	-44,61	-44,61	0	-44,61	-44,61	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
34	28	8	36	8,88	-65,04	-65,04	642,96	-5,85	642,96	174,19	-41,73	126,21	4877,26	-333,80	4.543,46	142,67	26,21	1.309,43	20355,54	686,81	24127,95
31	5	14	19	9,95	-77,56	-77,56	30,54	-0,29	30,54	25,70	-41,10	-23,52	128,48	-575,44	-446,96	8,86	22,97	1.808,56	78,53	527,73	1311,91
23	2	19	21	9,69	-72,21	-72,21	31,03	-3,39	31,03	20,36	-40,75	-34,93	40,72	-774,21	-733,49	15,09	17,02	1.704,74	227,60	289,83	610,08
25	1	5	6	5,75	-72,90	-72,90	5,75	-13,37	5,75	5,75	-38,68	-31,27	5,75	-193,39	-187,64	0,00	25,44	3.410,42	0,00	647,27	846,81
16	11	10	21	4,69	-88,28	-88,28	186,94	-1,89	186,94	68,77	-35,01	19,35	756,42	-350,12	406,29	54,15	27,15	1.690,70	2932,57	737,10	4618,61
6	34	3	37	2,28	-52,40	-52,40	860,20	-13,10	860,20	239,23	-32,81	217,17	8133,71	-98,44	8.035,27	224,61	19,65	333,36	50448,26	386,03	51932,78
4	6	11	17	4,04	-14,33	-14,33	55,98	-7,95	55,98	28,68	-10,94	3,04	172,10	-120,38	51,72	22,43	2,41	316,76	503,06	5,83	541,87
21	1	2	2	33,12	-8,87	-8,87	33,12	-8,87	33,12	33,12	-8,87	12,13	33,12	-8,87	24,25	0,00	0,00	7.606,36	0,00	0,00	881,77
40	29	2	31	9,25	-11,69	-11,69	158,33	-0,58	158,33	104,81	-6,14	97,65	3039,44	-12,27	3.027,17	46,66	7,85	1.440,75	2176,85	61,65	2801,42
17	2	0	2	74,12	0	74,12	124,89	0	124,89	99,50	0	99,50	199,00	0	199,00	35,90	0	7.561,66	1288,77	0	1288,77
39	3	0	3	85,39	0	85,39	136,00	0	136,00	114,06	0	114,06	342,18	0	342,18	25,97	0	5.574,48	674,24	0	674,24
36	3	0	3	253,36	0	253,36	275,25	0	275,25	263,62	0	263,62	790,85	0	790,85	11,01	0	5.527,28	121,19	0	121,19
10	24	0	24	52,80	0	52,80	749,41	0	749,41	403,68	0	403,68	9688,35	0	9.688,35	222,40	0	887,81	49460,64	0	49460,64
15	21	0	21	55,61	0	55,61	1568,22	0	1.568,22	420,12	0	420,12	8822,52	0	8.822,52	368,42	0	1.633,57	135734,85	0	135734,85
9	27	0	27	82,60	0	82,60	1472,60	0	1.472,60	538,50	0	538,50	14539,49	0	14.539,49	356,03	0	593,60	126756,83	0	126756,83



Gambar 7. Diagram rerata laju perubahan garis pantai (m/thn) dalam tiap *shoreline grid* sepanjang pantai dalam wilayah AOI

Hasil analisis statistik EPR dalam bentuk laju perubahan tahunan (meter/tahun) disajikan Tabel 3. Ringkasan dari masing-masing nilai entitas laju akresi dan erosi dalam tiap *shoreline grid* disajikan pada Gambar 7. Sselama periode 12 tahun sebanyak 49,02% dari 51 buah *shoreline grid* di sepanjang kawasan pesisir pantai dalam wilayah AOI mengalami erosi dengan laju erosi antara 1,80 – 12,78 m/tahun. Sisanya sebanyak 50,98% *shoreline grid* mengalami akresi dengan laju akresi berkisar antara 0,23 – 44,88 m/tahun.

Kesimpulan dan Saran

Modifikasi teknik *single transect* dapat digunakan menggantikan teknik pengekstraksian nilai jarak titik pengukuran pada *pluggin* DSAS yang menjadi dasar penentuan nilai ukuran jarak perpindahan suatu lokasi garis pantai. Penerapan dengan *pluggin* DSAS bagi fiturset *polyline* yang kompleks menyulitkan dan menyita penggunaan *resource* (waktu dan tenaga pengeditan serta tenaga perangkat komputer). Penggunaan modifikasi teknik *single transect* terhadap data citra Landsat yang dikombinasikan dengan metode *end point rate* menunjukkan bahwa perubahan berupa selama periode 12 tahun di sebagian pantai Kabupaten Subang sebelah Timur Laut dan pantai Utara Indramayu lebih didominasi oleh akresi (50,98%) dibandingkan erosi (49,02%).

Perlu dilakukan pengamatan perbandingan teknik serupa terhadap berbagai jenis dataset yang berbeda, misalnya pada fiturset hasil ekstraksi di antara jenis dataset resolusi menengah (citra SPOT), resolusi tinggi (citra *Quickbird* dan *Ikonos*) atau jenis dataset lain (peta-peta tematik dan foto udara).

Daftar Pustaka

- Alesheikh AA, Ghorbanali A, Nouri N. 2007. Coastline change detection using remote sensing. *Int J Environ Sci Tech*, 4(1): 61-66.
- Bapeda-Jabar. 2007. Atlas sumberdaya pesisir dan laut wilayah pantai bagian Utara Provinsi Jawa Barat. <http://www.bapeda-jabar.go.id/>
- Chan P and Acharya P. 2010. Shoreline change and sea level rise along coast of Bhitarkanika wildlife sanctuary, Orissa: An analytical approach of remote sensing and statistical techniques. *Int J Geom & Geos*, 1(3): 436-455
- Dolan R, Fenster MS, Holme SJ. 1991. Temporal analysis of shoreline recession and accretion. *J Coast Res*, 7(3): 723-744.
- Hapke CJ, Himmelstoss EA, Kratzmann MG, List JH, Thieler ER. 2010. National assessment of shoreline change: historical shoreline change along the New England and Mid-Atlantic Coasts. USGS Report: 2010-1118
- Kasim F. 2011. Penilaian kerentanan pantai menggunakan metode integrasi CVI-MCA dan SIG, studi kasus: garis pantai pesisir Utara Indramayu. [Thesis] Jurusan Ilmu Kelautan. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor
- Ongkosongo OSR. 1980. Geology: The oceanographic features of the coastal region between Jakarta and Cirebon, in Bird ECF and Soegiarto A (Edt) Proceedings of the Jakarta Workshop on Coastal Resources Management, 11 - 15 September 1979. LIPI-The United Nations Univ

- Rekamudra PT. 2007. Fenomena abrasi dan akresi di Pantai Utara Jawa Barat. <http://rekamudra.com/fenomena-abrasi-dan-akresi-di-pantai-utara-jawa-barat/>
- Rubiman dan Rahayuningsih SK. 2008. Pengamatan sosial budaya masyarakat Pantura Indramayu bagian Barat (Desa Pegagan, Ujung Gebang, Sukra hingga Sumber Mas). *Warta Oseanografi XXII* (1) Jan - Maret 2008
- Thieler ER, O'Connell JF, Schupp CA. 2001. The Massachusetts Shoreline Change Project: 1800s to 1994; Technical Report. USGS Adm Report NOAA
- UNDP Indonesia. 2007. sisi lain perubahan iklim : mengapa indonesia harus beradaptasi untuk melindungi rakyat miskinnya. UNDP Indonesia
- Winarso GJ and Budhiman S. 2001. The potential application remote sensing data for coastal study. [Paper] presented at the 22nd Asian conference on remote sensing, 5 - 9 November 2001, Singapore. Centre for remote imaging, sensing and processing (CRISP), National University of Singapore; Singapore Institute of Surveyors and Valuers (SISV); Asian Association on Remote Sensing (AARS)
- Yusuf AA and Francisco HA. 2009. climate change vulnerability mapping for Southeast Asia. Economy and environment program for Southeast Asia (EEPSEA). 22 Cross Street, #02-55 South Bridge Court, Singapore