

# KAJIAN PERUBAHAN GARIS PANTAI MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT MULTITEMPORAL DI KOTA SEMARANG

Julio Noronha Marques  
julio.noronha.marquez@gmail.com

Nurul Khakhim  
nurulkhakhim@ugm.ac.id

## Abstract

*Semarang city is the capital of central Java Province. Development in Semarang city is growing, so large land requirement encourage reclamation. The influence of reclamation activities have an impact on the dynamics of the coastline in the coastal city of Semarang. The purpose of this study is to identify changes in the shoreline of Semarang using Landsat TM image from 1994, 2004 and 2014 and to analyze the rate of change of the shoreline in the city of Semarang. The methods used in this research are image interpretation and field surveys. The results of the analysis of shoreline change is done by overlaying (Overlay), a single transect method to produce an average length of shoreline change. Overlay tentative maps from 1994-2004 and 2004-2014 will produce a map of the shoreline changes over the past 20 years. These results indicate a change in Semarang coastline dominated by the reclamation area of 35.9 hectares in 1994-2004 and 241.9 hectares in the years 2004-2014; and abrasion area of 108.78 hectares in 1994-2004 and 73.7 hectares in 2004-2014. The process of sedimentation in Semarang city is very small with an area of 19.34 hectares in 1994-2004 and 2.14 hectares in 2004-2014. The Reclamation areas that experienced in the coastal city of Semarang are mostly in the District of West Semarang, North Semarang, District Tugu and partly leading to Semarang District of West. While coastal erosion generally occurs in coastal areas Genuk subdistrict, Semarang North west, and most of the District Tugu. Hidrooseanografi factors, soil degradation and human factors are quite influential in changing dynamics of coastal shoreline Semarang City.*

Keywords: *Shoreline, Abrasion, Sedimentation, Reclamation, and Semarang City.*

## Intisari

Kota Semarang merupakan ibu kota Provinsi Jawa Tengah. Pembangunan Kota Semarang sangat berkembang sehingga kebutuhan lahan mendorong kegiatan reklamasi. Pengaruh kegiatan reklamasi berdampak terhadap dinamika garis pantai pesisir Kota Semarang. Tujuan penelitiannya mengidentifikasi perubahan garis pantai menggunakan Landsat TM tahun 1994, 2004 dan 2014. Metode penelitiannya adalah interpretasi citra, survey lapangan. Hasil analisis perubahan garis pantai dilakukan *Overlay*, serta *single transect* menghasilkan panjang rata-rata perubahan garis pantai. *Overlay* peta tentatif 1994-2004 dan 2004-2014 akan menghasilkan peta perubahan garis pantai selama 10 tahunan. Hasil penelitian menunjukkan reklamasi seluas 35,9 hektar di tahun 1994-2004 dan 241,9 ha di tahun 2004-2014; serta abrasi 108,78 ha tahun 1994-2004 dan 73,7 hektar di tahun 2004-2014. Proses sedimentasi sangat kecil dengan luas 19,34 ha di tahun 1994-2004 dan 2,14 ha di tahun 2004-2014. Kawasan yang mengalami reklamasi di Kecamatan Semarang Barat, Semarang Utara serta sebagian Tugu bagian barat. Sementara abrasi pantai terjadi di kawasan pesisir Genuk, Semarang Utara sebelah barat, dan sebagian Tugu. Faktor hidrooseanografi, penurunan tanah dan reklamasi cukup berpengaruh dalam dinamika perubahan garis pantai pesisir Kota Semarang.

Kata kunci: Garis Pantai, Abrasi, Sedimentasi, Reklamasi dan Kota Semarang.

## PENDAHULUAN

Kota Semarang adalah Ibukota Provinsi Jawa Tengah dengan jumlah penduduk sebanyak 1.438.733 jiwa berdasarkan pada tahun 2005. Jumlah penduduk yang tinggi di Kawasan Semarang mendorong percepatan pembangunan di Kota Semarang. Kemajuan pembangunan di Kota Semarang telah mengalami dinamika yang sangat pesat dalam berbagai hal, terutama dalam pembangunan fisik di Kota Semarang (Nugroho, 2013). Pembangunan fisik yang umumnya tidak memperhatikan kearifan lingkungan mengakibatkan berbagai masalah di Kota Semarang. Akibat dari banyaknya pembangunan di Kawasan Semarang, maka eksploitasi air tanah yang berlebihan mendorong turunnya muka air tanah diikuti penurunan muka tanah. Pembangunan di kawasan pesisir di Semarang yang menjorok ke laut. Adanya peristiwa perubahan iklim global juga mendorong pencairan es di kutub sehingga muka air laut semakin tinggi. Hal ini mendorong penurunan garis pantai di kawasan Semarang.

Perkembangan cepat teknologi penginderaan jauh membuat metode ini menjadi metode survey kontinyu dan muthakir. Cukup banyak aplikasi penginderaan jauh yang dapat digunakan untuk pemantauan perubahan garis pantai di suatu kawasan. Salah satu diantaranya adalah aplikasi Citra Landsat (Gathot Winarso, dkk .2008). Penggunaan citra satelit landsat multispektral pada saluran 432 (Landsat 7) dan 543 (Landsat 8) ini banyak digunakan

untuk mengetahui pemisahan tubuh air dan tubuh darat sehingga mampu untuk pemantauan perubahan garis pantai yang ada di luasan kawasan menengah dalam jangka waktu tahunan.

Peneliti tertarik akan perubahan garis pantai di Kota Semarang menggunakan aransemen citra Landsat multispektral

Tujuan penelitiannya untuk mengidentifikasi perubahan garis pantai di Kota Semarang menggunakan data citra Landsat (tahun 1994,2004 dan 2014) dan menganalisis laju perubahan garis pantai di Kota Semarang pada tahun perekaman citra Landsat (tahun 1994 - 2004 dan tahun 2004 - 2014).

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah interpretasi citra dan survey lapangan. Hasil analisis perubahan garis pantai dilakukan dengan tumpang susun (*Overlay*), serta metode *single transect* untuk menghasilkan panjang rata-rata perubahan garis pantai. Pengolahan data sekunder dilakukan untuk mengetahui parameter yang mempengaruhi perubahan garis pantai.

### 1. Tahap Persiapan.

Tahapan ini antara lain:

1. studi pustaka dan laporan penelitian sebelumnya terkait dengan judul penelitian yang akan dilakukan.
2. pengumpulan Citra Landsat yang sesuai dengan tujuan penelitian.
3. pengumpulan data sekunder dari instansi pemerintah maupun swasta terkait daerah kajian dan data sekunder parameter oseanografis yaitu arus,

gelombang, dan kecepatan angin daerah pesisir Kota Semarang.

## 2. Tahap Pemrosesan data

### a. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan untuk meminimalisir kesalahan nilai piksel saat perekaman cira satelit. Koreksi radiometrik bertujuan untuk mengembalikan nilai piksel citra (DN) ke nilai pantulan pada permukaan bumi (*at-surface reflectance*). Perubahan nilai dari DN ke nilai pantulan pada permukaan bumi harus diawali terlebih dahulu dengan konversi nilai DN ke nilai pantulan pada sensor. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Dark Object Substraction (DOS)*. Dos mengasumsikan bahwa nilai digital objek tergelap di permukaan bumi haruslah nol. Namun pada kenyataannya, nilai digital pada masing-masing band tidak selalu nol.

### b. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik bertujuan untuk mengatasi kesalahan-kesalahan geometri citra yang terjadi saat proses perekaman citra oleh sensor satelit. Koreksi ini dilakukan dengan menentukan titik control lapangan atau *Ground Control Point (GCP)*. GCP yang dipilih di lapangan dengan memilih obyek-obyek yang mudah dikenali. Titik GCP juga dilakukan dengan menentukan daerah yang tidak terkena pengaruh pasang surut. Sedangkan untuk GCP di wilayah perairan, GCP diusahakan merupakan objek yang tetap, dan tidak berpindah. Koreksi geometrik dengan cara ini hanya dilakukan pada citra Landsat yang terbaru.

### c. Crooping

*Crooping* dilakukan karena wilayah penelitian tidak mencakup semua citra. Hal ini dilakukan agar lebih mudah dan fokus untuk melakukan intepretasi dan pengolahan citra lebih lanjut.

### d. Masking

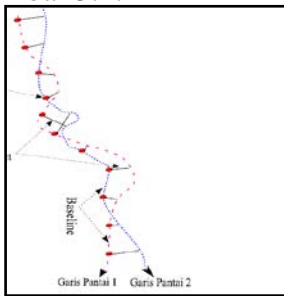
*Masking* bertujuan untuk memisahkan tubuh air dengan daratan. Pada tahap *masking*, band yang digunakan adalah band 4 dan 5 dimana aplikasi dari saluran ini lebih fokus untuk membedakan tubuh air. Dalam software ENVI, terdapat dua tahapan dalam melakukan masking, yaitu *build mask* dan *apply mask*. *Build mask* digunakan untuk membangun citra *mask* dari nilai-nilai data tertentu, rentang nilai, nilai-nilai terbatas atau tak terbatas, ROI, ENVI vector file (EVFs) dan file info.

### e. Pembuatan peta tentatif garis pantai

Pembuatan peta tentatif garis pantai pada tahun 1994, 2004 dan 2014 terlebih dahulu dilakukan koreksi dan kalibrasi garis pantai. Koreksi dan kalibrasi garis pantai ini dilakukan dengan pengecekan lapangan, namun dipilih pada lokasi yang dapat mewakili kondisi yang ada. Pemilihan lokasi ini berdasarkan *purpositive sampling*, yaitu daerah yang banyak mengalami perubahan pada hasil interpretasi, maka lokasi cek lapangan akan semakin banyak, sehingga dari lokasi lapangan yang dicek tersebut akan mewakili seluruh kondisi perubahan garis pantai yang terjadi. Landsat TM 7 digunakan untuk membuat peta tentatif tahun 1994 dan tahun 2004, sedangkan 2014 menggunakan citra Landsat 8.

#### f. Penentuan Panjang Rata-Rata Perubahan Garis Pantai

Panjang perubahan garis pantai rata-rata didapatkan murni dari hasil interpretasi citra Landsat TM. Metode yang digunakan adalah metode *single transect* (ST). Metode ini menggunakan garis-garis transek dengan jarak sesuai dengan resolusi maksimal spasial citra yang digunakan. Dalam hal ini, dikarenakan citra yang digunakan adalah citra Landsat TM yang memiliki resolusi spasial 30 meter, maka jarak setiap titik adalah 30 meter. Adapun panjang perubahan garis pantai rata-rata didapatkan dari rata-rata panjang transek tiap tahun. Sedangkan gambaran transek yang dilakukan oleh penulis dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 1. Gambaran mengenai metode *Single Transect*

Sumber : Karim 2010.

### 3. Kerja Lapangan

Kerja lapangan dilakukan agar penentuan batas garis pantai tepat dan sesuai dengan keadaan di lapangan. Untuk melakukan pengecekan garis pantai, dilakukan berdasarkan sampling dengan mengambil sampel di lapangan. Penentuan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Sampel yang diambil sebanyak dua puluh lima titik yang terletak menyebar di sepanjang pantai wilayah penelitian. Rentang pasang

surut dapat diperoleh pada saat pengecekan garis pantai dan didukung oleh data sekunder. Perolehan data lapangan gelombang dan angin menggunakan metode data sekunder dari BMKG maupun tulisan-tulisan terdahulu yang terkait dengan penelitian ini

### 4. Tahap Penyelesaian

Data-data yang diperoleh hasil pengolahan citra dan data sekunder disajikan ke dalam bentuk peta, gambar, dan tabel yang sesuai dengan tujuan penelitian. Melalui pemrosesan tumpangtindih peta garis pantai juga dapat diperoleh kesimpulan apakah garis pantai termasuk dalam tipe abrasi dan akresi. Selain itu luas dari perubahan garis pantai juga dapat diketahui. Perubahan garis pantai bahkan dapat diketahui dari tahun 1994 sampai 2014. Besarnya luasan perubahan kemudian dianalisis dan dibahas secara lebih luas dengan mengkaitkannya dengan data parameter oseanografis dan data sekunder lainnya. Data sekunder oseanografis juga ditampilkan dalam bentuk grafik dan diagram sehingga lebih mudah dilihat *trend* perkembangannya.

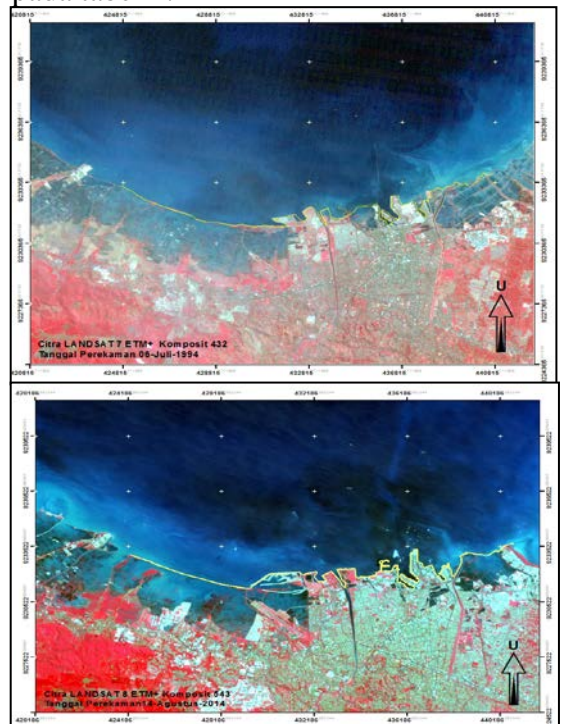
Hasil interpretasi garis pantai 1994, 2004 dan 2014 di *overlay* untuk mendapatkan peta perubahan garis pantai dari tahun 1994-2004, dan peta perubahan garis pantai tahun 2004-2014. Dari peta ini nantinya akan diperoleh luasan perubahan garis pantai. Luasan perubahan garis pantai ditampilkan dalam bentuk tabel perubahan garis pantai.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

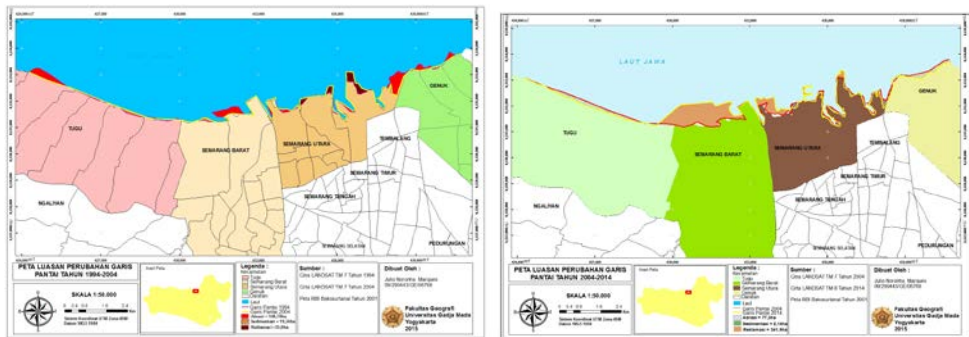
Interpretasi garis pantai dapat dilakukan setelah citra dilakukan masking. Pengolahan citra melakukan interpretasi citra sesuai dengan tujuan penelitian. Interpretasi citra merupakan tahapan pengkajian citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti penting objek (Sutanto, 1986). Interpretasi yang digunakan peneliti yaitu secara digital, dimana hasil citra masking didigitasi untuk mengetahui batas darat dan laut. Penyusunan citra komposit dilakukan untuk mempermudah mengenali objek-objek yang diinterpretasi. Peneliti menggunakan komposit 432 untuk Landsat 7 karena band 4 dengan panjang gelombang 0,76-0,90 (inframerah dekat) 'mudah untuk membatasi tubuh air dari daratan, band 3 panjang gelombang 0,63-0,69 (merah) mudah untuk melihat daerah yang menyerap klorofil khususnya tumbuhan mangrove yang ada di pesisir pantai sedangkan band 2 (0,52-0,60) spektral hijau dimanfaatkan untuk nilai pantul hijau pucuk tumbuhan dan penafsiran aktifitas budi daya manusia yang ada di sekitar pesisir. Pada Landsat 8 ada peningkatan spektral sehingga menggunakan komposit 543 karena spektral inframerah dekat ada di band 5, gelombang merah ada di band 4 dan band 3 digelombang hijau. Pada gambar 1.

Kedua citra dengan selisih perekaman 10 tahun ditumpang susun untuk mendapat garis pantai. Penentuan garis

pantai dengan proses digital dilakukan pada saluran tunggal dari Landsat 7 ETM tahun 1994, 2004 yaitu band 4 dan Landsat 8 tahun 2014 dengan saluran tunggal yaitu band 5. Operasi tumpang susun peta garis pantai dilakukan untuk mengetahui luasan perubahan garis pantai dari tahun 1994-2004 dan tahun 2004-2014. Dari hasil tumpang susun ini tampak perubahan garis pantai baik penambahan daratan (akresi) maupun pengurangan daratan (abrasi). Hasil perubahan garis pantai dapat dilihat pada gambar 2. Sedangkan luasan perubahan garis pantai dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 1. Citra Landsat 7 komposit 432 (atas) dan Landsat 8 komposit (543) bawah.



Gambar 2. Peta perubahan garis pantai Kota Semarang tahun 1994-2004 (kiri) dan 2004-2014 (kanan).

Sumber : interpretasi Citra Landsat tahun perekaman 1994, 2004 dan 2014.

Tabel 1. Luasan perubahan garis pantai Kota Semarang tahun 1994-2004 dan tahun 2004-2014.

Sumber : Interpretasi citra Landsat

proses	luasan perubahan (ha)	
	1994-2004	2004-2014
abrasi	108,78	77,3
sedimentasi	19,34	2,14
reklamasi	35,9	241,9

1994, 2004, dan 2014

Hasil tumpang susun Landsat 7 tahun 1994 dan 2004 menghasilkan perubahan baik abrasi, sedimentasi maupun reklamasi. Berdasarkan tabel 1, perubahan garis pantai adalah 35,9 hektar dan sedimentasi hanya 19,34 hektar. Proses abrasi paling banyak terjadi di Kecamatan Semarang Utara, Tugu bagian barat dan Genuk bagian timur. Proses sedimentasi terjadi di Kecamatan Genuk, Tugu dan Semarang Barat, sedangkan reklamasi pantai hanya ada di Kecamatan Semarang Utara. Abrasi yang paling parah terjadi di Kelurahan Tanjung Emas yang berbatasan langsung dengan Terboyo Kulon seluas 309.465,48m<sup>2</sup>, Kelurahan Manggungharjo, Tugu seluas 286.265,46 m<sup>2</sup>, dan Kelurahan

Tawang Sari, Semarang Barat seluas 256.694,11 m<sup>2</sup>. Reklamasi paling mencolok terjadi di Kelurahan Tanjung Emas bagian barat seluas 216.478,67 m<sup>2</sup> di sekitar kawasan pelabuhan dan Kelurahan Bandarharjo seluas 105.899,93 m<sup>2</sup> untuk keperluan lahan industri. Sedimentasi paling nampak di Kelurahan Karang Anyar, Tugu dengan luasan 74.399,38 m<sup>2</sup>.

Hasil perubahan garis pantai tahun 2004-2014 menunjukkan proses reklamasi mendominasi perubahan wilayah pesisir Kota Semarang dengan luasan 241,9 hektar. Sedangkan proses abrasi seluas 77,3 hektar dan sedimentasi hanya 2,14 hektar. Proses reklamasi terjadi di Kecamatan Semarang Utara, Semarang Barat dan sebagian Kecamatan Tugu yang hingga bulan Agustus 2015 masih berlanjut. Rencana peta pola ruang Kota Semarang tahun 2011-2031 kawasan ini direklamasi untuk peruntukan kawasan transportasi, permukiman, dan perkantoran serta kawasan wisata. Reklamasi terbesar terjadi di Pantai Maron lebih tepatnya berada di Kelurahan Tambakharjo, Semarang Barat dan Tugurejo, Tugu seluas

1.246.539,47 m<sup>2</sup> dan 289.442,08 m<sup>2</sup>. Proses abrasi terjadi di Kecamatan Genuk, Semarang Utara dan sebagian Kecamatan Tugu dengan kawasan yang mengalami abrasi paling luas berada di Kelurahan Karang Anyar, Tugu seluas 132.207,49 m<sup>2</sup>. Proses sedimentasi 2,14 hektar berada di Kecamatan Genuk atau lebih tepatnya Kelurahan Terboyo Kulon.

Perubahan garis pantai di Kawasan Pesisir Semarang memiliki banyak faktor penyebab. Secara garis besar, Triatmodjo (2009), King (1974) dan Phetic (1984) menyebutkan faktor utama penyebab dinamika garis pantai adalah oleh 3, yaitu gelombang, arus dan pasang surut. Selain itu, beberapa peneliti yang lain seperti Danang (2011) mengatakan bahwa faktor lain di kawasan pesisir Semarang juga mempengaruhi, yaitu penurunan tanah, dan faktor pengaruh lainnya seperti kebijakan pembangunan di kawasan pesisir Semarang hingga reklamasi pantai. Berdasarkan penelitian pola pasang surut yang dilakukan Rachman, dkk (2015) di kawasan pesisir Kota Semarang dengan menggunakan metode *admiralty*, kawasan pesisir Semarang memiliki jenis pasang surut campuran condong ke harian ganda. Dengan demikian, proses gelombang pengerosi serta transport sedimen yang terjadi pesisir Kota Semarang lebih kompleks jika dibandingkan dengan kawasan yang memiliki jenis pasang surut harian tunggal ataupun campuran cenderung harian tunggal. Lebih lanjut, Triadmodjo (2009) dan Sutirto, dkk (2014) mengatakan bahwa pada pasang surut yang memiliki waktu surut lebih lama daripada waktu surut

dan berada pada titik tinggi pasang yang tinggi, maka siklus pasang ini memiliki kekuatan yang besar untuk membangkitkan gelombang pengerosi, meskipun tenaga yang dihasilkan tidak lebih besar jika dibandingkan dengan gelombang yang dibangkitkan angin.

Data Pasut perairan Semarang tahun 2002-2012 oleh BMKG menunjukkan bahwa kawasan pesisir Kota Semarang cenderung lebih banyak mengalami surut daripada pasang. Kejadian pada awal tahun perekaman 2002 hingga maret 2005 menunjukkan pasang surut yang terjadi di pelabuhan Tanjung Perak umumnya selama beberapa hari terjadi surut besar hingga ketinggian surut dibawah alat ukur. Intensitas kejadian ini berkurang hingga melewati Desember 2006 dimana kejadian surut di pesisir Semarang tidak pernah turun melewati alat ukur. Kejadian berkurangnya intensitas muka air laut yang berada di bawah alat ukur ini menunjukkan adanya kenaikan rerata muka air laut di perairan Kota Semarang. Wiratsatria (2009, dalam Nugroho, 2013) memaparkan adanya trend penurunan MSL di Kota Semarang. Trend penurunan MSL yang terjadi di Kota Semarang disebabkan oleh faktor global, yaitu mencairnya es kutub yang disebabkan oleh mencairnya es abadi di berbagai wilayah. Pencairan es ini diakibatkan oleh pemanasan global.

Kejadian pasang luar biasa dapat dilihat pada tabel 2. Kejadian pasang maksimal umumnya terjadi pada bulan Mei atau pada awal musim timur. Kejadian Pasang puncak dapat membangkitkan gelombang yang merusak pantai. Namun, gelombang

yang dibangkitkan oleh pasang surut pada umumnya lebih kecil daripada gelombang yang dibangkitkan oleh angin (Triatmodjo, 2009).

Tabel 2. Kejadian pasang luar biasa perairan Kota Semarang tahun 2002-2012 (dalam cm)

Tahun	rerata pasang maksimal	rerata surut minimal
2002	62.28	4.90
2003	69.99	6.08
2004	75.19	8.44
2005	75.99	15.30
2006	83.79	17.36
2007	93.40	28.88
2008	112.02	53.81
2009	128.00	61.45
2010	134.35	65.22
2011	130.48	37.71
2012	81.54	27.99

Sumber: BMKG, 2015

Tabel 3. rerata pasang maksimal dan surut minimal perairan Semarang tahun 2002-2012(dalam cm)

tanggal	tahun	h maks
4 Mei	2002	100
14 Mei	2003	100
29 Mei dan 9 Juni	2004	105
4 Mei	2005	115
19 Mei	2006	122
14 Mei	2007	130
16 dan 10 Nov	2008	140
1 dan 2 Mei	2009	150
6, 20 dan 22 Mei	2010	150
21, 22, 26, 27 Mei	2011	115
5, 12, 13 April	2012	120

Sumber: BMKG, 2015

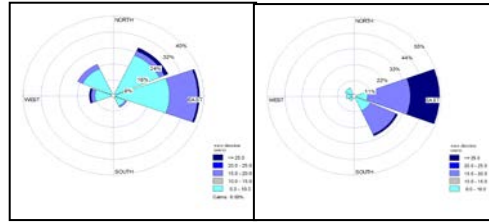
Dahuri (2001) mengatakan tenaga angin adalah tenaga yang

paling berperan dalam memecah batuan. Data angin yang didapatkan dari BMKG (dalam Danang, 2012) memperlihatkan hembusan angin yang bertiup di Kota Semarang bervariasi, dimana pada musim barat pada bulan Desember-Februari, perairan Semarang dipengaruhi oleh angin monsun barat yang bertiup dari barat menuju ke timur. Sementara pada musim timur yang terjadi pada Juni-Agustus angin yang berhembus di perairan Kota Semarang bergerak dari arah timur ke barat. Triatmodjo (2009) mengatakan tinggi gelombang yang dibangkitkan oleh angin akan dipengaruhi oleh empat faktor, yaitu arah dan kecepatan angin, lama angin berhembus dari fetch serta fetch. Berasumsi bahwa gelombang pesisir Semarang dibangkitkan oleh angin, maka arah datang gelombang akan tidak jauh berbeda dengan arah gerak angin serta panjang gelombang yang dihasilkan akan bernanding lurus dengan kecepatan dan lama angin berhembus. Dengan demikian, maka kemungkinan terjadinya gelombang pantai yang merusak terjadi pada saat puncak musim barat yang berhembus dari arah barat laut menuju ke arah tenggara dan timur. Sedangkan pada musim timur, kawasan pesisir perairan Semarang mengalami potensi gelombang merusak pada bulan Juli dan Juni dengan arah angin yang bergerak dari arah timur dan timur tenggara menuju arah barat dan barat barat daya. Bentuk pesisir Semarang mengakibatkan pada musim barat pesisir Tugu dan sebagian pesisir Semarang Barat bagian barat lebih terlindung dari pengaruh gempuran gelombang. Sementara kawasan



pesisir Semarang Utara dan Genuk lebih terbuka dengan gelombang pada musim barat. Akibatnya, Kecamatan Semarang Utara dan Genuk mengalami erosi karena berada tegak lurus dengan arah datang gelombang pada musim barat. Sementara pada musim timur, kawasan pesisir Tugu dan sebagian pesisir Semarang bagian barat lebih terbuka terhadap gelombang. Data tinggi gelombang pecah dari BMKG yang didapatkan oleh peneliti pada tahun 1994, 2004 dan 2012 menunjukkan bahwa perairan Semarang memiliki tinggi gelombang pecah yang cukup tinggi. Kisaran gelombang pecah paling rendah terjadi pada periode antar musim dengan kisaran antara 1 meter hingga 2,5 m. Tinggi gelombang paling ekstrim terjadi pada kisaran musim barat. Peneliti berasumsi gelombang dibangkitkan oleh angin, yang bertiup akibat monsun dan tidak ada bentukan yang mengakibatkan difraksi gelombang. Maka, gelombang yang bergerak tidak jauh berbeda dengan arah angin bertiup. Pada musim barat. Gelombang bergerak dari arah barat ke arah timur dan menghantam perairan Tanjung Emas.

Triatmodjo (2009) mengatakan hal yang mempengaruhi arus sepanjang garis pantai adalah tinggi dan arah gelombang pecah. Berdasarkan data yang diterbitkan oleh BMKG tahun perekaman 2012, arus sepanjang garis pantai tidak dipengaruhi oleh monsun. Arah arus di pesisir Kota Semarang justru berbalik arah dengan arah angin yang berhembus. Adapun mawar gelombang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Mawar arus perairan Semarang pada musim barat(kanan) dan timur (kiri) tahun 2012

Sumber: pengolahan data BMKG, 2012

Arus permukaan pesisir Semarang pada musim barat adalah arus yang dominan bergerak dari arah timur dan timur laut yang akan mengantam kawasan pesisir Semarang bagian barat. Sementara pada periode musim timur, arus laut kawasan pesisir Semarang bergerak dari arah timur dan tenggara menuju barat dan barat laut. Marfai (2011) mengatakan bahwa di Kota Semarang terjadi penurunan muka tanah di kawasan pesisir kota Semarang. Penyebab utama dari penurunan muka tanah yang terjadi di Kawasan pesisir Kota Semarang utamanya disebabkan karena pemadatan tanah di Kota Semarang. Faktor lainnya, naiknya *Mean Sea level* (MSL) di seluruh bumi diakibatkan adanya pemanasan global. Wirasatriya (2006, dalam Nugroho, 2013) mengatakan penurunan tanah di kawasan Kota Semarang memiliki kecenderungan semakin tinggi ketika mendekati kawasan pesisir. Kawasan pesisir yang mengalami penurunan muka tanah paling tinggi adalah kawasan pesisir Tanjung Emas dan Terboyo Kulon, disusul oleh kawasan pesisir Bandar Harjo, Trimulyo.

Triatmodjo(2012) mengatakan bangunan pelindung pantai untuk melindungi pesisir reklamasi dan gelombang mengubah arah arus pantai

yang datang. Hal ini mengakibatkan gelombang merusak maupun arus yang membawa sedimen mengalmi pembelokan. Pasca tahun 1994, kawasan pesisir yang berada di sebelahnya (Tawang Sari bagian barat) mengalami erosi besar. Triatmodjo (2009) pembelokan arus yang disebabkan oleh bangunan pelindung pantai berpengaruh terhadap erosi. Hasil pengamatan lapangan yang dilakukan oleh peneliti juga menunjukkan bahwa kawasan pesisir yang tidak dilindungi dengan pelindung pantai yang baik memiliki kecenderungan mengalami abrasi lebih besar jika dibandingkan dengan kawasan pesisir yang dilindungi pelindung pantai memadai.

## KESIMPULAN

1. Dinamika garis pantai di pesisir pantai Kota Semarang berdasarkan citra Landsat selama tahun 1994-2004 didominasi proses abrasi pantai, sedangkan 2004-2014 didominasi proses reklamasi. Proses sedimentasi pantai di Kota Semarang sangat kecil di tahun 1994-2004 dan hampir tidak ada pada tahun perekaman 2004-2014.
2. Selama tahun 1994-2004, Pesisir Kota Semarang mengalami reklamasi seluas 35,9 ha, abrasi seluas 108,78 ha dan sedimentasi seluas 2,14 ha. Sementara di tahun 2004-2014, Kawasan Pesisir Kota Semarang mengalami reklamasi seluas 241,9 ha, abrasi seluas 73,7 ha dan sedimentasi seluas 19,34 ha.

## DAFTAR PUSTAKA

Akhdiat, Danang Winarto. 2012. Kajian Perubahan Garis Pantai Kota Semarang dan Konsep

Penanggulangan Berdasarkan Analisis Kerentanan. Thesis. fakultas Geografi Universitas Gadjah mafa/ Yogyakarta.

Dahuri, Rokhmin. 2001. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut Secara Terpadu edisi ke-3. Penerbit PT. Paradnya Paramita, Jakarta

Marfai, Muhamad Aries 2011. Impact coastal inundation on ecology and agricultural land use case study in Central Java, Indonesia. *Quetion geographicae hal 19-32.*

Muchlisin Arief, Gathot Winarso, dan Teguh Prayogo. 2008. Kajian Perubahan Garis Pantai Menggunakan data Satelit Landsat di Kabupaten Kendal. *Jurnal penginderaan jauh vol 8: Jakarta*

Nugroho, Septiono Hari, 2013. Prediksi luas genangan pasang surut (rob) berdasarkan analisis data spasial di Kota Semarang, Indonesia. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi vol 4. Jakarta*

Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh: Jilid II.* Gadjah Mada University Press : Yogyakarta.

Triatmodjo, Bambang. 2009, *Teknik Pantai*, cetakan ke lima. Beta Offset. Yogyakarta

Triatmodjo, Bambang. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai.* Beta Offset. Yogyakarta .

Karim, Faisal. 2010. Laju Perubahan Garis Pantai Menggunakan Modifikasi Teknik Single Transec & Metode Point Rate (EPR): Studi Kasus Pantai Sebelah Utara Indramayu-Jawa Barat. *Jurnal Ilmiah Agropolitan Volume 3 Nomor 2 September 2010. Jakarta.*