

Identifikasi Fluktuasi Muka Air Laut dengan Menggunakan Pendekatan Penginderaan Jauh Daerah Tegal, Jawa Tengah

Pascuela Maria Graciana Manikin¹, Ignatius Adi Prabowo^{1*}

¹Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : adi.prabowo@itny.ac.id

ABSTRAK

Daerah Tegal merupakan salah satu daerah pesisir yang berbatasan langsung dengan pantai Utara Jawa sehingga dapat mengalami perubahan garis pantai yang disebabkan oleh fluktuasi muka air laut. Studi terkait fluktuasi muka air laut berkaitan erat dengan pasang surut dan perubahan garis pantai. Untuk melihat suatu perubahan garis pantai di perlukan metode yang tepat salah satunya dengan menggunakan Metode Penginderaan Jauh, selain itu juga di perlukan metode perhitungan berupa Metode Admiralty untuk menentukan nilai rata – rata serta tipe dari pasang surut. Dari hasil perhitungan di peroleh Nilai MSL tahunan di Stasiun Pengamatan Pasang Surut Kota Cirebon, Jawa Barat pada tahun 2014-2017 berturut-turut yaitu sebesar 67.85 cm, 73.75 cm, 81.42 cm, 85.50 cm dan untuk nilai Laju kenaikan muka air laut rata - rata adalah 5,97 cm per tahun dengan tipe pasang campuran condong ke ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*), berdasarkan pengamatan penginderaan jauh terlihat perubahan garis pantai sepanjang tahun 2014 -2017 akibat dari fluktuasi muka air laut yang ada.

Kata Kunci : fluktuasi, pasang surut, perubahan garis pantai.

ABSTRACT

Tegal area is one of the coastal areas directly adjacent to the north coast of Java so that it can experience changes in coastline caused by fluctuations in sea level. Studies related to sea level fluctuations are closely related to tides and shoreline changes. To see a change in coastline, an appropriate method is needed, one of which is using the Remote Sensing Method, besides that, a calculation method in the form of the Admiralty Method is needed to determine the average value and type of tide. From the calculation results, it was obtained that the annual MSL value at the Tidal Observation Station of Cirebon City, West Java in 2014-2017 was 67.85 cm, 73.75 cm, 81.42 cm, 85.50 cm and for the value of the average sea level rise rate. is 5.97 cm per year with mixed tide prevailing semidiurnal, based on remote sensing observations, changes in coastline during 2014-2017 are due to fluctuations in sea level.

Keywords: fluctuations, tides, shoreline changes.

1. PENDAHULUAN

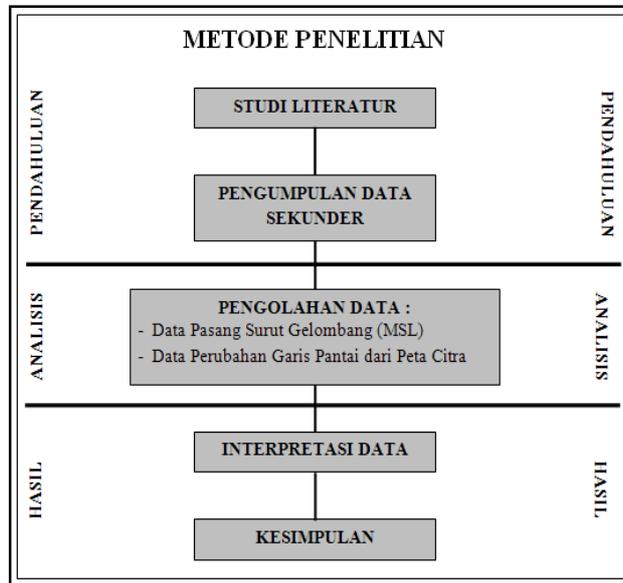
Kabupaten Tegal merupakan daerah bagian dari provinsi Jawa Tengah, yang terletak pada koordinat 108°57'6" – 109°21'30" Bujur Timur serta 6°50'41" – 7°15'30" Lintang Selatan. Daerah Tegal merupakan salah satu daerah pesisir yang berbatasan langsung dengan pantai Utara Jawa dan Kabupaten Tegal memiliki garis pantai sepanjang 30 km. Hal ini membuat daerah Tegal menjadi salah satu daerah yang diperkirakan akan mengalami dampak dari fenomena fluktuasi muka air laut. Fluktuasi muka air laut sendiri merupakan suatu fenomena perubahan muka air laut baik pasang maupun surut. Periode dimana muka air naik disebut pasang, sedangkan periode dimana muka air laut turun disebut surut.

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut yang disebabkan oleh gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut bumi. Gaya-gaya pembangkit pasang surut ditimbulkan oleh gaya tarik menarik bumi, bulan dan matahari (Triatmodjo, 2012). Perkataan pasang surut biasanya dikaitkan dengan proses naik turunnya paras laut (*sea level*) secara berkala yang ditimbulkan oleh adanya gaya tarik dari benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan, terhadap massa air di bumi (Pariwono, 1989). Proses pasang surut ini dapat dilihat di daerah pantai sehingga dapat berguna bagi kegiatan manusia yang hidup di perairan pantai seperti pelayaran dan penangkapan/budidaya sumberdaya hayati perairan. Perubahan permukaan laut dapat merujuk pada perubahan dalam kisaran pasang surut, dapat terjadi akibat variabilitas dalam karakteristik pasang surut yang disebabkan oleh pembangunan wilayah pesisir buatan dalam skala besar.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi perubahan pasang surut air laut berdasarkan nilai rata – rata muka air laut (MSL), menentukan karakteristik dari pasang surut, dan mengidentifikasi perubahan pada garis pantai yang ada di daerah Kabupaten Tegal, Provinsi Jawa Tengah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai dan karakteristik dari pasang surut muka air laut serta perubahan garis pantai yang ada di daerah Kabupaten Tegal, Provinsi Jawa Tengah.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan data – data sekunder yang telah ada, kemudian di lakukan pengolahan dan analisis data dengan menggunakan hasil data pasang surut air laut (MSL), data kenaikan muka air laut yang diolah menggunakan metode *Admiralty*, selain itu juga dengan memperhatikan perubahan pada garis pantai dengan menggunakan metode penginderaan jauh berupa peta Citra Landsat. Dari hasil data yang telah diolah maka akan di lakukan interpretasi untuk memperoleh kesimpulan (Gambar 1).



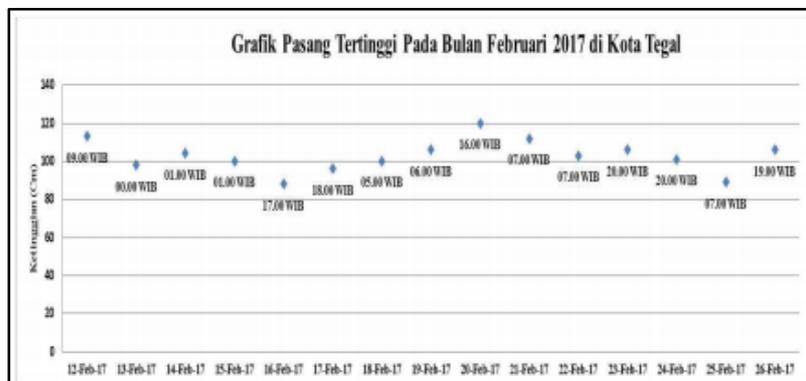
Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

3. HASIL DAN ANALISIS

Pada penelitian ini, analisis yang digunakan yaitu dengan menganalisis data pasang surut dengan metode area sampling, data kenaikan muka air laut dengan metode *Admiralty* dan identifikasi batas garis pantai dengan Citra Landsat sehingga dapat mengetahui perubahan garis pantai pada daerah penelitian sepanjang tahun 2014 – 2017.

3.1 Sub Bab 1 Kondisi Pasang Surut Daerah Penelitian

Data yang digunakan berupa data Studi Kasus di salah satu pantai yang ada di daerah Tegal, yaitu di daerah Pantai Alam Indah, Kecamatan Tegal Timur, Kota Tegal, Jawa Tengah. Pengambilan data pasang surut lapangan dilakukan pada tanggal 12-26 Februari 2017. Penentuan titik pengamatan pasang surut ditentukan dengan menggunakan metode area sampling menurut Sugiyono (2009). metode area sampling (sampling daerah) digunakan dalam menentukan sampel apabila obyek atau sumber data yang akan diteliti yang cukup luas. Jadi, titik pengamatan pasang surut di lokasikan di daerah yang tepat untuk bisa menggambarkan kondisi keseluruhan pasang surut di daerah Kota Tegal.



Gambar 2. Grafik Pasang tertinggi perairan Kota Tegal tanggal 12 Februari – 26 Februari 2017 (Ardhian Indra Cahya dkk, 2017)

Nilai pasang tertinggi dan surut terendah yang terukur oleh perekam pasang surut adalah 120 dan 38 cm. Gambar 2 merupakan grafik pasang tertinggi perairan Kota Tegal pengamatan lapangan tanggal 12 Februari – 26

Februari 2017. Pengolahan nilai harmonik pasang surut tersebut menghasilkan nilai elevasi rata - rata muka air laut (MSL), muka air tinggi tertinggi (HHWL) dan muka air rendah terendah (LLWL) dengan nilai masing-masing adalah 76,49 cm, 133,77 cm dan 19,2 cm. Data hasil pengukuran pasang surut di perairan lokasi penelitian selanjutnya dilakukan analisis harmonik dengan menggunakan metode *Admiralty* sehingga diperoleh suatu angka konstanta harmonik pasang surut yang meliputi Amplitudo (A), M₂, S₂, K₁, O₁, N₂, K₂, P₁, M₄, MS₄.

Pengolahan dengan menggunakan metode *Admiralty* tersebut menghasilkan komponen harmonik pasang surut berupa nilai M₂, S₂, N₂, K₂, K₁, O₁, P₁, M₄ dan MS₄ serta nilai *fromzahl*.

Tabel 1. Komponen Harmonik Pasang Surut Hasil Perhitungan dengan Metode *Admiralty* di Perairan Kota Tegal tanggal 12 Februari – 26 Februari 2017

	S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	K_2	O_1	P_1	M_4	MS_4
A (cm)	76,49	16,43	8,54	5,9	13,3	2,31	3,04	4,41	1,67	1,64
G	-	267	220	123	263	220	290	263	329	130

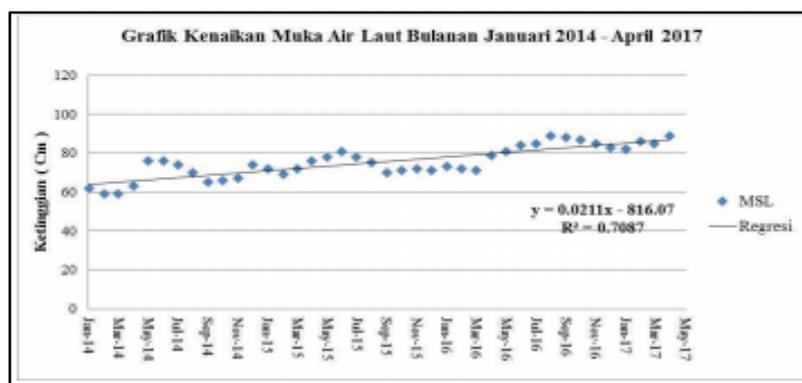
Tabel 2. Hasil Karakteristik Pasang Surut berdasarkan nilai bilangan *Formzal*

Bilangan <i>Formzal</i>	Jenis Pasang Surut
0,00 < F < 0,25	Pasang surut harian ganda beraturan
0,25 < F < 1,50	Pasang surut campuran condong ke harian ke ganda
1,50 < F < 3,00	Pasang surut campuran condong ke harian tunggal
3,00 < F	Pasang surut harian tunggal beraturan

Nilai *Fromzal* yang didapat sebesar 0.654 sehingga karakteristik pasang surut di Kota Tegal berdasarkan nilai tersebut adalah campuran condong ke ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*).

3.2 Sub Bab 2 Kenaikan Muka Air Laut Daerah Penelitian

Perhitungan laju kenaikan muka air laut dilakukan dengan cara mengolah data pasang surut hasil pengamatan Stasiun Pengamatan Pasang Kota Cirebon tahun 2014- 2017 dengan menggunakan metode *Admiralty*. Pengolahan dengan menggunakan metode *Admiralty* tersebut menghasilkan komponen-komponen harmonik pasang surut. Kemudian dari komponen-komponen harmonik yang diperoleh dihitung nilai MSL bulanan dari tahun 2014-2017. Setelah itu nilai MSL bulanan dari tahun 2014- 2017 dirata-ratakan tiap tahunnya sehingga menghasilkan nilai MSL tahunan dari tahun 2014-2017. Pada penelitian ini nilai penurunan muka tanah yang terjadi di lokasi penelitian diabaikan. Sehingga kenaikan muka air laut yang terjadi adalah hasil dari pemanasan global. Dengan demikian laju kenaikan muka air laut yang dihitung adalah laju kenaikan muka air laut relatif.



Gambar 3. Grafik Kenaikan Muka Air Laut Rerata bulanan Januari 2014 – April 2017 (Ardhian Indra Cahya dkk, 2017)

Perhitungan laju kenaikan muka air laut dilakukan dengan menggunakan data pasang surut pengamatan 4 tahun dari tahun 2014-2017 hasil pengamatan Stasiun Pengamatan Pasang Surut Kota Cirebon, Badan Informasi Geospasial. Metode *Admiralty* digunakan untuk mendapatkan nilai muka air laut rerata (MSL). Gambar 3 menunjukkan grafik kenaikan muka air laut rerata bulanan Januari 2014- April 2017 hasil pengamatan Stasiun Pasang Surut Kota Cirebon, Badan Informasi Geospasial. Berdasarkan nilai MSL bulanan selanjutnya diperoleh nilai MSL tahunan.

Berdasarkan nilai MSL tahunan yang didapat, terlihat kenaikan nilai MSL dari tahun ke tahun. Nilai MSL tahunan di Stasiun Pengamatan Pasang Surut Kota Cirebon, Jawa Barat pada tahun 2014-2017 berturut-turut yaitu sebesar 67.85 cm, 73.75 cm, 81.42 cm, 85.50 cm. Gambar 4 menunjukkan grafik kenaikan muka air laut tahunan 2014-2017 hasil pengamatan Stasiun Pasang Surut Kota Cirebon, Badan Informasi Geospasial.



Gambar 4. Kenaikan Muka Air Laut Tahunan, Tahun 2014 – 2017 (Ardhian Indra Cahya dkk, 2017)

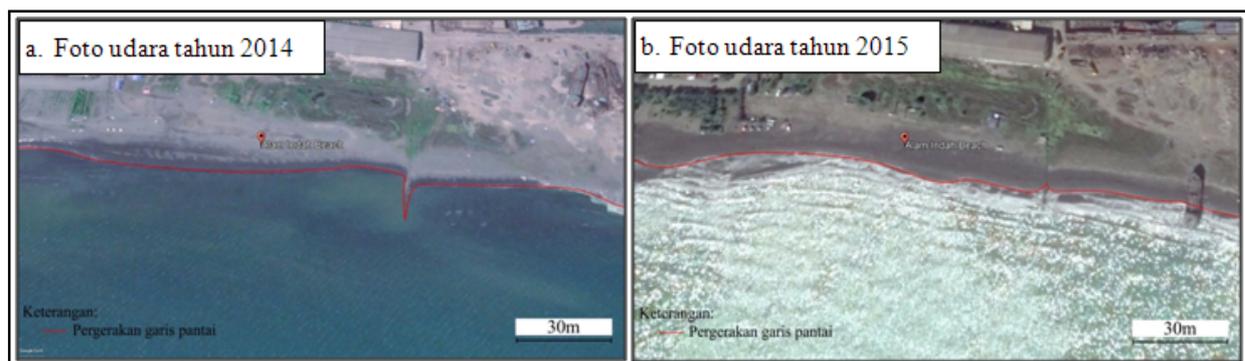
Tabel 3. Laju Kenaikan Muka Air Laut Rerata (MSL) Tahun 2014 – 2017

No	Tahun	Kenaikan (cm)
1	2014 – 2015	6,17
2	2015 – 2016	7,67
3	2016 – 2017	4,08
Rata-rata		5,97

Laju kenaikan muka air laut rata - rata didapat dari penjumlahan nilai rata-rata selisih muka air laut dari tahun ke tahun antara tahun 2014–2017. Laju kenaikan muka air laut rerata adalah 5,97 cm per tahun. Selisih MSL tahunan yang dihitung dari tahun 2014 – 2017 ditampilkan dalam Tabel 3.

3.3 Sub Bab 3 Kenampakan Daerah Penelitian Menggunakan Citra Landsat

Proses pemantauan perubahan garis pantai pada daerah Kawasan Pantai Alam Indah, daerah Tegal, Jawa Tengah dilakukan dengan analisis penginderaan jauh citra satelit (Google Earth). Berdasarkan data – data penginderaan jauh citra satelit yang ada, dapat dilihat bahwa setiap beberapa tahun sekali, garis pantai yang ada di daerah penelitian mengalami perubahan ataupun fluktuasi akibat dari gelombang baik pasang maupun surut serta kenaikan muka air laut yang ada di daerah tersebut. Foto udara yang tertangkap terlihat seperti gambar berikut:



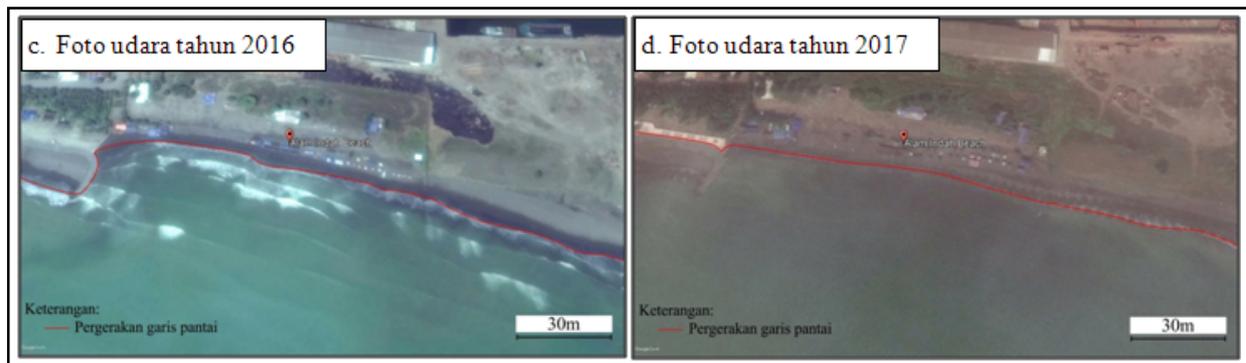
Gambar 5. Kenampakan Garis Pantai di daerah Penelitian Tahun 2014 – 2015 menggunakan Penginderaan Jauh (Google earth)

Pada foto udara tahun 2014 menggambarkan kondisi Pantai Alam Indah, Tegal, Jawa Tengah masih dalam keadaan normal dan juga terlihat kenampakan pada bagian timur foto udara dimana suplai sedimen yang ada sedikit condong ke arah laut, Namun, pada foto udara tahun 2015 terlihat adanya perubahan garis pantai dan suplai sedimen yang berada di bagian timur yang condong ke arah laut mulai hilang akibat dari pasang gelombang air laut dimana laju kenaikan muka air laut rata - rata yang terjadi pada tahun 2014 – 2015 sebesar 6,17 cm.



Gambar 6. Kenampakan Garis Pantai di daerah Penelitian Tahun 2015 – 2016 menggunakan Penginderaan Jauh (Google earth)

Seperti terlihat pada foto udara tahun 2015 terlihat keadaan dimana jarak antara air laut dan daratan semakin mendekat. Namun, pada tahun 2016, terjadi perubahan yang cukup besar dimana dapat di lihat melalui foto udara dimana posisi dari air laut mulai menjorok ke darat dan jarak antara daratan dan air laut lebih dekat di banding dengan tahun sebelumnya. Hal ini disebabkan akibat dari kenaikan muka air laut yang cukup besar di banding dengan tahun – tahun yang lain yaitu laju kenaikan muka air laut rata - rata antara tahun 2015 - 2016 sebesar 7,67 cm.



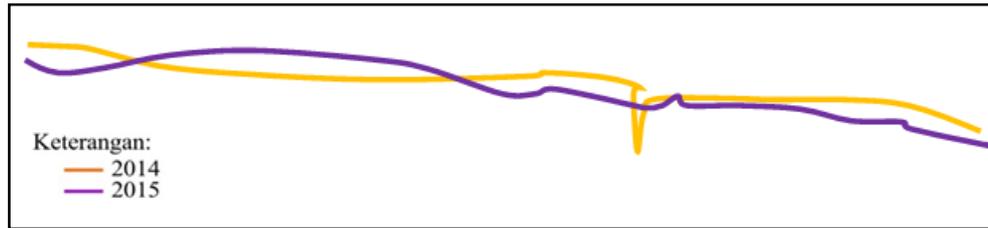
Gambar 7. Kenampakan Garis Pantai di daerah Penelitian Tahun 2016 – 2017 menggunakan Penginderaan Jauh (Google earth)

Pada tahun 2016 foto udara yang ada menggambarkan posisi dari air laut mulai menjorok ke darat, namun masih terlihat adanya suplai sedimen yang menjorok ke arah laut pada bagian kiri foto, Sedangkan pada tahun 2017, foto udara menunjukkan kondisi garis pantai pada daerah penelitian mengalami perubahan namun tidak terlalu besar, bagian suplai sedimen mulai tertutup oleh air laut, sedangkan pada daerah pesisir bagian kanan foto terjadi penurunan muka air laut. Muka air laut pada tahun 2016 – 2017 pun mengalami laju kenaikan muka air laut rata - rata yang sangat kecil yaitu dengan nilai 4,08 cm.

Berdasarkan data pasang surut tahunan yang telah di peroleh seperti terlihat pada grafik (Gambar 3), daerah Pantai Alam Indah, Tegal, Jawa Tengah, mengalami kenaikan berturut-turut sepanjang tahun 2014 - 2017 yaitu sebesar 67.85 cm, 73.75 cm, 81.42 cm, 85.50 cm. Hal ini menunjukkan bahwa salah satu faktor adanya perubahan pada garis pantai di daerah penelitian adalah adanya pengaruh dari kenaikan muka air laut yang terjadi secara signifikan sepanjang tahun 2015 – 2017.

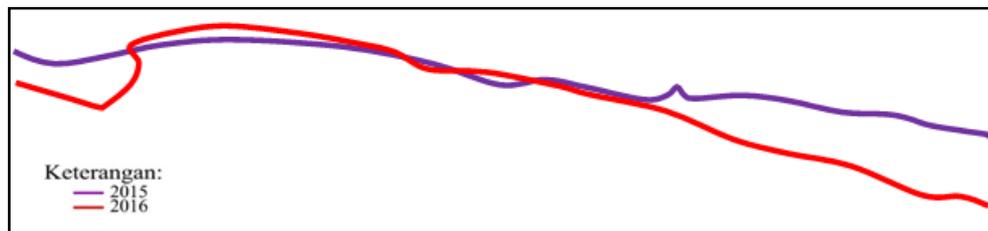
3.4 Sub Bab 4 Perubahan Garis Pantai

Analisis perubahan garis pantai pada penelitian ini menggunakan metode analisis penginderaan jauh berupa citra satelit atau foto udara yang telah terekam sepanjang tahun 2014 – 2017. Foto udara yang telah ada ini digunakan untuk membandingkan antara satu citra dan lainnya yang menampilkan perbedaan pada garis pantai. Penggunaan data citra satelit terkini dapat menghasilkan pengukuran yang sama dengan pengukuran langsung di daerah penelitian.



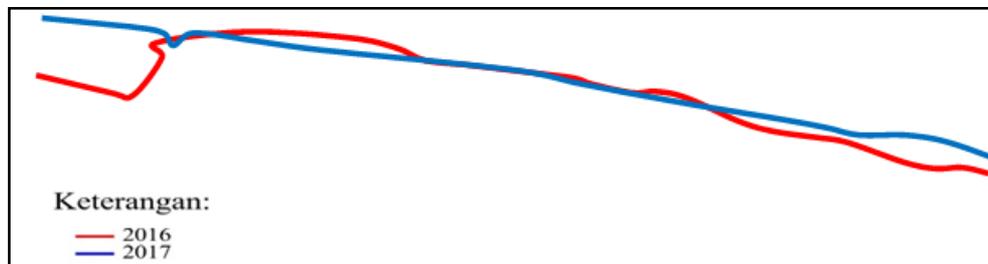
Gambar 8. Kenampakan Garis Pantai di daerah Penelitian Tahun 2014 - 2015 Menggunakan Corel

Berdasarkan data analisis pembandingan antara foto citra yang satu dengan yang lain sepanjang tahun 2014 – 2017 di peroleh hasil dimana pada tahun 2014 – 2015 terjadi perubahan garis pantai dimana suplai sedimen pada pinggir pantai mengalami penurunan akibat gelombang air laut yang naik sehingga jarak antara daratan dan pinggir pantai terlihat begitu dekat.



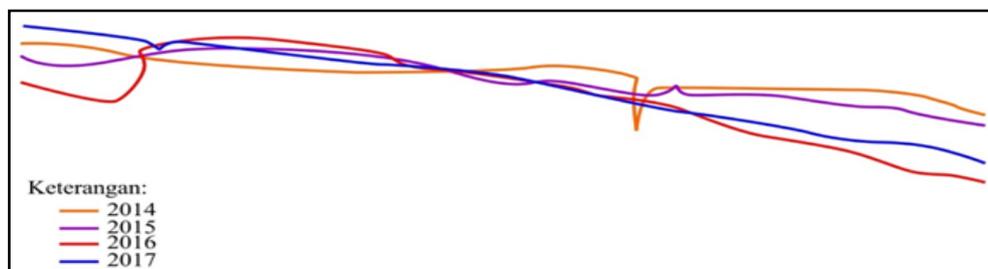
Gambar 9. Kenampakan Garis Pantai di daerah Penelitian Tahun 2015 - 2016 Menggunakan Corel

Pada tahun 2015 – 2016 terjadi perubahan yang cukup besar dimana dataran dengan garis batas laut mulai terlihat dekat. Pada tahun 2015 - 2016 laju kenaikan muka air laut rata - rata sebesar 7,67 cm.



Gambar 10. Kenampakan Garis Pantai di daerah Penelitian Tahun 2016 - 2017 Menggunakan Corel

Pada tahun 2016 – 2017 terlihat bahwa garis pantai masih cenderung sama dengan tahun sebelumnya, hal ini karena kenaikan muka air laut yang relatif kecil, sehingga batas bentuk dari garis pantai relatif sama dengan tahun sebelumnya.



Gambar 11. Kenampakan Garis Pantai di daerah Penelitian Tahun 2014 - 2017 Menggunakan Corel

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang telah di analisis dan interpretasi terkait identifikasi fluktuasi muka air laut dengan menggunakan pendekatan penginderaan jauh di daerah penelitian, maka kesimpulan yang di peroleh adalah :

1. Nilai pasang surut berdasarkan data lapangan dari tanggal 12 – 26 Februari tersebut menghasilkan beberapa data berikut di antaranya :
 - MSL (elevasi rata - rata muka air laut), dengan nilai 76,49 cm.
 - HHWL (muka air tinggi tertinggi), dengan nilai : 133,77 cm
 - LLWL (muka air rendah terendah), dengan nilai 19,2 cm.
2. Nilai Fromzhl yang didapat sebesar 0.654 sehingga karakteristik pasang surut di Kota Tegal berdasarkan nilai tersebut adalah campuran condong ke ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*). Di peroleh menggunakan perhitungan metode *Admiralty*.
3. Terjadi perubahan garis pantai yang cukup signifikan hal ini dilihat berdasarkan data – data sebagai berikut:
 - Nilai MSL tahunan di Stasiun Pengamatan Pasang Surut Kota Cirebon, Jawa Barat pada tahun 2014-2017 berturut-turut yaitu sebesar 67.85 cm, 73.75 cm, 81.42 cm, 85.50 cm dan untuk nilai Laju kenaikan muka air laut rata - rata adalah 5,97 cm per tahun. Hal ini menyebabkan perubahan garis pantai.
 - Pengamatan citra satelit sepanjang tahun 2014 – 2017 menunjukkan daerah penelitian mengalami perubahan garis pantai yang cukup terlihat jelas dimana dilihat dari jarak antara daratan dan garis pantai yang mengalami pergeseran dari tahun ke tahun. Hal ini membuktikan bahwa pasang surut memberikan dampak yang cukup besar terhadap perubahan pada garis pantai.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada Bapak Ignatius Adi Prabowo, S.T.,M.Si., selaku dosen pendamping yang memberikan masukan serta saran dalam melakukan penelitian ini, serta kepada Kampus ITNY (Institut Teknologi Nasional Yogyakarta). Semoga hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian di masa yang akan datang yang jauh lebih rinci.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahya, A.I., Helmi, M., Setiyono, H. Pengaruh Kenaikan Muka Air Laut Terhadap Area Genangan Pada Penggunaan Lahan di Pesisir Kota Tegal, Jawa Tengah. *Jurnal Oseanografi*. Volume 6, Nomor 4, Tahun 2017, Halaman 599 – 606.
- [2] Fadilah, Suripin, Sasongko D.P. Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty, *Maspri Jurnal*, Volume 6, Nomor 1, Januari 2014: 1-12.
- [3] Google Inc. 2016. *Google Earth: Kenampakan daerah Tegal dengan Citra Satelit*, 23 Oktober 2020, 07.24 pm.
- [4] Kristi L, Saputro S, Hariadi. 2014, Perubahan Garis Pantai Larangan, Kabupaten Tegal Melalui Pendekatan Model Genesis (Generalized Model for Simulating Shoreline Change), *Jurnal Oseanografi*. Volume 3, Nomor 1, Tahun 2014, Halaman 52-56.
- [5] Luhwahyudin M, Suntoyo, Wahyudi C. 2012, Analisa Perubahan Garis Pantai Tegal dengan Menggunakan Empirical Orthogonal Function (EOF), *Jurnal Teknik ITS*, Volume 1, Nomor 1, September 2012.
- [6] Nugroho S.H. 2012, Mitigasi dampak kenaikan muka laut di Pantai Alam Indah Kota Tegal Jawa Tengah melalui pendekatan Geomorfologi, *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol. 3 No. 1 April 2012: 31 – 40
- [7] Pariwono, J.I., 1989. Gaya Penggerak Pasang Surut. Dalam Pasang Surut. Dalam Pasang Surut, *Jurnal Segara*, Vol.13 No.1 April 2017: 65-73
- [8] Pruszk, Z., dan Zawadzka, E., 2008, Potential implications of sea-level rise for Poland: *Journal of Coastal Research*, v. 24 (2), p 410–422.
- [9] Pugh, D., T., 1987, *Tides, surges and mean sea level*, John Wiley & Sons, Chichester.
- [10] Sageta Y.F, Widada S, Setiyono H., Analisa Data Pasang dan Satelit Altrimetri sebagai Kajian Fluktuasi Muka Air Laut di pesisir Kota Surabaya Periode 2000-2009, *Jurnal of Oceanography*, vol. 1, no. 1, pp. 40-48, Juli. 2013.
- [11] Setiadi, R., Mihardja, K., Dadang. Makalah: Analisis Pasang-Surut di Daerah Cilacap dan Surabaya, PASANG-SURUT, *Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi*, Jakarta. Volume XXXII, Nomor 1, 2007: 15-22.
- [12] Sugiyono, 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Bandung: Alfabeta.
- [13] Unesco, 1994, *Manual on sea level measurement and interpretation. Volume 1-Basic procedures*, Intergovernmental Oceanographic Commission, Paris.
- [14] Wibowo, D.A.N. 2007, Analisis Spasial Daerah Rawan Genangan Akibat Kenaikan Pasang Surut (Rob) di Kota Semarang. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol. 4 No. 1 April 2013: 71 – 87.