



Model Peta Integrasi untuk Keperluan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K)

Ikhwan Aly Rhosidi^{1,a} dan Eka Djunarsjah²

¹Mahasiswa S1 Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan Institut Teknologi Bandung

²Kelompok Keahlian SSKWL, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha No.10 Bandung, Jawa Barat, Indonesia 40132

^aCorresponding author: aly.ikhwan@gmail.com

Abstrak. Wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia dikenal pula sebagai negara maritim. Kondisi ini merupakan anugerah yang besar bagi Indonesia dimana wilayah darat dan laut tersimpan kekayaan alam yang sangat melimpah sehingga perlu suatu upaya untuk mengelola hal tersebut. Penelitian ini ditujukan untuk membuat model peta yang terintegrasi untuk keperluan pelaksanaan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) dengan menggunakan data yang beda datum vertikalnya yaitu Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dan Peta Laut Lingkungan Pantai Indonesia (LPI) dan Lingkungan Laut Nasional (LLN). Metode yang digunakan meliputi analisis harmonik pasut menggunakan aplikasi T_Tide dengan data pasut hasil inventarisasi stasiun pasut BIG di Cilacap, penentuan HAT dan LAT, serta penentuan pergeseran garis pangkal yang dihasilkan menggunakan Peta LPI dan LLN di wilayah tersebut. LAT memiliki kedudukan nilai -1,241 sedangkan HAT memiliki kedudukan 1,200 terhadap MSL. Wilayah pantai di Cilacap memiliki kemiringan rata-rata sebesar $0,882^\circ$ sehingga pergeseran garis pantai untuk penyatuan datum vertikal peta ke HAT adalah 77,9473 m.

Kata Kunci: RTRW, RZWP3K, HAT, LAT, pergeseran garis pantai.

1 Pendahuluan

Wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia dikenal pula sebagai negara maritim. Kondisi ini merupakan anugerah yang besar bagi Indonesia dimana wilayah darat dan laut tersimpan kekayaan alam yang sangat melimpah sehingga perlu suatu upaya untuk mengelola hal tersebut. Oleh sebab itu, Pemerintah Republik Indonesia mengeluarkan Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang dan Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil untuk merencanakan pengelolaan wilayah Negara Indonesia.

Tujuan Kegiatan penataan ruang dan pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil tidak akan terlepas dari penggunaan peta. Peta sangat berguna sebagai model rencana pengelolaan wilayah secara spasial. Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) berfungsi sebagai acuan untuk pengelolaan di wilayah darat dan Peta Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) berfungsi sebagai acuan pengelolaan di wilayah pesisir dan laut. Peta dasar yang digunakan untuk RTRW adalah Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dan Peta RZWP3K menggunakan Peta Laut Lingkungan Pantai Indonesia (LPI) dan Lingkungan Laut Nasional (LLN).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat model peta yang terintegrasi untuk keperluan pelaksanaan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) dengan menggunakan data Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dan Peta Laut Lingkungan Pantai Indonesia (LPI) dan Lingkungan Laut Nasional (LLN).

2 Metode dan Data

Kondisi data pasut hasil pengamatan masih terdapat data yang kosong di dalamnya. Karena tidak di setiap waktu interval atau di setiap satu jam terdapat datanya, maka perlu dilakukan pembuatan *time series* dengan interval satu jam terlebih dahulu sebelum melakukan proses analisis harmonik. Hal ini dilakukan karena program yang digunakan untuk melakukan analisis harmonik, dibuat agar dapat menganalisis data pasut tersebut setiap satu jam. Selain melakukan pembuatan *time series* tersebut, data tersebut juga harus disusun sesuai dengan format dari *script matlab* yang digunakan. Berikut ini terdapat Tabel 1 dan Tabel 2 yang berisikan contoh data pasut di stasiun pasut Cilacap sebelum dan setelah disusun sesuai format yang dibutuhkan.

Tabel 1 Data Pasut belum sesuai format

Tanggal	Jam	Kedudukan Muka Laut (cm)
15/05/2014	1:00:00	226
15/05/2014	2:00:00	226
15/05/2014	3:00:00	211
15/05/2014	4:00:00	178

Tabel 2 Data pasut sesuai format

Tahun	Bulan	Hari	Jam	Menit	Detik	Kedudukan Muka Laut (m)
2014	5	15	1	0	0	2.26
2014	5	15	2	0	0	2.26
2014	5	15	3	0	0	2.11
2014	5	15	4	0	0	1.78
2014	5	15	5	0	0	1.36
2014	5	15	6	0	0	NaN
2014	5	15	7	0	0	0.71
2014	5	15	8	0	0	0.62
2014	5	15	9	0	0	0.7
2014	5	15	10	0	0	NaN
2014	5	15	11	0	0	1.22

Pada Tabel 2 terlihat pada tanggal 15 Mei 2014 pukul 06:00 dan 10:00 nampak tidak ada datanya, untuk kasus seperti itu maka diisi dengan *NaN* (*Not a Number*) pada *time series* yang telah dibuat. Setelah format data sesuai dengan yang dibutuhkan, barulah data pasut tersebut dapat digunakan untuk analisis harmonik. Variasi kedudukan muka air laut di suatu lokasi merupakan resultan dari jarak dan kedudukan bulan serta matahari terhadap bumi yang selalu berubah secara periodik. Fenomena tersebut dinyatakan dengan superposisi dari gelombang penyusun pasut (komponen-komponen pasut) yang bersifat periodik. Oleh karena gelombang-gelombang pasut tersebut bersifat periodik maka variasi kedudukan muka laut dapat dimodelkan dengan persamaan sinusoidal. Analisis harmonik pasut adalah suatu metode yang dilakukan untuk mendapatkan konstanta-konstanta (amplitudo dan fase) dari komponen-komponen pasut. Tujuan analisis harmonik pasut adalah menghitung amplitudo hasil respon dari kondisi laut setempat terhadap pasut setimbang dan beda fase dari gelombang tiap komponen di tempat itu terhadap keadaan pasut setimbangnya (Ali, dkk, 1994). Pasut setimbang atau *equilibrium tide* merupakan pasut semu yang terjadi di permukaan laut, dimana setiap saat seluruh permukaan bumi memiliki potensial gravitasi yang konstan dan sama besar (Ali, dkk, 1994). Oleh karena itu, apabila konstanta pasut telah didapat, maka kedudukan muka laut di suatu tempat dan di suatu waktu dapat diketahui. Konstanta pasut (amplitudo dan fase) dapat ditentukan menggunakan persamaan harmonik berikut [Djunarsjah, 2014]:

$$h(t_i) = C_0 + \sum_{j=1}^m a_j f_j \cos(\omega_j t_i + v_j - g_j) \quad (1)$$

dengan C_0 = kedudukan MSL diatas datum yang digunakan, α = konstanta amplitudo, ω = kecepatan sudut, t = waktu, g = fase awal komponen pasang surut (saat $t = 0$), $h(t)$ = kedudukan muka air laut saat t , f = faktor koreksi nodal untuk amplitudo, v = faktor koreksi pasut setimbang untuk fase, m = jumlah komponen pasut.

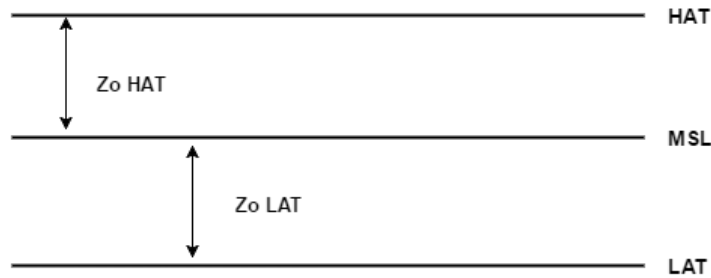
Menurut Teori Laplace, gelombang komponen pasut setimbang akan mendapat respon dari laut yang dilewati selama penajalarannya, maka dari itu amplitudo gelombang komponen tersebut akan mengalami perubahan, serta fasenya akan mengalami keterlambatan, namun frekuensi (kecepatan sudut) masing-masing komponen tidak mengalami perubahan, sehingga kecepatan sudut dapat dianggap tetap. Oleh karena itu, pada persamaan tersebut, parameter yang akan ditentukan nilainya adalah kedudukan muka air laut (C_0), amplitudo (a_j), dan fase (g_j) dari data pengamatan. Dengan menggunakan metode hitung perataan parameter seperti yang telah dijelaskan di atas, maka parameter-parameter tersebut dapat ditentukan nilainya.

Pada penelitian ini, analisis harmonik pasut serta prediksi pasut dilakukan dengan menggunakan software `t_tide`. `T_tide` merupakan suatu program untuk melakukan analisis harmonik pasut dengan koreksi nodal, kesimpulan (inference), dan pilihan-pilihan lain sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Konstanta pasut hasil analisis harmonik dapat digunakan untuk melakukan prediksi pasut. `T_tide` pertama kali dibuat oleh Mike G.G. Foreman dalam bahasa fortran. Kemudian, S. Lentz dan B. Beardsley mengkonversi bahasa yang digunakan dalam `t_tide` yaitu bahasa fortran ke dalam bahasa matlab. Setelah menggunakan bahasa matlab, kemudian R. Pawlowicz melengkapi `t_tide` dengan menambahkan perhitungan yang kompleks. `T_tide` sendiri merupakan aplikasi yang didalamnya terdapat program-program (mfiles) untuk mengolah data pasut seperti `t_tide.m`, `t_predic.m`, `t_getcons.m`, `t_errors.m`, dan lainnya.

Prediksi pasut dilakukan dengan menurunkan atau mencari komponen-komponen pasut dari data pasut dengan rentang pengamatan tertentu (Poerbandono & Djunarsjah, 2005). LAT merupakan kedudukan muka laut terendah yang terjadi di bawah kondisi meteorologis rata-rata dan merupakan hasil kombinasi pengaruh astronomis sedangkan HAT yang tertinggi (IHO, 1993).

Kombinasi pengaruh astronomis merupakan akibat dari gaya tarik-menarik antara bumi dengan benda-benda astronomis lainnya terutama bulan dan matahari. Kedudukan muka laut hasil prediksi selama 18,6 tahun secara teori telah merepresentasikan kombinasi semua komponen pasut periode pendek maupun

periode panjang (Emery & Aubrey, 1981). Namun, nilai LAT juga tergantung pada tahun penelitian, periode waktu penelitian, serta lokasi dan kalibrasi yang tepat dari alat pengamat pasut yang digunakan (UKHO, 2000). Z_o merupakan kedudukan suatu muka laut terhadap kedudukan muka laut rata-rata (MSL). Gambar 1 menampilkan kedudukan LAT dan HAT terhadap MSL (Z_o LAT & Z_o HAT).



Gambar 1 Kedudukan LAT dan HAT terhadap MSL

Berdasarkan ilustrasi Gambar 1, maka Z_o dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$Z_o \text{ HAT} = H_{MSL} + H_{HAT} \quad (2)$$

$$Z_o \text{ LAT} = H_{MSL} - H_{LAT} \quad (3)$$

dengan:

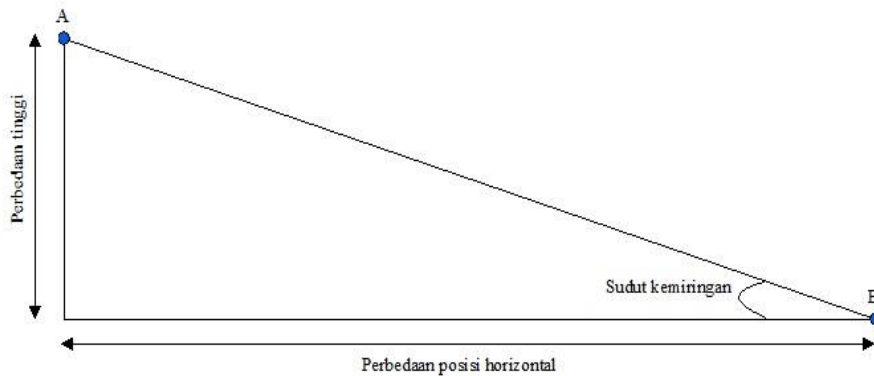
$Z_o \text{ HAT}$	= kedudukan HAT terhadap MSL
$Z_o \text{ LAT}$	= kedudukan LAT terhadap MSL
H_{MSL}	= kedudukan MSL terhadap nol alat pengamatan
H_{HAT}	= kedudukan HAT terhadap nol alat pengamatan
H_{LAT}	= kedudukan LAT terhadap nol alat pengamatan

Maka dengan begitu, selisih kedudukan vertikal antara HAT dan LAT terhadap MSL ΔZ dapat ditentukan melalui:

$$\Delta Z = Z_o \text{ HAT} - Z_o \text{ LAT} \quad (4)$$

Kemiringan pantai dari tiga lokasi stasiun pengamatan pasut ditentukan menggunakan data kedalaman disekitar pantai Cilacap, data kedalaman tersebut juga dilengkapi dengan posisi horizontalnya. Data tersebut diperoleh dari Peta LPI dengan skala 1:25.000 untuk wilayah stasiun pasut Cilacap. Data kedalaman beserta posisi horizontalnya tersebut, kemudian digunakan untuk melakukan

interpolasi sehingga menghasilkan *DEM (Digital Elevation Model)*. Setelah DEM terbentuk, maka antar titik satu dengan yang lainnya dapat ditentukan perbedaan horizontal serta vertikalnya. Sehingga, kemiringan dari titik satu dengan yang lainnya tersebut dapat terbentuk. Gambar 2 menampilkan hubungan geometrik antara perbedaan tinggi dan perbedaan posisi horizontal dengan kemiringannya.

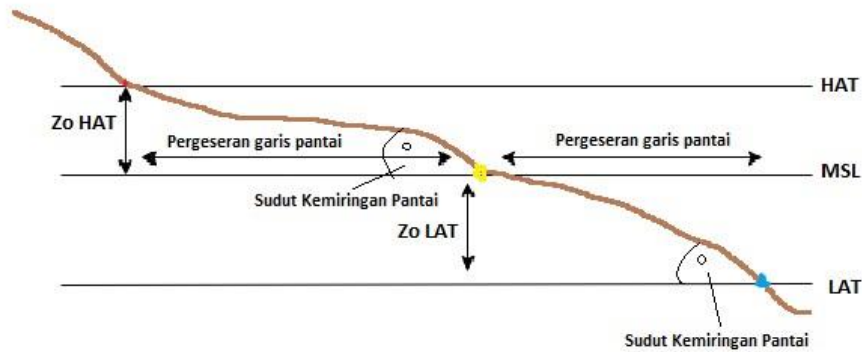


Gambar 2 Hubungan geometri titik A dan B

Berdasarkan Gambar 2 maka kemiringan dari dua titik tersebut (A dan B) dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$\text{Sudut kemiringan} = \tan^{-1} \left(\frac{\text{perbedaan tinggi}}{\text{perbedaan posisi horizontal}} \right) \quad (5)$$

Perbedaan kedudukan vertikal LAT dan HAT tentunya akan memberikan pengaruh terhadap posisi titik dasar. Saat posisi titik dasar tersebut mengalami perubahan atau pergeseran, maka akan mengakibatkan pergeseran pada garis pantai pula, hal tersebut karena garis pantai sendiri ditentukan berdasarkan titik dasar. Lebar pergeseran tersebut dapat diketahui dengan menggunakan data kemiringan pantai serta selisih kedudukan vertikal antara HAT, MSL, dan LAT. Hubungan geometri antara kemiringan pantai serta selisih kedudukan vertikal antara HAT, MSL, dan LAT dalam menentukan lebar pergeseran titik dasar dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 3 Hubungan geometri antara kemiringan pantai dan selisih kedudukan vertikal LAT dan HAT terhadap MSL

Berdasarkan Gambar 3 di atas, maka lebar pergeseran garis pangkal dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$x = \Delta z / \tan \theta \quad (6)$$

dengan ΔZ = perbedaan kedudukan vertikal dan θ = sudut kemiringan pantai.

3 Hasil dan Pembahasan

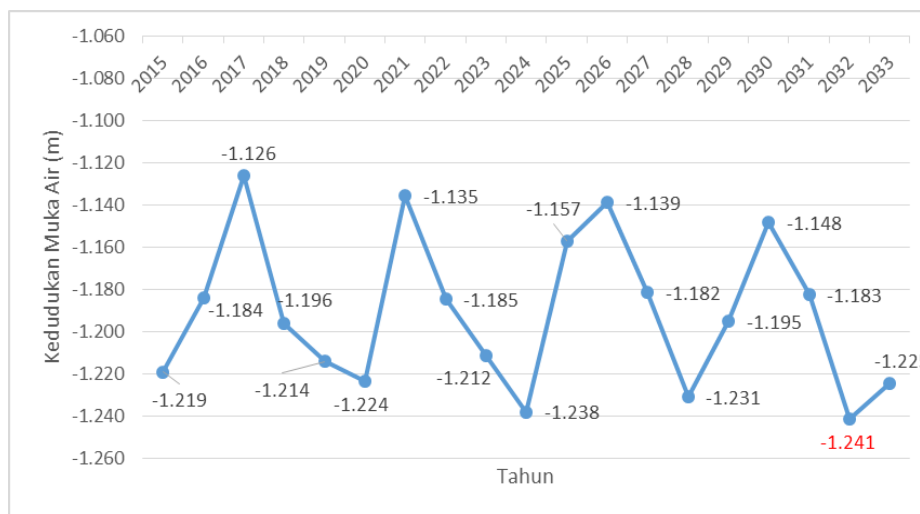
Hasil dari analisis harmonik pasut yang telah dilakukan adalah berupa komponen-komponen pasut beserta ketelitiannya. Contoh dari komponen-komponen pasut yang dihasilkan adalah seperti yang ditampilkan pada Tabel 3 berikut.

Table 3 Komponen pasut di stasiun pasut Cilacap

Component	Frequency	Amplitude	Amplitude Error	Phase	Phase Error	SNR
*SA	0.0001141	0.1427	0.036	59.2	15.39	15
*SSA	0.0002282	0.1004	0.036	179	19.54	7.6
*MSM	0.0013098	0.0152	0.029	277	139.07	0.27
*MM	0.0015122	0.0087	0.026	98.4	188.65	0.11
*MSF	0.0028219	0.0104	0.026	251	150.49	0.16
*MF	0.0030501	0.0036	0.024	324	225.29	0.023

Prediksi pasut yang dilakukan dengan menggunakan menggunakan T_Tide yang dijalankan dengan *Matlab R2013a* serta masukan berupa komponen pasut hasil analisis harmonik, akan menghasilkan kedudukan muka laut selama 18,6 tahun. Berikut adalah kedudukan muka laut hasil prediksi.

- a. Kedudukan Muka Laut Terendah di Setiap Tahunnya di Wilayah Stasiun Pasut Cilacap Hasil Prediksi. Gambar 4 memvisualisasikan kedudukan muka laut terendah di setiap tahunnya selama 18,6 tahun.

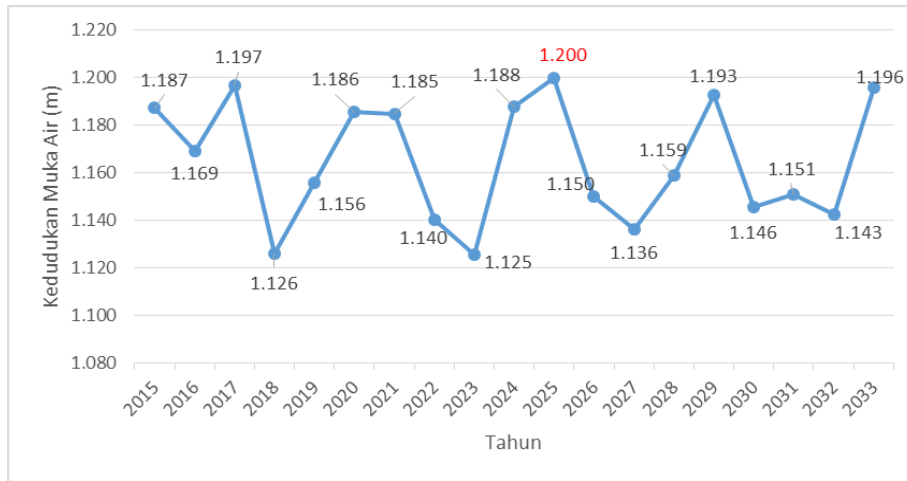


Gambar 4 Kedudukan prediksi muka laut terendah

Pada Gambar 4 terlihat bahwa kedudukan muka laut terendah selama 18,6 tahun adalah senilai -1,241 m terhadap MSL. Sehingga, nilai LAT di wilayah stasiun pasut Cilacap pada jangka waktu tersebut adalah -1,241 m.

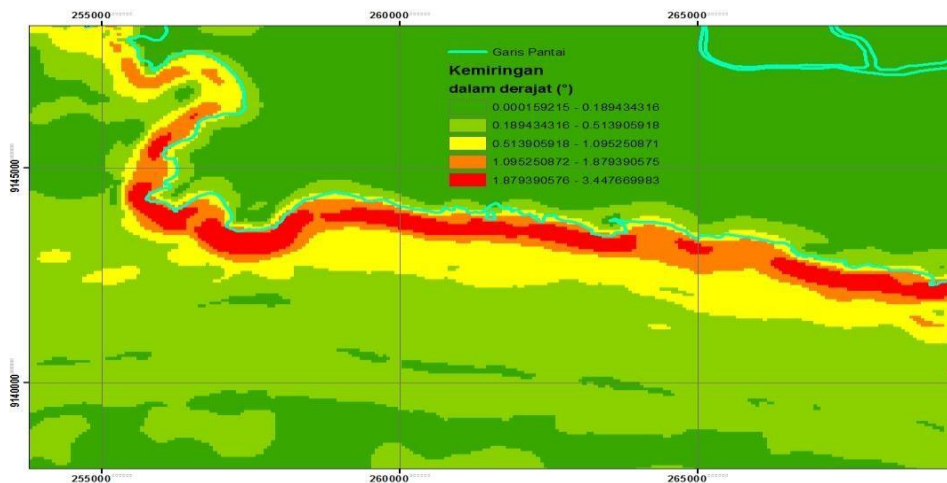
- b. Kedudukan Muka Laut Tertinggi di Setiap Tahunnya di Wilayah Stasiun Pasut Cilacap Hasil Prediksi. Gambar 3.2 memperlihatkan kedudukan muka laut tertinggi di setiap tahunnya selama 18,6 tahun.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa kedudukan muka laut tertinggi selama 18,6 tahun adalah senilai 1,200 m terhadap MSL. Sehingga, HAT di wilayah stasiun pasut Cilacap pada jangka waktu tersebut adalah 1,200 m, sehingga selisih vertikal antara HAT dan LAT yang sesuai dengan persamaan (4) adalah 2,441 m.



Gambar 5 Kedudukan prediksi muka laut tertinggi

Kenampakan kemiringan pantai di wilayah Cilacap ditampilkan dalam Gambar 6.

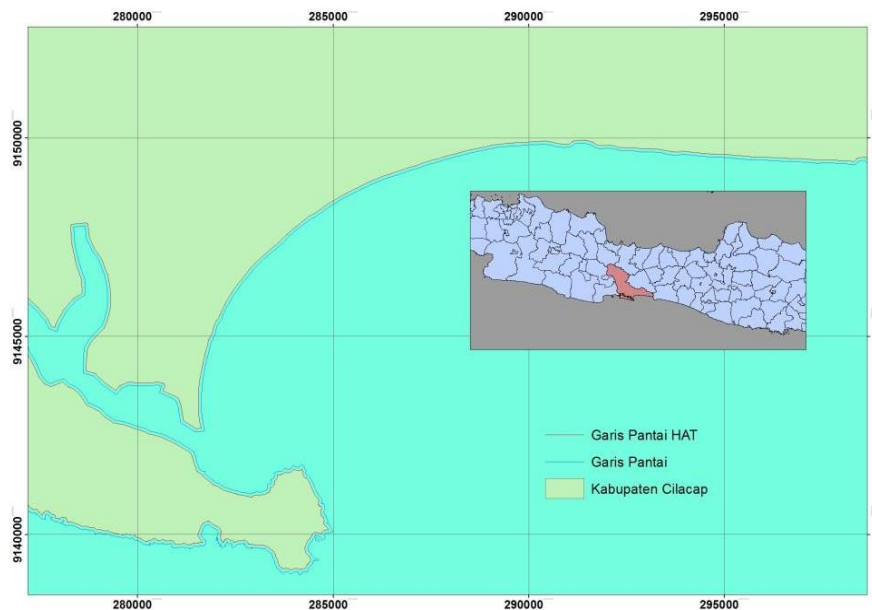


Gambar 6 Kemiringan pantai di wilayah Cilacap

Gambar 6 tersebut kemudian diinterpretasi dengan berdasarkan letak garis pantai pada kemiringan pantai dan dirata-rata nilainya, maka nilai kemiringan rata-rata pantai di wilayah Cilacap adalah 0,882°.

3.1 Hasil Pergeseran Garis Pantai

Pergeseran garis pantai dapat ditentukan melalui persamaan (6) jika data kemiringan dan Z_0 HAT diketahui, maka menghasilkan nilai pergeseran sebesar 77,9473 m. Pergeseran garis pantai MSL ke HAT hasil digitasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7 Pergeseran Garis Pantai

4 Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menjelaskan bahwa untuk membuat model peta yang terintegrasi untuk keperluan pelaksanaan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) dengan menggunakan data yang beda datum vertikalnya dan analisis harmonik pasut menggunakan aplikasi T_Tide dengan data pasut di Cilacap, penentuan HAT dan LAT, serta penentuan pergeseran garis pangkal yang dihasilkan menggunakan Peta LPI dan LLN di wilayah tersebut. LAT memiliki kedudukan nilai -1,241 sedangkan HAT memiliki kedudukan 1,200 terhadap MSL. Wilayah pantai di Cilacap memiliki kemiringan rata-rata sebesar $0,882^\circ$ sehingga pergeseran garis pantai untuk penyatuan datum vertikal peta ke HAT adalah 77,9473 m.

Berdasarkan hasil penelitian, sebaiknya penelitian ini dilanjutkan dengan kerjasama instansi daerah dalam penyusunan peta perencanaan pengelolaan laut dan langsung survei garis pantai secara *real-time*.

5 Daftar Pustaka

- [1] Direktorat Tata Ruang Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. 2013. *Pedoman Teknis Penyusunan RZWP-3-K (Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Kabupaten/Kota)*. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan RI.
- [2] Djunarsjah, E. (2006). *Tingkat Signifikansi Penerapan Prediksi Pasut Astronomis Terendah Dalam Menetapkan Lokasi Titik-Titik Garis Pangkal untuk Penarikan Batas Laut Teritorial dan Bagian Laut Lainnya di Indonesia*.
- [3] Djunarsjah, E. (2014). *Analisis Pasut Metode Kuadrat Terkecil*.
- [4] Pawlowicz, R., Beardsley, B., Lentz, S. (2002). *Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_Tide*.
- [5] Pemerintah Republik Indonesia. 2007. *Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang*
- [6] *Penataan Ruang*. Lembaran Negara RI Tahun 2007, No. 68. Sekretariat Negara. Jakarta.
- [7] Pemerintah Republik Indonesia. 2007. *Undang-Undang No. 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. Lembaran Negara RI Tahun 2007, No. 84. Sekretariat Negara. Jakarta.
- [8] Poerbandono dan Djunarsjah, E. (2005). *Survei Hidrografi*. PT Refika Aditama. Bandung.