



Penentuan Signifikansi Garis Pantai *Lowest Astronomical Tide* Pada Peta Dasar Kelautan Berdasarkan Variasi Panjang Periode Pengamatan

Najib Mahfuzh Abdallah¹, Eka Djunarsjah¹, dan Dwi Wisayantono¹

¹ Kelompok Keilmuan Sains dan Sistem Kerekayasaan Wilayah Pesisir dan Laut Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

Abstrak. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial pasal 13 ayat 2 menyatakan bahwa setiap garis pantai yang terdapat pada peta dasar kelautan Indonesia harus mengacu pada muka air surut terendah. Undang-undang tersebut juga menjelaskan bahwa surut terendah yang dimaksud mengacu pada ketentuan *International Hydrographic Organization* (IHO). Surut terendah yang ditentukan IHO adalah *Lowest Astronomical Tide* (LAT). Menurut IHO, LAT didapat dari prediksi pasut selama 18,6 tahun berdasarkan data pengamatan 12 bulan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan signifikansi antara nilai LAT pendekatan dari pengamatan 3, 6, dan 9 bulan terhadap nilai LAT dari pengamatan 12 bulan berdasarkan kartografi. Data pasut yang digunakan berasal dari stasiun pasut Dumai, Kotabaru, dan Sorong selama 12 bulan pada tahun 2014. Peta dasar kelautan yang digunakan adalah Lingkungan Laut Nasional (LLN) 06, 20, dan 35 dengan skala 1:500.000, Lingkungan Pantai Indonesia (LPI) 0818, 1812, dan 2815 dengan skala 1:250.000, dan LPI 0818-06, 1812-01, dan 2815-09 dengan skala 1:50.000. Metode analisis harmonik yang digunakan untuk mendapatkan komponen pasut adalah metode kuadrat terkecil. Hasil dari pengolahan data adalah signifikansi aspek kartografi terendah diperoleh dari LAT pendekatan 9 bulan di setiap stasiun pasut. Pada stasiun pasut Sorong, skala peta yang memberikan nilai signifikansi paling rendah adalah skala 1:250.000. Sedangkan pada stasiun pasut Dumai dan Kotabaru, nilai signifikansi paling rendah diberikan oleh peta dengan skala 1:500.000.

Kata kunci: aspek kartografi, garis pantai, LAT, LAT pendekatan, pasut, signifikansi.

1 Pendahuluan

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial pasal 13 ayat 2, garis pantai yang merupakan bagian dari peta dasar terdiri atas tiga jenis, yaitu garis pantai surut terendah, pasang tertinggi, dan tinggi muka air laut rata-rata. Garis pantai yang dimaksud adalah pertemuan antara lautan dan daratan yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut dan dalam

undang-undang tersebut juga menjelaskan bahwa peta dasar LPI (Lingkungan Pantai Indonesia) dan LLN (Lingkungan Laut Nasional) (selanjutnya disebut peta dasar kelautan) menggunakan kedudukan air laut terendah untuk menentukan garis pantainya. Dalam penjelasan pasal 13 ayat 2 pada undang-undang tersebut menjelaskan bahwa surut terendah yang dimaksud adalah muka air laut pada kedudukan air paling rendah dalam periode tertentu yang ditetapkan berdasarkan ketentuan IHO. IHO merekomendasikan *Lowest Astronomical Tide (LAT)* sebagai *chart datum* atau garis nol kedalaman pada tahun 1997 (IHO, 2008). LAT adalah muka air laut surut paling rendah yang diprediksi akan terjadi dibawah kondisi meteorologi rata-rata dan berdasarkan kombinasi dari kondisi astronomi. Menurut IHO, untuk dapat menentukan LAT dibutuhkan prediksi pasang surut selama 18,6 tahun dengan data pengamatan minimal 12 bulan. Garis pantai surut terendah tersebut berguna untuk penentuan jalur navigasi dan mempengaruhi batas laut daerah. Oleh karena itu, pantai surut terendah harus didefinisikan dengan jelas untuk meningkatkan kualitas peta dasar di Indonesia.

Badan Informasi Geospasial (BIG) yang merupakan lembaga yang berwenang dalam pengelolaan peta dasar kelautan, menggunakan *Lowest Low Water (LLW)* dalam penentuan garis pantainya. LLW adalah surut terendah yang didapat dari prediksi pasut selama satu tahun dengan pengamatan minimal 1 bulan hingga 3 bulan (Pusat Pemetaan Kelautan dan Lingkungan Pantai, 2014). Pengamatan pasut 12 bulan untuk memprediksikan LAT sesuai rekomendasi IHO relatif lebih sulit dibandingkan LLW yang didapat dari pengamatan 1 hingga 3 bulan, sehingga diperlukan suatu penelitian lebih lanjut terkait penggunaan LAT untuk menentukan garis pantai dalam peta dasar kelautan berdasarkan panjang periode pengamatan pasut yang tepat. Untuk melihat efisiensi penggunaan LAT berdasarkan panjang periode pengamatan tertentu pada peta dasar tersebut, dilakukan perbandingan garis pantai LAT dengan waktu pengamatan yang bervariasi di bawah 12 bulan.

Skala yang digunakan pada peta dasar menunjukkan toleransi terhadap perbedaan garis pantai tersebut. Perbedaan garis pantai disebabkan datum vertikal yang berbeda dapat dipengaruhi oleh kemiringan pantai. Dari semua faktor di atas, dapat diketahui waktu pengamatan yang paling tepat untuk menggunakan LAT pada peta dasar pada skala dan kemiringan tertentu. Pengukuran pasut selama 12 bulan untuk menentukan LAT sesuai dengan rekomendasi IHO relatif sulit dibandingkan pengamatan LLW yang membutuhkan pengamatan pasut selama 1 hingga 3 bulan. Maka dari itu, diperlukan penelitian mengenai waktu pengamatan pasut yang optimal sesuai dengan ketelitian yang dibutuhkan.

Ruang lingkup penelitian berdasarkan lingkup spasial, temporal, dan metode. Secara spasial, penelitian ini dilakukan sesuai dengan peta dasar yang digunakan. Peta dasar kelautan dalam format *.shp*, yang digunakan antara lain:

1. Peta LLN 06, 20, dan 35 skala 1:500.000.
2. Peta LPI 0818, 1812, dan 2815 Skala 1:250.000.
3. Peta LPI 0818-06, 1812-01, dan 2815-09 Skala 1:50.000.

Data pasut yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data pasut yang digunakan

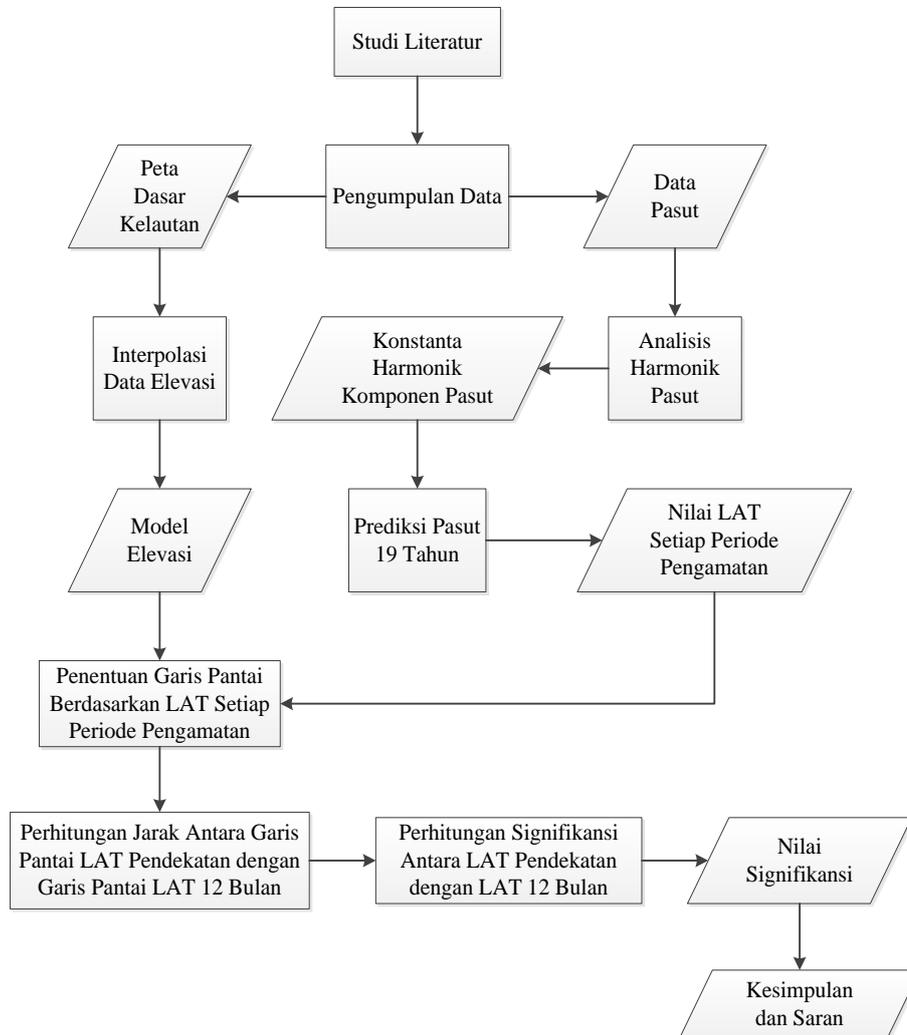
Lokasi stasiun pasut	Tahun data pasut	Jumlah data gap (jam)
Dumai	2012	128 dari 8785
Kotabaru	2014	25 dari 8761
Sorong	2014	304 dari 8761

Analisis harmonik pasut dilakukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil dengan perangkat lunak *Worldtide2009* yang dioperasikan melalui *Matlab R2013a*. Pemodelan elevasi untuk garis pantai menggunakan fitur *Topo to Raster* yang terdapat pada perangkat lunak *ArcMap 10.1*. Perhitungan perbedaan garis pantai menggunakan *Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*. DSAS merupakan fitur tambahan untuk *ArcMap 10.1*.

Dalam penelitian ini, diperlukan metodologi yang jelas dalam pengerjaannya. Metodologi yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Studi literatur dari beberapa sumber seperti buku, jurnal, dan sumber lain yang otentik terkait teori pasang surut, metode analisis harmonik pasut, dasar-dasar peta dasar kelautan, dan teori dasar lain yang berkaitan.
2. Pengumpulan data primer berupa data pasang surut dan peta dasar kelautan yang disebutkan pada sub-bab 1.4.
3. Pengolahan data pasang surut yang mencakup analisis harmonik dan prediksi pasut untuk menentukan LAT pendekatan dari pengamatan selama 3, 6, 9, dan 12 bulan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil.
4. Pemodelan elevasi digital dengan menggunakan fitur *Topo to Raster* yang berbasis program ANUDEM dari titik elevasi dan garis kontur yang terdapat pada peta dasar kelautan.
5. Ekstrasi garis kontur berdasarkan LAT setiap waktu observasi dari model elevasi digital sebelumnya.
6. Perbedaan jarak antar garis pantai dihitung dengan menggunakan perangkat lunak DSAS.
7. Melakukan perhitungan signifikansi antara LAT pendekatan dengan LAT 12 bulan. Perhitungan tersebut mempertimbangkan aspek kartografis yang dikaitkan dengan skala peta.

Untuk mempermudah pemahaman mengenai metodologi penelitian, dibuat diagram alir dari metodologi penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir metode penelitian.

2 Metode dan Data

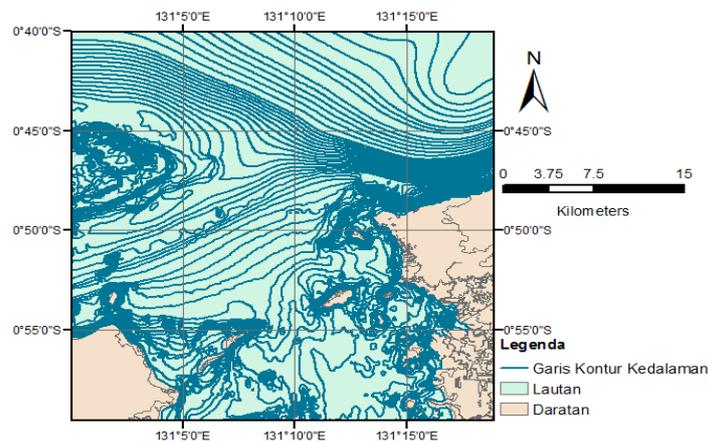
2.1 Penentuan Garis Pantai

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial pasal 13 ayat 1, garis pantai adalah garis pertemuan daratan

dengan lautan yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Dari peta dasar yang tersedia, terdapat titik dan kontur kedalaman. Dalam penentuan garis kontur berdasarkan setiap nilai LAT, diperlukan interpolasi dari data yang tersebut. Metode interpolasi yang digunakan adalah *topo to raster* yang terdapat pada perangkat lunak *Arcmap* 10.1. Metode tersebut berbasiskan program ANUDEM 5.3 yang dikembangkan oleh Michael Hutchinson (1989, 2009, 2011). Program tersebut mengaplikasikan metode *multi-grid* dalam interpolasinya. Metode tersebut menginterpolasikan dari kisi yang awalnya memiliki ukuran yang besar menjadi kisi yang memiliki resolusi yang ditentukan. Resolusi yang ditentukan adalah berdasarkan ketelitian peta. Resolusi awal kisi didapat dari rata-rata seluruh data elevasi yang ada. Pada nilai kisi resolusi yang tinggi didapat dari hasil iterasi dari nilai kisi resolusi yang sebelumnya (Hutchinson. dkk, 2009). ANUDEM merupakan metode yang cukup fleksibel dalam penggunaan data. Berikut data yang bisa digunakan oleh ANUDEM:

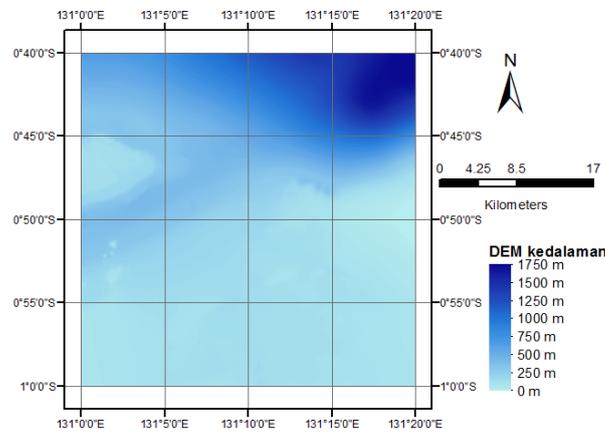
1. Titik Elevasi
2. Titik Tenggelam
3. Garis Sungai
4. Poligon Garis Pantai
5. Garis Kontur
6. Batas Danau
7. Garis Tebing

Topo to raster mengubah titik elevasi dan garis kontur menjadi *Digital Elevation Model* (DEM) dalam bentuk raster. Dari DEM tersebut dapat diekstrak garis pantai berdasarkan LAT pendekatan dan 12 bulan Gambar 2 adalah data garis kontur yang diambil terdapat di peta dasar yang dimiliki.



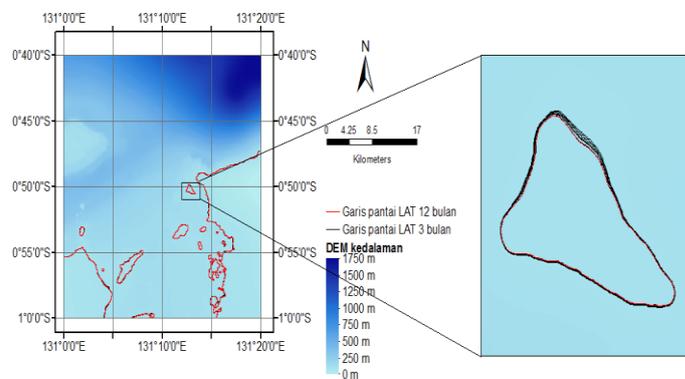
Gambar 2 Garis kontur kedalaman pada peta LLN 20

Dari data garis kontur tersebut, dilakukan interpolasi DEM dengan menggunakan fitur *topo to raster* pada perangkat lunak ArcMap 10.1. Hasil dari interpolasi, yaitu berupa DEM, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 DEM hasil interpolasi garis kontur kedalaman

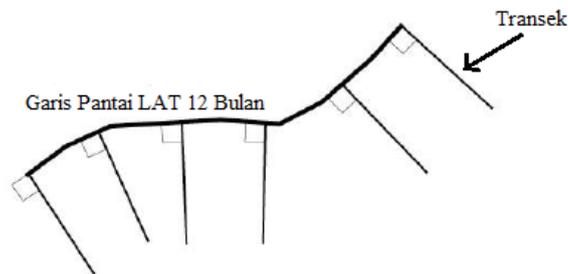
Setelah mendapat DEM pada proses di atas, ekstraksi garis kontur kedalaman berdasarkan setiap garis LAT dapat dilakukan. Proses tersebut dilakukan dengan menggunakan fitur *contour list* pada perangkat lunak ArcMap 10.1. Hasil dari proses tersebut adalah garis kontur kedalaman berdasarkan LAT pendekatan dan 12 bulan seperti yang dicontohkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Kontur kedalaman berdasarkan LAT 3 bulan dan LAT 12 bulan

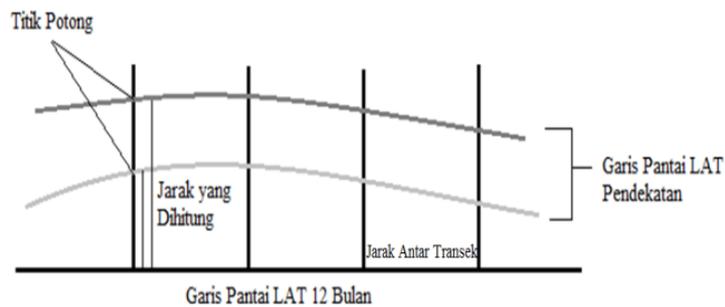
Garis berwarna merah pada Gambar 8 adalah garis kontur kedalaman berdasarkan LAT pendekatan dengan periode pengamatan enam bulan dengan tujuh segmen pengamatan.

Pengukuran jarak antar garis pantai dilakukan dengan perangkat lunak DSAS dengan memanfaatkan transek-transek sebagai acuan dari pergeseran garis pantai. Pada program tersebut, transek digunakan sebagai sarana untuk menghitung jarak antar garis pantai. Transek ditarik secara tegak lurus dari garis pantai berdasarkan LAT 12 bulan seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Penarikan transek dari garis pantai (Himmelstoss, 2009)

Transek tersebut melewati garis pantai LAT pendekatan, sehingga membentuk titik potong antara transek dengan garis pantai LAT pendekatan. Pergeseran ditentukan dari jarak antara titik awal transek hingga titik potong tersebut (Gambar 6). Jarak antar peta ditentukan sesuai dengan skala pada peta.



Gambar 6 Ilustrasi metode perhitungan jarak DSAS

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil LAT

Penentuan LAT didapat dari prediksi pasut selama 19 tahun secara internal menggunakan perangkat lunak *Worldtide2009* (Boon, 2007). Analisis harmonik

pasut dilakukan pada setiap periode observasi. Setiap periode observasi terbagi menjadi beberapa segmen waktu pengamatan. Hal tersebut berlaku terhadap enam bulan dan sembilan bulan periode pengamatan. Analisis harmonik pasut menghasilkan komponen-komponen pasut yang diperlukan dalam prediksi pasut. Dari konstanta pasut yang sudah diketahui, prediksi pasut bisa dilakukan. LAT didapat dari pasut prediksi selama 19 tahun. Tabel 2 memperlihatkan nilai LAT untuk setiap periode pengamatan pada setiap stasiun pasut pada panjang periode 3 bulan. Sedangkan Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5 memperlihatkan nilai LAT pada setiap pengamatan dengan panjang periode pengamatan 6, 9, dan 12 bulan.

Tabel 2 Nilai LAT pada periode pengamatan 3 bulan

Segmen periode pengamatan	Selisih Nilai LAT pendekatan terhadap LAT 12 bulan (cm)		
	Stasiun pasut Dumai	Stasiun pasut Kotabaru	Stasiun pasut Sorong
1-3	20,07	89,01	13,91
2-4	56,2	62,37	17,62
3-5	29,18	69,17	41,44
4-6	7,51	36,47	1,1
5-7	7,7	10,79	26,21
6-8	6,95	25,18	13,5
7-9	10,1	42,41	2,17
8-10	100,89	5,98	33,43
9-11	31,51	2,17	0,93
10-12	55,33	24,13	33,62

Tabel 3 Nilai LAT pada periode pengamatan 6 bulan

Segmen periode pengamatan	Selisih Nilai LAT pendekatan terhadap LAT 12 bulan (cm)		
	Stasiun pasut Dumai	Stasiun pasut Kotabaru	Stasiun pasut Sorong
1-6	1,39	6,56	2,57
2-7	0,46	2,64	2,45
3-8	0,19	2,82	5,31
4-9	1,58	6,92	5,11
5-10	4,06	10,63	2,48
6-11	3,2	12,92	0,82
7-12	2,16	2,98	0,22

Tabel 4 Nilai LAT pada periode pengamatan 9 bulan

Segmen periode pengamatan	Selisih Nilai LAT pendekatan terhadap LAT 12 bulan (cm)		
	Stasiun pasut Dumai	Stasiun pasut Kotabaru	Stasiun pasut Sorong
1-9	0,14	0,46	0,29
2-10	0,34	2	2,46
3-11	0,22	4,05	1,98
4-12	0,52	5,69	1,6

Tabel 5 Nilai LAT pada periode pengamatan 12 bulan

Segmen periode pengamatan	Selisih Nilai LAT pendekatan terhadap LAT 12 bulan (cm)		
	Stasiun pasut Dumai	Stasiun pasut Kotabaru	Stasiun pasut Sorong
1-12	158,5	156,6	108,1

3.2 Signifikansi dari Aspek Kartografi

Kartografi yang dimaksud adalah seberapa signifikan garis pantai LAT pendekatan tersebut tergambar pada peta terhadap garis pantai LAT 12 bulan. Hal tersebut dikaitkan dengan ketelitian yang dimiliki oleh peta pada skala tertentu. Hubungan antara skala dengan ketelitian peta dideskripsikan pada SNI mengenai peta dasar LPI yang menyatakan bahwa posisi horizontal mempunyai ketelitian sebesar 0,5 mm pada peta. Penentuan nilai signifikansi berdasarkan kartografis mempertimbangkan jarak antara garis pantai berdasarkan LAT pendekatan dengan garis pantai berdasarkan LAT 12 bulan. Dari pernyataan tersebut, dapat ditentukan batas signifikansi pada peta dasar kelautan dari aspek kartografi dengan persamaan (8).

$$\frac{\Delta S}{\text{Faktor Skala}} \leq 0,5 \text{ mm} \quad (8)$$

Lambang ΔS pada persamaan (8) adalah jarak antar garis pantai. Jika jarak garis pantai tidak memenuhi persamaan tersebut, maka garis pantai tersebut dikatakan signifikan terhadap garis pantai yang lain. Karena tidak semua transek memberikan jarak yang dapat dikatakan signifikan dari persamaan, maka signifikansi dari garis pantai tersebut dinyatakan dalam satuan persen. Persen signifikansi dihitung dari jumlah jarak yang signifikan dibagi jumlah transek. Signifikansi dari aspek kartografi pada peta dasar LLN 06, LPI 0818, dan LPI 0818-06 dapat dilihat pada Tabel 6. Signifikansi dari aspek kartografi pada peta dasar LLN 20, LPI 1812, dan LPI 1812-01 dapat dilihat pada Tabel 7.

Signifikansi dari aspek kartografi pada peta dasar LLN 35, LPI 2815, dan LPI 2815-09 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 6 Signifikansi garis pantai LAT pendekatan terhadap LAT 12 bulan di daerah Dumai

Panjang periode pengamatan	Segmen periode pengamatan	Signifikansi garis pantai LAT pendekatan (%)		
		Peta LPI 0818-06 Skala 1:50.000	Peta LPI 0818 Skala 1:250.000	Peta LLN 06 Skala 1:500.000
LAT 3 bulan	1-3	49,63	35,71	0,94
	2-4	78,73	44,90	13,90
	3-5	59,75	37,74	2,35
	4-6	15,77	29,53	0,03
	5-7	17,69	25,68	0,07
	6-8	13,63	25,24	0,07
	7-9	25,77	29,53	0,08
	8-10	88,68	57,48	37,97
	9-11	61,78	38,41	2,89
	10-12	78,37	44,75	13,52
LAT 6 bulan	1-6	0,02	0,00	0,00
	2-7	0,00	0,00	0,00
	3-8	0,00	0,00	0,00
	4-9	0,04	0,00	0,00
	5-10	2,48	0,80	0,04
	6-11	1,00	0,05	0,03

Tabel 7 Signifikansi garis pantai LAT pendekatan terhadap LAT 12 bulan di daerah Dumai (lanjutan)

Panjang periode pengamatan	Segmen periode pengamatan	Signifikansi garis pantai LAT pendekatan (%)		
		Peta LPI 0818-06 Skala 1:50.000	Peta LPI 0818 Skala 1:250.000	Peta LLN 06 Skala 1:500.000
LAT 6 bulan	7-12	0,21	0,00	0,00
LAT 9 bulan	1-9	0,00	0,00	0,00
	2-10	0,00	0,00	0,00
	3-11	0,00	0,00	0,00
	4-12	0,00	0,00	0,00

Tabel 8 Signifikansi garis pantai LAT pendekatan terhadap LAT 12 bulan di daerah Kotabaru

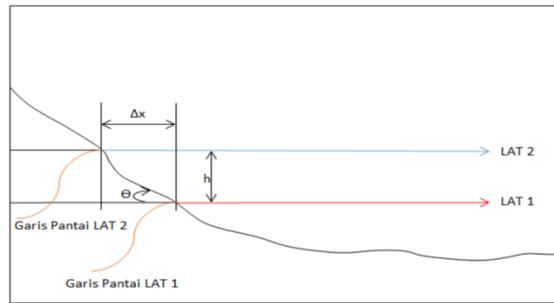
Panjang periode pengamatan	Segmen periode pengamatan	Signifikansi garis pantai LAT pendekatan (%)		
		Peta LPI 1812-01 Skala 1:50.000	Peta LPI 1812 Skala 1:250.000	Peta LLN 20 Skala 1:500.000
LAT 3 bulan	1-3	89,90	55,48	40,75
	2-4	88,97	42,12	34,46
	3-5	90,20	45,69	36,38
	4-6	70,09	24,52	15,33
	5-7	19,80	1,22	0,00
	6-8	59,37	13,45	10,97
	7-9	74,55	30,37	27,96
	8-10	9,25	0,23	0,00
	9-11	0,00	0,00	0,00
	10-12	58,46	11,48	10,11
LAT 6 bulan	1-6	11,23	0,30	0,00
	2-7	0,68	0,00	0,00
	3-8	0,76	0,00	0,00
	4-9	11,60	0,33	0,00
	5-10	19,34	1,18	0,00
	6-11	28,02	2,76	0,54
	7-12	0,91	0,00	0,00
LAT 9 bulan	1-9	0,00	0,00	0,00
	2-10	0,00	0,00	0,00
	3-11	3,45	0,23	0,00
	4-12	7,73	0,23	0,00

Tabel 9 Signifikansi garis pantai LAT pendekatan terhadap LAT 12 bulan di daerah Sorong

Panjang periode pengamatan	Segmen periode pengamatan	Signifikansi garis pantai LAT pendekatan (%)		
		Peta LPI 2815-09 Skala 1:50.000	Peta LPI 2815 Skala 1:250.000	Peta LLN 35 Skala 1:500.000
LAT 3 bulan	1-3	6,08	0,15	2,75
	2-4	8,31	0,16	5,42
	3-5	21,05	1,88	19,56
	4-6	0,00	0,00	0,00
	5-7	12,96	0,33	11,76
	6-8	5,62	0,15	2,44
	7-9	0,00	0,00	0,00
	8-10	16,43	0,81	15,76
	9-11	0,00	0,00	0,00
	10-12	16,52	0,83	15,82
LAT 6 bulan	1-6	0,00	0,00	0,00
	2-7	0,02	0,00	0,00
	3-8	0,11	0,00	0,01
	4-9	0,04	0,00	0,00
	5-10	0,02	0,00	0,00
	6-11	0,00	0,00	0,00
	7-12	0,00	0,00	0,00
LAT 9 bulan	1-9	0,00	0,00	0,00
	2-10	0,02	0,00	0,00
	3-11	0,02	0,00	0,00
	4-12	0,00	0,00	0,00

3.3 Kemiringan Pantai

Salah satu parameter yang mempengaruhi besar pergeseran garis pantai adalah kemiringan pantai. Ilustrasi hubungan antara pergeseran pantai akibat perbedaan datum vertikal terhadap kemiringan pantai dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Hubungan kemiringan pantai terhadap pergeseran garis pantai

Hubungan antara kemiringan pantai terhadap pergeseran garis pantai menghasilkan persamaan (9).

$$\theta = \tan^{-1} \frac{h}{\Delta x} \quad (9)$$

dengan θ adalah kemiringan pantai dalam satuan derajat, h adalah perbedaan tinggi muka air, dan Δx merupakan besar pergeseran garis pantai secara horizontal. Tabel 10, Tabel 11, dan Tabel 12 memperlihatkan rata-rata kemiringan pada setiap peta dasar kelautan pada penelitian ini.

Tabel 10 Rata-rata kemiringan pantai pada setiap peta dasar kelautan daerah Dumai.

NLP dan skala peta	Kemiringan pantai (derajat)
Peta LPI 0818-06 Skala 1:50.000	0,85
Peta LPI 0818 Skala 1:250.000	0,61
Peta LLN 06 Skala 1:500.000	0,28

Tabel 11 Rata-rata kemiringan pantai pada setiap peta dasar kelautan daerah Kotabaru.

NLP dan skala peta	Kemiringan pantai (derajat)
Peta LPI 1812-01 Skala 1:50.000	0,66
Peta LPI 1812 Skala 1:250.000	0,37
Peta LLN 20 Skala 1:500.000	0,88

Tabel 12 Rata-rata kemiringan pantai pada setiap peta dasar kelautan daerah Sorong.

NLP dan skala peta	Kemiringan pantai (derajat)
Peta LPI 2815-09 Skala 1:50.000	2,13
Peta LPI 2815 Skala 1:250.000	1,03
Peta LLN 35 Skala 1:500.000	0,77

4 Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Selisih LAT pendekatan yaitu tiga, enam, dan sembilan terhadap LAT dengan periode pengamatan yang sesuai dengan SNI dan IHO yaitu 12 bulan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13 Rata-Rata selisih nilai LAT terhadap LAT 12 bulan pada setiap stasiun pasut

Periode Pengamatan	Rata-Rata Selisih Nilai LAT terhadap LAT 12 bulan (cm)		
	Stasiun pasut Dumai	Stasiun pasut Kotabaru	Stasiun pasut Sorong
3 Bulan	32,54	36,77	18,39
6 Bulan	1,86	6,50	2,71
9 Bulan	0,31	3,05	1,58

Terlihat pada Tabel 13 bahwa rata-rata selisih terbesar antara nilai LAT 3 bulan terhadap LAT 12 bulan terdapat pada stasiun pasut Kotabaru dengan nilai 32,54 cm dan yang terkecil dihasilkan dari stasiun pasut Sorong. Sedangkan nilai terbesar untuk rata-rata selisih nilai LAT 6 dan 9 bulan terhadap LAT 12 bulan diperoleh dari stasiun pasut Dumai dengan nilai 1,86 cm dan 0,31 cm. Nilai terkecil untuk rata-rata selisih nilai LAT 6 dan 9 bulan terhadap LAT 12 bulan diperoleh dari stasiun Kotabaru, yaitu 6,5 cm dan 3,05 cm.

Signifikansi rata-rata dari setiap garis pantai LAT pendekatan terhadap garis pantai LAT 12 bulan berdasarkan aspek kartografi dapat dilihat pada Tabel 14, Tabel 15, dan Tabel 16.

Tabel 14 Rata-rata signifikansi garis pantai LAT pendekatan terhadap LAT 12 bulan Dumai

Panjang periode pengamatan	Peta LPI 0818-06 Skala 1:50.000	Peta LPI 0818 Skala 1:250.000	Peta LLN 06 Skala 1:500.000
3 bulan	48,98 %	36,90 %	7,18 %
6 bulan	0,54 %	0,12 %	0,02 %
9 bulan	0,00 %	0,00 %	0,00 %

Tabel 15 Rata-rata signifikansi garis pantai LAT pendekatan terhadap LAT 12 bulan Kotabaru

Panjang periode pengamatan	Peta LPI 1812-01 Skala 1:50.000	Peta LPI 1812 Skala 1:250.000	Peta LLN 20 Skala 1:500.000
3 bulan	56,06 %	22,46 %	17,59 %
6 bulan	10,36 %	0,65 %	0,08 %
9 bulan	3,74 %	0,19 %	0,01 %

Tabel 16 Rata-rata signifikansi garis pantai LAT pendekatan terhadap LAT 12 bulan Sorong

Panjang periode pengamatan	Peta LPI 2815-09 Skala 1:50.000	Peta LPI 2815 Skala 1:250.000	Peta LLN 35 Skala 1:500.000
3 bulan	8,70 %	0,43 %	7,35 %
6 bulan	0,03 %	0,00 %	0,00 %
9 bulan	0,01 %	0,00 %	0,00 %

Dari Tabel 11, Tabel 12, dan Tabel 13 pergeseran garis pantai berdasarkan LAT pada periode pengamatan tiga bulan memiliki nilai signifikansi rata-rata yang paling besar, sedangkan nilai signifikansi rata-rata terkecil terdapat pada periode pengamatan sembilan bulan. Hal tersebut membuktikan bahwa semakin pendek periode pengamatan yang digunakan untuk menentukan LAT, maka semakin besar signifikansi berdasarkan aspek kartografi. Skala peta yang memberikan nilai signifikansi terbesar adalah peta LPI 1:50.000.

Rata-rata kemiringan pantai terbesar dihasilkan oleh peta LPI 2815-09 dengan skala 1:50.000 dengan nilai 2,13°, sedangkan rata-rata kemiringan terbesar diberikan oleh peta LLN 06 dengan skala 1:500.000 yaitu 0,28°.

4.2 Saran

Jika menggunakan selang kepercayaan 95% sesuai dengan rekomendasi IHO (IHO, 2008), maka signifikansi yang dapat diterima adalah di bawah 5%. Dengan selang kepercayaan 95%, maka periode pengamatan 3 bulan direkomendasikan untuk digunakan pada garis pantai peta LPI 2815. Periode pengamatan 6 bulan dapat digunakan pada garis pantai peta LPI 0818, LPI 1812, LPI 0818-06, LPI 2815-09, LLN 06, LLN 20, dan LLN 35, sedangkan periode pengamatan 9 bulan dapat digunakan pada peta LPI 1812-01.

Diperlukan penelitian mengenai signifikansi penggunaan LAT pendekatan dengan periode pengamatan selain 3, 6, dan 9 bulan pada lokasi yang Selain itu, diperlukan penelitian juga lebih lanjut terkait pengaruh tunggang pasut terhadap besar pergeseran garis pantai.

5 Referensi

- [1] *Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI 7646:2010. Survei Hidrografi Menggunakan Singlebeam Echosounder.* Jakarta: Dewan Standarisasi Nasional.
- [2] Boon, J. D. (2007). *World Tides User Manual.* Gloucester Point.
- [3] Djunarsjah, E. (2006). *Tingkat Signifikansi Penerapan Prediksi Pasut Astronomis Terendah Dalam Penetapan Lokasi Titik-Titik Garis Pangkal Untuk Penarikan Batas Laut Teritorial dan Bagian Laut Lainnya Di Indonesia.* Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [4] Djunarsjah, E. (2007). *Aspek Teknik Hukum Laut.* Bandung: ITB.
- [5] Emery, K. O., & Aubrey, D. G. (1991). *Sea Levels, Land Levels, and Tide Gauges.* Berlin: Springer-Verlag.
- [6] Febriawan, A. (2013). *Penentuan LAT (Lowest Astronomical Tide) Berdasarkan Periode Waktu Pengamatan Pasut.* Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [7] Hicks, S. D., & Szabados, M. (2006). *Understanding Tides.* Silver Spring: U.S. Dept. of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Center for Operational Oceanographic Products and Services.
- [8] Himmelstoss, E. A. (2009). *DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide.* United State Geological Survey.
- [9] Hutchinson, M. F. (1989). A New Procedure For Gridding Elevation And Stream Line Data With Automatic Removal Of Spurious Pits. *Journal of Hydrology*, 211-232.
- [10] Hutchinson, M. F. (2011). *ANUDEM Version 5.3 User Guide.* Canberra: Australian National University.
- [11] Hutchinson, M. F., John, A., Stein, J. A., Stein, J. L., & Xu, T. (2009). Locally Adaptive Gridding of Noisy High Resolution Topographic Data. *Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand and International Association for Mathematics and Computers in Simulation*, 2493-2499.
- [12] Intergovernmental Oceanographic Commission. (2006). *Manual on Sea Level Measurement and Interpretation.* Paris: IOC.
- [13] International Hydrographer Organization. (2008). *Standards for Hydrographic Surveys 5th Edition.* Monaco: IHB.
- [14] International Hydrographic Organization. (2005). *Manual on Hydrography.* Monaco: IHB.
- [15] International Hydrographic Organization. (2006). *A Manual on Technical Aspects of the United Nations Convention on the Law of the Sea.* Monaco: 4th Edition International Hydrographic Bureau, Special Publication No 51.
- [16] International Hydrographic Organization. (2008). *Review of Technical Resolutions by the IHO Tidal Committee.* Monaco.