

Investigasi Diskontinuitas Karakteristik Pasut dan MSL di Stasiun Kolinlamil Akibat Pembangunan NPCT dan Reklamasi Teluk Jakarta

Fahmi Firdaus Alsari¹, N. M. R. Ratih Cahya Perbani²

¹Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia

²Institut Teknologi Nasional, Bandung, Indonesia

Email: fahmila17@gmail.com¹, Ratihcp88@gmail.com²

Received 29 Januari 2021 | Revised 29 Januari 2021 | Accepted 29 Januari 2021

ABSTRAK

Pasut merupakan gelombang yang tidak dapat menembus daratan dan akan dipantulkan lagi ke arah lautan sehingga munculnya daratan baru diperkirakan akan mempengaruhi pola perambatan gelombang pasut dari yang sebelumnya. Reklamasi adalah sebuah pemanfaatan lahan yang tidak ekonomis sebagai kepentingan pemukiman di mana ada pekerjaan konstruksi dimungkinkan akan mempengaruhi karakteristik pasutnya (misalnya pembangunan dermaga baru). Investigasi dilakukan untuk mengetahui kemungkinan berubahnya karakteristik pasut. Penelitian ini bertujuan menginvestigasi apakah ada diskontinuitas karakteristik pasut dan MSL di Stasiun Kolinlamil akibat pembangunan NPCT dan reklamasi Teluk Jakarta dengan menggunakan data real di lapangan dan diolah menggunakan metode analisis kuadrat terkecil dengan aplikasi Microsoft Excell. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil validasi model, MSL, amplitudo, tipe pasut dan fase dengan penelitian Amalina pada Tahun 2019. Hasilnya ada beberapa kesamaan pada pola grafik data pasut dan perbedaan karena pada penelitian ini ada objek baru berupa NPCT dan reklamasi teluk yang pada penelitian sebelumnya objek ini belum dibangun.

Kata kunci: Pasut, Kolinlamil, Analisis Kudrat Terkecil, NPCT, Teluk Jakarta

ABSTRACT

Tides are waves that cannot penetrate the land and will be reflected again towards the ocean so that the emergence of new lands is expected to affect the tidal wave propagation pattern from the previous one. Reclamation is an uneconomical use of land for settlement purposes where construction work is likely to affect tidal characteristics (for example the construction of a new pier). Investigations are carried out to determine the possible change in the characteristics of the tide. This research aims to investigate whether there is a discontinuity of tidal characteristics and MSL at Kolinlamil Station due to the construction of NPCT and Jakarta Bay reclamation using real data in the field and processed using the least squares analysis method with the Microsoft Excell application. The analysis was carried out by comparing the results of model validation, MSL, amplitude, tide type and phase with Amalina's research in 2019. The results are that there are several problems with tide data patterns and differences because in this study there are new objects in the form of NPCT and bay reclamation which in previous studies this object had not been built.

Keywords: Tides, Kolinlamil, Least Square Analysis, NPCT, Jakarta Bay

1. PENDAHULUAN

Saat gelombang pasut menyentuh daratan maka gelombang ini akan dipantulkan kembali ke arah lautan, secara teoritis sampai gelombang ini menyentuh benua yang berseberangan di samudra. Pasut merupakan gelombang yang tidak dapat menembus daratan dan akan dipantulkan lagi ke arah lautan sehingga munculnya daratan baru diperkirakan akan mempengaruhi pola perambatan gelombang pasut dari yang sebelumnya [1].

Daratan baru yang sengaja dibuat di Jakarta adalah reklamasi pulau yang dibuat oleh perusahaan swasta bekerja sama dengan pemerintah DKI Jakarta. Pelabuhan Kalibaru atau New Priok telah dibangun New Priok Container Terminal 1 (NPCT 1) yang mengambang di atas laut dengan teknik konstruksi deck on piles tanpa reklamasi dengan kapasitas 1,5 juta TEUs. Lahan reklamasi di dekat Terminal 1 akan dipakai membangun empat terminal, yakni dua terminal peti kemas dan dua terminal produk oil and gas [2].

Lokasi-lokasi di mana ada pekerjaan konstruksi dimungkinkan akan mempengaruhi karakteristik pasutnya (misalnya pembangunan dermaga baru atau pemecah ombak). Investigasi seharusnya dilakukan untuk mengetahui kemungkinan berubahnya karakteristik pasut. Dengan adanya proyek New Priok di mana terdapat struktur baru berupa terminal container dan adanya daratan baru hasil reklamasi maka dimungkinkan akan mengubah sifat pasut di daerah ini [3].

Amalina melakukan penelitian mengenai karakteristik pasang surut berupa nilai elevasi, komponen harmonik serta tipe pasang surut dengan data selama 253 bulan yang terhitung dari Januari 1984 hingga Desember 2004 serta Maret 2018 di Stasiun Pasang Surut Kolinlamil, Tanjung Priok, Jakarta. Rentang data sebelum Desember 2004 merupakan data sebelum proyek New Priok sehingga hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat digunakan sebagai analisis perilaku pasut yang terjadi sebelum adanya NPCT dan reklamasi. Pada penelitian ini karakteristik pasut berupa amplitudo, fase, tipe pasut dan MSL akan diteliti di masa-masa saat dan setelah NPCT dan reklamasi terbangun. Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui seberapa besar dan seperti apakah pola perubahan karakteristik pasut dan MSL yang terjadi. Di bidang geodesi informasi ini akan sangat bermanfaat untuk mengetahui pola perubahan MSL yang digunakan sebagai bidang referensi tinggi [4].

2. TINJAUAN TEORITIS

Reklamasi pesisir sebagai suatu kegiatan penimbunan dengan memasukkan sejumlah material terhadap areal pesisir yang secara terus menerus tergenang air dengan tujuan untuk mendapatkan lahan kering yang di atasnya dapat didirikan bangunan sebagai usaha bersama untuk kepentingan umum [5].

Pasang surut merupakan peristiwa naik turunnya permukaan air laut yang terjadi secara periodik yang diakibatkan oleh hubungan gravitasional antara matahari, bulan, dan bumi [6].

Metode analisis harmonik merupakan metode untuk memodelkan gaya pasut sebagai sekumpulan garis spektral, yang mewakili jumlah sekumpulan sinusoidal terbatas pada frekuensi tertentu [7].

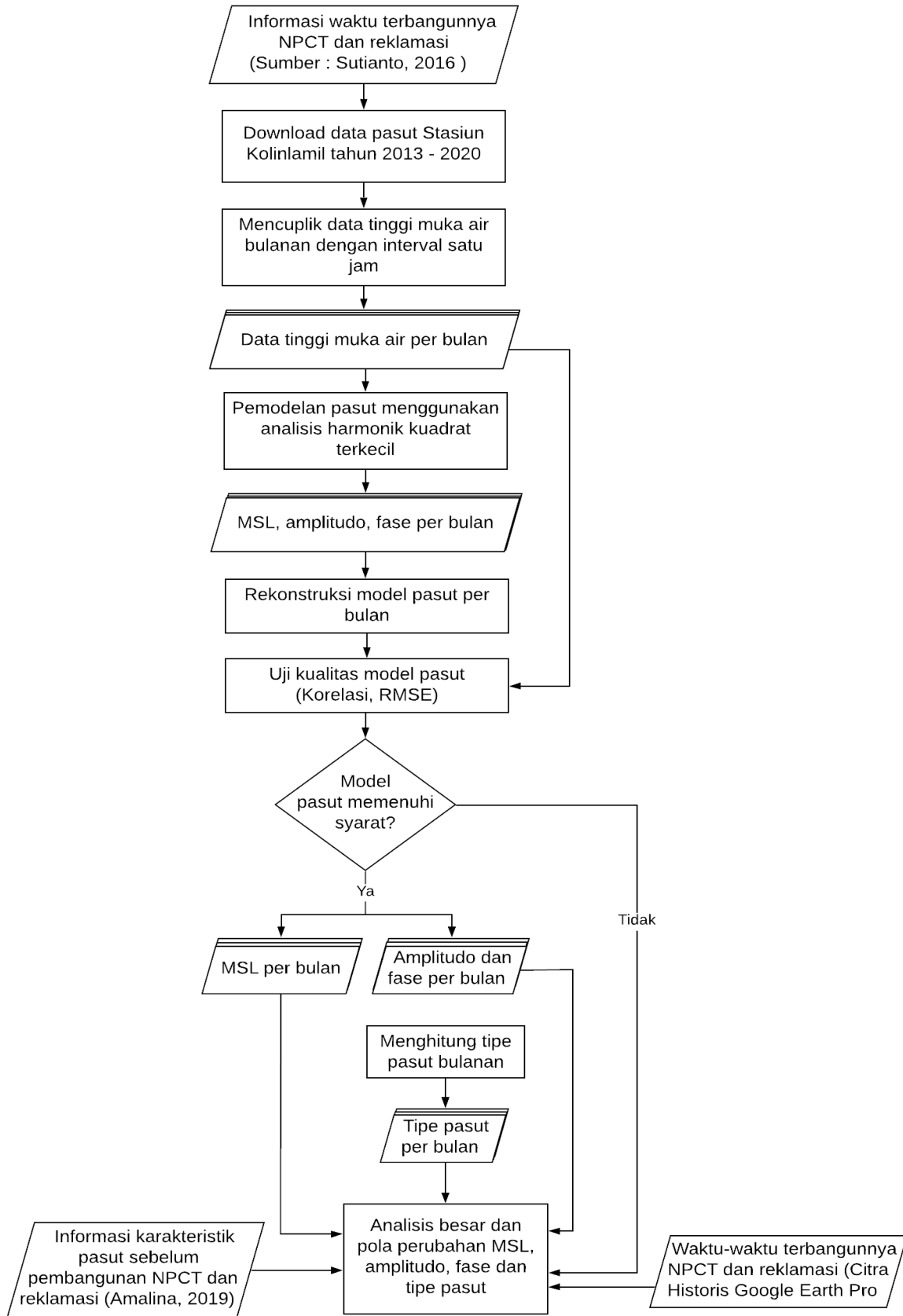
Korelasi adalah istilah statistik yang menyatakan derajat hubungan linier (searah bukan timbal balik) antara dua variabel atau lebih. Koefisien korelasi, r , merupakan ukuran ringkasan yang menggambarkan sejauh mana hubungan statistik antara dua variabel interval atau tingkat rasio. Semakin nilai koefisien korelasi mendekati 1 maka semakin kuat hubungan antar variabel dan menunjukkan semakin linier hubungan antara dua variabel tersebut [8].

Validasi model merupakan aspek penting karena suatu model dapat diterima apabila berhasil melewati uji validasi. Untuk dapat melakukan validasi model dibutuhkan standar untuk membandingkan perilaku model dengan perilaku sistem [9].

Tujuan dari menghitung tingkat kesalahan adalah untuk menilai akurasi hasil analisis pasut. Pada penelitian ini tingkat kesalahan dihitung dengan persamaan Root Mean Square Error (RMSE) [10].

Untuk diagram alir penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 1.

Investigasi Diskontinuitas Karakteristik Pasut dan MSL di Stasiun Kolinlamil Akibat Pembangunan NPCT dan Reklamasi Teluk Jakarta



Gambar 1 Metodologi Penelitian

Dasar penelitian ini menggunakan metode analisis kuadrat terkecil karena data yang diolah cukup banyak dan akan menghasilkan sepuluh komponen penyusun data pasang surut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui diskontinuitas dilihat berdasarkan besar dan pola perubahan karakteristik pasut berupa (amplitudo, fase, tipe pasut) dan MSL di Stasiun Kolinlamil akibat pembangunan NPCT dan reklamasi di Teluk Jakarta.

3. METODOLOGI

Penelitian ini menghasilkan sepuluh komponen penyusun data pasang surut yang merujuk pada penelitian Marcel (2018). Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data pasang surut secara *real time* di Stasiun Kolinlamil yang berasal dari IOC (*Intergovernmental Oceanographic Commission*) pada *range* tahun 2013 s.d 2020 dan data dari penelitian Amalina (2019) yang terdiri dari Tahun 1987 s.d 2004 untuk dimasukkan kedalam analisis. Penelitian ini dilakukan di Stasiun Kolinlamil menggunakan metode analisis kuadrat terkecil.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Validasi Model

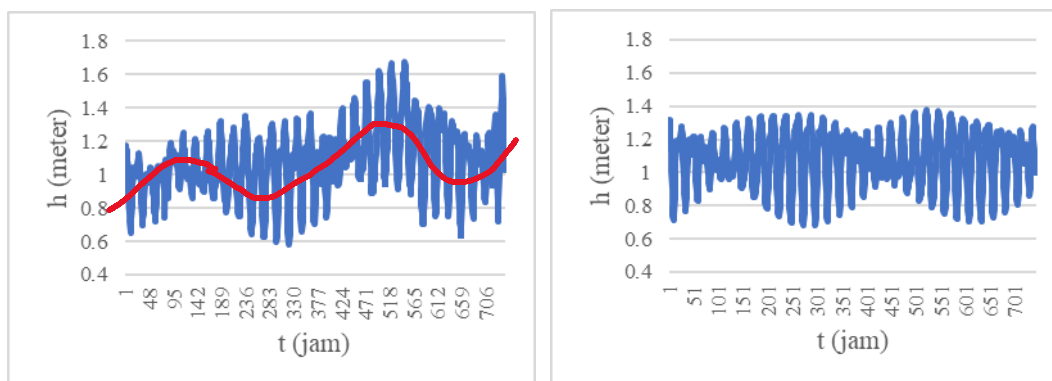
Tujuan dari validasi adalah memberikan keyakinan bahwa model benar-benar mempresentasikan sistem sesuai pemodelan yang dilakukan sehingga semua kesimpulan yang mungkin ditarik dari hasil simulasi mengenai sistem dapat diterima dan dipertanggungjawabkan sampai batas-batas tertentu [11]. Model yang digunakan untuk mewakili data tinggi muka air pada penelitian ini adalah model pasut yang dibangun menggunakan analisis harmonik kuadrat terkecil menggunakan sepuluh gelombang, yaitu: K_1 , O_1 , S_2 , M_2 , M_3 , S_3 , MS_4 , M_4 , $2MS_6$, dan M_6 . Gelombang-gelombang yang digunakan pada model terdiri dari gelombang diurnal, semidiurnal, dan perairan dangkal. Model pasut ini tidak melibatkan gelombang periode panjang.

Untuk melihat seberapa besar model pasut yang dibangun dapat mewakili data tinggi muka air di penelitian ini digunakan koefisien korelasi dan RMSE seperti yang dapat dilihat Tabel 1.

Tabel 1 Koefisien Korelasi dan RMSE

Kualitas Nilai	Koefisien Korelasi	RMSE (meter)	Terjadi pada
Minimal	0,841	0,114	(April 2019)
Maksimal	0,971	0,066	(November 2019)
Rata-rata	0,914	0,090	

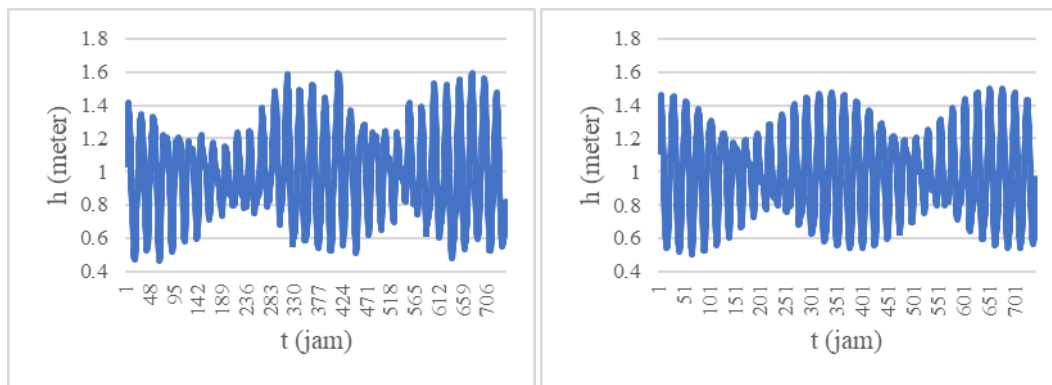
Nilai korelasi seluruh model pasut terhadap data tinggi muka air bulanan pada penelitian ini antara tahun 2013 s.d 2020 berada di antara nilai 0,71-0,99 di mana menurut Astuti diinterpretasikan sebagai hubungan yang berkorelasi tinggi [12].



Keterangan: t=1 adalah 1 April 2019
(a) Data Pasut

Keterangan: t=1 adalah 1 April 2019
(b) Model Pasut

Gambar 2 Data dan model Pasut Stasiun Kolinlamil April 2019



Keterangan: t=1 adalah 1 November 2019
(a) Data Pasut

Keterangan: t=1 adalah 1 November 2019
(b) Model Pasut

Gambar 3 Data dan model Pasut Stasiun Kolinlamil November 2019

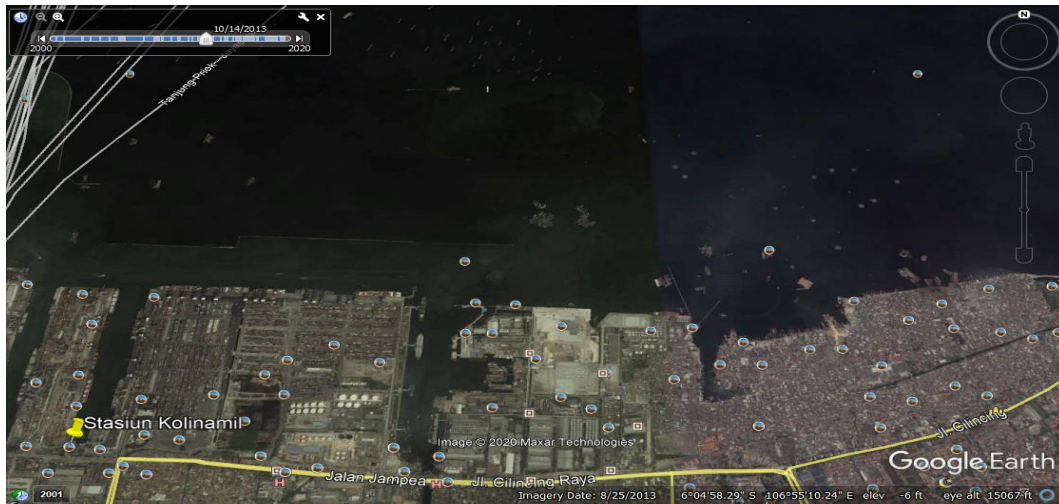
Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa antara data dan model pasut di Stasiun Kolinlamil pada bulan November 2010 memiliki kemiripan yang tinggi dengan koefisien korelasi sebesar 0,971. Adanya sedikit perbedaan dikarenakan model pasut ini dibangun menggunakan analisis harmonik yang hanya mempertimbangkan unsur periodik yang berupa faktor astronomis berupa pasut.

Korelasi untuk bulan April 2019 memiliki koefisien terendah dengan koefisien korelasi sebesar 0,841. Artinya model pasut hanya dapat mewakili data sebesar 84% saja. Jika dilihat pada Gambar 3 (a) tergambar adanya trend yang tidak termodelkan dengan sepuluh gelombang pasut yang digunakan (K_1 , O_1 , S_2 , M_2 , M_3 , S_3 , MS_4 , M_4 , $2MS_6$, dan M_6). Terlihat jelas adanya trend dengan periode setengah bulanan di mana gelombang yang paling memungkinkan adalah gelombang pasut periode panjang M_f . Terlihat pula bahwa gelombang ini tidak memiliki amplitudo yang sama tinggi sehingga besar kemungkinan juga dipengaruhi oleh gelombang periode panjang lainnya seperti M_m yang memiliki periode satu bulan.

Kesalahan tinggi muka air dari model pasut yang diwakili oleh nilai RMSE memiliki kualitas paling rendah sebesar 0,114 meter (Tabel 1). Ditinjau dari ketelitian survei Orde Khusus akurasi kedalamannya yang disyaratkan dalam SNI (2010) untuk Pelabuhan Tanjung Priok dengan kedalaman minimal saat ini adalah 14 meter yang dapat dilalui oleh kapal kargo dengan bobot mencapai 50.000 ton. Alur pelayaran di Pelabuhan Tanjung Priok memiliki alur pelayaran dua arah selebar hampir 300 meter. Batas toleransi akurasi kedalamannya sebesar 0,271 meter. Dengan demikian akurasi yang diberikan oleh tinggi muka air hasil model pasut pada penelitian ini masih memenuhi batas toleransi akurasi kedalaman untuk ketelitian pengukuran parameter survei hidrografi dengan kelas Orde Khusus [13].

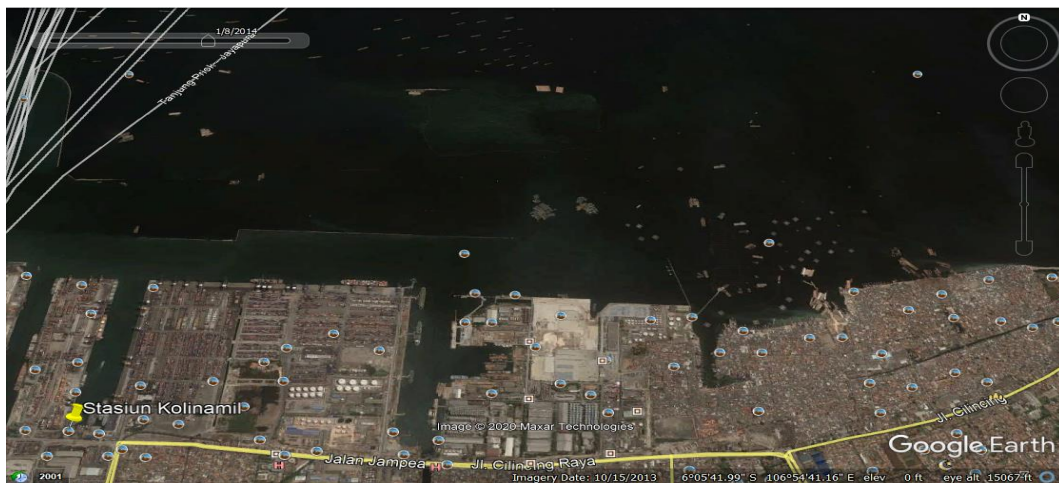
4.2 Waktu Terbangunnya NPCT dan Reklamasi Teluk Jakarta

Validasi perubahan di sekitar teluk Jakarta atau sekitar Tanjung Priok dilakukan dengan melakukan pengamatan dengan melihat perbedaan citra yang diambil dari aplikasi Google Earth Pro 2020. Cara yang dilakukan adalah dengan melihat kembali tanggal, bulan, dan tahun sebelum dan sesudah dibangunnya NPCT dan reklamasi Teluk Jakarta.



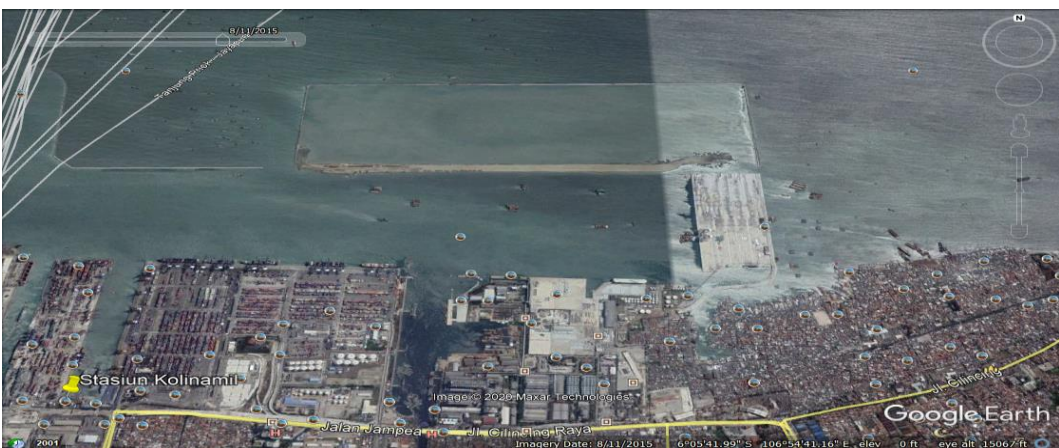
Gambar 4 Tanggal 14 Oktober 2013 pada saat sebelum dibangunnya NPCT dan reklamasi teluk Jakarta

Sumber: Google Earth Pro (2020)



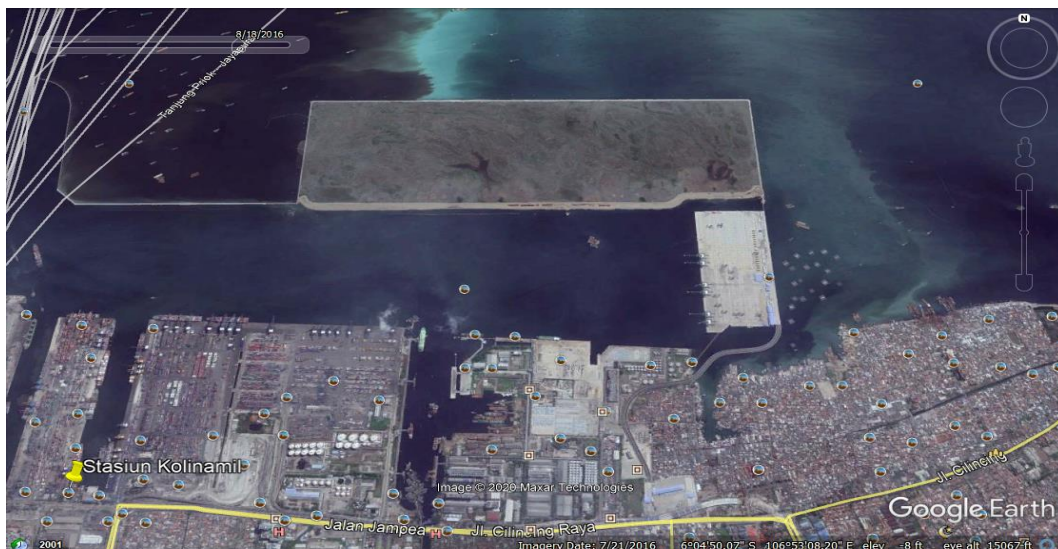
Gambar 5 Tanggal 8 Januari 2014 pembangunan NPCT dan reklamasi teluk Jakarta dimulai

Sumber: Google Earth Pro (2020)



Gambar 6 Tanggal 11 Agustus 2015 proyek NPCT 1 sudah selesai dan reklamasi Teluk Jakarta sudah ada perkembangan

Sumber: Google Earth Pro (2020)



Gambar 7 Tanggal 18 Agustus 2016 proyek NPCT 1 sudah dioperasikan secara komersial oleh Joint Venture (JV) Company

Sumber: Google Earth Pro (2020)

Dari gambaran yang diperoleh dari citra Google Earth 2020 maka diketahui bahwa di tahun 2013 belum terlihat adanya bangunan laut buatan ataupun reklamasi di Teluk Jakarta. Pembangunan NPCT dan reklamasi Teluk Jakarta dimulai di tahun 2014 dan NPCT sudah terbangun di tahun 2015 dan reklamasi Teluk Jakarta sudah mulai dikembangkan.

4.3 Mean Sea Level

Variasi permukaan laut secara umum terbagi dua, yaitu: non astronomi dan astronomi berkala dengan perubahan permukaan laut [14].

Analisis mengenai perilaku MSL di Stasiun Kolinlamil yang dikaitkan dengan adanya pembangunan NPCT dan reklamasi di Teluk Jakarta ini dilakukan dengan membandingkan MSL dari penelitian Amalina di stasiun yang sama tahun 1984 s.d. 2004 di masa belum terbangunnya NPCT dan reklamasi. Berikut ini dapat dilihat tabel dan grafik MSL baik dari penelitian Amalina maupun yang dihasilkan dari penelitian ini.

Tabel 2MSL Rata-rata Stasiun Kolinlamil Tahun 1984 s.d 2004

Tahun	MSL Rata-rata (meter)
1984	2,060
1985	1,995
1986	1,796
1987	1,882
1988	2,091
1989	1,903
1990	1,903
1991	1,900
1992	1,943
1993	1,938
1994	1,938
1995	1,994
1996	1,949

Sumber: Amalina (2019)

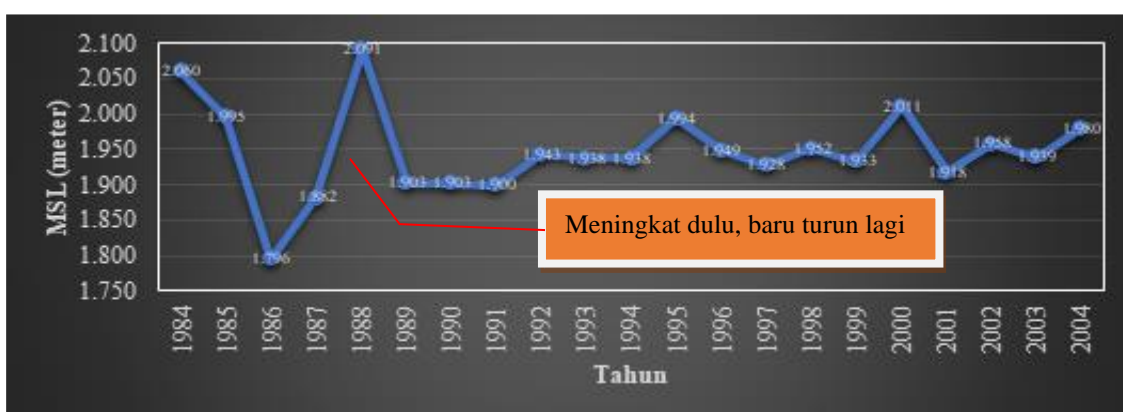
Tabel 3 MSL Rata-rata Stasiun Kolinlamil Tahun 1984 s.d 2004 (lanjutan)

Tahun	MSL Rata-rata (meter)
1997	1,928
1998	1,952
1999	1,933
2000	2,011
2001	1,918
2002	1,958
2003	1,939
2004	1,980
Minimum	1,796
Maksimum	2,091
Range	0,295
Rata-rata	1,948

Sumber: Amalina (2019)

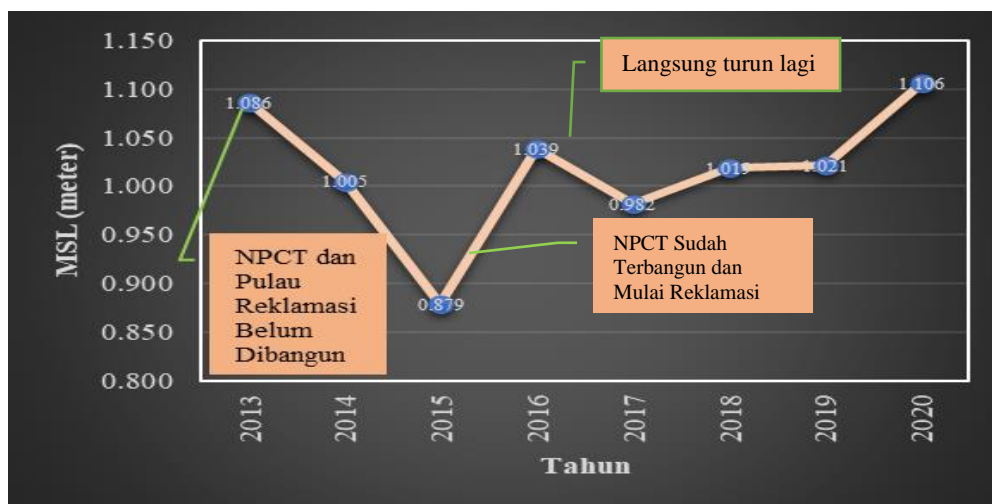
Tabel 4 MSL Rata-rata Stasiun Kolinlamil Tahun 2013 s.d 2020

Tahun	MSL Rata-rata (meter)
2013	1,086
2014	1,005
2015	0,879
2016	1,039
2017	0,982
2018	1,019
2019	1,021
2020	1,106
Minimum	0,879
Maksimum	1,106
Range	0,227
Rata-rata	1,017



Gambar 8 MSL Rata-rata Stasiun Kolinlamil Tahun 1984 s.d 2004

Sumber: Amalina (2019)



Gambar 9 MSL Rata-rata Stasiun Kolinlamil Tahun 2013 s.d 2020

Grafik data MSL ini dibandingkan dengan penelitian Amalina dan ada kemiripan di dalam pola, yaitu grafiknya menurun, Hanya pada penelitian Amalina setelah mengalami penurunan meningkat selama dua tahun terlebih dahulu, sementara di sini terjadi langsung turun lagi, di masa setelah terbangunnya NPCT dan dimulainya reklamasi. Namun, memang diperlukan data yang lebih panjang lagi berapa tahun ke depan untuk melihat apakah pola ini akan berulang atau terjadi perubahan lagi.

Range MSL pada penelitian Amalina seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2 adalah sebesar 0,295 meter yang merupakan range dengan rentang waktu 20 tahun, sedangkan dari penelitian ini range MSL yang diperoleh adalah sebesar 0,227 meter dapat dilihat di Tabel 4 dari rentang waktu delapan tahun. Mungkin saja terjadi dalam kurun 12 tahun mendatang akan diperoleh range yang sama lagi. Jika MSL hasil pengukuran ini digunakan sebagai referensi untuk menentukan chart datum maka perbedaan yang dapat terjadi akan di luar toleransi akurasi kedalaman survei Orde Khusus di mana untuk kedalaman 14 meter toleransinya sebesar 0,271 meter. Dengan demikian untuk menggunakan MSL dengan data hasil pengukuran satu bulan perlu dilakukan koreksi, di antaranya dengan cara detrending gelombang-gelombang periode panjang dan juga menghilangkan faktor-faktor non periodik, yaitu unsur non astronomis. Dapat dikatakan bahwa terbangunnya NPCT dan pulau reklamasi tidak mengubah sifat MSL. MSL bulanan tetap memerlukan koreksi untuk digunakan sebagai referensi tinggi baik sebelum atau sesudah terbangunnya NPCT dan pulau reklamasi.

4.4 Amplitudo dan Tipe Pasut

Hasil penelitian ini menunjukkan nilai amplitudo setelah 2016 makin meningkat. Range nilai amplitudo 0,203 meter dan Amalina 0,26 meter, tidak berbeda secara signifikan dengan Amalina. Peningkatan amplitudo yang terjadi dapat dikatakan masih merupakan sifat alamiah unsur periodik dari pasut ini.

Hasil analisis data pengamatan pasang surut adalah konstanta harmonik pasang surut dengan data amplitudo dan fase sehingga dari nilai konstanta harmonik pasang surut dapat diperoleh nilai Formzahl dan tipe pasang surut di daerah penelitian [15].

Tabel 5 Amplitudo Rata-rata dan Tipe Pasut Stasiun Kolinlamil Tahun 1984 s.d 2004

Tahun	Amplitudo (meter)				Bilangan Formzahl F	Tipe Pasut
	K ₁	O ₁	S ₂	M ₂		
1984	0,290	0,160	0,050	0,060	4,091	Diurnal Murni
1985	0,360	0,220	0,010	0,090	5,800	Diurnal Murni
1986	0,430	0,290	0,030	0,120	4,800	Diurnal Murni
1987	0,260	0,140	0,050	0,050	4,000	Diurnal Murni
1988	0,280	0,160	0,030	0,060	4,889	Diurnal Murni
1989	0,470	0,320	0,050	0,170	3,591	Diurnal Murni

Sumber: Amalina (2019)

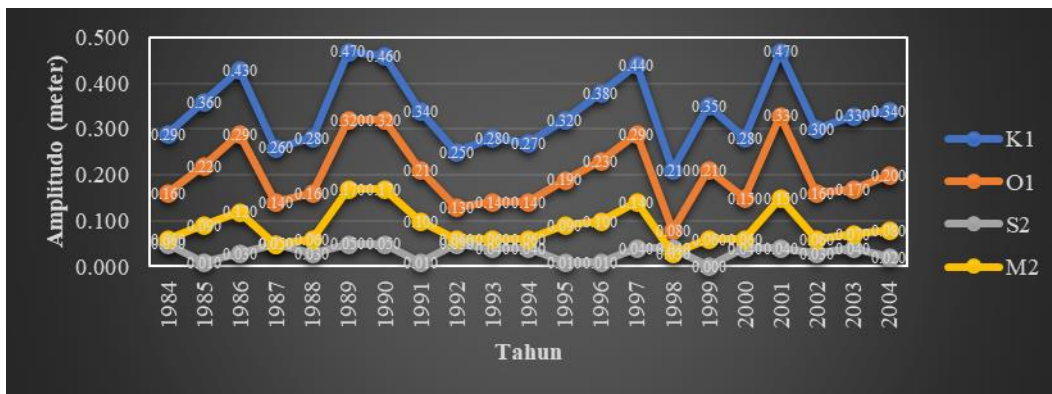
Tabel 6 Amplitudo Rata-rata dan Tipe Pasut Stasiun Kolinlamil Tahun 1984 s.d 2004 (lanjutan)

Tahun	Amplitudo (meter)				Bilangan Formzahl F	Tipe Pasut
	K ₁	O ₁	S ₂	M ₂		
1990	0,460	0,320	0,050	0,170	3,545	Diurnal Murni
1991	0,340	0,210	0,010	0,100	5,000	Diurnal Murni
1992	0,250	0,130	0,050	0,060	3,455	Diurnal Murni
1993	0,280	0,140	0,040	0,060	4,200	Diurnal Murni
1994	0,270	0,140	0,040	0,060	4,100	Diurnal Murni
1995	0,320	0,190	0,010	0,090	5,100	Diurnal Murni
1996	0,380	0,230	0,010	0,100	5,545	Diurnal Murni
1997	0,440	0,290	0,040	0,140	4,056	Diurnal Murni
1998	0,210	0,080	0,040	0,030	4,143	Diurnal Murni
1999	0,350	0,210	0,000	0,060	9,333	Diurnal Murni
2000	0,280	0,150	0,040	0,060	4,300	Diurnal Murni
2001	0,470	0,330	0,040	0,150	4,211	Diurnal Murni
2002	0,300	0,160	0,030	0,060	5,111	Diurnal Murni
2003	0,330	0,170	0,040	0,070	4,545	Diurnal Murni
2004	0,340	0,200	0,020	0,080	5,400	Diurnal Murni
Minimum	0,210	0,080	0,000	0,030	0,030	
Maksimum	0,470	0,330	0,050	0,170	0,170	
Range	0,260	0,250	0,050	0,140	0,140	
Rata-rata	0,340	0,200	0,030	0,090	0,090	

Sumber: Amalina (2019)

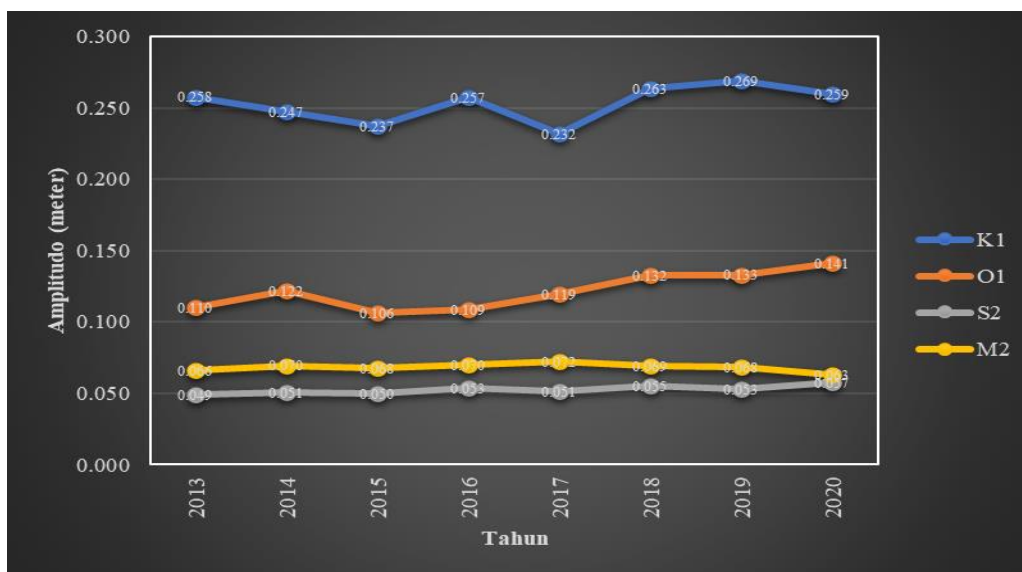
Tabel 7 Amplitudo Rata-rata dan Tipe Pasut Stasiun Kolinlamil Tahun 2013 s.d 2020

Bulan dan Tahun	Amplitudo (meter)				Bilangan Formzahl F	Tipe Pasut
	K ₁	O ₁	S ₂	M ₂		
2013	0,258	0,110	0,049	0,066	3,197	Diurnal Murni
2014	0,247	0,122	0,051	0,070	3,071	Diurnal Murni
2015	0,237	0,106	0,050	0,068	2,915	Campuran Condong ke Diurnal
2016	0,257	0,109	0,053	0,070	2,965	Campuran Condong ke Diurnal
2017	0,232	0,119	0,051	0,072	2,842	Campuran Condong ke Diurnal
2018	0,263	0,132	0,055	0,069	3,184	Diurnal Murni
2019	0,269	0,133	0,053	0,068	3,310	Diurnal Murni
2020	0,259	0,141	0,057	0,063	3,320	Diurnal Murni
Maksimum	0,232	0,106	0,049	0,063	2,842	
Minimum	0,269	0,141	0,057	0,072	3,320	
Range	0,037	0,035	0,009	0,009	0,478	
Rata-rata	0,253	0,122	0,052	0,068	3,100	



Gambar 10 Amplitudo Rata-rata Stasiun Kolinlamil Tahun 1984 s.d 2004

Sumber: Amalina (2019)



Gambar 11 Amplitudo Rata-rata Stasiun Kolinlamil Tahun 2013 s.d 2020

Amplitudo paling dominan adalah K_1 , selanjutnya dengan urutan yang sama antara Amalina dan penelitian adalah O_1 , M_2 , dan S_2 . Perbedaan terlihat dari perbandingan besarnya amplitudo yang melambangkan besar energinya. Di masa sebelum terbangunnya NPCT dan reklamasi, yaitu tahun 2013-2014 perbedaan antara K_1 dan O_1 tidak signifikan di masa setelah terbangun.

Perbandingan energi O_1 , M_2 , dan S_2 dibandingkan dengan K_1 dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8 Persentase Amplitudo Terhadap Gelombang K_1

Tahun	Persentase Besar Amplitudo		
	O_1	S_2	M_2
1984 s.d 2004 (Amalina, 2019)	59%	9%	26%
2013 s.d. 2020	48%	21%	27%

Hasil analisis pasang surut pada penelitian Amalina dengan penelitian ini menunjukkan presentase komponen Amplitudo O_1 pada penelitan Amalina sebesar 59% menurun menjadi 48% pada penelitian ini dan komponen Amplitudo S_2 naik dari 9% menjadi 21%, lalu gelombang M_2 naik sebesar 1% dari yang awalnya pada penelitian Amalina sebesar 26% dan naik menjadi 27% pada penelitian ini. Menurut Byun yang melakukan penelitian pada tahun (1971-2001) di stasiun pengamatan Mokpo di ujung barat pantai barat daya Korea menunjukkan amplitudo semidiurnal (M_2 dan S_2) dan diurnal keempat (M_4 dan MS_4) meningkat secara signifikan setelah konstruksi tanggul, sedangkan amplitudo

diurnal (K_1 dan O_1) sedikit menurun setelah konstruksi tembok laut. Artinya, amplitudo semidiurnal dan diurnal keempat sangat dipengaruhi oleh konstruksi tanggul, dan sedikit dipengaruhi oleh konstruksi dua dinding laut. Hal ini menunjukkan kesamaan hasil antara penelitian Byun karena nilai S_2 cenderung naik secara signifikan, nilai M_2 naik 1% dari penelitian sebelumnya dan Nilai O_1 menurun dari 59% menjadi 48%. Pada penelitian ini faktor yang membuat nilai dari Amplitudo M_2 dan S_2 naik adalah karena adanya konstruksi bangunan berupa pembangunan NPCT dan reklamasi Teluk Jakarta dan turunnya O_1 menurun karena adanya konstruksi tembok laut [16].

Dari Tabel 7 sebelum ada NPCT dan reklamasi konstan diurnal murni. Setelah terbangun NPCT dan pulau reklamasi terjadi diskontinuitas tipe pasut menjadi campuran condong ke diurnal akibat energi dari M_2 dan S_2 yang meningkat karena adanya konstruksi bangunan sedangkan K_1 dan O_1 energinya menurun karena disebabkan konstruksi tembok laut.

4.5 Fase

Nilai Fase K_1 , O_1 , M_2 dan S_2 dianalisis karena energinya berdampak turun dan naik karena adanya konstruksi di daerah penelitian. Hasil perhitungan fase dari penelitian Amalina dan penelitian ini bisa dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10. Lalu untuk grafiknya bisa dilihat pada Gambar

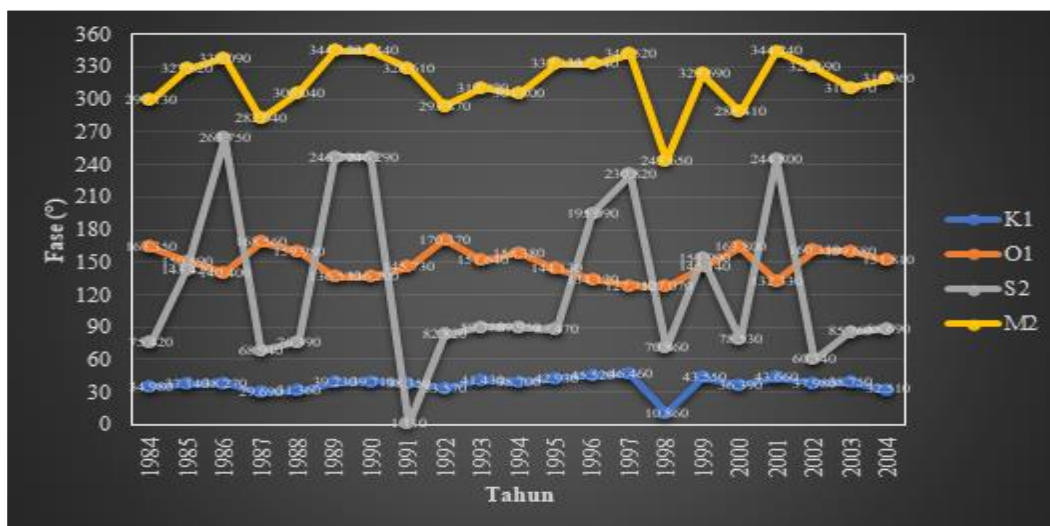
Tabel 9 Fase Rata-rata Stasiun Kolinlamil Tahun 1984 s.d 2004

Tahun	Fase (°)			
	K_1	O_1	S_2	M_2
1984	34,980	163,350	75,420	299,130
1985	37,140	150,890	143,420	327,620
1986	38,270	140,400	263,750	338,090
1987	29,690	168,560	68,940	282,040
1988	31,360	159,980	76,390	306,040
1989	39,230	136,570	246,290	344,310
1990	39,710	136,200	246,290	344,440
1991	38,350	145,730	1,110	328,610
1992	33,570	170,370	82,820	293,870
1993	41,430	151,640	89,780	310,720
1994	38,700	158,380	89,950	304,800
1995	42,930	144,130	87,470	332,330
1996	45,520	134,120	195,090	332,540
1997	46,460	127,750	230,820	341,520
1998	10,860	127,070	70,860	243,650
1999	43,550	145,140	153,990	323,690
2000	36,390	163,800	78,530	288,410
2001	43,660	132,330	244,800	344,240
2002	37,980	160,330	60,340	329,690
2003	38,750	159,680	85,760	310,370
2004	32,510	151,810	88,690	318,960
Minimum	10,860	127,070	1,110	243,650
Maksimum	46,460	170,370	263,750	344,440
Range	35,600	43,300	262,640	100,790
Rata-rata	37,192	148,963	127,643	316,432

Sumber: Amalina (2019)

Tabel 10 Fase Rata-rata Stasiun Kolinlamil Tahun 2013 s.d 2020

Tahun	Fase (°)			
	K ₁	O ₁	S ₂	M ₂
2013	180,154	177,700	101,757	88,388
2014	146,623	156,522	108,989	238,543
2015	161,838	208,795	109,587	184,328
2016	165,096	201,683	97,771	161,262
2017	147,405	143,205	108,063	161,173
2018	228,376	168,110	110,206	266,791
2019	170,385	202,233	108,279	165,045
2020	136,114	141,794	111,601	171,391
Min	136,114	141,794	97,771	88,388
Max	228,376	208,795	111,601	266,791
Range	92,263	67,001	13,830	178,404
Rata-rata	166,999	175,005	107,032	179,615



Gambar 12 Fase Rata-rata Stasiun Kolinlamil Tahun 1994 s.d 2004

Sumber: Amalina (2019)



Gambar 13 Fase Rata-rata Stasiun Kolinlamil Tahun 2013 s.d 2020

Ada perubahan urutan fase yang menyatakan saat datangnya gelombang. Menurut matematika astronomis, rotasi bumi yang memerlukan waktu selama 24 jam ini menyebabkan bumi terbagi menjadi 24 zona waktu. Ini berarti setiap 15° bujur memiliki perbedaan waktu 1 jam. Pembagian zona waktu tersebut berdasarkan besar lingkaran rotasi bumi sebesar 360° selama 24 jam waktu rotasi bumi, sehingga didapatkan hasil $360 : 24 = 15^\circ / 1 \text{ jam}$ atau $1^\circ / 4 \text{ menit}$ [17].

Di penelitian Amalina kedatangan gelombang urutan dari K_1 , S_2 , O_1 , dan M_2 . Setelah pembangunan NPCT dan reklamasi Teluk Jakarta, gelombang S_2 tidak banyak mengalami perubahan atau penambahan nilai yang signifikan berubah.

Gambar 12 penelitian Amalina fase M_2 dan S_2 terlihat indikasi pembalikan fase. Seperti cermin, yang satu meningkat yang satu lagi menurun. Hasil grafik fase pada penelitian ini sama dengan penelitian Perbani di mana terjadi pembalikan fase. Pada penelitian Perbani dilakukan deliasing parsial untuk menghilangkan aliasing. Dengan cara mencuplik data pasang surut selama 30 hari. Sama halnya dengan penelitian ini, data dari IOC dicuplik selama 1 bulan. Tetapi, deliasing parsial didapatkan bahwa analisis pasut dengan dealiasing parsial dapat memberikan interpretasi yang keliru mengenai perilaku pasut [18].

Gambar 13 O_1 dan M_2 menunjukkan pola yang terbalik, waktu kedatangan antara gelombang makin pendek. Menurut Rika menjelaskan bahwa panjang gelombang erat kaitannya dengan besar kecilnya gelombang yang dihasilkan. Semakin pendek panjang gelombang maka akan semakin kecil gelombang yang dihasilkan. Gelombang yang memiliki panjang gelombang paling besar secara langsung juga memiliki periode gelombang yang cukup besar pula dan merambat lebih cepat dibandingkan gelombang yang memiliki panjang dan periode gelombang yang kecil [19].

Pada penelitian Amalina waktu kedatangan gelombang K_1 dan O_1 adalah 7,45 jam dan O_1 dan M_2 11,16 jam. Dilihat pada Gambar 4.11 bahwa gelombang K_1 dimulai pada 34° yang berarti 2 jam lebih seperti pada perhitungan matematika astronomis yang dijelaskan Junaidi [20]. Alasan diambilnya gelombang K_1 , O_1 dan O_1 , M_2 karena gelombang tersebut memiliki urutan yang sama dan polanya hampir sama. Lalu pada penelitian ini K_1 dan O_1 waktu kedatangan gelombangnya 32 menit dan O_1 dan M_2 18 menit. Pada Gambar 13 terlihat bahwa ketiga gelombang tersebut saling berdekatan yang bisa dikatakan bahwa datangnya gelombang setelah adanya pembangunan NPCT dan reklamasi Teluk Jakarta membuat gelombang datang lebih cepat dibanding sebelumnya seperti pada penelitian Amalina.

Hasil komponen fase ($^\circ$) pada Januari 1984 - Desember 2004 dapat diperoleh nilai maksimum, nilai minimum, serta nilai rerata pada masing – masing komponen fase ($^\circ$) M_2 , S_2 , N_2 , K_1 , O_1 , M_4 , MS_4 , K_2 dan P_1 . Pada Januari 1984 hingga Desember 2004 menunjukkan nilai tertinggi pada komponen M_2 sebesar $344,44^\circ$ dan nilai terendah pada komponen S_2 sebesar $1,11^\circ$.

KESIMPULAN

1. Model pasut dengan data memiliki korelasi tinggi yang mengindikasikan pembangunan NPCT dan pulau reklamasi tidak menghilangkan unsur-unsur periodic berupa pasut.
2. Perilaku MSL sebelum dan sesudah terbangunnya NPCT dan pulau reklamasi tidak berubah secara signifikan.
3. Setelah terbangunnya NPCT dan pulau reklamasi amplitudo gelombang diurnal O_1 berkurang sementara gelombang semidiurnal terutama S_2 meningkat dari 9% menjadi 21% sehingga terjadi diskontinuitas tipe pasut yang sebelumnya didominasi diurnal murni mulai terjadi juga tipe pasut campuran.
4. Urutan kedatangan gelombang (fase) menjadi berubah saat kedatangan antar gelombang yang semula lebih dari tujuh jam menjadi lebih singkat, yaitu kurang dari satu jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Webb, P. (2000). Introduction to Oceanography (Webb). Roger Williams University.
- [2] Sutianto, F. D. (2016). Ada Reklamasi di New Priok, Ini Penampakannya. Maret 08, 2016. <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-3160253/ada-reklamasi-di-proyek-new-priok-ini-penampakannya>.

- [3] Intergovernmental Oceanographic Commission. (2006). Manual and Guides 14: Manual on Sea Level (Measurement and Interpretation). Volume IV: An Update to 2006, JCOMM Technical Report No. 31 WMO/TD. No. 1339, UNESCO.
- [4] Amalina, (2019). Karakteristik Pasang Surut di Teluk Jakarta Berdasarkan Data 263 Bulan. *JURNAL RISET JAKARTA*, Vol. 12, No 1, JULI 2019, Hal. 25-36.
- [5] Lumain, J. H., 2003. Dampak Reklamasi Pesisir Terhadap Perubahan Sosial, Ekonomi dan Sosial Budaya Penduduk di Kota Manado, Tesis PPP Unhas, Makassar.
- [6] Pariwono, J.I. (1989). Gaya Penggerak Pasang Surut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (P3O) LIPI, Jakarta.
- [7] Consoli, S., Recupero, D. R. & Zavarella, V. (2014). A Survey on Tidal Analysis and Forecasting Methods for Tsunami Detection. *Science of Tsunami Hazard*, 33, 1-56.
- [8] Taylor, R. (1990). Interpretation of the Correlation Coefficient: A Basic Review. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 1, 35-39.
- [9] Setiawati, E.P., (2009). Penyusunan Model. Bagian Ilmu Kesehatan Masyarakat. Fakultas Kedokteran Unpad. Univeritas Padjajaran. Bandung.
- [10] Astari, F., K., (2018). Analisis Pasang Surut Perairan Dumai dengan Menggunakan Metode Admiralty.
- [11] Kresna (2018). Verifikasi dan Validasi Model (Skripsi dan Tesis). Desember 08, 2018. <https://konsultaskripsi.com/2018/12/24/verifikasi-dan-validasi-model-skripsi-dan-tesis/>
- [12] Astuti, C. C. (2017). Analisis Korelasi untuk Mengetahui Keeratan Hubungan antara Keaktifan Mahasiswa dengan Hasil Belajar Akhir. *Journal of Information and Computer Technology Education*, 1, 1-7.
- [13] SNI (2010). Survei Hidrografi Menggunakan Singlebeam Echosounder.
- [14] Byun, D., S., (2004). Tidal characteristic adjustment due to dyke and seawall construction in the Mokpo Coastal Zone, Korea.
- [15] Arifiyanto, Pranowo, W.S., Fatoni, K.I. & Dewi, A.R.T. 2016. Pengolahan dan Penyajian Data Arus Pasang Surut Hasil Pengukuran Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) Sontek Argonaut-XR Menggunakan Perangkat Lunak T_Tide_V1.3beta. *Jurnal Hidropilar*, 1(2):56–67.
- [16] Byun, D., S., (2004). Tidal characteristic adjustment due to dyke and seawall construction in the Mokpo Coastal Zone, Korea
- [17] Junaidi, A. (2012). Penyatuan Zona Waktu Indonesia dan Implikasinya pada Waktu Ibadah. Jurusan Syari'ah STAIN Ponorogo.
- [18] Perbani, N. M. R. R. C. (2013). Investigasi Variasi Tahunan Terhadap Mean Sea Level di Benoa, Bali . Jurusan Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional (Itenas) : Bandung.
- [19] Rika, A. 2004. Abrasi dan Sedimentasi Berdasarkan Energi Fluks Gelombang di Pantai Teluk Pangandaran Kabupaten Ciamis Provinsi Jawa Barat. Skripsi. Faperika Unri. 54 hal.
- [20] Junaidi, A. (2012). Penyatuan Zona Waktu Indonesia dan Implikasinya pada Waktu Ibadah. Jurusan Syari'ah STAIN Ponorogo.