



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RG141536

# **ANALISIS POLA SEBARAN SEDIMEN TERHADAP PENDANGKALAN DERMAGA MENGGUNAKAN PEMODELAN HIDRODINAMIKA 3 DIMENSI**

NICOLODY OFIRLA EFLAL FRODITUS  
NRP 0331144000030

Dosen Pembimbing

Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.

Cherie Bhekti Pribadi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - RG141536**  
**ANALISIS POLA SEBARAN SEDIMEN TERHADAP**  
**PENDANGKALAN DERMAGA MENGGUNAKAN**  
**PEMODELAN HIDRODINAMIKA 3 DIMENSI**

NICOLODY OFIRLA EFLAL FRODITUS  
NRP 0331144000030

Dosen Pembimbing  
Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
Cherie Bhakti Pribadi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL ASSIGNMENT- RG141536**  
**ANALYSIS OF SEDIMENT DISTRIBUTION PATTERNS TO**  
**THE SHOALING PROCEES AT JETTY USING 3**  
**DIMENSIONAL HYDRODYNAMICS MODELLING**

NICOLODY OFIRLA EFLAL FRODITUS  
NRP 0331144000030

Supervisor

Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.  
Cherie Bhkti Pribadi, S.T., M.T.

DEPARTEMENT OF GEOMATICS ENGINEERING  
Fakulty of Civil, Environmental, and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **ANALISIS POLA SEBARAN SEDIMEN TERHADAP PENDANGKALAN DERMAGA MENGGUNAKAN PEMODELAN HIDRODINAMIKA 3 DIMENSI**

Nama Mahasiswa : Nicolody Ofirla Eflal Froditus  
NRP : 0331144000030  
Departemen : Teknik Geomatika FTSLK-ITS  
Dosen Pembimbing : Danar Guruh Pratomo S.T., M.T., Ph.D  
Cherie Bhkti Pribadi S.T., M.T

## ***Abstrak***

*Indonesia terkenal sebagai negara kepulauan di dunia, dengan jumlah pulau 16.056. Sehingga aktivitas pelayaran sangat diperlukan untuk menghubungkan antar pulau-pulau di Indonesia. Dermaga menjadi salah satu objek penting dalam aktivitas pelayaran tersebut, karena dermaga merupakan bangunan pelabuhan untuk merapat dan menambatkan kapal. Lokasi penelitian ini berada di Perairan Cilacap Dengan kondisi geografis berada di tepi laut dan berhadapan langsung dengan Samudera Hindia. Dermaga Wijayapura dan Sodong merupakan dermaga penting yang menghubungkan Kabupaten Cilacap dengan Pulau Nusakambangan. Lokasi kedua dermaga tersebut berada di Selat Cilacap.*

*Penelitian ini menggunakan pemodelan 3D untuk memonitoring aktivitas hidrodinamika, yang mana hidrodinamika tersebut terjadi dan mempengaruhi dermaga. Hasil dari simulasi model adalah pola arus. Berdasarkan pola arus, terbentuklah model distribusi sedimen untuk mengetahui aktivitas akresi dan erosi di area tersebut. Model 3 dimensi dibentuk berdasarkan sumber pembangkit arus pasang surut dan debit sungai dari sungai Donan dan Yasa.*

*Kecepatan arus pada are studi berkisar antara 0 – 0,8 m/s, dengan kecepatan terbesar terjadi pada periode spring tide. Sedangkan, arah arus mengikuti periode pasang surut dan*

*mengarah keluar pada masing-masing hilir. Hasil lain dari pola arus ini adalah adanya variasi pasang surut dengan Mean Absolute Error (MAE) 0,024 meter dan koefisien korelasi (R) sebesar  $\pm 0,988$  dengan data pasang surut observasi.*

*Sedangkan pola sebaran sedimen yang terbentuk direpresentasikan oleh aktivitas erosi/sedimentasi, dimana aktivitas erosi/sedimentasi terbesar terjadi di Selat Cilacap yang dekat dengan sumber pembangkit arus. Total erosi/sedimentasi memiliki ketebalan sedimen berkisar 0 - 0,01 meter. Kondisi pola arus yang terjadi di Perairan Cilacap mengakibatkan terjadinya pendangkalan di dermaga Sodong. Dari beberapa titik sampel yang telah ditentukan secara acak, diketahui total sedimentasi sebesar 165,571 mm/bulan. Sehingga kegiatan monitoring dan pengerukan sedimen secara berkala sangat diperlukan.*

***Kata Kunci: Kecepatan Arus, Dermaga, Perairan Cilacap, Distribusi Sedimen, Hidrodinamika***



# **ANALYSIS OF SEDIMENT DISTRIBUTION PATTERNS TO THE SHOALING PROCEES AT JETTY USING 3 DIMENSIONAL HYDRODYNAMICS MODELLING**

Name : Nicolody Ofirla Eflal Froditus  
NRP : 0331144000030  
Departement : Teknik Geomatika FTSLK-ITS  
Supervisor : Danar Guruh Pratomo S.T., M.T., Ph.D  
Cherie Bhkti Pribadi S.T., M.T

## ***Abstract***

*Indonesia is one of the largest archipelagic country in the world with more than 16,056 islands. The accessibility among the islands is a critical part activities to connect them. Jetty plays important rules as it used for docking and mooring. This research area is located in Cilacap waters. This area has a unique geographical condition as it adjacent with Indian Ocean. Jetties at Wijayapura and Sodong are the access between Nusakambangan and Cilacap. Two port this located at Cilacap. Strait.*

*This research used a 3D modelling to monitor activity hydrodynamics, which is the hidrodinamics occur important to the jetties. The simulation results flow patterns. Based on the flow patterns, a sediment distribution was modelled to understand the accretion and erosion in this area. This 3D model was generated by tidal observations and river discharge from Donan and Yasa Rivers.*

*The current magnitude in the area research ranges between 0 – 0.8 m/s with the maximum speed occur at spring tide period. While, the flow direction follows a waning and waxing of tidal and leads out on each downstream. Whereas the vertical sea surface variation based on the model have a Mean Absolute Error (MAE) is 0.024 meters and correlation coefficient (R)is  $\pm 0.998$  with the tide observation.*

*The pattern of sediment distribution can be identified by the presence of sediment erosion and deposition. The maximum activities of the sediment transport occur in Cilacap Strait and Donan River. The cumulative of sediment thickness ranges between 0 – 0.01 m. The conditions of current patterns of Cilacap waters affect shoaling process at Sodong Jetty. Based on the samples point, the cumulative sedimentation is 165.571 mm/month. Thus, the sediment monitoring and dredging activities is needed periodically.*

**Keywords:** *Hydrodynamics, Jetty, Sediment Distribution, Current Magnitude, Waters of Cilacap*

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS POLA SEBARAN SEDIMEN TERHADAP PENDANGKALAN DERMAGA MENGGUNAKAN PEMODELAN HIDRODINAMIKA 3 DIMENSI

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Nicolody Ofirla Eflal Froditus**  
NRP. 0331144000030

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dinar Guruh Pratomo S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 19800507 200312 1 001
2. Cherie Bhakti Pribadi S.T., M.T  
NIP. 19910111 201504 2 001

  
(.....)

  
(.....)



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul **“Analisis Pola Sebaran Sedimen Terhadap Pendangkalan Dermaga Menggunakan Pemodelan Hidrodinamika 3 Dimensi”** ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan secara moral maupun material. Atas segala bantuan dan dukungan tersebut, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua, Bapak YCP. Indro Wicaksono dan Ibu Tri Murdyaningsih beserta seluruh keluarga penulis yang selama pengerjaan sampai pembuatan laporan tugas akhir ini memberikan inspirasi, semangat, kasih sayang dan seluruh dukungannya kepada penulis.
2. Bapak M. Nur Cahyadi S.T., M.Sc., Ph.D, selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika ITS. Terimakasih atas dukungan dan bantuan yang telah Bapak berikan.
3. Bapak Dinar Guruh Pratomo S.T., M.T., Ph.D, selaku dosen pembimbing. Terima kasih atas kesempatan, pembelajaran, kesabaran, serta dukungan dalam membimbing penulis sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Ibu Cherie Bhakti Pribadi S.T., M.T, selaku dosen pembimbing. Terima kasih atas kesempatan, pembelajaran, kesabaran, serta dukungan dalam membimbing penulis sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini.
5. Dinas PUSHIDROSAL (Pusat Hidrologi dan Oseanografi TNI-AL), BMKG (Badan Metereologi, Klimatologi, dan Geofisika), BIG (Badan Informasi Geospasial) atas ketersediaannya memberikan data sebagai penunjang dalam pengerjaan tugas akhir ini.
6. Deltares Forum, yang menjadi tempat diskusi dalam pengerjaan dan pembuatan laporan tugas akhir ini.

7. Teman-teman satu bimbingan Bapak Dinar, yang telah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Teman-teman Teknik Geomatika ITS khususnya G16 yang telah menemani dan mendukung pengerjaan tugas akhir selama ini.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis untuk penyempurnaan penelitian ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk semua pihak, khususnya untuk mahasiswa Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Pasang Surut.....	7
2.2. Metode Least Square.....	11
2.3. Arus.....	13
2.4. Arus Pasang Surut.....	14
2.5. Debit Harian Sungai.....	15
2.6. Sedimentasi.....	16
2.7. Mekanisme Transport Sedimen.....	17
2.8. Kondisi Oseanografi Perairan Cilacap.....	20
2.9. Delft3D Flow.....	21
2.10. Pemodelan Hidrodinamika dengan Metode Numerik..	23
2.10.1. Persamaan Kontinuitas.....	24
2.10.2. Persamaan Momentum.....	24
2.10. Penelitian Terdahulu.....	25
BAB III METODOLOGI.....	27
3.1. Lokasi Penelitian.....	27
3.2. Data dan Peralatan.....	28
3.2.1. Data.....	28

3.2.2.	Peralatan .....	30
3.3.	Metodologi Penelitian .....	31
3.3.1.	Tahap Persiapan Penelitian.....	32
3.3.2.	Tahap Pengolahan Data dan Analisis Penelitian .	32
3.3.3.	Tahap Akhir Penelitian.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1.	Bidang Model Domain ( <i>Mesh</i> ) .....	41
4.1.1.	Pendefinisian Batas .....	41
4.1.2.	Desain Model Grid .....	43
4.1.3.	Model Domain ( <i>Mesh</i> ) .....	45
4.2.	Waktu Simulasi Model .....	47
4.3.	Pemodelan Arus.....	48
4.3.1.	Parameter Pemodelan Arus .....	49
4.3.2.	Data Debit Sungai dan Angin.....	51
4.3.3.	Analisis Pasang Surut.....	53
4.3.4.	Analisis Model Arus.....	65
4.4.	Pemodelan Pola Sebaran Sedimen.....	76
4.4.1.	Hasil Uji Sampel Sedimen.....	77
4.4.2.	Parameter Pemodelan Sedimen .....	77
4.4.3.	Analisis Pola Sebaran Sedimen .....	78
4.5.	Analisa Dampak Sedimentasi Terhadap Dermaga.....	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		93
5.1.	Kesimpulan .....	93
5.2.	Saran .....	94
DAFTAR PUSTAKA.....		95
LAMPIRAN .....		99
BIODATA PENULIS.....		109



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kurva Pasang Surut .....	8
Gambar 2.2	Tipe Pasang Surut .....	9
Gambar 2.3	Model Sedimen .....	17
Gambar 2.4	Mekanisme Angkut Sedimen .....	19
Gambar 2.5	Diagram Hjulstrom .....	20
Gambar 3.1	Peta Laut Alur Pelayaran Cilacap (Jawa-Pantai Selatan) 2006 .....	27
Gambar 3.2	Diagram Tahapan Penelitian .....	31
Gambar 3.3	Tahap Pengolahan Data .....	33
Gambar 4.1	Batas Model Garis Pantai dan Dermaga Hasil <i>Digitation on Screen</i> .....	42
Gambar 4.2	Model Grid .....	44
Gambar 4.3	Pembagian Model Grid.....	45
Gambar 4.4	Titik Sebaran Data Kedalaman Perairan Cilacap ..	45
Gambar 4.5	Hasil Interpolasi Kedalaman Bidang Model.....	47
Gambar 4.6	Pembagian <i>Time Frame</i> Pemodelan .....	48
Gambar 4.7	Kondisi Batas Pemodelan.....	49
Gambar 4.8	Diagram Mawar Angin.....	53
Gambar 4.9	Grafik Pengamatan Pasang Surut Perairan Cilacap .....	55
Gambar 4.10	Grafik (a) Perbandingan dan (b) Residu Pasang Surut Pengamatan dengan Prediksi.....	57
Gambar 4.11	Lokasi Stasiun (Palem) Pasut Pengamatan Pasang Surut.....	60
Gambar 4.12	Grafik (a) Perbandingan dan (b) Residu Pasang Surut Observasi dengan Hasil Model.....	62
Gambar 4.13	Korelasi Data Pasang Surut Observasi dengan Hasil Model.....	64
Gambar 4.14	Kondisi (a) Periode Spring dan (b) Periode Neap	65
Gambar 4.15	Pola Arus Pada Kondisi Pasang Purnama .....	66
Gambar 4.16	Pola Arus Pada Kondisi Surut Purnama .....	68
Gambar 4.17	Potongan Pola Arus Surut Purnama Lokasi A.....	69
Gambar 4.18	Potongan Pola Arus Surut Purnama Lokasi B.....	69

Gambar 4.19	Pola Arus Pada Kondisi Surut Perbani .....	70
Gambar 4.20	Pola Arus Pada Kondisi Pasang Perbani.....	71
Gambar 4.21	Mawar Arus Hasil Model (Periode <i>Spring Tide</i> )..	72
Gambar 4.22	Mawar Arus Hasil Model (Periode <i>Neap Tide</i> ) ....	73
Gambar 4.23	Lokasi Pengamatan Arus .....	74
Gambar 4.24	Perbandingan dan Residu Kec. Arus Observasi dan Model .....	75
Gambar 4.25	Korelasi Data Kec. Arus Observasi dan Hasil Model .....	76
Gambar 4.26	Total Erosi/Sedimentasi Periode <i>Spring Tide</i> pada Kondisi (a) Pasang Purnama (b) Surut Purnama...	80
Gambar 4.28	Lokasi Perbedaan Total Erosi/Sedimentasi pada Periode (a) <i>Spring Tide</i> (b) <i>Neap Tide</i> .....	85
Gambar 4.29	Total Erosi/Sedimentasi Disekitar Dermaga.....	86
Gambar 4.30	Perubahan Kedalaman Area Dermaga Pada Waktu Pengamatan (a) Awal (b) Tengah (c) Akhir Simulasi.....	88
Gambar 4.31	Lokasi Titik Random Pengamatan Perubahan Kedalaman .....	89

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hubungan Unsur Utama Dengan Lainnya .....	10
Tabel 2.2	Hubungan Besarnya Bilangan Formzal Dengan Jenis Pasang Surut Air Laut.....	11
Tabel 2.3	Klasifikasi Sedimen Berdasarkan Ukuran Partikelnya Menurut Skala Wentworth (Wentworth 1922) .....	17
Tabel 3.1	Klasifikasi Tingkat Kesalahan RMSE dan MAE(Khotimah 2012).....	38
Tabel 4.1	Pembagian Model Grid Berdasarkan Ukuran Grid ...	43
Tabel 4.2	Parameter Waktu Pemodelan .....	48
Tabel 4.3	Parameter Pemodelan Arus .....	50
Tabel 4.4	Rekapitulasi Nilai Debit Sungai Perairan Cilacap (Permadi dan Widyastuti 2016) .....	51
Tabel 4.5	Data Kecepatan Rata-rata dan Arah Angin Harian Perairan Cilacap.....	52
Tabel 4.6	Data Observasi Pasang Surut Perairan Cilacap Bulan Juli-Agustus 2017 Terhadap Nol Rambu.....	54
Tabel 4.7	Nilai $S_0$ , Amplitudo dan Beda Fase 9 Konstituen Harmonik Perairan Cilacap.....	56
Tabel 4.8	Referensi Vertikal yang Diturunkan dari Konstituen Harmonik (ICSM PCTMSL 2011) .....	58
Tabel 4.9	Data Water Level MSL=0 sebagai Input Parameter..	59
Tabel 4.10	Data Pasang Surut Model Perairan Cilacap Bulan Juli - Agustus 2017 .....	61
Tabel 4.11	Rekapitulasi Hasil Uji Laboratorium Sampel Sedimen .....	77
Tabel 4.12	Parameter Pemodelan Sedimen .....	78
Tabel 4.13	Perubahan Kedalaman Area Dermaga .....	89
Tabel 4.14	Total Erosi/Sedimentasi Area Dermaga .....	90

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Laut Perairan Cilacap .....	99
Lampiran 2. Peta Rupa Bumi Indonesia Cilacap- Nusakambangan .....	99
Lampiran 3. Data Pasang Surut Observasi Perairan Cilacap Terhadap Nol Rambu .....	99
Lampiran 4. Data Pasang Surut MSL=0 Perairan Cilacap .....	100
Lampiran 5. Data Pasang Surut Hasil Model Perairan Cilacap Terhadap MSL = 0 .....	101
Lampiran 6. Data Angin Harian Perairan Cilacap (BMKG) .....	102
Lampiran 7. Data Sampel Sedimen Hasil Uji Laboratorium.....	104

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki 16.056 pulau yang telah bernama dan berkoordinat, namun masih dapat bertambah untuk waktu yang akan datang (BIG 2017). Tak hanya itu, Indonesia memiliki wilayah pantai sepanjang 80.000 km atau dua kali keliling dunia melalui khatulistiwa (Triatmodjo 2009). Sehingga kegiatan pelayaran sangat diperlukan untuk menghubungkan antar pulau, pemberdayaan sumberdaya kelautan, penjagaan wilayah laut, penelitian kelautan, dan sebagainya. Salah satu objek penting dalam kegiatan pelayaran adalah pelabuhan. Dalam sistem transportasi, pelabuhan merupakan suatu simpul dari mata rantai kelancaran muatan angkutan laut dan darat, yang selanjutnya berfungsi sebagai kegiatan peralihan antar moda transportasi (Hubla 2014).

Kabupaten Cilacap secara geografis berada di tepi laut yang berhadapan dengan Samudera Hindia pada sisi Teluk Penyu dan dibatasi oleh Pulau Nusakambangan yang memanjang membujur barat-timur. Hal ini menyebabkan Kabupaten Cilacap memiliki pelabuhan samudera yang ideal. Selanjutnya dinyatakan bahwa pelabuhan laut yang berada pada Perairan Cilacap berfungsi sebagai pelabuhan eksport-import, jalur pelayaran, atau lalu lintas kapal di pantai selatan Pulau Jawa, dan juga terdapat dermaga-dermaga penting (Widhayanti, Ismanto, dan Yulianto 2015). Mengingat dermaga merupakan suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal, menjadikan dermaga sebagai objek penting dalam aktivitas pelayaran (Triatmodjo 2009). Dermaga milik Pelabuhan Wijayapura (Kabupaten Cilacap) adalah pelabuhan yang biasa digunakan sebagai sarana Departemen Kehakiman dalam memasukkan penjahat ke penjara Nusakambangan. Dermaga Pelabuhan Sodong (Pulau Nusakambangan) merupakan dermaga yang terdapat diperairan Cilacap, Pelabuhan Sodong dikenal sebagai gerbang

utama Pulau Nusakambangan. Kedua dermaga tersebut merupakan dermaga penting yang menghubungkan Kabupaten Cilacap dengan Pulau Nusakambangan untuk dapat menyeberangi Selat Cilacap.

Lokasi dermaga yang berada di selat dan muara sungai ini yang mengakibatkan rawan terhadap pengaruh sedimentasi yang dikhawatirkan mempengaruhi kegiatan pendaratan kapal. Mengingat kinerja pelabuhan sangat tergantung dari kedalaman alur pelayaran dan kedalaman kolam labuhnya (Purnomo dkk. 2015). Sedimentasi diakibatkan oleh beberapa faktor seperti sedimen, arus, pasang surut serta topografi perairan. Aliran arus laut yang kuat juga disebabkan oleh variasi tinggi muka air laut yang dipengaruhi kondisi pasang surut dan topografi perairan, karena perairan Cilacap merupakan bagian perairan Samudera Hindia yang memiliki dasar perairan yang dalam dan curam (Saputra, Djuwito., dan Ayu 2013). Sedangkan, sedimen merupakan material-material yang terbentuk dari perombakan batuan tua atau dari proses pengikisan batuan yang terbawa air, udara, dan es, atau material yang diendapkan oleh proses yang terjadi secara alami seperti precipitasi kimia atau sekresi oleh organisme, yang kemudian membentuk suatu lapisan di permukaan bumi (Hutabarat dan Evans 2006). Terdapat faktor lain yang mempengaruhi terjadinya sedimentasi, hal tersebut dipengaruhi oleh kecepatan arus dan ukuran butiran sedimen. Semakin besar ukuran butiran sedimen maka kecepatan arus yang dibutuhkan juga akan semakin besar untuk mengangkut partikel sedimen tersebut (Dulay, Pratomo, dan Apdillah 2014).

Salah satu langkah untuk mengatasi pendangkalan dilakukan dengan proses pengerukan terhadap sedimen yang mengendap di daerah tersebut. Oleh sebab itu, agar proses pengerukan berjalan efektif dan kegiatan evaluasi dampak sedimen terhadap daerah dermaga diperlukan pengetahuan tentang hidrodinamika air laut dan transpor sedimen di daerah perairan tersebut. Salah satu cara yang lebih efisien dan ekonomis adalah dengan suatu simulasi model numerik. Menurut Supiyati (2013) kajian mengenai angkutan sedimen disebabkan oleh dinamika gerak laut secara

langsung sulit dilakukan karena kompleksnya proses-proses yang terlibat didalamnya serta membutuhkan waktu yang relatif lama dan biaya yang cukup mahal.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pemodelan hidrodinamika di perairan Cilacap berdasarkan parameter pembangkit yaitu arus. Pemodelan arus yang telah dibentuk tersebut digunakan sebagai dasar dalam penentuan pola sebaran tumpahan minyak. Penelitian tersebut dilakukan oleh Widhayanti, Ismanto, dan Yulianto pada tahun 2015. Sedangkan, Satriadi (2013) juga telah melakukan penelitian mengenai pemodelan pola arus untuk mengkaji transpor sedimen tersuspensi akibat adanya perencanaan pembangunan pelabuhan di Bojonegara, Banten. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui potensi pendangkalan dengan sebaran terluas paling besar terjadi pada skenario gabungan baik di musim barat maupun timur pada rentang waktu ditentukan. Kedua penelitian tersebut, tidak menggunakan parameter *river discharge* sebagai pembangkit gerak sedimen. Sedangkan, dengan memperhatikan lokasi penelitian yang berada di selat dan muara sungai menjadikan *river discharge* sebagai salah satu faktor sedimentasi. Oleh karena itu, perlu adanya pemodelan arus dan pola sebaran sedimen yang menggunakan data *river discharge* sebagai faktor pembangkit proses sedimentasi dalam rentang waktu tertentu untuk mengetahui proses sedimentasi yang terjadi di wilayah dermaga.

Pada penelitian ini, pendekatan yang dilakukan untuk mengetahui pola arus dan sebaran sedimen adalah melalui aplikasi model matematik/numerik dengan persamaan hidrodinamika. Dengan menggunakan metode ini data yang diperlukan dan diperoleh dari lapangan digunakan untuk keperluan validasi, sehingga lebih efisien dari segi waktu, biaya, dan tenaga. Hasil model yang telah divalidasi dan telah menunjukkan korelasi atau kemiripan dengan kondisi sebenarnya di lapangan dapat digunakan untuk memprediksi dinamika berbagai proses yang terjadi di perairan (Adibhusana, Hendrawan, dan Karang 2016). Kajian pemodelan numerik dalam penelitian ini menggunakan perangkat

lunak Delft3D untuk mengetahui pola arus dan sebaran sedimen secara berkala dan kontinu sebagai evaluasi terhadap dermaga milik Pelabuhan Wijayapura dan dermaga Pelabuhan Sodong. Data masukan yang digunakan berupa data pasang surut, *river discharge*, angin, batimetri, *grain size* sedimen, dan garis pantai di daerah penelitian.

### 1.2 Perumusan Masalah

Dengan membuat pemodelan pola sebaran sedimen, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pola arus yang terbentuk di perairan Cilacap?
- b. Bagaimana pola sebaran sedimen yang terbentuk di Perairan Cilacap yang dapat berdampak terhadap dermaga?
- c. Bagaimana evaluasi dampak yang diberikan terhadap dermaga akibat perubahan pola sebaran sedimen berdasarkan hasil pemodelan?

### 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Pembuatan model hidrodinamika dan sedimentasi dengan menggunakan *software* Delft3D.
- b. Penentuan pola sebaran sedimen berdasarkan data batimetri, pasang surut, dan sampel sedimen yang diperoleh dari data pengukuran langsung di lapangan.
- c. Penelitian ini menggunakan data *river discharge* sebagai salah satu data masukan sumber pembangkit gerak sedimen.
- d. Validasi model dilakukan dengan membandingkan data hasil observasi lapangan dengan hasil pemodelan.
- e. Analisis dampak distribusi sedimen dilakukan terhadap dermaga Pelabuhan Wijayapura dan Pelabuhan Sodong.



#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk:

- a. Memodelkan dan mengetahui pola arus di perairan Cilacap.
- b. Memodelkan dan mengetahui pola sebaran sedimen yang terjadi di perairan Cilacap, yang dapat berdampak terhadap dermaga pelabuhan.
- c. Analisis dampak yang ditimbulkan akibat pola sebaran sedimen terhadap lokasi dermaga.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai pemodelan hidrodinamika untuk mengkaji distribusi pola sebaran sedimen di perairan Cilacap. Pasang surut merupakan salah satu pembangkit pergerakan fluida, hal ini dikarenakan pasang surut menghasilkan arus yang disebut sebagai arus pasang surut. Karakteristik ukuran butir sedimen atau *grain size* sedimen juga merupakan faktor penting dalam proses sedimentasi. Sehingga hal ini akan mengakibatkan adanya mekanisme pergerakan sedimen akibat gaya pembangkit yang mempengaruhinya. Dan yang tak kalah penting adalah data *river discharge* yang sangat mempengaruhi gerak sedimen di wilayah muara sungai dan selat. Untuk mendukung penelitian ini, sebagai usaha memperoleh landasan berfikir untuk merealisasikan dalam proses analisis pola sebaran sedimen terhadap pendangkalan dermaga menggunakan pemodelan hidrodinamika 3 dimensi dilakukan pengkajian atas dasar-dasar teori sesuai konsep penelitian.

#### **2.1. Pasang Surut**

Data pasang surut digunakan sebagai salah satu data masukan pada pembuatan model hidrodinamika di perairan Cilacap. Pasang surut merupakan salah satu energi pembangkit arus. Dalam hal ini, data pengamatan pasang surut yang digunakan sebagai data masukan untuk membuat model.

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi (Triatmodjo 2009). Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari. Oleh karena itu, permukaan air laut tidaklah statik melainkan dinamik dan selalu bergerak (Marchuk

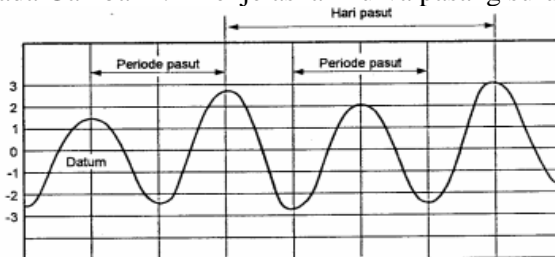
dan Kagan 1983). Menurut *Hydrographer of the Navy* (1964) ketinggian air pasang surut ialah:

$$H = A \cos \Theta \cos n t - A \sin \Theta \sin n t \quad (2.1)$$

Di dalam hal ini:

n	: kecepatan sudut	$\Theta$	: fase pada saat
t	: waktu	t	: 0
A	: amplitudo		

Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air rendah (lembah air surut) yang berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 25 jam 50 menit, yang tergantung pada tipe pasang surut (Triatmodjo 2009). Pada Gambar 2.1 menjelaskan kurva pasang surut.

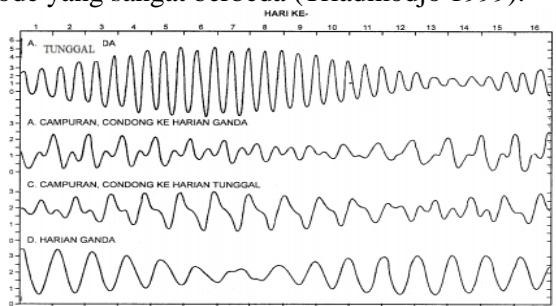


Gambar 2.1 Kurva Pasang Surut (Triatmodjo 2009)

Menurut Triatmodjo (2009) variasi muka air laut menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut, yang mengangkat massa air dalam jumlah sangat besar. Arus dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu, arus pasang surut dan arus non pasang surut. Arus pasang surut adalah gerak horisontal periodik air laut bersamaan dengan peristiwa naik turunnya air permukaan laut yang disebabkan pasut dan saling mempengaruhi. Arus pasang surut atau *tidal current* merupakan gerak horizontal badan air menuju dan menjauhi pantai seiring dengan naik dan turunnya muka laut yang disebabkan oleh gaya-gaya pembangkit pasut (Poerbandono dan Djunasjah 2005).

Bentuk pasang surut diberbagai daerah tidak sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), harian ganda (*semi-diurnal tide*) dan dua jenis campuran atau *mixed tide* (Triatmodjo 2009). Berikut adalah penjelasan dari keempat tipe pasang surut beserta bentuk kurva yang dibentuk seperti pada Gambar 2.2:

- a. Pasang Surut Harian Tunggal (*diurnal tide*)  
 Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dan satu kali air pasang.
- b. Pasang Surut Harian Ganda (*semi-diurnal tide*)  
 Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur.
- c. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*)  
 Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.
- d. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*).  
 Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi terkadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda (Triatmodjo 1999).



Gambar 2.2 Tipe Pasang Surut (Triatmodjo 2009)

Untuk mengetahui jenis pasang surut dapat diketahui dengan mengetahui besarnya bilangan Formzal (Hydrographer of the Navy 1964) yaitu:

$$F = \frac{AK_1 + AO_1}{AM_2 + AS_2} \quad (2.2)$$

Didalam hal ini,

$A(K_1)$  : amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari

$A(O_1)$  : amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

$A(M_2)$  : amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

$A(S_2)$  : amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

Dengan hubungan antara unsur utama pembangkit pasang surut laut dengan periode, sudut dan sifatnya seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hubungan Unsur Utama Dengan Lainnya (Poerbandono dan Djunasjah 2005)

<b>Unsur</b>	<b>Periode (jam)</b>	<b>Kecepatan Sudut (derajat/jam)</b>	<b>Sifat</b>
<b>M<sub>2</sub></b>	12,42	28,9841	Harian Ganda
<b>S<sub>2</sub></b>	12,00	30,0000	Harian Ganda
<b>K<sub>2</sub></b>	11,97	30,0821	Harian Ganda
<b>N<sub>2</sub></b>	12,66	28,4397	Harian Ganda
<b>K<sub>1</sub></b>	23,93	15,0411	Harian Tunggal
<b>O<sub>1</sub></b>	25,82	13,9430	Harian Tunggal
<b>P<sub>1</sub></b>	24,07	14,9589	Harian Tunggal
<b>M<sub>4</sub></b>	6,21	57,9882	Harian Kuartar
<b>MS<sub>4</sub></b>	6,20	58,9841	Harian Kuartar

Berdasarkan pada besar bilangan Formzal, maka jenis pasang surut laut dapat diketahui berdasarkan kriteria seperti yang dijelaskan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hubungan Besarnya Bilangan Formzal Dengan Jenis Pasang Surut Air Laut (Hydrographer Service 1987)

Bilangan Formzal	Jenis Pasang Surut
$0,00 < F \leq 0,25$	Pasang surut harian ganda beraturan
$0,25 < F \leq 1,50$	Pasang surut campuran condong harian ganda
$1,50 < F \leq 3,00$	Pasang surut campuran condong harian tunggal
$3,00 > F$	Pasang surut harian tunggal beraturan

## 2.2. Metode Least Square

Menurut Ongkosongo (1989), variasi naik turunnya muka air laut adalah hasil penjumlahan (superposisi) dari semua gelombang komponen harmonik pasut yang terjadi. Dengan demikian tinggi muka air laut dapat dituliskan dalam persamaan rumus berikut:

$$H(t) = A_0 + \sum_1^n A_n \cos[\varpi_n t_i - g_n]$$

- $A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$
- $\varpi_n = \frac{2\pi}{P_n(\text{periode})}$
- $g_n = \tan^{-1} \left( \frac{b_n}{a_n} \right)$
- $j_n = \frac{g_n}{\omega_n}$

(2.3)

Penjelasan :

$H(t)$	= tinggi muka air laut saat t (m)
$A_0$	= tinggi muka air laut rata-rata (MSL) (m)
$A_n$	= amplitudo konstanta pasut ke-n (m)
$\varpi_n$	= kecepatan sudut konstanta pasut ke-n ( $^0$ )
$g_n$	= fase konstanta pasut ke-n ( $^0$ )
$t_i$	= jumlah lama pengamatan
n	= jumlah konstanta pasut

$a_n, b_n$  = jarak konstanta pasut ke- $n$

$j_n$  = waktu air tinggi (jam)

$$F = A.X \quad (2.4)$$

dimana,  $F(n \times 1)$  merupakan vektor yang dihasilkan dari data pengamatan tinggi muka air laut.  $A(n \times u)$  merupakan matriks desain dan  $X(u \times 1)$  merupakan vektor parameter. Dimana,  $n$  adalah jumlah pengamatan, sedangkan  $u$  adalah jumlah parameter. Sehingga terbentuklah matrik sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} Ht_1 \\ \dots \\ Ht_i \\ \dots \\ Ht_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \cos(\omega_1 t_1) & \sin(\omega_1 t_1) & \dots & \cos(\omega_n t_1) & \sin(\omega_n t_1) \\ 1 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \cos(\omega_1 t_i) & \sin(\omega_1 t_i) & \dots & \cos(\omega_n t_i) & \sin(\omega_n t_i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_0 \\ a_1 \\ b_1 \\ a_2 \\ b_2 \\ \dots \\ a_n \\ b_n \end{bmatrix}$$

Parameter yang ditentukan adalah parameter  $\bar{x}$ ,  $A_q$  dan  $B_q$ , yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$X = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot (A^T \cdot F) \quad (2.5)$$

dimana  $F$  adalah matriks pengamatan,  $A$  = matriks desain dan  $X$  = matriks parameter.

Parameter  $A_q$  dan  $B_q$  pada matriks parameter tersebut digunakan untuk menghitung amplitudo dan beda fase dari komponen-komponen pasut yang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$A_q = C_q \cos(\phi_q) \text{ dan } B_q = C_q \sin(\phi_q)$$

$$A_q^2 + B_q^2 = C_q^2 \cos^2(\phi_q) + C_q^2 \sin^2(\phi_q)$$

$$A_q^2 + B_q^2 = C_q^2 (\cos^2(\phi_q) + \sin^2(\phi_q))$$



dimana,  $\cos^2(\phi_q) + \sin^2(\phi_q) = 1$

$$A_q^2 + B_q^2 = C_q^2$$

$$C_q = (A_q^2 + B_q^2)^{1/2}$$

$$C_q = \sqrt{A_q^2 + B_q^2} \quad (\text{komponen amplitudo}) \quad (2.6)$$

$$\frac{B_q}{A_q} = \frac{C_q \sin(\phi_q)}{C_q \cos(\phi_q)}$$

$$\frac{B_q}{A_q} = \tan(\phi_q)$$

$$\phi_q = \tan^{-1} \left( \frac{B_q}{A_q} \right) \quad (\text{komponen keterlambatan fase}) \quad (2.7)$$

### 2.3. Arus

Arus merupakan gerakan horisontal atau vertikal dari suatu massa air sehingga massa air tersebut mencapai kestabilan. Gerakan tersebut merupakan resultan dari beberapa gaya yang bekerja dan beberapa faktor yang mempengaruhinya (Surbakti 2015).

Terdapat dua gaya yang berperan dalam arus yaitu: gaya primer dan gaya sekunder. Gaya primer berperan dalam menggerakkan arus dan menentukan kecepatannya. Gaya primer ini terdiri dari gravitasi, gesekan angin (*wind stress*), gaya dorong ke atas dan ke bawah (*bouyancy*), serta tekanan atmosfer. Gaya sekunder mempengaruhi arah gerakan dan kondisi aliran arus. Gaya ini meliputi gaya Coriolis dan gesekan lapisan air laut itu sendiri (Pond dan Pickard 1983).

Menurut Pond dan Pickard arus dapat terjadi karena adanya beberapa sebab, sehingga terdapat beberapa jenis arus berdasarkan penyebabnya, sebagai berikut:

- a. Angin  
Angin merupakan faktor yang membangkitkan arus, arus yang ditimbulkan oleh angin memiliki kecepatan yang berbeda-beda menurut kedalamannya.
- b. Pasang surut  
Arus yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antara bumi dan benda di angkasa. Arus pasang surut ini merupakan arus yang gerakannya horisontal.
- c. Turbulensi  
Suatu gerakan yang terjadi pada lapisan batas air dan terjadi karena ada gaya gesekan antar lapisan.

#### 2.4. Arus Pasang Surut

Arus pasang surut dalam penelitian ini merupakan salah satu komponen penting yang akan dimodelkan, sehingga dapat dilakukan tahap analisis terhadap pola arus di perairan Cilacap dan dampaknya terhadap dermaga Pelabuhan Wijayapura dan Pelabuhan Sodong, selain itu pemodelan arus pasang surut digunakan sebagai bahan masukan dalam pembuatan model pola distribusi sedimen. Hal ini dikarenakan arus pasang surut merupakan salah satu media penggerak partikel sedimen.

Perubahan taraf permukaan air laut akibat pasang surut di beberapa lokasi bumi yang berbeda, mengakibatkan pergerakan air secara horisontal. Perpindahan air di bawah permukaan ini umumnya disebut arus pasang surut (*tidal current/stream*). Arah arus pasang umumnya berlawanan dengan arus surut (Kramadibrata 1985).

Kekuatan arus pasang surut juga berfluktuasi sesuai dengan rentang pasang surut. Pada saat pasang purnama (*spring tide*), arus pasang surut mencapai maksimum. Sementara pada saat pasang perbani (*neap tide*), arus pasang surut mencapai minimum. Arus pasang surut dapat berupa *semi-diurnal*, *diurnal*, atau jenis

campuran tergantung pada jenis air pasang surut di suatu tempat (Charlier 1982 dalam Minarrohman 2017).

Pengaruh pasang surut sangat besar pada muara-muara sungai (*estuary*). Jadi bila suatu pelabuhan dibangun pada muara-muara sungai, maka dua hal yang perlu diperhatikan seperti navigasi yang melalui muara harus cukup aman dan pengendapan (sedimentasi) harus cukup kecil. Kedua hal tersebut sangat bertentangan. Pihak keamanan navigasi membutuhkan mulut pelabuhan besar, tetapi hal ini menyebabkan kecepatan arus rendah yang akibatnya mempermudah terjadinya sedimentasi. Sebaliknya mulut pelabuhan yang kecil mengurangi keamanan navigasi, tetapi menghindarkan terjadinya pengendapan. Sehingga perlu dicari besaran antara kedua pokok soal tersebut (Kramadibrata 1985).

Secara umum dapat dijelaskan bahwa sebab-sebab terjadinya sedimentasi diakibatkan oleh beberapa aspek diantaranya : (a) akibat arus, (b) akibat pasang surut, dan (c) akibat berat jenis. Namun yang paling menentukan dalam proses pengendapan adalah akibat arus (Kramadibrata 1985).

## 2.5. Debit Harian Sungai

Debit sungai merupakan akumulasi dari air permukaan ke dalam saluran sungai yang akhirnya disalurkan ke laut. Volume debit berkorelasi dengan daerah *drainase* hulu dan rata-rata limpasan hulu. DAS yang lebih besar dan cekungan basah biasanya memiliki tingkat debit yang lebih tinggi. Perubahan iklim terkait dengan pemanasan gas rumah kaca bisa mengakibatkan percepatan potensi siklus hidrologi yang mengarah ke frekuensi dan intensitas kejadian ekstrim seperti banjir dan kemiringan yang lebih besar. Rata-rata sedimen yang ada di bumi merupakan hasil erosi yang berasal dari : drainase, daratan, geologi, topografi, dan iklim. Dapat diperkirakan total debit harian di seluruh dunia mencapai  $7 \times 10^9$  ton (Milliman dan Meade 1983).

## 2.6. Sedimentasi

Sedimen adalah hasil proses erosi, baik berupa erosi permukaan, erosi parit, atau jenis erosi tanah lainnya. Sedimen umumnya mengendap dibagian bawah kaki bukit, di daerah genangan banjir, di saluran air, sungai, dan waduk. Hasil sedimen (*sediment yield*) adalah besarnya sedimen yang berasal dari erosi yang terjadi di daerah tangkapan air yang diukur pada periode waktu dan tempat tertentu. Hasil sedimen biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut dalam sungai (*suspended sediment*) atau dengan pengukuran langsung di dalam waduk, dengan kata lain bahwa sedimen merupakan pecahan, mineral, atau material organik yang ditransforkan dari berbagai sumber dan diendapkan oleh media udara, angin, es, atau oleh air dan juga termasuk didalamnya material yang diendapkan dari material yang melayang dalam air atau dalam bentuk larutan kimia (Asdak 2012 dalam Alimuddin 2012).

Sedimentasi adalah suatu proses pengapungan, penggelindingan, penyeretan atau pemercikan jarah-jarah tanah hasil pemecahan dan telah terlepas dari satuan tubuh tanahnya, menempuh rentang jarak tertentu sampai tertahan di tempat pengendapan (Wirosoedarmo, Haji, dan Kristanti 2011). Proses pengangkutan sedimen dan pengendapannya tidak hanya tergantung dari sifat-sifat sedimen itu sendiri. Sedimentasi terjadi apabila banyaknya sedimen yang terangkut lebih besar daripada kapasitas sedimen yang ada (Alimuddin 2012).

Sedimen yang terdapat dalam dasar perairan, baik terlarut atau tidak terlarut merupakan produk dari pelapukan batuan induk yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama perubahan iklim. Hasil pelapukan batuan induk tersebut dikenal sebagai partikel-partikel tanah. Oleh karena adanya tranpor sedimen dapat menyebabkan terjadinya pendangkalan dan terbentuknya tanah-tanah baru. Dengan demikian, proses sedimentasi dapat memberikan dampak yang menguntungkan dan merugikan (Asdak 2001).

Salah satu sumber utama material sedimen yang terdapat pada sebagian besar proses sedimentasi dasar laut adalah berasal dari daratan, dimana erosi dan pelapukan sangat nyata terhadap pengikisan daratan yang menuju laut. Berikut adalah Gambar 2.3 yang menjelaskan salah satu model terjadinya sedimen:



Gambar 2.3 Model Sedimen (Pratomo 2017)

## 2.7. Mekanisme Transport Sedimen

Berdasarkan pada jenis sedimentasi dan ukuran partikel-partikel tanah serta komposisi mineral dari bahan induk yang menyusunnya, dikenal bermacam jenis sedimen seperti pasir, liat, dan lain sebagainya (Asdak 2001). Menurut ukurannya, sedimen dibedakan menjadi beberapa jenis yang diklasifikasikan seperti pada Tabel 2.3:

Tabel 2.3 Klasifikasi Sedimen Berdasarkan Ukuran Partikelnya Menurut Skala Wentworth (Wentworth 1992)

Nama	Partikel	Ukuran (mm)
Batu	Bongkah	>256
	Krakal	64-256
	Kerikil	4-64
	Butiran	2- 4

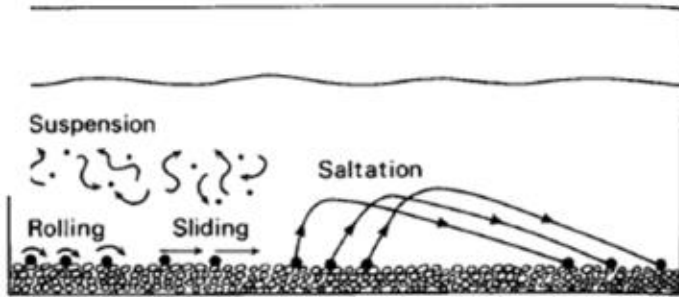
Nama	Partikel	Ukuran (mm)
Pasir	Pasir sangat kasar	1- 2
	Pasir kasar	1/2 - 1
	Pasir sedang	1/4 - 1
	Pasir halus	1/8 - 1/4
	Pasir sangat halus	1/16 - 1/8
Lanau	Lanau kasar	1/16 – 1/32
	Lanau sedang	1/128 – 1/64
	Lanau halus	1/256 – 1/128
Lempung	Lempung kasar	1/640 – 1/256
	Lempung sedang	1/1024 – 1/640
	Lempung halus	1/2360 – 1/1024
	Lempung sangat halus	1/4096 – 1/2360

Terdapat tiga mekanisme cara angkut sedimen dari batuan induknya ke tempat pengendapannya, yaitu :

- a. Transpor sedimen dasar (*bed load*),  $q_{sd}$  (debit solid) per satuan lebar ( $m^3/m$ ) adalah gerak butir sedimen yang selalu berada di dekat dasar saluran atau sungai. Butir sedimen bergerak dengan cara bergeser atau meluncur, mengguling atau dengan lompatan pendek. Transpor dengan cara ini umumnya terjadi pada butir sedimen yang berukuran relatif besar.
- b. Transpor sedimen suspensi (*suspended solid*),  $q_{ss}$  adalah gerak butir sedimen yang sekali bersinggungan dengan dasar sungai atau saluran. Butir sedimen bergerak dengan lompatan yang jauh dan tetap didalam aliran. Transpor dengan cara ini umumnya terjadi pada butir sedimen berukuran relatif kecil.
- c. Transpor sedimen (*wash load*),  $q_{sw}$  adalah gerak butir sedimen yang hampir tidak pernah bersinggungan dengan dasar sungai atau saluran. Pada *wash load*, butir sedimen bergerak bagaikan digelontorkan oleh aliran dan tidak pernah menyentuh dasar sungai atau saluran. Transpor dengan cara ini umumnya terjadi pada butir sedimen yang berukuran sangat halus (Altinakar 1998 dalam Minarrohman 2017).

Pada Gambar 2.4 dapat dilihat bahwa terdapat beberapa mekanisme yang terjadi pada angkut sedimen, yang jenisnya dapat

diketahui berdasarkan besarnya nilai perbandingan antara *bed shear stress* dengan *bed critical*.



Gambar 2.4 Mekanisme Angkut Sedimen (Pratomo 2017)

Jenis mekanisme sedimen dapat diketahui dengan mengetahui besarnya nilai perbandingan antara *bed shear stress* dengan *bed critical*. Dengan klasifikasi besar nilai perbandingan keduanya jika  $T^* < 1$  sedimen tidak mengalami pergerakan (*no motion*),  $1 < T^* < 2$  termasuk dalam mekanisme *bedload (rolling)*,  $T^* > 2$  merupakan jenis mekanisme sedimen *bedload (saltation)*, dan jika nilai  $T^* > 1$  namun dalam kondisi  $2,5u_* > w_s$  merupakan mekanisme sedimen *suspension*. Dimana secara matematis besar nilai perbandingan sebagai berikut:

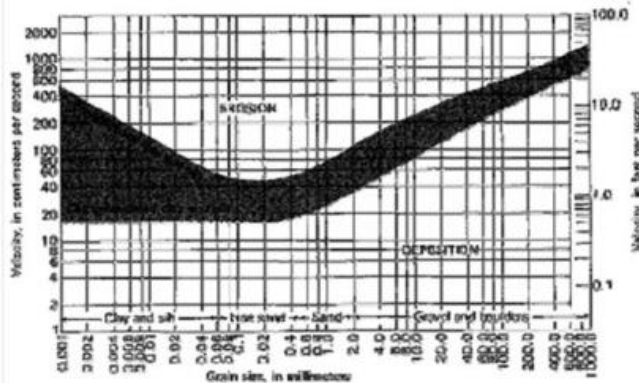
$$T^* = \frac{\tau_b}{\tau_{cr}} \quad (2.3)$$

Dengan  $\tau_b$  dan  $\tau_{cr}$  secara berurutan menyatakan besarnya nilai *bed shear stress* dan *bed critical*. Selain itu, ntuk mengetahui besar kecepatan arus air sebagai pembangkit mekanisme gerak sedimen untuk mampu menggelontorkan endapan sedimen, digunakan Diagram Hjulstrom (1935).

Diagram Hjulstrom (Gambar 2.5) adalah diagram yang menunjukkan hubungan antara kecepatan aliran air dan ukuran butir (Hjulstrom 1939 dalam Pratomo 2017). Pada diagram Hjulstrom, kecepatan air adalah sebagai ordinat dan gradasi sedimen sebagai absis. Maka apabila diketahui kecepatan air

tertentu, akan didapat gradasi sedimen tertentu dan pengaruh kecepatan terhadap sedimen sebagai berikut:

- Pada area *sedimentation*, maka air dengan kecepatan tersebut tidak dapat membawa material sedimen dan akan mengendap.
- Pada area *transportation*, maka air dengan kecepatan tersebut sedikit berpengaruh terhadap material sedimen yaitu diantara mengendap dan terbawa air.
- Pada area *erosion*, dengan kecepatan air tersebut material sedimen bisa tererosi dan terbawa air (Krisetyana 2008).



Gambar 2.5 Diagram Hjulstrom (Pratomo 2017)

## 2.8. Kondisi Oseanografi Perairan Cilacap

Perairan Kabupaten Cilacap merupakan salah satu perairan di Indonesia yang terletak dibagian selatan Pulau Jawa dan berada di Provinsi Jawa Tengah. Lokasi perairan ini banyak dipengaruhi oleh Samudera Hindia. Proses sedimentasi tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik sedimen itu sendiri, namun kondisi oseanografi laut juga berpengaruh terhadap pergerakan sedimen. Hal tersebut dapat dipengaruhi juga oleh kondisi oseanografi diantaranya angin permukaan, arus laut, dan kondisi pasang surut air laut.

Perairan Cilacap merupakan perairan yang dalam dan curam dengan dasar perairan umumnya pasir. Selain itu Perairan Cilacap menjadi muara beberapa sungai (Saputra, Djuwito., dan Ayu 2013). Perairan ini memiliki aliran arus yang kuat. Selain angina,



aliran arus yang kuat juga disebabkan oleh variasi tinggi muka air yang dipengaruhi oleh pasang surut dan topografi, dikarenakan lokasi Perairan Cilacap yang menjadi bagian dari Samudera Hindia yang dalam dan curam (Widhayanti, Ismanto, dan Yulianto 2015).

## 2.9. Delft3D Flow

Arus pasang surut merupakan salah satu parameter pembangkit arus dan sedimentasi. Pergerakan sedimen ini yang nantinya akan menyebabkan terjadinya perubahan morfologi dasar perairan. Hal ini dikarenakan adanya peristiwa erosi dan deposisi. Pemodelan arus dan sedimen ini dapat dilakukan dengan menggunakan software Delft3D. Delft3D merupakan program simulasi atau pemodelan hidrodinamika multi dimensi (2D atau 3D) yang berfungsi untuk perhitungan wilayah pesisir, sungai, dan muara. Berikut adalah beberapa sistem dan fungsi dari Delft3D:

- a. Delft3D-Flow : simulasi tsunami, pasang surut, aliran sungai, dan banjir
- b. Delft3D-Wave : perambatan gelombang
- c. Delft3D-Waq : kualitas air pada daerah *far-field*
- d. Delft-Eco : pemodelan ekologi
- e. Delft3D-Sed : pengangkutan sedimen untuk partikel kohesif dan non kohesif
- f. Delft3D-Part : kualitas air dan gerakan partikel pada daerah *midfield*. (Deltares 2017)

Sedangkan dalam pemodelan ini, akan menggunakan modul Delft3D-Flow dari *software* Delft3D yang bersifat *open source*. Dalam Delft3D-Flow terdapat berbagai modul yang akan membantu penggunaannya dalam proses pembuatan model arus dan sedimen. Modul-modul tersebut diantaranya modul RGFGRID, QUICKIN, Flow, QUICKPLOT, GPP, dan masih banyak lagi. Dalam pemodelan sedimen dengan menggunakan modul ini akan dihasilkan bentuk visualisasi pergerakan total transport sedimen dan perubahan bentuk *bed level*. Dari *output bed level* akan diketahui perubahan morfologi dasar, sedangkan area yang mengalami erosi dan deposisi dapat dilihat melalui output *total*

*sedimentation* dan *cumulative erosion or sedimentation*. hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan modul QUICKPLOT. Sedangkan besar magnitude dan arah (vector) pola arus yang terbentuk dapat dilihat dari hasil animasi pergerakan arus menggunakan modul QUICKPLOT dan GPP (Deltares 2017).

Delft3D Flow merupakan bagian dari Delft3D yang digunakan sebagai modul untuk melakukan pemodelan arus dan sedimen. Pada modul ini terdapat beberapa parameter input yang digunakan untuk membentuk pola arus dan sedimen. Adapun beberapa parameter yang perlu ditentukan dalam modul ini, diantaranya:

- a. Domain, pada sub parameter ini dilakukan penentuan data batimetri dan grid atau yang disebut sebagai *mesh* sehingga ketika model dijalankan, secara otomatis kedua data tersebut dapat dijalankan bersamaan. Dengan kata lain grid yang digunakan, lokasi, dan *number of layers* dapat ditentukan.
- b. Time Frame, digunakan untuk menentukan spesifikasi batas waktu, *reference date*, waktu awal dan akhir simulasi, serta *time step* yang digunakan dalam simulasi numerik
- c. Process, sub data parameter ini dapat menentukan spesifikasi proses atau kuantiti yang mungkin mempengaruhi simulasi hidrodinamika yang diperhitungkan. Dengan memilih beberapa konstituen: salinitas, temperatur, *pollutans and tracers*, sedimen. Atau proses fisik seperti: angin, gelombang, *secondary flow*, online Delft3D-WAVE, dan energi pasut.
- d. Initial Condition, dapat menentukan secara spesifik nilai awal yang digunakan ketika komputasi awal dimulai. Secara sederhana dapat menggunakan *uniform value*.
- e. Boundaries, dalam sub parameter ini dapat dilakukan pendefinisian open boundaries, tipe, dan semua jenis input data sebagai pembangkit arus. Dalam sub parameter ini juga untuk menentukan setiap berapa kali sedimen yang masuk ke area model (Thatcher-Harleman).

- f. Physical, dalam sub parameter ini dapat dilakukan pendefinisian nilai dari parameter fisik, seperti: kekasaran sedimen, viskositas, dan angin.
- g. Numerical, sub parameter yang digunakan untuk menentukan drying and flooding dan beberapa pengaturan lain.
- h. Monitoring, grup parameter pada sub parameter ini digunakan untuk menentukan lokasi pengamatan hasil simulasi dalam bentuk titik, *drogues*, dan *cross-section*.
- i. Output, untuk menentukan secara spesifik dari hasil komputasi yang akan di simpan untuk dianalisis (Deltares 2017).

## 2.10. Pemodelan Hidrodinamika dengan Metode Numerik

Pada dasarnya dalam penelitian ini, simulasi model yang akan dibuat merupakan pemodelan terhadap gerak atau distribusi fluida dalam suatu ruangan (pemodelan hidrodinamika). Dengan asumsi yang dapat diterangkan sebagai berikut:

- a. Fluida dapat bergerak jika adanya gaya dan tetap menempati ruang apabila tidak ada gaya luar.
- b. Sehubungan dengan viskositas dari fluida, hanya bekerja apabila fluida bergerak, hal ini dikarenakan adanya gaya tarik antar molekul yang dikarenakan perpindahan momentum antara molekul yang bergerak dari suatu tempat ke tempat lain.

Pemodelan hidrodinamika terdiri dari persamaan kekekalan massa atau persamaan kontinuitas dan persamaan kekekalan momentum atau persamaan gerak (Sulaiman dkk. 2006). Pemodelan hidrodinamika yang dilakukan merupakan suatu proses penggambaran pergerakan air laut dengan mengkonversi fenomena hidro-oseanografi kedalam perhitungan matematika yang bersifat distrik.

Pembuatan model numerik pada penelitian ini adalah persamaan tiga dimensi Navier-Stokes untuk *incompressible fluid* pada perairan dangkal. Persamaan ini menyatakan perubahan dalam momentum (percepatan) partikel fluida bergantung pada

gaya viskos tekanan eksternal yang bekerja pada fluida dan persamaan kontinuitas. Oleh karena itu persamaan Navier-Stokes menjelaskan hubungan kesetimbangan gaya-gaya yang terjadi pada fluida dan memprediksi pergerakan dari suatu fluida (Gunarso 2012). Persamaan ini digunakan dalam perangkat lunak Delft3D untuk memodelkan arus dan distribusi sedimen.

### 2.10.1. Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas untuk kedalaman rata-rata diberikan dalam persamaan berikut:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}} \sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial [(d+\zeta)U\sqrt{G_{\eta\eta}}]}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}} \sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial [(d+\zeta)V\sqrt{G_{\xi\xi}}]}{\partial \eta} = (d+\zeta) Q \quad (2.4)$$

Persamaan kontinuitas untuk kedalaman rata-rata diperoleh dari integral persamaan kontinuitas pada material fluida tak mampat ( $\nabla \cdot \bar{u} = 0$ ) untuk semua kedalaman. Hal ini memperhitungkan kondisi batas kinematik di permukaan dan dasar perairan. Dimana:

$$Q = \int_{-1}^0 (q_{in} - q_{out}) d\sigma + P - E \quad (2.5)$$

dengan Q mewakili kontribusi debit per unit dan  $q_{in}$  dan  $q_{out}$  lokal *input* atau *output* air per unit volume (1/s), P mewakili presipitasi dan E merupakan evaporasi.

### 2.10.2. Persamaan Momentum

Pada persamaan momentum arah vertikal, percepatan vertikal ditiadakan, yang mengarah ke persamaan tekanan hidrostatik. Persamaan momentum untuk arah  $\xi$  dan arah  $\eta$  diberikan seperti berikut :

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial u}{\partial \sigma} - \frac{v^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}} \sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}} \sqrt{G_{\eta\eta}}} \\ \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \eta} - f\bar{v} = - \frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\xi\xi}}} P_{\xi} + F_{\xi} + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} (v \frac{\partial u}{\partial \sigma}) + M_{\xi} \end{aligned} \quad (2.6)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial v}{\partial \sigma} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} - \frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} + fu = - \frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\xi\xi}}} P_{\eta} + F_{\eta} + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \nu \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + M_{\eta} \quad (2.7)$$

Dalam hal ini,  $\nu_v$  didefinisikan sebagai *vertical eddy viscosity*,  $P$  melambangkan *gradient* tekanan untuk masing-masing arah.  $F$  mewakili gaya dimana pada persamaan momentum mewakili gaya tekan Reynold.  $M$  mewakili kontribusi yang disebabkan oleh *source* atau *sink* eksternal dari momentum (gaya eksternal dari struktur hidrolis, *discharge*, tekanan gelombang, dsb). Gaya  $F$  pada persamaan momentum horizontal mewakili ketidaksetimbangan tekanan Reynold horizontal. Tekanan Reynold merupakan model yang digunakan terhadap konsep dari *eddy viscosity* (Deltares 2017).

## 2.10. Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu terkait simulasi model sebaran material sedimen adalah sebagai berikut:

- a. Satriadi (2013), meneliti mengenai kajian transpor sedimen tersuspensi dalam perencanaan pembangunan pelabuhan di Bojonegara, Banten. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk dapat menganalisis pengaruh arus terhadap transport sedimen tersuspensi yang terjadi pada perairan Bojonegara akibat pengerukan dan pembangunan material sedimen tersuspensi. Penelitian ini dilakukan dengan cara melalui pendekatan model numerik secara matematis. Model ini menggunakan inputan pasang surut, angin, sedimen dasar dan sedimen tersuspensi, serta menggunakan data batimetri daerah penelitian. Pengerjaan model matematik menggunakan *software SMS (Surface Water Modelling System)* dengan modul RMA2 untuk pola sirkulasi arus dan SED2D-WES untuk pola sebaran sedimen. Hasil pemodelan ini menunjukkan pola sebaran konsentrasi sedimen yang

mempresentasikan tingkat kekeruhan dipengaruhi oleh arus yang didominasi arus pasang surut. Nilai konsentrasi sedimen sebanding dengan kecepatan arus. Potensi pendangkalan dengan sebaran terluas paling besar terjadi pada skenario gabungan di musim barat maupun timur pada rentang waktu tersebut.

- b. Budiwicaksono, Subardjo, dan Novico (2013), melakukan penelitian mengenai pemodelan pola arus pada 3 kondisi musim berbeda sebagai jalur pelayaran perairan Teluk Lampung dengan menggunakan *software Delft3D*. Data masukan digunakan merupakan data hasil pengukuran lapangan berupa data batimetri yang dilakukan dengan 2 metode pengukuran (menggunakan *Syqwest* dan *Echosounder*), data pasang surut, dan pengukuran arus pada kondisi pasang surut ekstrim (pasang purnama). Hasil simulasi model menggunakan *software Delft3D* menggambarkan pola arus yang dirata-ratakan terhadap kedalam pada daerah penelitian, vektor arus pada daerah penelitian menunjukkan bahwa arah pergerakan arus yang terjadi cenderung bersifat bolak-balik akibat adanya dominasi arus pasang surut. Vektor arah sebagai pola arus pada perairan Teluk Lampung tidak terjadi perbedaan arah yang cukup berarti sehingga pola arus pada perairan tersebut pada musim barat, timur, dan peralihan terlihat relatif sama.
- c. Widhayanti, Ismanto, Yulianto (2015), telah melakukan penelitian mengenai sebaran tumpahan minyak dengan pendekatan model hidrodinamika dan *spill analysis* di perairan Cilacap, Jawa Tengah. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data arus laut hasil pengukuran, yang kemudian akan dilakukan pemodelan terhadap pola arus di perairan Cilacap. Penelitian ini menghasilkan pemodelan arus pada kondisi pasang tertinggi serta surut terendah saat perbani dan purnama. Disamping itu, penelitian ini menghasilkan pemodelan tumpahan minyak yang didasarkan pada pola arus yang telah terbentuk.

## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah perairan Cilacap, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah yang terkhusus memiliki fokus pada perairan selat yang menghubungkan Pelabuhan Wijayapura dengan Pelabuhan Sodong. Secara geografis lokasi penelitian ini terletak pada koordinat  $7^{\circ}43'30''$  LS dan  $108^{\circ}59'18''$  BT sampai dengan  $7^{\circ}45'54''$  LS dan  $109^{\circ}3'42''$  BT, yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Laut Alur Pelayaran Cilacap (Jawa-Pantai Selatan) 2006 (Pusdihidrosal 2016)

Secara geografis Kabupaten Cilacap merupakan daerah yang luas, yang memiliki batas-batas administrasi sebagai berikut:

- a. Pada bagian sebelah Utara, berbatasan dengan Kabupaten Banyumas.
- b. Bagian Selatan, langsung berbatasan dengan Samudera Hindia.
- c. Bagian Timur berbatasan dengan dengan Kabupaten Kebumen.
- d. Sedangkan, pada sebelah Barat berbatasan dengan Provinsi Jawa Barat dengan batas berupa Sungai Citanduy.

Adapun beberapa sungai dan selat yang mempengaruhi proses hidrodinamika Perairan Cilacap, berikut adalah nama sungai dan selat yang mempengaruhi pemodelan dalam penelitian ini:

- a. Sungai Donan, sungai ini menjadi salah satu sumber pembangkit arus dan sedimen dari bagian Barat Laut Perairan Cilacap.
- b. Sungai Yasa, merupakan sungai yang menjadi salah satu sumber pembangkit, dari arah Utara Perairan Cilacap.
- c. Selat Cilacap, yang membentang dari Barat-Timur memisahkan Kabupaten Cilacap dengan Pulau Nusakambangan.

### 3.2. Data dan Peralatan

Data dan peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut:

#### 3.2.1. Data

Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini terbagi kedalam data hidro-oseanografi dan data spasial sebagai berikut:

- a. Data hidro-oseanografi merupakan data utama yang berpengaruh terhadap proses pergerakan hidrodinamika. Berikut adalah data hidro-oseanografi yang digunakan dalam penelitian ini:
  - Data batimetri *Multibeam Echosounder* (MBES) perairan Cilacap-Nusakambangan, Kabupaten Cilacap,



- Jawa Tengah yang diperoleh dari survei penelitian sebelumnya.
- Data elevasi pasang surut observasi Bulan Juli-Agustus Tahun 2017 yang diperoleh dari survei penelitian sebelumnya.
  - Data arus 24 jam dari hasil pengamatan dengan ADCP pada tanggal 14-15 Juli 2017 yang diperoleh dari survei penelitian sebelumnya. Serta arus Bulan Januari-Desember Tahun 2017 yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).
  - Data kecepatan dan arah angin perairan Cilacap Tahun 2017 yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).
  - Data sampel sedimen dari pengambilan langsung di lapangan, yang diperoleh dari survei penelitian sebelumnya.
  - Data *river discharge* yang berasumsi mengacu pada beberapa jurnal ilmiah yang telah dilakukan dan dipublikasi sebelumnya.
- b. Sedangkan data spasial yang dimaksud adalah data yang mempunyai referensi geografis (sistem koordinat) yang mengacu bumi. Berikut adalah beberapa data spasial yang digunakan dalam penelitian ini:
- Peta Laut Alur Pelayaran Cilacap (Jawa-Pantai Selatan) Tahun 2006 yang diperoleh dari Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI AL (Pushidrosal).
  - Peta Rupa Bumi Indonesia Wilayah Cilacap-Nusakambangan Tahun 1999 yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG).

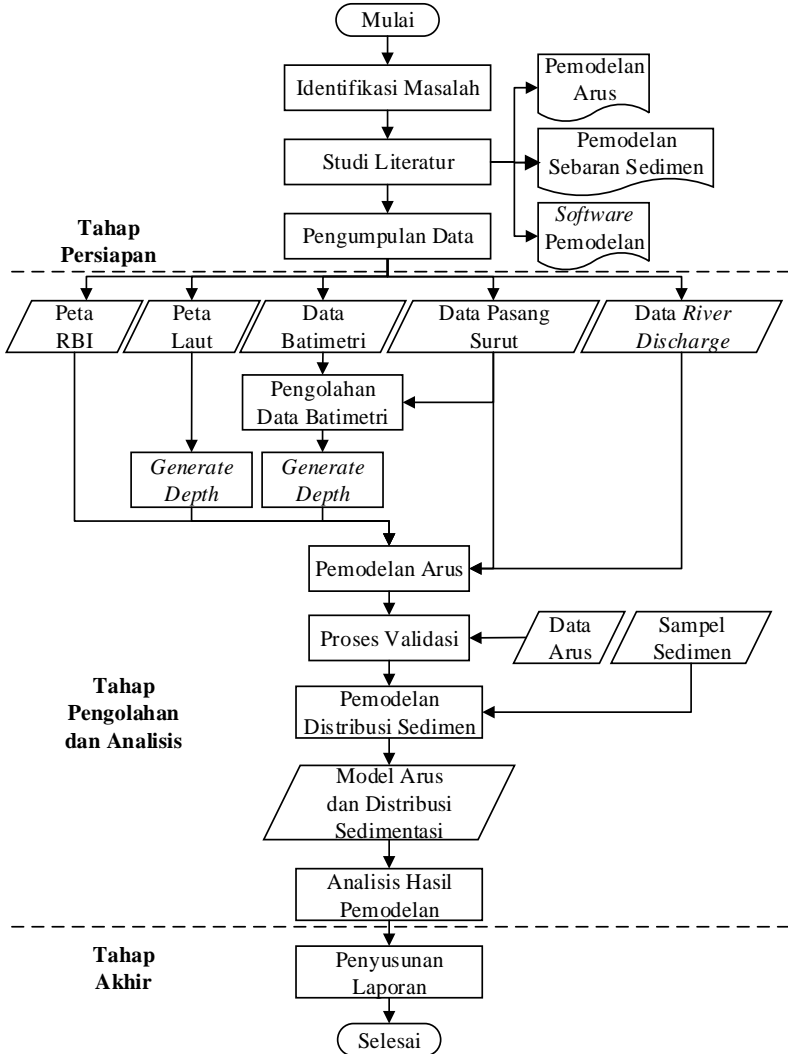
### 3.2.2. Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya:

- a. *Software* Delft3D.  
Perangkat lunak ini digunakan untuk proses pemodelan arus dan sedimen, yang didalamnya mencakup pembuatan *grid*, interpolasi kedalaman, *mesh*, pemodelan hidrodinamika dan pemodelan sedimen diarea penelitian. Modul yang digunakan adalah modul RGFGGRID, QUICKIN, FLOW, GPP, dan QUICKPLOT yang telah tersedia di software Delft3D.
- b. *Software* ArcGIS 10.3.  
Perangkat lunak ini digunakan untuk proses *digitation on screen* untuk memperoleh informasi garis pantai dari peta Rupa Bumi Indonesia dan *spot depth* dari peta Laut Alur Pelayaran Cilacap (Jawa-Pantai Selatan). Selain itu, perangkat lunak ini juga digunakan untuk proses pengolahan data batimetri dan *layouting*.
- c. *Software* Matlab R2014a.  
Perangkat lunak ini digunakan untuk pembuatan script dalam proses perhitungan konstituen dan plotting data pasang surut. Selain itu, perangkat lunak ini digunakan untuk pembuatan *Rose Diagram* dari data arus.
- d. *Software* konversi format file.  
Perangkat lunak ini digunakan untuk mengkonversikan hasil digitasi garis pantai dari format *shapefile* (\*.shp) menjadi format yang sesuai dengan perangkat lunak Delft3D yaitu *polygon* (\*.pol). Konversi dilakukan juga terhadap data kedalaman dalam format *text* (\*.txt) menjadi format file \*.xyz.

### 3.3. Metodologi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan yang dijelaskan dengan diagram alir pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Diagram Tahapan Penelitian

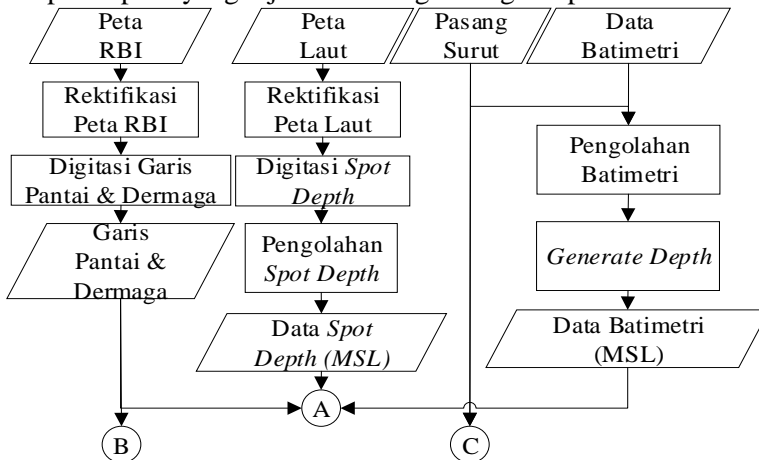
Berikut adalah uraian yang menjelaskan tahapan pada diagram alir pelaksanaan dalam penelitian ini:

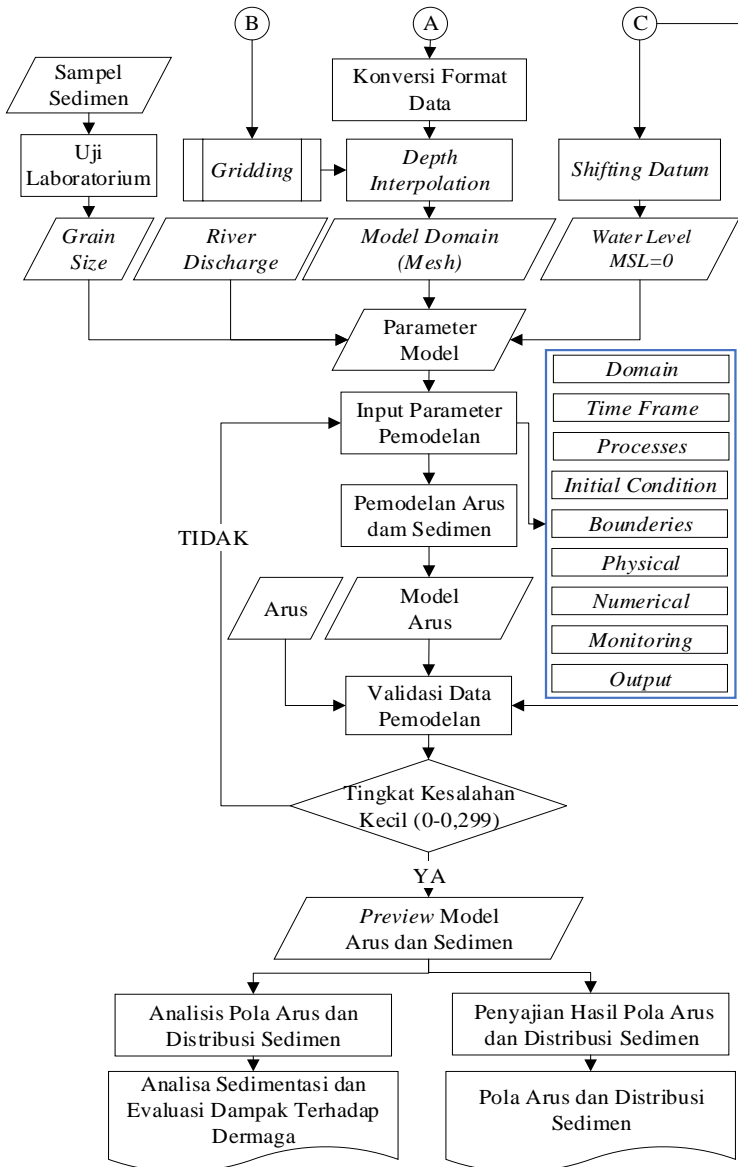
### 3.3.1. Tahap Persiapan Penelitian

Tahap persiapan meliputi mencari dan mempelajari berbagai studi literatur yang terkait dengan penelitian. Adapun beberapa fokus studi literatur yang diperlukan dalam menunjang pelaksanaan penelitian ini. Pertama mengenai pemodelan arus. Kemudian, yang kedua mengenai pemodelan sedimen khususnya pada pola distribusi sebaran yang terbentuk. Dan yang terakhir mengenai *software* yang digunakan untuk membantu proses pemodelan yaitu perangkat lunak pengolahan model numerik Delft3D. Adapun persamaan yang digunakan dalam proses pemodelan adalah model aliran sedimen dengan persamaan hidrodinamika. Dalam tahap ini dilakukan juga pengumpulan data meliputi data primer maupun sekunder yang nantinya digunakan dalam proses pembuatan model. Data primer dalam hal ini merupakan data hasil pengukuran lapangan yang diperoleh dari penelitian sebelumnya.

### 3.3.2. Tahap Pengolahan Data dan Analisis Penelitian

Tahap pengolahan data dan analisis terdiri atas beberapa tahapan seperti yang dijelaskan dengan diagram pada Gambar 3.3:





Gambar 3.3 Tahap Pengolahan Data

Adapun beberapa proses yang dilakukan dalam tahap pengolahan data ini, diantaranya sebagai berikut:

- a. Pada penelitian ini diperlukan beberapa data yang digunakan untuk pembuatan model. Data-data masukan yang diperlukan diantaranya adalah garis pantai perairan Cilacap, data kedalaman, *river discharge*, pasang surut, sampel sedimen dan arus.
- b. Pada tahap awal pengolahan data dilakukan terhadap data peta laut, peta Rupa Bumi Indonesia, dan data batimetri. Pengolahan data terbagi kedalam beberapa proses:
  - i. Digitasi Garis Pantai  
Pada tahap ini diawali dengan melakukan rektifikasi pada peta RBI daerah penelitian untuk mendapatkan file peta yang telah memiliki koordinat yang sesuai. Langkah berikutnya adalah melakukan proses digitasi garis pantai sesuai dengan kenampakan garis pantai pada peta. Hasil akhir pada proses ini dihasilkan garis pantai dalam format .shp dengan *feature class polyline*. Data ini nantinya akan digunakan untuk pembuatan batas area pemodelan.
  - ii. Digitasi *Spot Depth*  
Tujuan dalam proses ini adalah untuk melengkapi data batimetri diluar area pengukuran batimetri di lapangan. Langkah yang dilakukan dalam proses ini tidak jauh berbeda dengan proses digitasi garis pantai. Perbedaan dalam proses ini, digitasi *spot depth* mengacu pada peta laut dan hasil dari proses ini diperoleh informasi titik kedalaman (*spot depth*) berupa koordinat dan informasi kedalaman yang tersimpan dalam format \*.shp dengan *feature class point*.
  - iii. Pengolahan Data Batimetri  
Pada tahap ini dilakukan *adjustment* data batimetri untuk memperoleh data batimetri dengan datum vertikal MSL. Kemudian setelah itu dilakukan proses *generate depth*, yang berfungsi untuk mengambil data batimetri dalam

interval jarak 1 meter untuk mengurangi proses berikutnya bekerja dengan berat.

Untuk dapat melanjutkan pada proses selanjutnya, setiap hasil akhir dalam proses pengolahan diatas perlu dilakukan konversi format data kedalam format file sesuai dengan format file yang dibutuhkan pada proses selanjutnya.

- c. *Gridding* bertujuan untuk membuat *grid*, memodifikasi dan memvisualisasikan orthogonal area pemodelan. Proses ini dilakukan dengan menggunakan modul RGFGRID yang tersedia di Delft3D. Berikut adalah beberapa tahapan yang dilakukan pada proses pembuatan grid :
  - i. Buka modul RGFGRID pada software Delft3D.
  - ii. Dalam penelitian ini digunakan bentuk *structured grid* berupa *rectangular grid*, sehingga gunakan *Create Rectangular or Circular Grid* pada menu *Operations*.
  - iii. Pembuatan grid dibagi kedalam 4 ukuran grid, yakni 10x10, 30x30, 60x60, dan 120x120 meter.
  - iv. *Import boundary data* yaitu proses memasukkan data garis pantai sebagai batas area pemodelan, sehingga diperoleh grid sesuai daerah simulasi pemodelan (wilayah perairan), dengan data garis pantai berfungsi sebagai pemisah antara daratan dengan perairan.

Disamping pembuatan grid, pada proses ini dilakukan proses pembuatan *DD Boundaries* yang berfungsi untuk menghubungkan antar grid sehingga model dapat berjalan secara bersamaan. Sehingga akan dihasilkan file grid dalam format \*.grd dan \*.nc, serta file *DD Boundaries* dalam format \*.ddb.

- d. *Depth Interpolation* yaitu proses memasukkan nilai kedalaman ke tiap grid yang sebelumnya telah dibentuk melalui proses *gridding*. Sehingga diperoleh data *mesh* (grid dengan informasi kedalaman) untuk keperluan proses pemodelan selanjutnya. Proses ini dilakukan dengan menggunakan modul QUICKIN yang tersedia di Delft3D.

Berikut adalah beberapa tahapan yang dilakukan pada tahap ini:

- i. Buka modul QUICKIN pada software Delft3D.
- ii. *Import* file grid dan data kedalaman yang telah memiliki acuan datum vertikal MSL.
- iii. Proses interpolasi kedalaman dilakukan dengan menggunakan metode *Triangulation Interpolation* pada menu *Operations*.
- iv. Sehingga akan dihasilkan data kedalaman hasil interpolasi yang tersimpan dalam format \*.dep.
- e. Sebelum masuk dalam proses pembuatan simulasi model, terdapat proses pengolahan data pasang surut dengan metode *least square* untuk mendapatkan nilai konstituen pasang surut. Nilai konstituen ini kemudian akan digunakan untuk mencari nilai referensi-referensi tinggi area penelitian. Sedangkan nilai *water level* digunakan sebagai salah satu data masukan sumber pembangkit arus yang berasal dari pasang surut.
- f. Dengan acuan data *mesh* yang telah dihasilkan, dilakukan pemodelan arus yang dibangkitkan oleh pasang surut yang disusun pada *time series* dan parameter-parameter tertentu. Proses *input* parameter menggunakan modul *Flow input* yang terbagi kedalam *input: domain, timeframe, processes, initial conditional, boundaries, physical parameters, numerical parameters, monitoring, dan output*. Parameter-parameter tersebut merupakan aspek yang mempengaruhi proses pergerakan arus dan sedimen. Selain itu, digunakan juga data *river discharge* sebagai salah satu faktor penggerak sedimen dan pembangkit arus. Sehingga akan dihasilkan model arus area penelitian berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Dalam tahap ini akan dihasilkan file baru dalam format \*.mdf, yang berfungsi menyimpan setiap parameter-parameter yang telah dimasukkan.
- g. Sedangkan alam pembuatan parameter utama dalam model transpor sedimen adalah parameter fraksi sedimen dan karakteristik sedimen seperti *grain size*, konsentrasi, dll.



- Dimana parameter ini diperoleh dari uji laboratorium sampel sedimen dan parameter-parameter sekunder pendukung lain.
- h. Hasil simulasi model arus kemudian perlu dilakukan proses validasi kualitas data pasang surut dan arus. Hal ini dilakukan terhadap hasil data akuisisi lapangan dengan hasil pemodelan. Perhitungan statistik yang digunakan dalam proses validitas data didapat dengan menghitung nilai MAE (*Mean Absolute Error*). Nilai MAE merupakan rata-rata besar kesalahan absolut model pada setiap perbedaan (Willmott dan Matsuura 2005). Sehingga dengan MAE akan diketahui nilai dan tingkat kesalahan ukuran absolut hasil model yang menyimpang dari data observasi (Khotimah 2012). Berikut adalah formula MAE yang digunakan untuk uji validitas:

$$\begin{aligned} \text{MAE} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_{a,i} - x_{b,i}| \\ &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_{\text{mod},i} - x_{\text{obs},i}| \end{aligned} \quad (3.1)$$

Selain itu, dilakukan uji validitas menggunakan uji statistik menggunakan Root Mean Square Error (RMSe), dengan formula sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{RMSe} &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{a,i} - X_{b,i})^2}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{\text{mod},i} - X_{\text{obs},i})^2}{n}} \end{aligned} \quad (3.2)$$

Dengan  $N$ ,  $x_{\text{mod},i}$ ,  $x_{\text{obs},i}$  berturut-turut adalah jumlah data, data model dan data observasi ke- $i$ . Untuk memberikan

penafsiran terhadap nilai RMSe dan MAE yang didapatkan, maka diklasifikasikan kedalam Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Klasifikasi Tingkat Kesalahan RMSe dan MAE (Khotimah 2012)

<b>RMSe dan MAE</b>	<b>Tingkat Kesalahan</b>
0,00 – 0,299	Kecil
0,30 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,899	Besar
> 0,9	Sangat Besar

Jika kualitas data memiliki nilai RMSe dan MAE relative kecil atau minimum, dapat disimpulkan bahwa algoritma pengolahan data berjalan dengan baik. Sehingga model arus dan sedimen dapat digunakan untuk proses selanjutnya yakni proses analisis hasil pemodelan.

Selain itu dalam penelitian ini digunakan juga uji statistik berupa perhitungan koefisien korelasi (R). Koefisien korelasi merupakan indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur (kuat, lemah, atau tidak ada) hubungan antar variable (data observasi dan model). Analisis uji korelasi dilakukan berdasarkan rumus koefisien korelasi linier sederhana Pearson Least Square sebagai berikut:

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n(\sum x^2) - (\sum x)^2)(n(\sum y^2) - (\sum y)^2)}} \quad (3.3)$$

Dimana,

R : koefisien korelasi

x : deviasi rata-rata variable X

y : deviasi rata-rata variable Y

n : jumlah pengamatan

Dengan nilai koefisien korelasi berada pada rentang -1 dan +1, dengan ketentuan sebagai berikut:

- Jika R bernilai positif maka variable-variabel berkorelasi positif. Semakin dekat nilai R ke +1 semakin kuat korelasinya, demikian pula sebaliknya.

- Jika R bernilai negatif maka variable-variabel berkorelasi negatif. Semakin dekat nilai R ke -1 semakin kuat korelasinya, demikian pula sebaliknya.
  - Jika R bernilai 0 (nol) maka variable-variabel tidak menunjukkan korelasi.
  - Jika R bernilai +1 dan -1 maka variable-variabel menunjukkan korelasi positif dan negatif yang sempurna (Hasan 2009).
- i. Simulasi pemodelan ini dilakukan pada lama simulasi selama 29 hari untuk melihat distribusi sedimen yang terjadi. Sehingga akan diketahui dampak sedimentasi terhadap dermaga dan pengaruhnya terhadap bentuk morfologi dasar perairan yang diperoleh dari hasil pemodelan.
  - j. Pada tahap analisis dilakukan analisis terhadap pola arus, distribusi sedimen, serta besarnya material sedimen yang mengalami erosi dan deposisi. Sehingga akan diperoleh informasi perubahan morfologi dasar perairan berdasarkan distribusi sedimen yang terjadi.
  - k. Langkah akhir yaitu pembuatan hasil akhir dari simulasi model transpor sedimen yang dibuat kedalam sebuah video sehingga tersaji lebih menarik.

### 3.3.3. Tahap Akhir Penelitian

Tahap akhir dari penelitian ini adalah penyusunan laporan mengenai penelitian tentang pemodelan distribusi sedimen yang dapat dijadikan sebagai dasar sebagai evaluasi dampak yang diberikan terhadap dermaga. Dalam hal ini khususnya pada dermaga Pelabuhan Wijayapura dan Sodong di Perairan Cilacap.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Bidang Model Domain (*Mesh*)**

Model domain yang diperoleh merupakan model domain yang telah mencakup wilayah penelitian yaitu perairan Cilacap. Dengan *boundary condition (close boundaries)* mengikuti bentuk garis pantai dan bentuk dermaga yang telah didefinisikan melalui *digitasi on screen*. Hasil *mesh* yang telah dianggap baik dan sesuai dengan kebutuhan (tidak terdapat *error*) dijadikan sebagai salah satu masukkan data utama dalam pembuatan simulasi model.

Segala bentuk data masukan yang digunakan dalam pembuatan *mesh* ini ditampilkan dalam sistem proyeksi UTM dengan sistem koordinat pilihan pada Delft3D yakni kartesian. Lokasi penelitian berada pada koordinat  $7^{\circ}43'30''$  LS dan  $108^{\circ}59'18''$  BT sampai dengan  $7^{\circ}45'54''$  LS dan  $109^{\circ}3'42''$  BT, sehingga sistem proyeksi UTM yang digunakan adalah zona 49S. Satuan atau unit ukuran yang digunakan untuk menyatakan baik koordinat (x,y), kedalaman (z), ukuran grid, dan aspek lain adalah meter (m).

##### **4.1.1. Pendefinisian Batas**

Langkah awal dalam pembuatan bidang model domain (*mesh*) adalah dengan mendefinisikan batas area model yang diwakilkan dengan garis pantai. Dalam penelitian ini datum vertikal yang digunakan dalam pembuatan model adalah MSL (*Mean Sea Level*) atau kedudukan muka air rata-rata. Sehingga garis pantai yang digunakan untuk mendefinisikan batas model diperoleh dari proses *digitation on screen* yang mengacu pada peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Kabupaten Cilacap-Nusakambangan.

Selain garis pantai yang digunakan sebagai batas pemodelan, juga diperlukan kondisi bentuk dermaga yang ada di Perairan Cilacap. Batas model kondisi dermaga ini diperoleh dari proses *digitation on screen* dengan Peta Alur Pelayaran Perairan Cilacap sebagai peta dasar. Pendefinisian batas dermaga ini difokuskan pada dermaga Wijayapura dan Sodong.

Kedua hasil pendefinisian batas tersebut nantinya akan menjadi fungsi garis yang membedakan daratan dengan wilayah perairan. Untuk dapat digunakan dalam proses selanjutnya, diperlukan penyesuaian format data masukan yang dapat diterima oleh *software* Delft3D yakni dalam format *polygon* (\*.pol). Untuk memperoleh format data sesuai dengan format masukan ke dalam Delft3D, maka perlu adanya proses konversi format data dengan menggunakan *software* konversi data. Pada Gambar 4.1 ditampilkan gambaran batas model hasil *digitation on screen* yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 4.1 Batas Model Garis Pantai dan Dermaga Hasil *Digitation on Screen*.

Gambar 4.1 memperlihatkan bahwa batas model membentang sepanjang pantai pada Teluk Penyu, Selat Cilacap dan sungai-sungai. Selain itu, definisi batas juga terlihat pada daratan Pulau Nusakambangan yang membentang dari Barat-

Timur, yang kemudian membentuk Selat Cilacap. Yang disebut sebagai batas kondisi (*close boundaries*) dalam penelitian ini merupakan garis dengan warna merah yang ada pada Gambar 4.1.

#### 4.1.2. Desain Model Grid

Setelah pendefinisian *close boundaries*, langkah selanjutnya dalam pembuatan *mesh* adalah pembuatan jaring-jaring atau bidang jala yang akan mewakili wilayah bidang model yang kemudian disebut sebagai grid. Grid yang dibuat adalah tipe *structured grid*, dengan model berbentuk kotak. Bentuk grid ini digunakan untuk menggambarkan atau mewakili bentuk penampang wilayah penelitian ke dalam sebuah model.

Pembuatan model grid menggunakan modul RGFRID yang dimiliki oleh Delft3D-Flow. Dalam modul ini dapat dilakukan pembuatan, modifikasi, dan visualisasi secara orthogonal dari model grid. Model grid dalam penelitian ini menggunakan metode beda hingga (*Finite Difference Method*) dalam proses pembuatannya. Dengan titik acuan (0,0) untuk masing-masing grid terletak di kiri-bawah.

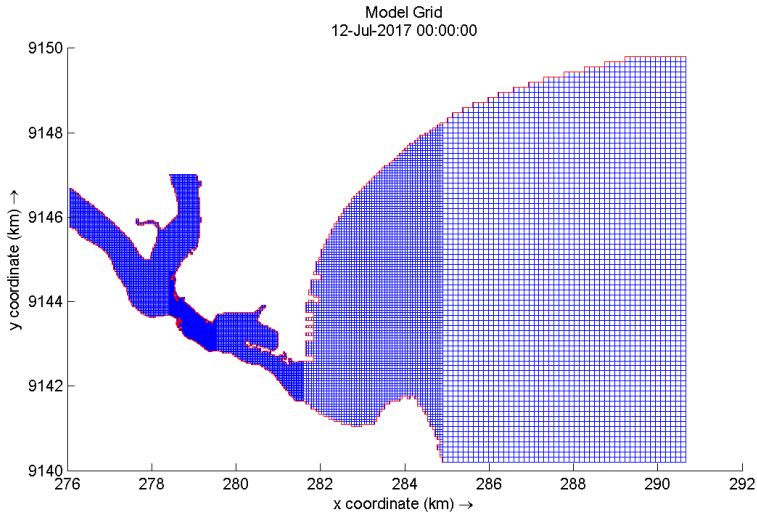
Model Grid merupakan aspek penting dalam proses pemodelan hidrodinamika dan transpor sedimen. Bentuk, ukuran dan luas model grid selalu bergantung pada studi kasus lokasi pembuatan model. Dalam penelitian ini model grid dibagi kedalam beberapa bagian yang dibagi atas dasar ukuran, yang ditampilkan pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Pembagian Model Grid Berdasarkan Ukuran Grid

<b>No.</b>	<b>Nama</b>	<b>Ukuran (m)</b>
1	Grid Laut 1	120 x 120
2	Grid Laut 2	60 x 60
3	Grid Muara & Sungai	30 x 30
4	Grid Selat	10 x 10

Grid dibuat sedemikian rupa, untuk dapat mewakili area studi. Dalam penelitian ini area yang ditinjau adalah area laut, selat dan sungai, sehingga model grid dibuat semakin kecil ketika berada di area sungai dan selat (Selat Cilacap). Hal ini bertujuan agar hasil

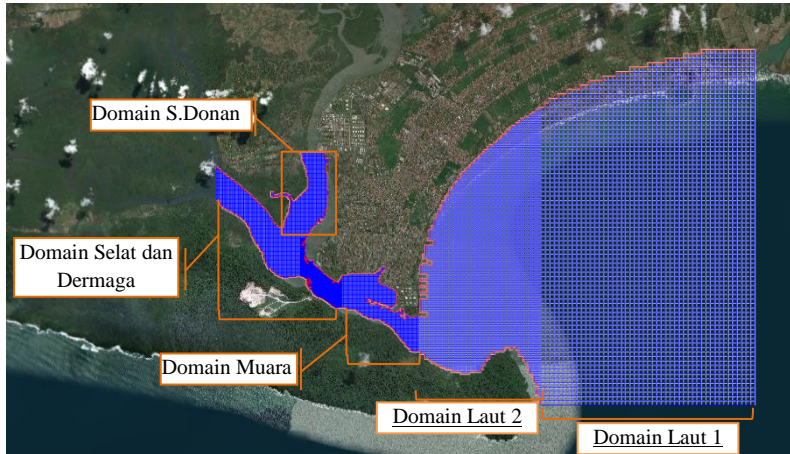
model dari area yang ditinjau lebih detail. Gambar 4.2 menunjukkan bentuk grid yang telah dibuat dan disesuaikan dengan area studi.



Gambar 4.2 Model Grid

Dari model grid diatas dapat dilihat bahwa ukuran masing-masing grid untuk tiap daerah berbeda-beda. Pada area laut lepas terlihat bahwa area ini terbagi oleh 2 bentuk atau ukuran grid yang berbeda. Sedangkan pada area sungai, muara dan selat pun demikian. Pada area sungai Donan dan Muara Teluk Penyu memiliki ukuran grid yang sama. Terkhusus pada area selat, daerah ini memiliki ukuran grid yang bervariasi dimulai dari paling Barat yang memiliki ukuran grid 30 x 30 m, sedangkan area dermaga yang menjadi fokus dalam penelitian ini memiliki grid berukuran 10 x 10 m. Berikut adalah gambaran pembagian grid berdasarkan ukuran dan lokasinya, yang dijelaskan pada Gambar 4.3, sebagai berikut:

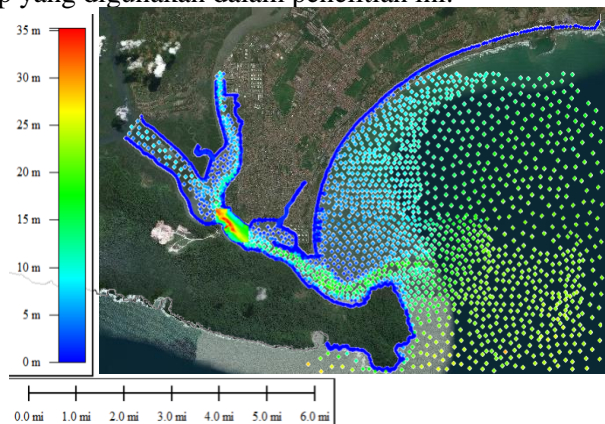




Gambar 4.3: Pembagian Model Grid

#### 4.1.3. Model Domain (Mesh)

Salah satu data penting dalam pembuatan model domain adalah informasi nilai kedalaman pada perairan wilayah penelitian. Gambar 4.4 menampilkan sebaran titik-titik kedalaman Perairan Cilacap yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 4.4 Titik Sebaran Data Kedalaman Perairan Cilacap

Titik-titik yang tersebar di dalam batas model adalah titik sebaran nilai kedalaman yang telah bereferensi pada datum vertikal

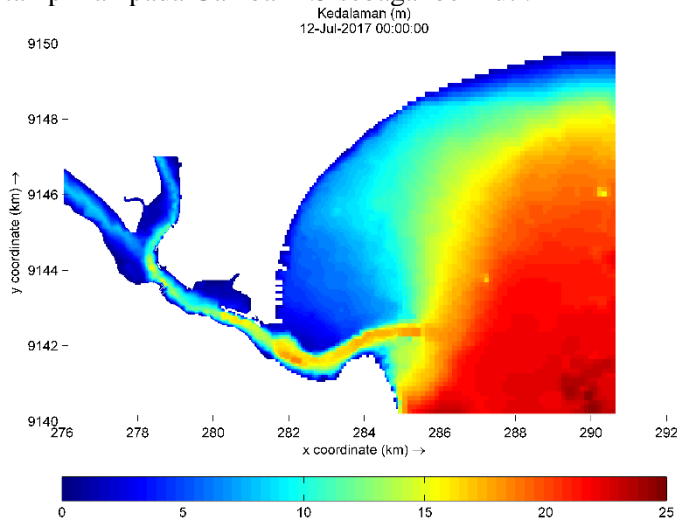
MSL (*Mean Sea Level*). Informasi nilai kedalaman dari titik sebaran ditunjukkan dengan diagram warna. Area dermaga yang menjadi fokus dalam penelitian ini ditunjukkan dengan titik-titik sebaran lebih rapat dan lebih detail. Hal ini karena pada area tersebut merupakan data hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan alat survei pemeruman *multibeam echosounder*.

Dari Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa sampel titik kedalaman yang digunakan dalam penelitian ini memiliki rentang nilai kedalaman dari 0 sampai dengan 35 meter. Nilai kedalaman 0 meter merupakan nilai kedalaman yang digunakan untuk mendefinisikan garis pantai dan dermaga. Sehingga nilai kedalaman 0 berada di sepanjang garis pantai Teluk Penyau dan Selat Cilacap.

Dengan menggabungkan data batimetri dan model grid yang telah dibentuk sebelumnya dengan proses interpolasi, maka akan diperoleh model domain Perairan Cilacap. Interpolasi kedalaman merupakan tahap yang dilakukan untuk memperoleh nilai kedalaman pada masing-masing *grid cell* yang telah dibentuk sebelumnya. Hal ini dikarenakan data kedalaman awal yang digunakan merupakan hasil gabungan data survei *multibeam echosounder* dan digitasi *spot depth* yang memiliki intensitas kerapatan yang berbeda. Sehingga kerapatannya menyebar pada seluruh wilayah penelitian. Oleh karena itu, fungsi proses ini digunakan untuk menentukan kedalaman titik-titik *grid cell* pada masing-masing grid terhadap data kedalaman batimetri.

Dalam proses interpolasi kedalaman dilakukan menggunakan metode *triangular interpolation*. Metode *triangular interpolation* merupakan metode sederhana dan banyak digunakan dalam interpolasi data. Algoritma ini menciptakan segitiga/triangulasi dengan menarik garis antar titik data. Setiap segitiga mendefinisikan sebuah permukaan di atas grid yang berada di dalam segitiga tersebut. Triangulasi dengan interpolasi linier bekerja paling baik bila data yang ada merata di atas area grid (Sutrisno dan Isjudarto 2016). Proses interpolasi kedalaman ini dilakukan pada modul QUICKIN yang telah dimiliki oleh Delft3D-

Flow. Hasil interpolasi menunjukkan kedalaman dari bidang model yang ditampilkan pada Gambar 4.5 sebagai berikut :



Gambar 4.5 Hasil Interpolasi Kedalaman Bidang Model

Pada gambar hasil interpolasi kedalaman, informasi kedalaman perairan ditunjukkan dengan kontur gradasi warna. Nilai kedalaman yang dihasilkan memiliki nilai kedalaman dari 0 sampai dengan 25 meter. Area terdalam dalam perairan merupakan wilayah laut lepas dengan nilai kedalaman antara 20 meter sampai dengan 25 meter yang ditunjukkan dengan kontur berwarna merah. Area perairan Selat Cilacap mempunyai kedalaman 0 sampai dengan 15 meter yang ditunjukkan dengan kontur berwarna gradasi biru. Sedangkan pada area dermaga nilai kedalaman berkisar antara 2 meter sampai dengan 10 meter yang ditunjukkan dengan kontur berwarna biru tua.

#### 4.2. Waktu Simulasi Model

Parameter waktu yang digunakan dalam proses pemodelan arus dan sedimen pada penelitian ini dijelaskan pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Parameter Waktu Pemodelan

Parameter	Nilai
Lama Simulasi	29 hari
<i>Warming up</i>	4,5 hari
<i>Spin up</i>	0,5 hari
<i>Reference date</i>	12 Juli 2017
<i>Simulation start time</i>	12 Juli 2017
<i>Simulation stop time</i>	09 Agustus 2017
<i>Time step</i>	0,05 menit

Parameter waktu yang ditentukan dalam penelitian ini terkait pembagian *time frame* pemodelan yang dibagi kedalam waktu *warming up*, *spin up* dan waktu simulasi. Pada Gambar 4.6 menjelaskan pembagian *time frame* dalam pemodelan ini.

Step	Spin Up	Warming Up	Simulation
<b>Time Frame</b>	0,5 hari	4,5 hari	24 hari

Gambar 4.6 Pembagian *Time Frame* Pemodelan

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa dalam pemodelan ini, *time frame* yang ditentukan telah dibagi kedalam 3 tahapan pemodelan. Pembagian ini terdiri dari waktu *warming up*, *spin up*, dan *simulation* dengan lama waktu masing-masing *step* secara berurutan adalah 4,5 hari; 0,5 hari; dan 24 hari. Sehingga ketika nantinya dilakukan proses validasi data hasil pemodelan, hanya digunakan data hasil pemodelan selama 24 hari. Hal ini dikarenakan nilai yang dihasilkan pada 5 hari di awal pemodelan merupakan nilai yang dapat dikatakan dalam kondisi belum stabil.

#### 4.3. Pemodelan Arus

Pemodelan arus dilakukan dengan menggunakan metode simulasi numerik yang berdasarkan pada pemodelan hidrodinamika dengan persamaan kontinuitas dan kekekalan momentum sebagai persamaan utama. Arus yang dimodelkan

adalah arus pasang surut sehingga parameter yang digunakan sebagai pembangkit adalah data observasi pasang surut.

#### 4.3.1. Parameter Pemodelan Arus

Dalam pemodelan ini, perlu dilakukan pendefinisian kondisi batas untuk menentukan batas wilayah daratan dan batas sumber pembangkit arus. Pada Delft3D dikenal istilah *close boundaries* sebagai kondisi batas daratan yang didefinisikan dengan garis pantai dan dermaga. Sedangkan, batas sumber pembangkit arus dikenal dengan istilah *open boundaries*. Gambar 4.7 menampilkan kondisi batas dalam penelitian ini, sebagai berikut :



Gambar 4.7 Kondisi Batas Pemodelan

*Close boundaries* didefinisikan dengan garis pantai sepanjang Teluk Penyus serta sungai dan dermaga di Selat Cilacap. Kondisi batas ini, ditunjukkan dengan *line* berwarna merah. Sedangkan, untuk *open boundaries* dalam penelitian ini dibagi kedalam dua sumber pembangkit arus, diantaranya sumber pembangkit dari pasang surut dan debit sungai (*river discharge*). Sumber pembangkit arus pasang surut terletak pada area laut lepas

dan bagian Barat Selat Cilacap yang ditunjukkan oleh garis berwarna biru tua seperti yang terlihat pada Gambar 4.7. Sedangkan, garis berwarna hitam menjelaskan lokasi sumber pembangkit yang berasal dari debit sungai. Sumber pembangkit debit, meliputi besarnya debit Sungai Donan dan Sungai Yasa.

Selain parameter yang diterangkan pada paragraf sebelumnya, parameter lain yang digunakan dalam input model adalah jenis fraksi sedimen dan data angin. Data angin yang digunakan merupakan data angin dari proses pengolahan yang dilakukan oleh BMKG untuk memperoleh nilai kecepatan dan arah angin pada bulan Juli dan Agustus Tahun 2017 di perairan Cilacap.

Dalam penelitian ini bersifat barotropik, sehingga tidak digunakan parameter fisik air seperti temperatur, kecerahan, salinitas, dan parameter baroklinik lainnya. Nilai konstanta hidrodinamika seperti gravitasi dan massa jenis air memiliki nilai  $9,81 \text{ m/s}^2$  dan  $1025 \text{ kg/m}^3$  untuk kondisi air laut. Berikut adalah beberapa parameter arus yang digunakan dalam pemodelan ini, seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Parameter Pemodelan Arus

<b>Deskripsi</b>	<b>Nilai</b>
<i>Coriolis</i>	-7 derajat
<i>Number of layer</i>	1 lapis
<i>Processes</i>	<i>Constituents</i> : Sedimen <i>Physical</i> : Angin
<i>Initial conditions</i>	<i>Uniform values</i>
<i>Initial water level</i>	0 meter
<i>Boundary</i>	<i>Water level</i> (pasut) dan <i>river discharge</i>
<i>Morphology</i>	Update kedalaman
<i>Numerical parameters</i>	Sel ditengah grid
<i>Roughness</i>	Chezy
<i>Interpolation type wind</i>	<i>Linear</i>
<i>Wind drag coefficients</i>	<i>Default</i>

#### 4.3.2. Data Debit Sungai dan Angin

Debit sungai setiap wilayah tergantung pada karakteristik hidrologi dan daerah aliran sungainya. Dalam penelitian ini Perairan Cilacap menjadi muara dari berbagai sungai, sehingga menjadikan debit sungai sebagai salah satu faktor penting sumber pembangkit arus dan sedimen. Data debit sungai yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari hasil penelitian yang sebelumnya telah dilakukan, seperti jurnal, paper, dan lain sebagainya. Hal ini dikarenakan keterbatasan atas ketersediaan data yang dimiliki oleh instansi terkait.

Permadi dan Widyastuti (2016) dalam penelitiannya mengenai studi kualitas air di sungai Donan yang berada di sekitar area pembuangan limbah industri Pertamina RU IV Cilacap menyatakan bahwa Sungai Donan memiliki debit sungai sebesar 611,413 m<sup>3</sup>/s. Sedangkan, beliau menyatakan bahwa Sungai Yasa memiliki debit sungai sebesar 17 m<sup>3</sup>/s. Berikut adalah rekapitulasi dari besarnya debit sungai yang jelaskan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Nilai Debit Sungai Perairan Cilacap (Permadi dan Widyastuti 2016)

No.	Sungai	Debit (m <sup>3</sup> /s)
1	Kali Donan	611,413
2	Kali Yasa	17

Sedangkan data angin yang digunakan merupakan data yang diperoleh dari BMKG. Dalam hal ini data angin yang digunakan merupakan data angin harian selama waktu pemodelan yakni Bulan Juli sampai dengan Agustus 2017. Data yang diperlukan dalam *input* parameter pemodelan adalah besarnya nilai kecepatan dan arah angin harian di wilayah Perairan Cilacap. Dalam Tabel 4.5 menjelaskan nilai kecepatan dan arah angin harian di Perairan Cilacap, sebagai berikut:

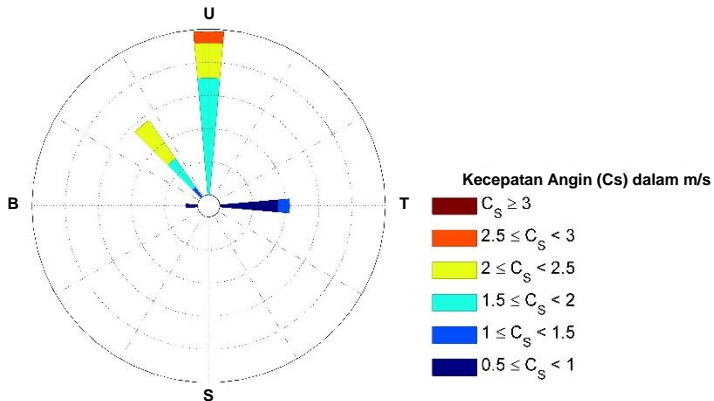
Tabel 4.5 Data Kecepatan Rata-rata dan Arah Angin Harian Perairan Cilacap

<b>Tanggal</b>	<b>Kecepatan (m/s)</b>	<b>Arah (deg)</b>
12/07/2017	1,543	135
13/07/2017	2,058	90
14/07/2017	2,058	135
15/07/2017	2,058	90
16/07/2017	2,058	90
17/07/2017	1,543	90
18/07/2017	1,543	90
19/07/2017	1,543	90
20/07/2017	1,543	90
21/07/2017	1,543	90
22/07/2017	1,543	90
23/07/2017	1,543	90
24/07/2017	1,543	90
25/07/2017	1,543	90
26/07/2017	1,543	135
27/07/2017	1,543	90
28/07/2017	2,058	135
29/07/2017	2,572	90
30/07/2017	2,058	135
31/07/2017	2,058	135
01/08/2017	1,543	135
02/08/2017	1,029	135
03/08/2017	1,029	0
04/08/2017	0,514	0
05/08/2017	0,514	0
06/08/2017	0,514	180
07/08/2017	0,514	0
08/08/2017	0,514	0
09/08/2017	0,514	0

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa rentang nilai kecepatan angin di Perairan Cilacap selama waktu simulasi (12 Juli



– 9 Agustus 2017) adalah 0,514 m/s sampai dengan 2,572 m/s. Dengan, kecepatan angin maksimum sebesar 2,572 m/s yang terjadi pada tanggal 29 Juli 2017. Sedangkan, kecepatan angin minimum terjadi pada tanggal 4 sampai 9 Agustus 2017 dengan nilai sebesar 0,514 m/s. Secara keseluruhan, selama simulasi variasi arah angin berkisar dari 0 sampai dengan 180 derajat. Hal ini memiliki arti bahwa variasi arah angin berhembus dari Utara, Timur, Selatan, dan kemudian bergerak dengan siklus seperti itu secara ajak pada hari-hari tertentu. Dengan mawar angin seperti pada Gambar 4.8, sebagai berikut:



Gambar 4.8 Diagram Mawar Angin

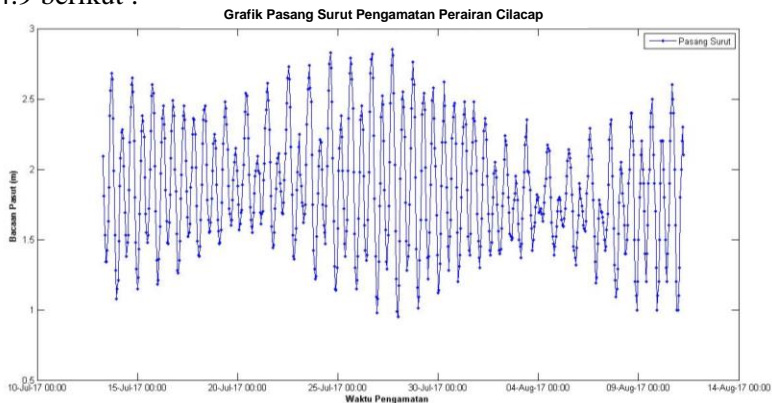
#### 4.3.3. Analisis Pasang Surut

Data pengamatan pasang surut yang bersumber dari pengamatan langsung di lapangan merupakan data pengamatan pasang surut perairan Cilacap selama 29 piantan/hari mulai tanggal 12 Juli 2017 sampai dengan tanggal 9 Agustus 2017. Dengan interval pengamatan setiap 1 jam, sehingga diperoleh data bacaan sebanyak 696. Data pasang surut ditunjukkan pada Tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.6 Data Observasi Pasang Surut Perairan Cilacap Bulan Juli-Agustus 2017 Terhadap Nol Rambu

<b>Tanggal</b>	<b>Waktu</b>	<b>Bacaan Skala (m)</b>
12/07/17	00:00:00	2,090
12/07/17	01:00:00	1,810
12/07/17	02:00:00	1,530
12/07/17	03:00:00	1,340
12/07/17	04:00:00	1,340
12/07/17	05:00:00	1,420
12/07/17	06:00:00	1,630
12/07/17	07:00:00	1,870
12/07/17	08:00:00	2,380
12/07/17	09:00:00	2,560
12/07/17	10:00:00	2,680
12/07/17	11:00:00	2,640
12/07/17	12:00:00	2,360
12/07/17	13:00:00	1,990
12/07/17	14:00:00	1,530
12/07/17	15:00:00	1,280
12/07/17	16:00:00	1,080
12/07/17	17:00:00	1,150
12/07/17	18:00:00	1,210
12/07/17	19:00:00	1,490
12/07/17	20:00:00	1,880
12/07/17	21:00:00	2,080
12/07/17	22:00:00	2,260
12/07/17	23:00:00	2,280
13/07/17	00:00:00	2,220
13/07/17	01:00:00	2,020
...	...	...
09/08/17	23:00:00	2,100

Dengan grafik data pengamatan pasang surut pada tanggal 12 Juli sampai dengan 09 Agustus 2017 ditampilkan pada Gambar 4.9 berikut :



Gambar 4.9 Grafik Pengamatan Pasang Surut Perairan Cilacap

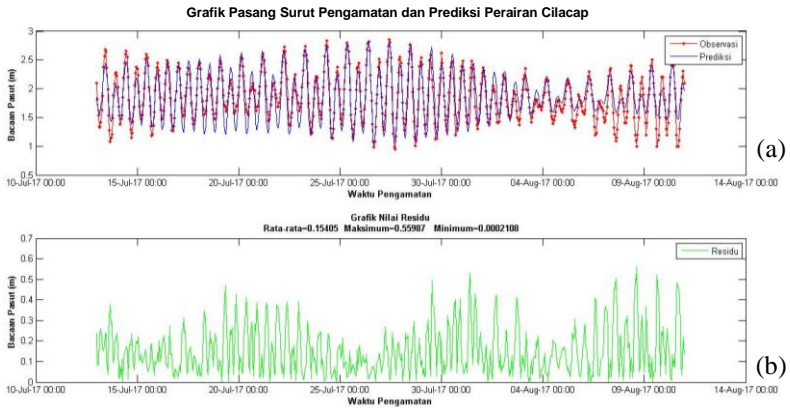
Dapat diketahui bahwa bacaan skala pasang surut selama 29 piantan/hari dengan interval bacaan 1 jam memiliki skala bacaan dari 0,950 meter sampai dengan 2,850 meter.

Dari data pengamatan tersebut, kemudian digunakan untuk memperoleh nilai muka air laut rata-rata ( $S_0$ ) dan nilai amplitudo ( $A$ ) serta beda fase ( $g^\circ$ ) dari 9 konstituen pasang surut perairan Cilacap. Metode perhitungan konstituen harmonik yang digunakan merupakan metode perataan kuadrat terkecil (*least square*). Dengan metode ini, dapat diketahui nilai amplitudo dan beda fase dari masing-masing konstituen harmonik apapun. Hasil dari pengolahan data pasang surut tersebut, diperoleh nilai muka air laut rata-rata (MSL) dan 9 konstituen harmonik yang terdiri dari M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, M4, dan MS4. Pada Tabel 4.7 merupakan nilai muka air laut rata-rata, amplitudo dan beda fase kesembilan konstituen pasut tersebut:

Tabel 4.7 Nilai S0, Amplitudo dan Beda Fase 9 Konstituen Harmonik Perairan Cilacap

<b>Komponen Harmonik</b>	<b>Simbol</b>	<b>Amplitudo (m)</b>	<b>Phase (deg)</b>
Muka Air Laut Rata	S0	1,860	-
Komponen Bulan Utama (semidiurnal)	M2	0,485	333,496
Komponen Matahari Utama (semidiurnal)	S2	0,089	324,687
Komponen Bulan, karena Jarak Bumi ke Bulan (semidiurnal)	N2	0,222	184,258
Komponen Matahari-Bulan, karena Perubahan Deklinasi (semidiurnal)	K2	0,105	95,241
Komponen Matahari-Bulan (diurnal)	K1	0,056	82,392
Komponen Bulan Utama (diurnal)	O1	0,148	177,107
Komponen Matahari Utama (diurnal)	P1	0,091	134,246
Komponen Bulan Utama (quarterly)	M4	0,017	56,196
Komponen Matahari Bulan (quarterly)	MS4	0,016	275,805

Untuk dapat mengetahui apakah nilai konstituen harmonik yang dihasilkan telah sesuai, perlu dilakukan perhitungan lebih lanjut. Dimana nilai 9 konstituen harmonik tersebut kemudian digunakan sebagai nilai acuan dalam proses perhitungan prediksi pasang surut. Dari perhitungan tersebut akan diperoleh data pengamatan pasang surut prediksi dan nilai residu dari kedua data pengamatan pasang surut (data pengamatan dan data prediksi). Gambar 4.10 menampilkan grafik perbandingan data pasang surut pengamatan dengan prediksi serta grafik besarnya nilai residu.



Gambar 4.10 Grafik (a) Perbandingan dan (b) Residu Pasang Surut Pengamatan dengan Prediksi

Dari hasil perhitungan residu dapat diketahui bahwa nilai residu untuk perbandingan kedua data pengamatan pasang surut memiliki nilai di bawah 0,5 meter. Dengan nilai rata-rata residu sebesar 0,154 meter. Selain itu untuk mengetahui kesesuaian perhitungan konstituen, dilakukan perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSe), sebagai berikut:

$$\text{RMSe} = \sqrt{\frac{25,460}{696}} = 0,191 \text{ m} \quad (4.1)$$

Melihat besarnya nilai RMSe yang dihasilkan, dengan meninjau klasifikasi berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Khotimah, nilai tersebut tergolong kedalam tingkat kesalahan yang kecil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perhitungan konstituen harmonik diatas dapat dikatakan benar dan telah sesuai.

Kemudian, dengan menggunakan nilai konstituen harmonik dapat diketahui berbagai informasi mengenai tipe pasang surut di wilayah Perairan Cilacap. Salah satu informasi yang dapat diketahui merupakan tipe pasang surut, dengan perhitungan menggunakan persamaan *Formzahl* sebagai berikut :

$$F = \frac{AK1+AO1}{AM2+AS2} = \frac{0,056+0,148}{0,485+0,088} = 0,356 \quad (4.2)$$

Dihasilkan nilai bilangan *Formzahl* (F) sama dengan 0,356, artinya tipe pasang surut pada perairan Cilacap memiliki tipe Campuran Dominan Semidiurnal (*mixed semidiurnal tide*). Dengan demikian dalam satu hari akan terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

Tujuan pengamatan pasang surut laut selain untuk mengetahui fenomena naik turunnya muka air laut dan tipe pasang surut yang terjadi di suatu lokasi pengamatan adalah untuk menentukan referensi vertikal yang digunakan dalam pemetaan topografi maupun batimetri. Selain untuk menentukan tipe pasang surut laut, nilai konstituen harmonik laut dapat digunakan untuk menghitung referensi vertikal yang digunakan untuk acuan survei hidrografi yaitu *Low Water Level* (LWL), *Lowest Low Water Level* (LLWL), *Mean Sea Level* (MSL), *High Water Level* (HWL), dan *Highest High Water Level* (HHWL) dengan formula dan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.8 Referensi Vertikal yang Diturunkan dari Konstituen Harmonik (ICSM PCTMSL 2011)

No.	Referensi Tinggi	Formula	Tinggi (m)
1	MSL	S0	1,860
2	LWL	S0+(M2+S2+K2+K1+O1)	1,082
3	LLWL	S0+(M2+S2+K2+K1+O1+P1)	0,887
4	HWL	S0-(M2+S2+K2+K1+O1)	2,638
5	HHWL	S0-(M2+S2+K2+K1+O1+P1)	2,834

*Open boundaries* pada pemodelan ini dipilih dengan menerapkan muka air pasang surut selama 29 hari. Muka air yang didapatkan untuk *open boundaries* ini diperoleh dari hasil observasi lapangan yang sebelumnya telah memiliki referensi terhadap datum vertikal MSL sama dengan nol melalui proses

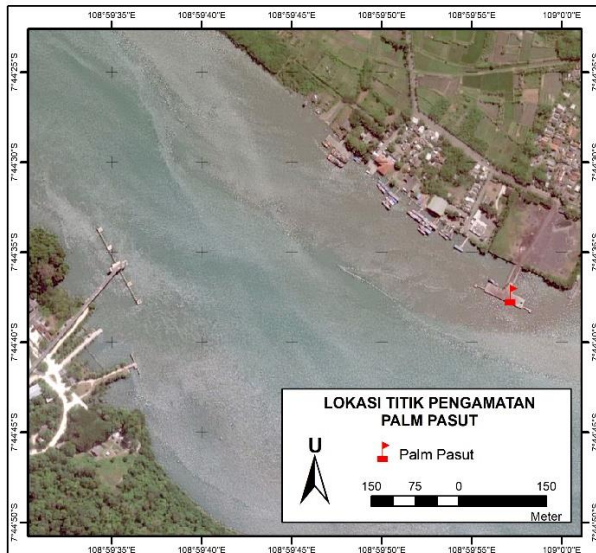
*shifting* datum. Proses ini dapat dilakukan karena pada paragraf sebelumnya telah diketahui besarnya nilai MSL yakni 1,860 meter. Sehingga nantinya akan diperoleh nilai *water level* hasil pengurangan data pasut dengan MSL, dengan nilai pasang surut terendah pada nilai negatif (-) dan pasang surut tertinggi pada nilai positif (+). Berikut adalah nilai *water level* hasil proses *shifting* yang dijelaskan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data Water Level MSL=0 sebagai Input Parameter

<b>Tanggal</b>	<b>Waktu</b>	<b>Bacaan Skala (m)</b>
12/07/17	00:00:00	0,230
12/07/17	01:00:00	-0,050
12/07/17	02:00:00	-0,330
12/07/17	03:00:00	-0,520
12/07/17	04:00:00	-0,520
12/07/17	05:00:00	-0,440
12/07/17	06:00:00	-0,230
12/07/17	07:00:00	0,010
12/07/17	08:00:00	0,520
12/07/17	09:00:00	0,700
12/07/17	10:00:00	0,820
12/07/17	11:00:00	0,780
12/07/17	12:00:00	0,500
12/07/17	13:00:00	0,130
12/07/17	14:00:00	-0,330
12/07/17	15:00:00	-0,580
12/07/17	16:00:00	-0,780
12/07/17	17:00:00	-0,710
12/07/17	18:00:00	-0,650
12/07/17	19:00:00	-0,370
12/07/17	20:00:00	0,020
12/07/17	21:00:00	0,220
12/07/17	22:00:00	0,400
12/07/17	23:00:00	0,420
13/07/17	00:00:00	0,360

Tanggal	Waktu	Bacaan Skala (m)
13/07/17	01:00:00	0,160
...	...	...
09/08/17	23:00:00	0,240

Hasil pasang surut pemodelan kemudian akan divalidasi terhadap data observasi pasang surut yang diperoleh dari lapangan. Validasi hasil model dilakukan dengan uji statistik menggunakan MAE (*Mean Absoluted Error*) dan perhitungan nilai koefisien korelasi antar 2 variabel (data observasi dan model). Lokasi pengambilan data pasang surut model mengikuti lokasi rambu pengamatan pasang surut yang dilakukan di lapangan. Stasiun (palem) pasut berada di selat Cilacap, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah dengan lokasi koordinat  $7^{\circ}44'26,23''$  LS dan  $108^{\circ}59'57,25''$  BT, pada zona 49S. Sedangkan jika ditransformasikan ke model terletak pada grid M 103 dan N 64. Lokasi stasiun (palem) pasut dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Lokasi Stasiun (Palem) Pasut Pengamatan Pasang Surut

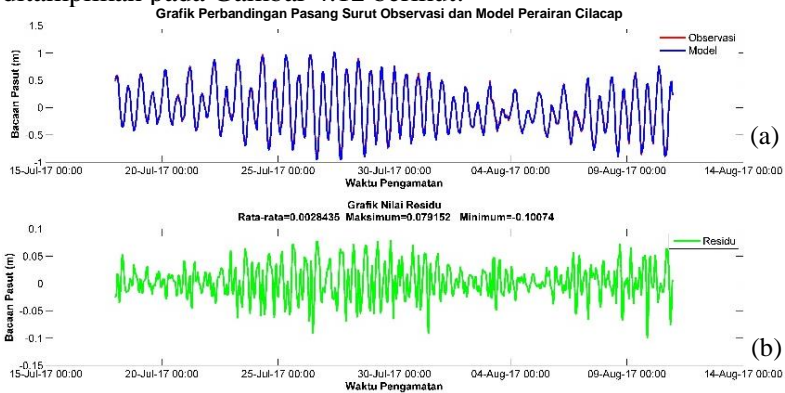


Berikut adalah nilai pasang surut hasil model dari tanggal 17 Juli sampai dengan 9 Agustus dengan interval setiap 1 jam, ditampilkan dalam Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Data Pasang Surut Model Perairan Cilacap Bulan Juli-Agustus 2017

<b>Tanggal</b>	<b>Waktu</b>	<b>Bacaan Skala (m)</b>
17/07/17	00:00:00	0,515
17/07/17	01:00:00	0,581
17/07/17	02:00:00	0,571
17/07/17	03:00:00	0,469
17/07/17	04:00:00	0,205
17/07/17	05:00:00	-0,057
17/07/17	06:00:00	-0,240
17/07/17	07:00:00	-0,363
17/07/17	08:00:00	-0,341
17/07/17	09:00:00	-0,253
17/07/17	10:00:00	-0,062
17/07/17	11:00:00	0,147
17/07/17	12:00:00	0,334
17/07/17	13:00:00	0,404
17/07/17	14:00:00	0,350
17/07/17	15:00:00	0,280
17/07/17	16:00:00	0,025
17/07/17	17:00:00	-0,216
17/07/17	18:00:00	-0,299
17/07/17	19:00:00	-0,425
17/07/17	20:00:00	-0,401
17/07/17	21:00:00	-0,307
17/07/17	22:00:00	-0,111
17/07/17	23:00:00	0,134
18/07/17	00:00:00	0,334
18/07/17	01:00:00	0,527
...	...	...
09/08/17	23:00:00	0,234

Dapat diketahui bahwa bacaan skala pasang surut model selama 24 piantan/hari dengan interval bacaan setiap 1 jam memiliki skala bacaan dari -0,964 meter sampai dengan 1,019 meter. Jika dibandingkan dengan data pasang surut yang digunakan sebagai parameter model, data pasang surut model menunjukkan nilai yang tidak berbeda jauh, yang ditunjukkan oleh besar nilai residu yaitu 0,002 meter. Berikut adalah grafik perbandingan dan besar residu data pasang surut observasi dengan hasil model yang ditampilkan pada Gambar 4.12 berikut:



Gambar 4.12 Grafik (a) Perbandingan dan (b) Residu Pasang Surut Observasi dengan Hasil Model

Dari grafik pasang surut hasil pemodelan, diketahui terjadinya *spring tide* dan *neap tide* selama waktu simulasi model. Pada peristiwa *spring tide* akan terdapat pasang purnama dan surut purnama. Diketahui bahwa pasang purnama terjadi pada tanggal 26 Juli 2017 pukul 10.00 WIB dengan ketinggian muka air mencapai 1,019 meter. Sedangkan surut purnama terjadi pada tanggal 26 Juli 2017 pukul 17.00 WIB dengan nilai pasut sebesar -0,964 meter. Kemudian saat *neap tide*, pasang perbani memiliki nilai sebesar -0,056 meter yang terjadi pada tanggal 5 Agustus 2017 pukul 19.00 WIB, sedangkan surut perbani terjadi pada tanggal 5 Agustus 2017 pukul 01.00 WIB dengan ketinggian muka air sebesar -0,301 meter.

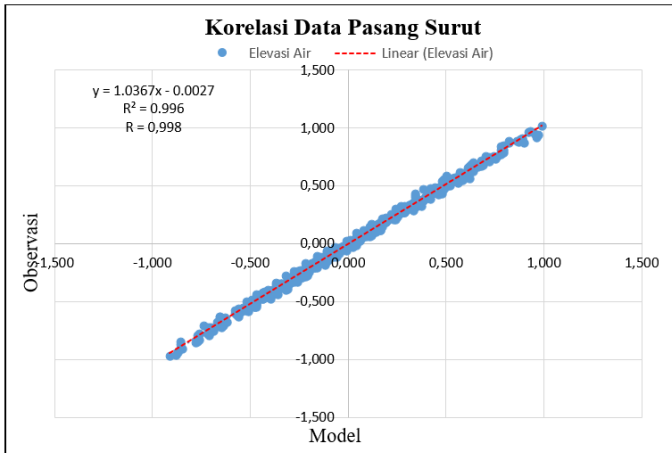
Dari data pasang surut observasi dan pasang surut model, dapat dilakukan validasi terhadap hasil model. Proses ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan data model yang dihasilkan. Validasi pertama dilakukan dengan menghitung nilai *Mean Absolute Error* (MAE). Nilai MAE pada pemodelan ini dinyatakan dengan perhitungan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{MAE} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_{\text{mod},i} - x_{\text{obs},i}| \\ &= 0,024 \text{ meter} \end{aligned} \quad (4.3)$$

Sehingga dalam perhitungan MAE untuk uji validasi model, nilai observasi yang digunakan adalah data pasang surut pengamatan lapangan, sedangkan nilai pasang surut hasil model digunakan sebagai data yang akan divalidasi. Dengan jumlah populasi sebanyak 576 data, maka diperoleh nilai MAE sebesar 0,024 meter. Selain menggunakan uji statistik MAE, dalam penelitian ini digunakan juga perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSe) dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{RMSe} = \sqrt{\frac{0,532}{576}} = 0,030 \text{ m} \quad (4.4)$$

Selain itu, dilakukan perhitungan koefisien korelasi (R) dari kedua data untuk mengukur (kuat, lemah, atau tidak ada) hubungan antar variabel (data observasi dan model). Tren linier dan besar nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), ditampilkan pada Gambar 4.13 berikut:



Gambar 4.13 Korelasi Data Pasang Surut Observasi dengan Hasil Model

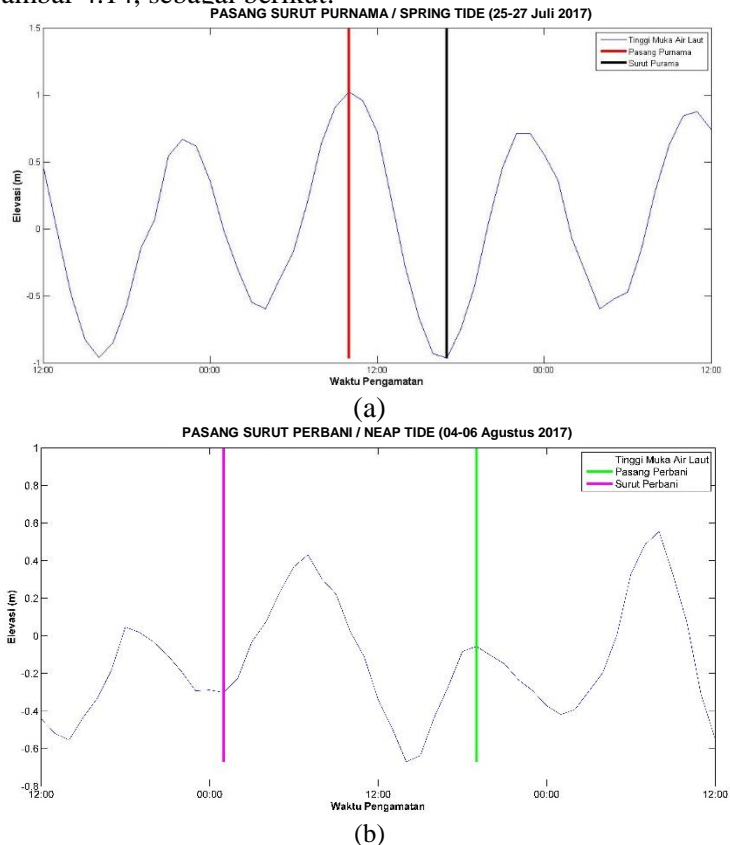
Dari Gambar 4.13 dapat diketahui bahwa besar nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,996 dengan menggunakan formula 4.3. Maka dapat diketahui besarnya koefisien korelasi antar dua variable, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$R = \sqrt{R^2} = \sqrt{0,996} = \pm 0,998 \quad (4.5)$$

Dari perhitungan diatas nilai RMSe dan MAE yang diperoleh relatif kecil atau minimum, dengan klasifikasi tingkat kesalahan tergolong dalam tingkat kesalahan yang kecil. Begitu juga dengan nilai koefisien korelasi yang dihasilkan sebesar 0,998. Sehingga menunjukkan bahwa kedua variabel berkorelasi positif dan memiliki keeratan hubungan sangat tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa algoritma pengolahan data berjalan dengan baik dan benar. Maka model arus dan sedimen yang dihasilkan dapat digunakan untuk proses selanjutnya yakni proses analisis pola arus dan sedimen pada periode *spring* dan *neap*.

#### 4.3.4. Analisis Model Arus

Analisis model arus dibagi kedalam periode *spring tide* (purnama) dan *neap tide* (perbani). Seperti yang telah dijelaskan pada Sub Bab sebelumnya, *spring tide* terjadi pada tanggal 26 Juli 2017 dan *neap tide* terjadi pada tanggal 5 Agustus 2017. Dengan waktu terjadinya pasang surut purama dan perbani seperti pada Gambar 4.14, sebagai berikut:



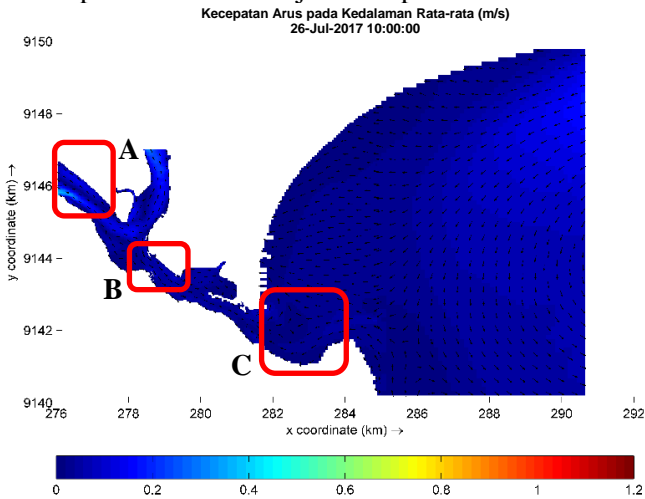
Gambar 4.14 Kondisi (a) Periode Spring dan (b) Periode Neap

Pola arus yang dihasilkan merupakan pola arus yang terdiri dari nilai kecepatan dan arah gerak arus. Besarnya nilai kecepatan

arus ditunjukkan oleh gradasi warna dengan klasifikasi sesuai skala bar. Sedangkan, vektor menunjukkan variasi arah gerak arus. Berikut adalah pola arus pada kedalaman rata-rata di 4 kondisi ketika periode *spring* dan *neap*, yang akan dibahas satu persatu:

a. Kondisi Pasang Purnama (*Spring Tide*)

Kondisi pasang purnama ini terjadi pada tanggal 26 Juli 2017 pukul 10.00 WIB dengan *timestep* pada 1385. Model pola arus pada kondisi ini dijelaskan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Pola Arus Pada Kondisi Pasang Purnama

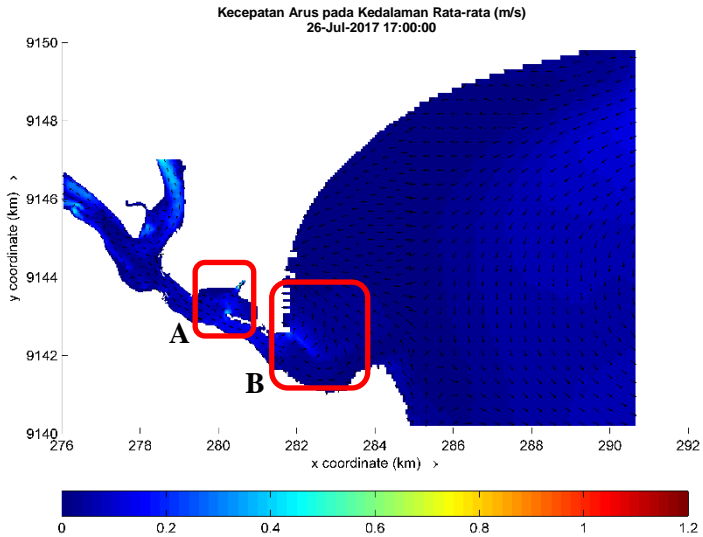
Kecepatan arus pada kondisi pasang purnama ini berkisar antara 0 m/s sampai dengan 0,6 m/s. Dari hasil simulasi didapatkan kecepatan maksimum berada di Selat Cilacap, tepatnya berada di dekat sumber pembangkit arus Selat Cilacap seperti yang ditunjuk oleh area A. Hal tersebut dikarenakan variasi nilai kedalaman yang relatif lebih kecil dibandingkan wilayah selat lainnya. Sedangkan pada area laut variasi nilai kecepatan arus relatif sama yakni berkisar antara 0,1 m/s sampai dengan 0,3 m/s. Pada kondisi pasang purnama ini, besarnya nilai kecepatan arus di wilayah pesisir menunjukkan nilai yang cukup kecil yaitu 0,1 m/s.

Vektor arus yang ditunjukkan perubahan gerak arah arus terbagi kedalam 2 kondisi. Arah vektor yang pertama pada kondisi pasang purnama ini mendekati Teluk Penyu mengarah ke arah Barat. Sedangkan pada area sungai dan selat, arah vektor menuju ke muara yang berujung di Teluk Penyu. Sedangkan, pada kondisi yang kedua, arah vektor arus mengarah ke arah Timur. Namun ada yang menarik ketika melihat pada wilayah muara yang ditunjukkan pada wilayah C, pada wilayah ini terjadi perpecahan arah arus. Hal tersebut dikarenakan pada wilayah ini merupakan pertemuan dua arus dengan sumber pembangkit yang berbeda (pasang surut dari laut dan *river discharge* dari sungai).

Wilayah dermaga pada lokasi B juga mengalami perpecahan arah arus. Bentuk dermaga tipe Jetty menyebabkan adanya pergerakan arus pada wilayah selat terhalang oleh dermaga. Sehingga arah arus yang seharusnya dominan mengarah ke Timur, pada kondisi ini menyebabkan terdapat beberapa titik yang arah vektornya kembali ke arah Barat. Besar kecepatan arus pada lokasi ini berada diantara 0,1 m/s sampai dengan 0,3 m/s.

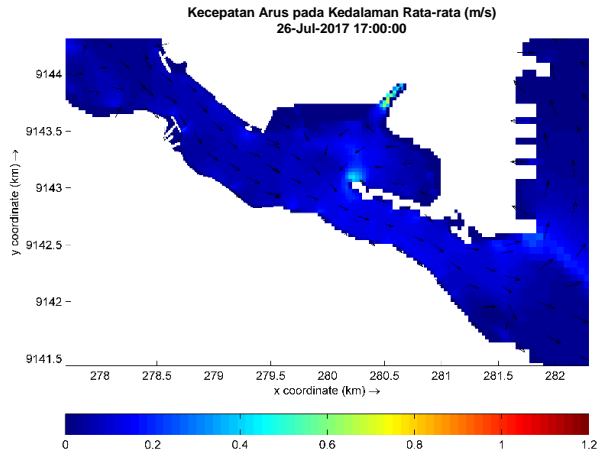
b. Kondisi Surut Purnama (*Spring Tide*)

Kondisi surut purnama ini terjadi pada tanggal 26 Juli 2017 pukul 17.00 WIB, yakni pada *timestep* ke 1413. Model pola arus pada kondisi ini dijelaskan pada Gambar 4.16.

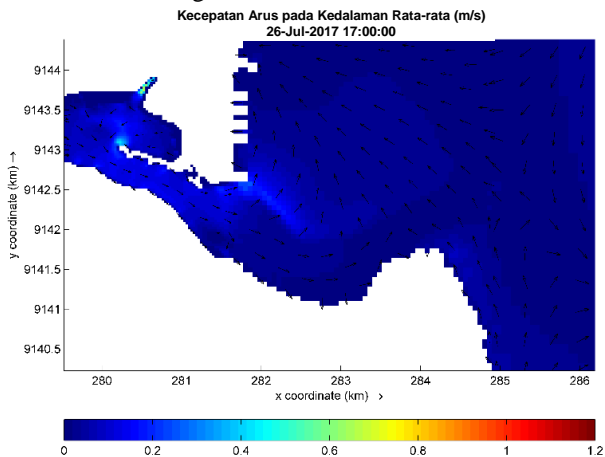


Kecepatan arus pada kondisi surut purnama mengalami peningkatan, dengan kecepatan arus berkisar antara 0 m/s sampai dengan 0,8 m/s. Arus terbesar terdapat pada wilayah yang ditunjuk oleh lokasi A, yaitu arus yang berasal dari sumber pembangkit debit sungai Yasa (Gambar 4.17) Kecepatan arus pada lokasi ini berkisar antara 0,1 m/s sampai dengan 0,8 m/s. Hal ini terjadi karena aliran arus yang keluar dari sungai secara leluasa bergerak ke arah selat, dan tidak terdapat arus yang bergerak memasuki wilayah sungai.





Gambar 4.17 Potongan Pola Arus Surut Purnama Lokasi A



Gambar 4.18 Potongan Pola Arus Surut Purnama Lokasi B

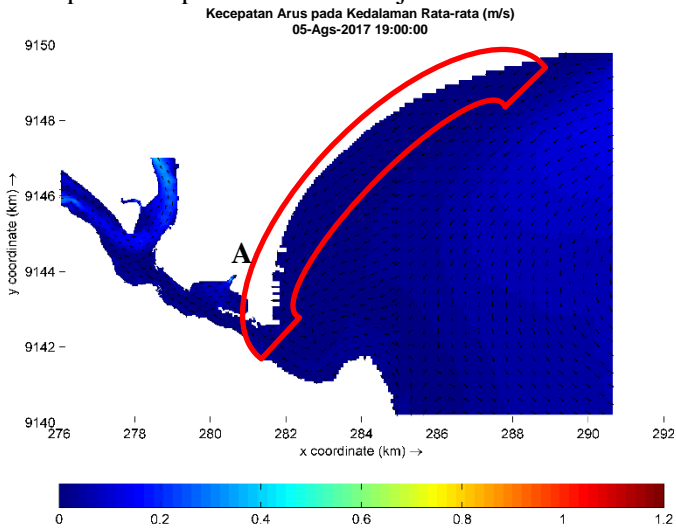
Sedangkan dengan melihat vektor yang mewakili arah pergerakan arus, diketahui pada kondisi ini, arah arus terlihat menjauhi Teluk Penyau. Sedangkan arah arus pada Selat Cilacap tetap mengarah ke muara atau ke arah Barat seperti pada kondisi pasang purnama. Namun yang membedakan kondisi surut purnama dengan pasang purnama pada lokasi

yang sama, terjadi peningkatan kecepatan arus. Besarnya kecepatan arus berkisar antara 0,1 m/s sampai dengan 0,5 m/s.

Terdapat peristiwa yang menarik pada lokasi B (Gambar 4.18), dimana arah vektor arus berbelok ke arah Utara menuju ke dermaga yang berada di sepanjang pantai Teluk Penyu. Diketahui bahwa kondisi morfologi daratan Pulau Nusakambangan yang menjorok ke Utara, menutup sebagian mulut muara. Menyebabkan adanya peristiwa berbeloknya arah pergerakan arus pada kondisi surut purnama ini.

c. Kondisi Pasang Perbani (*Neap Tide*)

Hal yang cukup berbeda terjadi pada kondisi periode *neap* adalah nilai kecepatan yang lebih besar dibandingkan kondisi periode *spring*. Pada tanggal 5 Agustus 2017 pukul 19.00 WIB tepatnya pada *timestep* ke 2381, terjadi pasang perbani. Model pola arus pada kondisi ini dijelaskan Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Pola Arus Pada Kondisi Surut Perbani

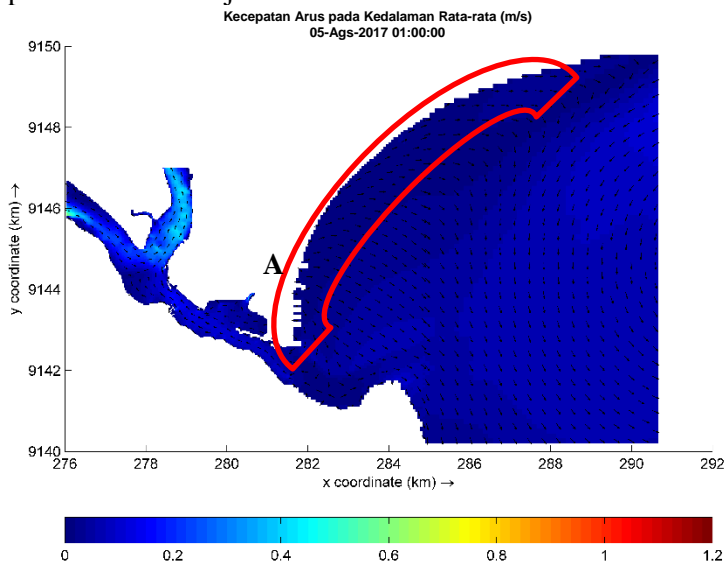
Besar kecepatan pada kondisi pasang perbani ini mengalami kenaikan besar arus cukup besar. Besar kecepatan maksimum

pada kondisi ini mencapai 0,5 m/s. Dengan kecepatan arus yang bervariasi menyebar diseluruh wilayah model.

Pada wilayah pesisir Teluk Penyu nilai kecepatan arus yang terjadi cukup bervariasi. Sama halnya pada saat pasang purnama, dimana wilayah pesisir dominan memiliki nilai kecepatan yang berbeda-beda. Pada kondisi ini, juga terjadi *longshore current* (seperti pada lokasi A). Namun arah arus yang terbentuk sejajar garis pantai ke arah Selatan. Sedangkan, secara keseluruhan saat kondisi ini arus bergerak menuju Teluk Penyu dan masuk kearah Selat Cilacap.

d. Kondisi Surut Perbani (*Neap Tide*)

Pada tanggal 5 Agustus 2017 pukul 01.00 WIB tepatnya pada *timestep* ke 2309, terjadi kondisi surut perbani. Pola arus pada kondisi ini dijelaskan Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Pola Arus Pada Kondisi Pasang Perbani

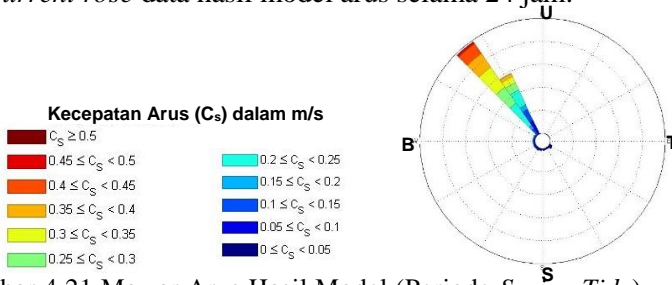
Kecepatan tertinggi pada kondisi surut perbani sebesar 0,6 m/s. Namun, sebaran distribusi kecepatan arus pada kondisi ini lebih bervariasi dan berpola mengikuti kondisi kedalaman, dibandingkan kondisi pasang purnama. Hal ini terlihat pada

Gambar 4.20, bahwa variasi warna yang mewakili perbedaan kecepatan arus terlihat hampir di seluruh daerah pemodelan.

Jika diperhatikan, pola gerak arus yang terbentuk pada lokasi A. Diketahui pada lokasi ini terjadi peristiwa *longshore current* atau arus yang sejajar pantai, bergerak menyusuri pantai disepanjang Teluk Penyus. Pada kondisi ini, arus bergerak sejajar pantai dengan arah pergerakan ke arah Utara. *Longshore current* pada perairan Cilacap terjadi karena adanya fenomena *wave break* yang akan membentuk arus baru dengan besar sudut tertentu sejajar dengan pantai.

Secara keseluruhan pola arus yang terbentuk dari simulasi empat kondisi, dapat diketahui bahwa variasi kecepatan arus menyebar di seluruh perairan pemodelan. Dengan variasi kecepatan dan arah arus yang terbentuk cukup bervariasi (0-0,8 m/s). Wilayah pesisir menunjukkan nilai kecepatan minimum dan kecepatan maksimum berada di lokasi sumber pembangkit arus.

Berikut adalah data kecepatan dan arah pada periode *spring tide*. Untuk mempermudah pemahaman terhadap data hasil model arus selama 24 jam dalam interval setiap 15 menit, pada penelitian ini dibuat mawar arus (*current rose*). Mawar arus ini digunakan untuk mengetahui kecepatan dan arah dari arus hasil model ketika pada periode *spring tide* di Perairan Cilacap. Pada Gambar 4.21 adalah *current rose* data hasil model arus selama 24 jam:

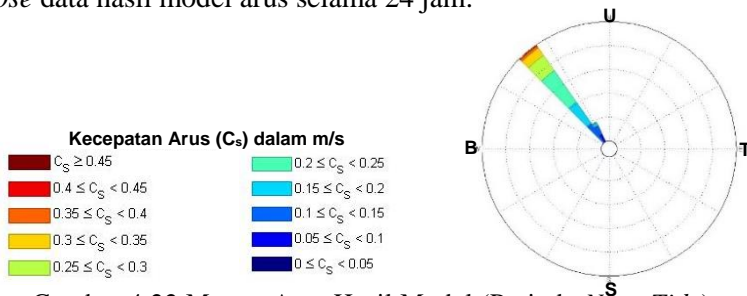


Gambar 4.21 Mawar Arus Hasil Model (Periode *Spring Tide*)

Pada periode *spring tide* kecepatan arus berkisar antara 0 sampai dengan lebih dari 5 m/s yang diklasifikasikan kedalam gradasi warna setiap 0,05 m/s seperti pada Gambar 4.21. Dengan

variasi arah arus mulai dari Tenggara hingga Barat Laut. Pada kondisi periode ini, arus terbesar dominan bergerak ke arah Barat. Hal ini dikarenakan pada periode *spring tide* terjadi peristiwa pasang surut tertinggi, sehingga arus tertinggi bergerak menjauhi lautan dan melawan arah arus yang berasal dari selat dan sungai-sungai di Perairan Cilacap pada bagian Barat dan Utara.

Sama halnya dengan data kecepatan dan arah arus pada periode *spring tide* begitu juga pada periode *neap tide*. Untuk mempermudah pemahaman terhadap data hasil model arus selama 24 jam dalam interval setiap 15 menit, maka dibuat mawar arus (*current rose*). Mawar arus ini digunakan untuk mengetahui kecepatan dan arah dari arus hasil model ketika pada periode *neap tide* di Perairan Cilacap. Berikut pada Gambar 4.22 adalah *current rose* data hasil model arus selama 24 jam:

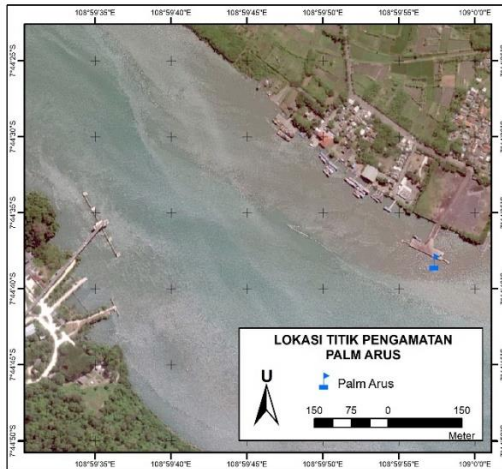


Gambar 4.22 Mawar Arus Hasil Model (Periode *Neap Tide*)

Terlihat pada Gambar 4.22 bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada periode *neap tide* dibandingkan dengan periode *spring tide*. Pada periode *neap tide* arah gerak arus tidak bervariasi melainkan hanya bergerak ke arah Barat Laut. Selain itu, kecepatan arus yang terjadi juga tidak terlalu besar yakni hanya berada dibawah 0,45 m/s. Kondisi arus seperti ini terjadi karena pada periode *neap tide* peristiwa pasang surut yang terjadi merupakan pasang surut terendah. Dan sumber pembangkit arus terbesar hanya bersumber dari sungai.

Dalam penelitian ini dilakukan juga proses validasi terhadap kecepatan arus yang dihasilkan dari simulasi model. Lokasi

pengambilan data kecepatan hasil model mengikuti lokasi titik data observasi lapangan yang berada pada koordinat  $7^{\circ}44'38,22''$  LS dan  $108^{\circ}59'57,37''$  BT seperti pada Gambar 4.23. Sedangkan, jika ditransformasikan ke dalam model terletak pada M 103 dan N 61.



Gambar 4.23 Lokasi Pengamatan Arus

Proses validasi dilakukan dengan menggunakan perhitungan statistik *Mean Absolute Error* (MAE). Sama halnya dengan validasi yang dilakukan pada data pasang surut model, proses ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan data kecepatan arus yang dihasilkan oleh simulasi model. Sehingga akan diketahui nilai akurasi kecepatan arus model dalam nilai kuantitatif. Berikut adalah perhitungan nilai MAE dari data kecepatan arus:

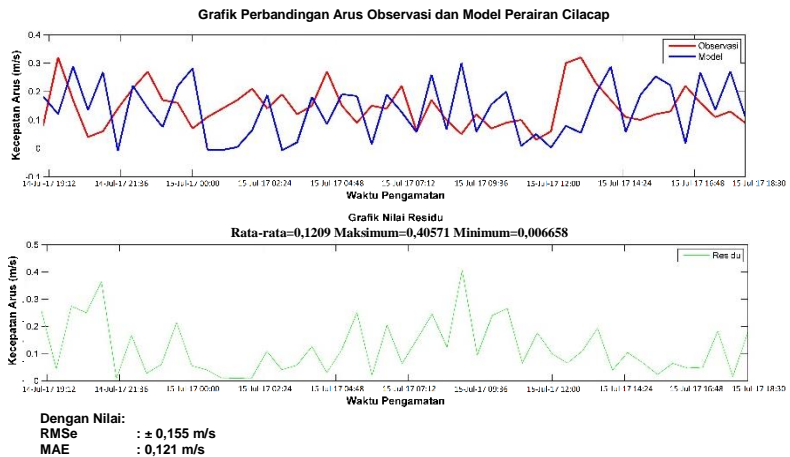
$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |x_{mod,i} - x_{obs,i}| \times 100 \quad (4.6)$$

$$= 0,121 \text{ m/s}$$

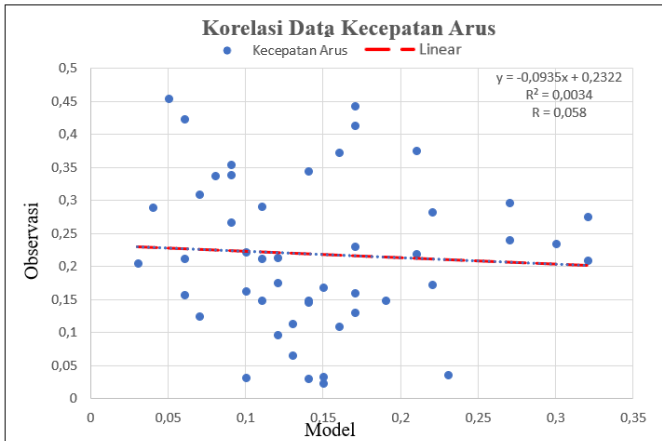
Dan berikut hasil perhitungan RMSe dengan formula sebagai berikut:

$$\text{RMSe} = \sqrt{\frac{1,166}{48}} = \pm 0,155 \text{ m/s} \quad (4.7)$$

Data yang digunakan dalam proses validasi mengikuti data observasi lapangan yang dilakukan pada tanggal 14 Juli 2017 pukul 19.00 WIB sampai dengan 15 Juli 2017 pukul 18.30, interval pengamatan 30 menit. Dengan jumlah data sebanyak 48 data kecepatan arus. Dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai MAE dan RMSe sebesar 0,121 m/s dan 0,155 m/s dengan grafik perbandingan nilai kecepatan arus observasi dengan model beserta nilai residunya terlihat pada Gambar 4.24, sebagai berikut:



Gambar 4.24 Perbandingan dan Residu Kec. Arus Observasi dan Model



Gambar 4.25 Korelasi Data Kec. Arus Observasi dan Hasil Model

Namun ketika dilakukan perhitungan uji statistik menggunakan perhitungan koefisien korelasi (Gambar 4.25), didapatkan nilai koefisien korelasi memiliki nilai yang sangat kecil yaitu 0,058. Dengan kata lain kedua variabel (data observasi dan model) tidak saling memiliki hubungan. Hal ini dimungkinkan karena dalam *input* parameter arus hanya digunakan data pasang surut dan debit sungai serta parameter barotropic. Sedangkan jika memperhatikan kondisi lapangan, banyak faktor yang menyebabkan gerak arus. Di kondisi lapangan gerak arus juga dipengaruhi oleh adanya gelombang, angin, serta parameter baroklinik seperti temperature, salinitas, dan parameter baroklinik lainnya. Hal inilah yang dimungkinkan dapat menyebabkan hasil koefisien korelasi tergolong kedalam tidak saling memiliki hubungan keratan antar variabel.

#### 4.4. Pemodelan Pola Sebaran Sedimen

Selain parameter yang diterangkan pada sub bab sebelumnya, parameter lain yang digunakan dalam input model adalah jenis fraksi sedimen dan berbagai parameter sedimen yang mempengaruhi proses gerak sedimen. Berdasarkan data lapangan



dapat diketahui bahwa area pemodelan memiliki fraksi atau jenis sedimen kasar berupa pasir yang tergolong kedalam sedimen yang bersifat non-kohefif. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil uji laboratorium yang dilakukan terhadap sampel sedimen lapangan.

#### 4.4.1. Hasil Uji Sampel Sedimen

Sampel sedimen yang telah melalui proses uji laboratorium akan menghasilkan sebuah laporan hasil uji seperti Lampiran 7. Dalam hasil laporan dapat diketahui berbagai informasi yang akan dibutuhkan untuk *input* parameter pemodelan, salah satunya adalah besar nilai  $D_{50}$ . Melalui grafik hasil uji laboratorium dapat diketahui besar diameter butir sedimen pada prosentase lolos 50% ( $D_{50}$ ) dalam satuan milimeter.

Berikut adalah nilai diameter butir sedimen pada prosentase lolos 50% ( $D_{50}$ ) dan rangkuman hasil uji laboratorium untuk masing-masing sampel sedimen, seperti pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Hasil Uji Laboratorium Sampel Sedimen

No.	Sampel	% Soil Type Sand	Keterangan	Grain Size (mm)
				D50
1	A	78,82	Pasir berlanau, warna abu-abu	0,249
2	B	63,60	Pasir berkerang, warna abu-abu	0,325
3	C	65,77	Pasir berlanau, warna abu-abu	0,129
4	D	90,33	Pasir berkerang, warna abu-abu	0,300
5	E	60,47	Pasir berlempung, warna coklat	0,800

#### 4.4.2. Parameter Pemodelan Sedimen

Fraksi sedimen yang digunakan juga didasarkan dari pengukuran lapangan, dalam hal ini asumsi fraksi pada semua sampel sedimen memiliki *specific density* sebesar  $2650 \text{ kg/m}^3$  dan nilai *dry density* sebesar  $1600 \text{ kg/m}^3$ . Dengan mengasumsikan kondisi awal ketebalan sedimen dasar sebesar 0,5 meter, sesuai

dengan *default* program. Tabel 4.12 memperlihatkan parameter lain yang digunakan dalam pemodelan sedimen dalam penelitian ini.

Tabel 4.12 Parameter Pemodelan Sedimen

Deskripsi	Nilai
<i>Initial concentration sediments</i>	0 kg/m <sup>3</sup>
<i>Sediment</i>	5 sampel sedimen pasir
<i>Reference density for hindered settling</i>	1600 kg/m <sup>3</sup>
<i>Specific density</i>	2650 kg/m <sup>3</sup>

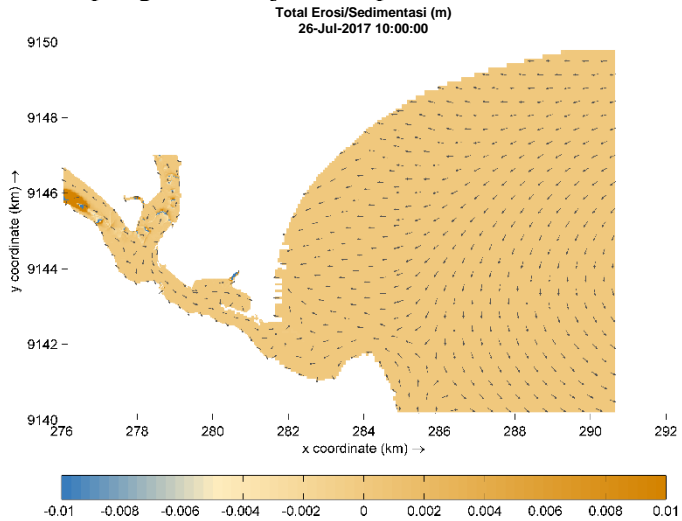
#### 4.4.3. Analisis Pola Sebaran Sedimen

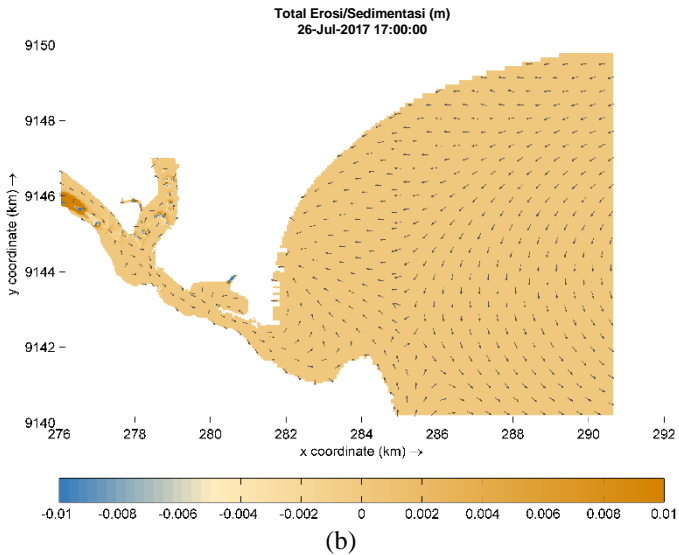
Analisis pola sebaran sedimen pada penelitian ini terfokus pada dua periode yakni *spring tide* (purnama) dan *neap tide* (perbani). Dengan kondisi *spring tide* terjadi pada tanggal 26 Juli 2017 dan *neap tide* terjadi pada tanggal 5 Agustus 2017. Dalam penelitian ini, pola sebaran sedimen akan diwakili dengan kondisi total erosi/sedimentasi di Perairan Cilacap. Hal ini dikarenakan dari nilai total erosi/sedimentasi dapat diketahui pola sebaran sedimen berdasarkan lokasi terjadinya erosi/sedimentasi sedimen yang bergerak akibat pola arus yang terjadi di wilayah tersebut.

Berdasarkan pola arus yang telah diketahui dan dibahas pada subbab sebelumnya, dimana kondisi arus tersebut sangat mempengaruhi pola sebaran sedimen yang akan terjadi. Sehingga dapat diketahui lokasi-lokasi terjadinya erosi/sedimentasi. Besar nilai total erosi/sedimentasi akan ditampilkan kedalam gambar yang akan memberikan informasi besar ketebalan erosi/sedimentasi yang disajikan kedalam gradasi warna. Dengan gradasi warna dari biru tua hingga ke coklat tua. Besar nilai negative (-) dan positif (+) secara berurutan memiliki arti terjadinya erosi dan sedimentasi. Sedangkan arah persebaran sedimen ditunjukkan oleh arah vektor. Berikut adalah gambaran pola sebaran sedimen pada periode *spring* dan *neap*, yang akan dibahas satu persatu sebagai berikut:

a. Kondisi Purnama (*Spring Tide*)

Kondisi pada periode spring tide terbagi atas kondisi pasang purnama yang terjadi pada tanggal 26 Juli 2017 pukul 10.00 WIB dengan *timestep* pada 1385 dan kondisi surut purnama yang terjadi pada pukul 17.00 WIB, yakni pada *timestep* ke 1413. Pola sebaran sedimen pada kedua kondisi periode spring tide ini dijelaskan pada Gambar 4.26.





Gambar 4.26 Total Erosi/Sedimentasi Periode *Spring Tide* pada Kondisi (a) Pasang Purnama (b) Surut Purnama

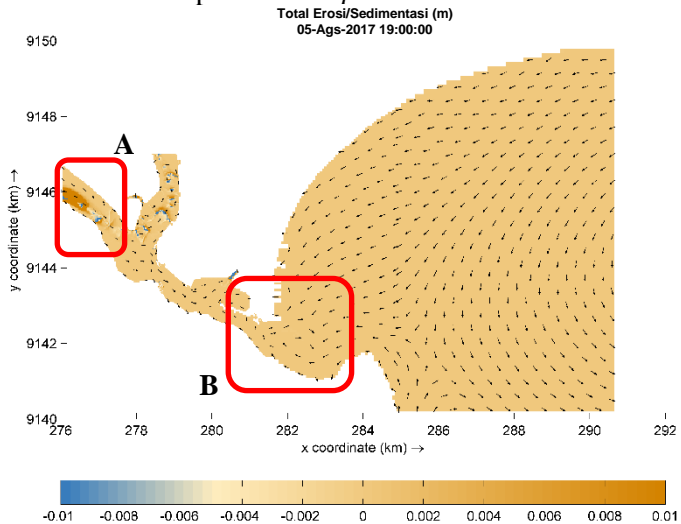
Dapat dilihat pada kedua Gambar 4.26 diatas, bahwa pada kedua kondisi tidak terjadi perbedaan total erosi/sedimentasi yang signifikan. Dari kondisi total erosi/sedimentasi diatas, dapat diketahui bahwa pola sebaran sedimen dominan terjadi diarea sungai dan Selat Cilacap. Dengan besar nilai erosi yang terjadi di daerah tersebut memiliki ketebalan sedimen antara 0,004 sampai dengan lebih dari 0,01 meter. Erosi terbesar dan terluas terjadi di Sungai Yasa yang ditandai dengan warna biru pekat yang menyebar hampir disemua mulut sungai. Sedangkan, ketebalan sedimen yang mengalami sedimentasi sebesar 0,002 sampai dengan lebih dari 0,01 meter. Dengan erosi terbesar dan terluas terjadi di Selat Cilacap di bagian Barat, ditandai dengan terlihatnya pada area tersebut memiliki warna coklat tua yang mendominasi.

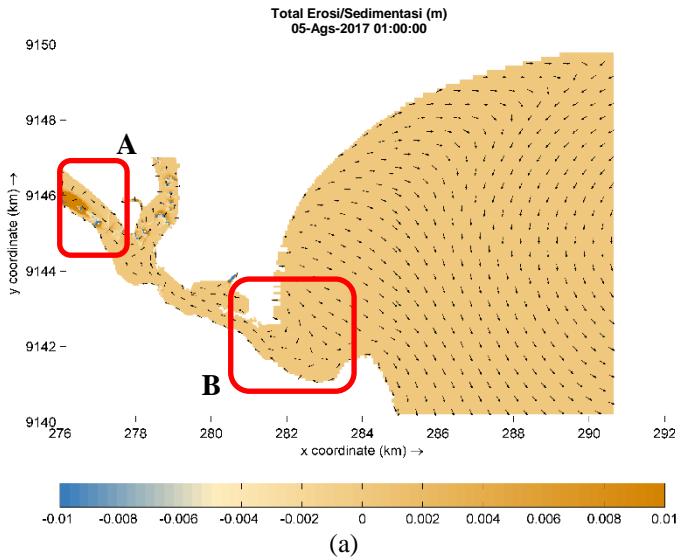
Dengan memperhatikan vektor arah yang dibentuk pada Gambar 4.26 dapat diketahui bahwa arah pergerakan sedimen

pada kedua kondisi berbeda. Pada kondisi pasang purnama, pergerakan sedimen ditiap-tiap mulut sungai, memiliki arah menuju ke sungai. Sedangkan pada kondisi surut purnama, arah arus yang berasal dari sungai bergerak keluar dari mulut sungai. Terjadinya pasang tertinggi saat pasang purnama dan surut terendah saat surut purnama, menjadi faktor utama penyebab terbentuknya pola arah pergerakan sedimen seperti tersebut.

b. Kondisi Perbani (*Neap Tide*)

Hal yang cukup berbeda terjadi pada kondisi periode *neap* adalah nilai total erosi/sedimentasi lebih besar dan meluas dibandingkan kondisi periode *spring*. Berikut pada Gambar 4.27 akan ditampilkan kondisi pola sebaran sedimen pada kondisi *neap tide* yang terjadi pada tanggal 5 Agustus 2017. Pada pukul 01.00 WIB tepatnya pada *timestep* ke 2309 terjadi kondisi pasang perbani, sedangkan surut perbani terjadi pada pukul 19.00 WIB pada *timestep* ke 2381.





Gambar 4.27 Total Erosi/Sedimentasi Periode *Neap Tide* pada Kondisi (a) Pasang Perbani (b) Surut Perbani

Seperti halnya pada periode *spring tide* yang memiliki besar nilai dan luas area erosi/sedimentasi yang tidak berbeda pada kedua kondisi (pasang dan surut), hal ini juga terjadi pada periode *neap tide*. Pada periode ini, peristiwa erosi di sekitar area sungai dan Selat Cilacap memiliki besar nilai dan luas erosi/sedimentasi lebih besar dibanding pada periode *spring tide*. Terlihat bahwa di area tersebut gradasi warna biru tua hingga ke warna putih lebih semakin meluas.

Nilai erosi yang terjadi di daerah tersebut memiliki ketebalan sedimen antara 0,005 sampai dengan lebih dari 0,01 meter. Sedangkan, ketebalan sedimen yang mengalami sedimentasi sebesar 0,002 sampai dengan lebih dari 0,01 meter. Area sedimentasi pada periode ini mengalami perluasan yang terjadi pada Selat Cilacap pada bagian Barat yang ditunjukkan oleh lokasi A. Jika ditinjau dari arah gerak sedimen yang dihasilkan, hal tersebut bisa terjadi dikarenakan

pada lokasi tersebut arah pergerakan sedimen mengarah ke daratan Pulau Nusakambangan. Sehingga sedimen tidak dapat bergerak dan terjadi pengendapan sedimen (sedimentasi).

Pergerakan sedimen ditiap-tiap mulut sungai pada kondisi pasang dan surut perbani ini, memiliki arah menuju ke sungai. Terjadinya pasang tertinggi saat pasang purnama dan surut terendah saat surut purnama, menjadi faktor utama penyebab terbentuknya pola arah pergerakan sedimen seperti tersebut, dan kondisi kecepatan debit sungai yang tidak terlalu besar dibandingkan kecepatan arus dari sumber pembangkit pasut.

Arah gerak butir sedimen yang sangat rapi dan halus menjadikan salah satu pembeda pada periode *neap tide* dibandingkan saat periode *spring tide* cenderung tidak beraturan.

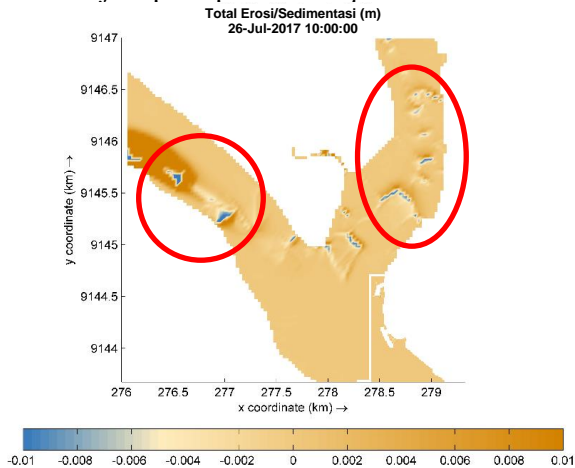
Meninjau secara keseluruhan area model pada kedua periode, kondisi erosi/sedimentasi banyak terjadi diwilayah muara sungai dan Selat Cilacap dan dermaga. Nilai negatif menunjukkan bahwa pada area tersebut terjadi erosi sedimen, sedangkan peristiwa sedimentasi ditunjukkan dengan nilai positif. Dengan ketebalan sedimen erosi/sedimentasi antara 0,002 sampai dengan 0,01 meter. Hal ini terjadi dikarenakan besarnya arus yang berasal dari debit sungai cukup tinggi, sehingga arus yang terbentuk dapat menggerakkan sedimen di wilayah tersebut. Begitu juga yang terjadi pada wilayah Selat Cilacap, sumber pembangkit arus pada wilayah ini sebenarnya sama dengan sumber pembangkit arus di bagian laut yaitu pasang surut. Namun luas penampang pada wilayah ini relative lebih sempit dan memiliki kedalaman yang dangkal dibandingkan dengan area laut. Sehingga sesuai dengan Persamaan Kontinuitas, dimana semakin kecil luas bidang tekan/penampang maka akan semakin besar tekanan yang dihasilkan. Oleh karena itu gaya tekan yang besar akan menghasilkan arus yang besar. Dengan kata lain jika arus yang terjadi cukup besar, maka arus dapat menggerakkan butir-butir sedimen yang terdapat di area tersebut.

Selain itu jika diperhatikan dari periode *spring* ke periode *neap*, terlihat bahwa area erosi/sedimentasi mengalami perbedaan

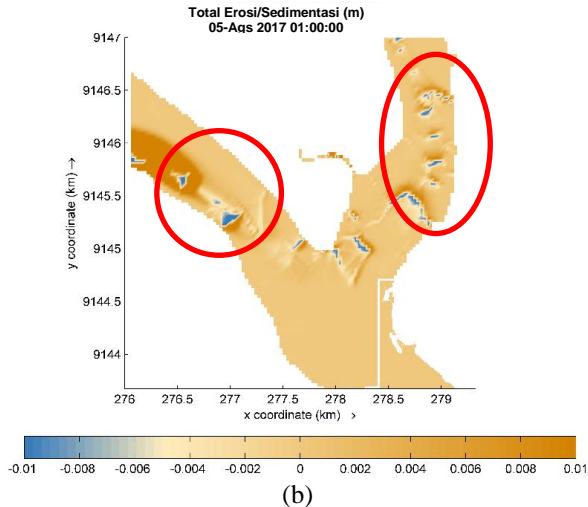
luas area dan besar nilai erosi/sedimentasi, sebagai contoh terlihat pada Gambar 4.28 dengan lingkaran berwarna merah. Dari peristiwa ini dapat disimpulkan bahwa setiap perubahan timestep selama waktu simulasi, terjadi pergerakan material sedimen yang terangkut akibat adanya kecepatan arus yang mempengaruhinya. Dengan kondisi pola persebaran sedimen seperti yang telah dijelaskan pada poin diatas.

Jenis sedimen pasir yang dominan pada Perairan Cilacap menjadi salah satu faktor kecilnya nilai total erosi/sedimentasi yang terjadi. Salah satu yang menjadi penyebab kecilnya nilai total erosi/sedimentasi adalah fraksi sedimen pada nilai  $D_{50}$ . Dan tak hanya itu saja, berdasarkan diagram Hjulstrom diketahui bahwa sedimen pasir memerlukan kecepatan arus (*velocity*) yang cukup besar untuk dapat menggerakkannya.

Sedangkan pola gerak sedimen yang dihasilkan pada periode *spring* memiliki pola gerak sedimen yang cenderung tidak beraturan. Hal berikut dikarenakan besar kecepatan arus yang menjadi sumber penggerak sedimen yang berasal dari sungai dan pasang surut memiliki nilai kecepatan yang relatif sama. Dan hal tersebut tidak terjadi pada periode *neap tide*.





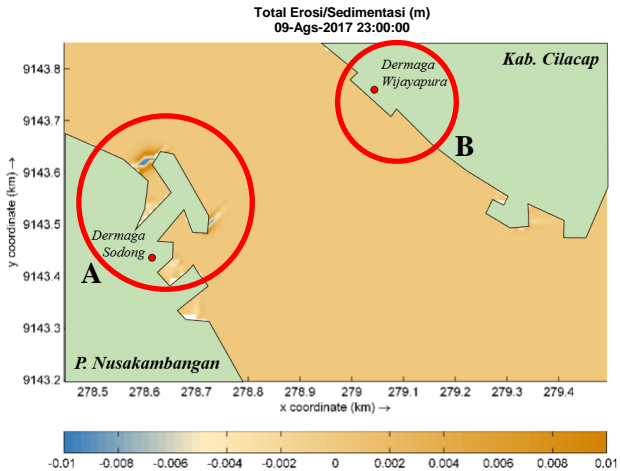


Gambar 4.28 Lokasi Perbedaan Total Erosi/Sedimentasi pada Periode (a) *Spring Tide* (b) *Neap Tide*

#### 4.5. Analisa Dampak Sedimentasi Terhadap Dermaga

Berdasarkan hasil simulasi yang dihasilkan, diketahui bahwa adanya pola sebaran sedimen memberikan juga memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap lokasi dermaga. Salah satu dampaknya adalah mempengaruhi perubahan kedalaman suatu perairan. Perubahan kedalaman ini diakibatkan adanya perpindahan material sedimen dari satu tempat ke tempat lain di dasar perairan yang disebut sebagai mekanisme sedimentasi. Area dengan penumpukan material sedimen (sedimentasi) akan mengalami pendangkalan, sedangkan area yang ditinggalkan oleh material sedimen akan bertambah dalam disebut sebagai erosi.

Dalam penelitian ini akan dibahas analisis dampak yang disebabkan karena adanya pola sebaran sedimen di sekitar Dermaga Wijayapura dan Sodong. Berdasarkan hasil simulasi pada kedua wilayah dermaga tersebut dihasilkan kondisi pergerakan material dasar perairan. Hal ini dapat dilihat pada kondisi total erosi/sedimentasi seperti pada Gambar 4.29 yang memberikan informasi pergerakan material sedimen di wilayah tersebut.

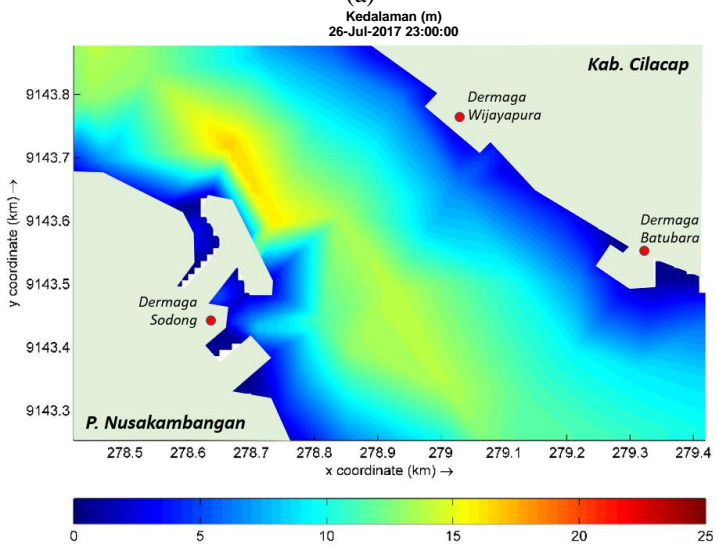
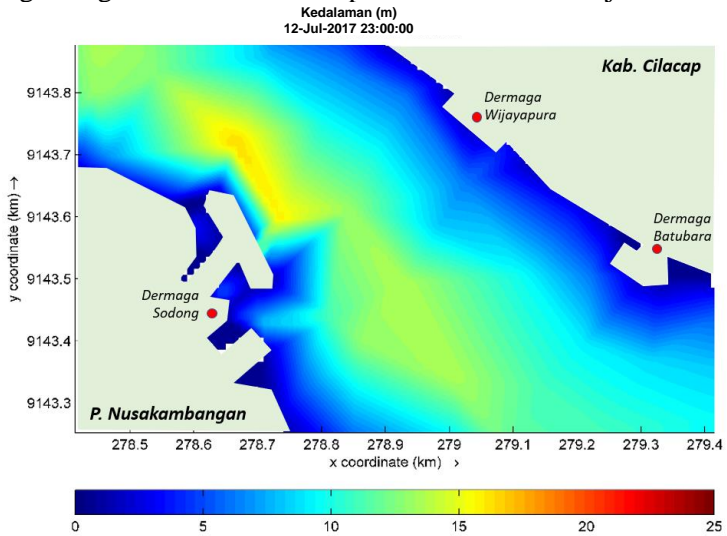


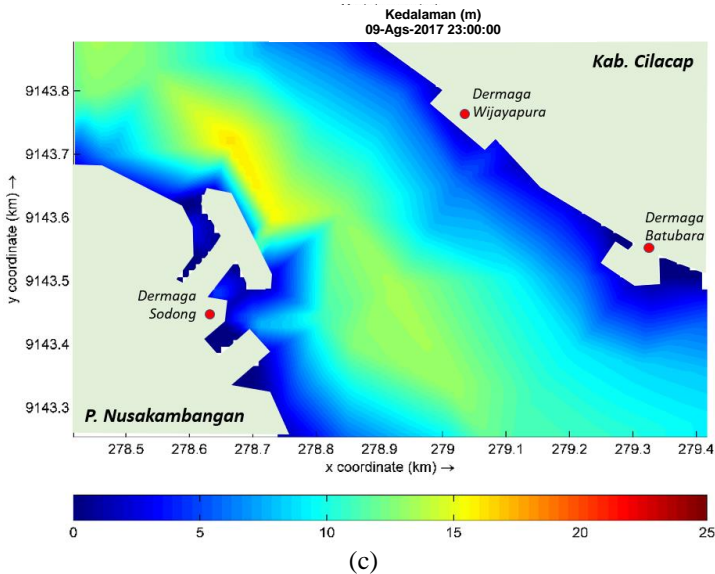
Gambar 4.29 Total Erosi/Sedimentasi Disekitar Dermaga

Dari Gambar 4.29 terlihat bahwa peristiwa erosi/sedimentasi di wilayah fokus penelitian. Lokasi A yang merupakan lokasi dermaga Sodong di Pulau Nusakambangan, menunjukkan bahwa terjadi aktivitas erosi/sedimentasi. Dengan gradasi warna biru merupakan wilayah yang ditinggalkan oleh material sedimen atau disebut sebagai peristiwa erosi. Sedangkan Area dengan penumpukan material sedimen (sedimentasi) ditandai dengan adanya gradasi berwarna coklat tua. Tipe dermaga *Jetty* yang dimiliki oleh Pelabuhan Sodong dengan bentuk dermaga menjorok ke perairan, menjadi salah satu penyebab adanya erosi/sedimentasi. Hal tersebut dikarenakan arus yang membawa material sedimen dari selat dan sungai Donan terhalang oleh dermaga Sodong.

Selanjutnya, pada lokasi B yang menunjukkan lokasi dermaga Wijayapura, dimana pada wilayah ini tidak terjadi erosi/sedimentasi. Atau dengan kata lain terjadi erosi/sedimentasi namun dengan nilai erosi/sedimentasi mendekati nol (sangat kecil). Hal ini dikarenakan bentuk dermaga pada Pelabuhan Wijayapura merupakan tipe *wharf*. *Wharf* merupakan dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. Sehingga

arus yang berasal selat dan sungai Donan bergerak tanpa ada penghalang diarea tersebut dan partikel sedimen melaju bebas.

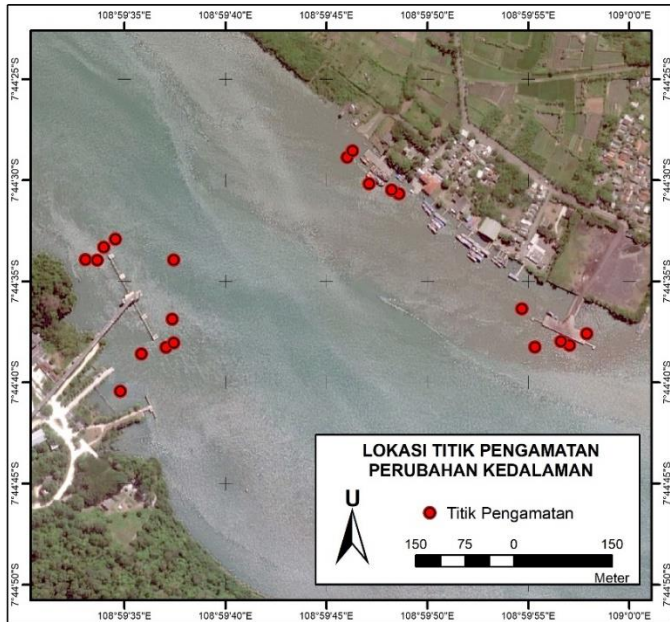




Gambar 4.30 Perubahan Kedalaman Area Dermaga Pada Waktu Pengamatan (a) Awal (b) Tengah (c) Akhir Simulasi

Monitoring perubahan kedalaman terfokus pada wilayah dermaga dalam penelitian ini, yang ditunjuk oleh Gambar 4.30. Dari ketiga gambar tersebut memiliki perbedaan pada waktu pengamatan yang dilakukan secara temporal. Pada Gambar 4.30a, b dan c berurutan menunjukkan kedalaman pada kondisi awal simulasi, setengah waktu simulasi, dan akhir simulasi pemodelan.

Untuk mempermudah mengetahui nilai perubahan kedalaman yang terjadi, dilakukan pengambilan sampel pengamatan secara random yang lokasinya berdekatan dengan dermaga Wijayapura dan Sodong, yang tersebar seperti pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Lokasi Titik Random Pengamatan Perubahan Kedalaman

Perubahan kedalaman pada titik-titik pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut:

Tabel 4.13 Perubahan Kedalaman Area Dermaga

Dermaga	Nama Titik	Perubahan Kedalaman (mm)		
		Awal	Tengah	Akhir
Sodong	A	0,001	0,002	0,003
	B	-0,149	-1,100	-2,316
	C	0,211	0,295	0,698
	D	-4,781	-11,480	-12,879
	E	-1,346	-1,366	-1,727
	F	0,001	0,002	0,003
	G	3,217	5,010	10,656

Dermaga	Nama Titik	Perubahan Kedalaman (mm)		
		Awal	Tengah	Akhir
Wijayapura	H	5,446	29,414	128,120
	I	1,926	3,251	6,272
	J	4,585	10,180	19,818
	K	0,000	0,000	0,000
	L	0,000	0,000	0,000
	M	0,000	0,000	0,000
	N	0,000	0,000	0,000
Batubara	O	0,000	0,000	0,000
	P	-0,136	-0,629	-2,005
	Q	-0,026	0,100	0,495
	R	0,006	0,022	0,042
	S	1,426	1,756	4,049
	T	0,017	0,017	0,021

Dari Tabel 4.13 dapat diketahui bahwa aktivitas erosi/sedimentasi banyak terjadi di sekitar dermaga Sodong dan Batubara. Dan tidak terjadi aktivitas erosi/sedimentasi berada di dermaga Wijayapura. Melalui 10 sampel titik pengamatan erosi/sedimentasi di dermaga Sodong terdapat 7 titik yang mengalami sedimentasi, dengan perubahan kedalaman pada akhir simulasi terbesar adalah 128,120 milimeter pada titik sampel H. Sedangkan di dermaga Batubara dominan mengalami aktivitas sedimentasi dari 5 titik sampel, dengan besar perubahan kedalaman maksimum dikondisi akhir simulasi sebesar 0,494 milimeter. Dari beberapa titik sampel tersebut dapat diketahui total erosi/sedimentasi di masing-masing dermaga seperti pada Tabel 4.14:

Tabel 4.14 Total Erosi/Sedimentasi Area Dermaga

Dermaga	Total Erosi (mm/bln)	Total Sedimentasi (mm/bln)
Sodong	-16,921	165,571
Wijayapura	0,000	0,000
Batubara	-2,005	4,607

Evaluasi dampak pola sebaran sedimen terhadap dermaga dapat dilihat dari beberapa kondisi yang telah dijelaskan pada pola total erosi/sedimentasi serta nilai perubahan kedalaman yang terjadi. Dapat diketahui bahwa pola sebaran sedimen yang terbentuk di Perairan Cilacap mempengaruhi keberadaan dermaga di perairan tersebut. Dengan memperhatikan aktivitas erosi/sedimentasi yang terjadi serta besar nilai perubahan kedalaman, diketahui bahwa pola sebaran sedimen sangat mempengaruhi kondisi morfologi dasar laut di sekitar dermaga Sodong dibandingkan dermaga Wijayapura. Pada dermaga Sodong terjadi variasi aktivitas erosi/sedimentasi dengan kondisi dominan terjadi sedimentasi sebesar 165,71 mm/bulan serta tidak mengalami aktivitas erosi/sedimentasi di dermaga Wijayapura.

Tipe dermaga jetty merupakan tipe dermaga milik pelabuhan Sodong, dimana jetty merupakan dermaga yang menjorok ke laut sehingga sisi depannya berada pada kedalaman yang cukup untuk merapat kapal. Sedangkan, tipe dermaga pelabuhan Wijayapura berupa tipe *wharf*. *Wharf* merupakan dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. Perbedaan bentuk dan tipe dermaga ini menjadikan salah satu faktor terjadinya perbedaan aktivitas erosi/sedimentasi di kedua dermaga. Hal ini juga terjadi pada dermaga Batubara yang memiliki tipe dermaga sama dengan dermaga Sodong.

Memperhatikan kondisi dermaga Sodong yang mengalami erosi/sedimentasi akan memberikan dampak terhadap morfologi dasar lautnya. Dengan kondisi pola aktivitas erosi/sedimentasi yang dominan mengalami sedimentasi di dermaga Sodong, akan memberikan dampak terjadinya pendangkalan di sekitar dermaga. Sehingga perlu dilakukan monitoring dan kegiatan pengerukan sedimen secara berkala. Jika hal tersebut tidak dilakukan, dapat menyebabkan terganggunya aktivitas pelayaran di dermaga Sodong, seperti karamnya kapal.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari pemodelan hidrodinamika untuk mengetahui pola arus dan sedimentasi untuk melakukan evaluasi dampak yang diberikan terhadap dermaga adalah sebagai berikut:

- a. Pola arus pada periode *spring* dan *neap* mengalami perbedaan baik pada arah dan kecepatan. Kecepatan maksimum arus pada periode *spring* di kondisi pasang purnama adalah 0,6 m/s. Arah arus bergerak dari laut ke wilayah pesisir Teluk Penyu dan ke arah laut atau ke Timur di wilayah Selat Cilacap. Sedangkan, pada kondisi surut purnama besar kecepatan arus berkisar antara 0 sampai dengan 0,8 m/s dengan arah arus memiliki arah berlawanan pada saat pasang purnama. Selanjutnya, pola arus pada periode *neap* di kondisi pasang perbani kecepatan arus tertinggi sebesar 0,5 m/s. sedangkan pada kondisi surut perbani kecepatan arus pada kondisi ini mengalami peningkatan, yakni dengan nilai kecepatan maksimum sebesar 0,6 m/s. Untuk arah pada kedua kondisi pasang surut periode *neap* ini memiliki arah yang sama dengan kondisi yang ditunjukkan oleh periode *spring* pada masing-masing kondisi.
- b. Pola sebaran sedimen Perairan Cilacap menyebabkan adanya aktivitas erosi/sedimentasi, dengan aktivitas terbesar terjadi di wilayah sungai dan selat. Dengan besar nilai erosi yang terjadi di daerah tersebut antara 0,004 s.d. lebih dari 0,01 meter dan nilai sedimentasi sebesar 0,002 s.d. lebih dari 0,01 meter. Sedangkan pada periode *neap* nilai erosi sedimen antara 0,005 s.d. lebih dari 0,01 meter. Sedangkan, ketebalan sedimen yang mengalami sedimentasi sebesar 0,002 s.d. lebih dari 0,01 meter. Dengan gerak sedimen pada periode ini, memiliki arah sesuai dengan arah arus di Perairan Cilacap pada masing-masing kondisi.

- c. Pola sebaran sedimen yang terbentuk di Perairan Cilacap mempengaruhi keberadaan dermaga kondisi morfologi dasar laut di sekitar dermaga Sodong dibandingkan dermaga Wijayapura. Pada dermaga Sodong terjadi variasi aktivitas erosi/sedimentasi, dengan aktivitas sedimen dominan terjadi sedimentasi sebesar 165,571 mm/bulan serta tidak mengalami aktivitas erosi/sedimentasi di dermaga Wijayapura.

## 5.2. Saran

Berikut adalah saran yang peneliti berikan, sehingga dapat menjadi masukan untuk penelitian selanjutnya:

- a. Menyertakan parameter baroklinik (salinitas, temperatur, dll) sebagai parameter masukan model, sehingga diperoleh hasil simulasi sesuai dengan kondisi lapangan.
- b. Menggunakan tipe grid TIN, sehingga dapat mewakili kondisi dermaga lebih detail.
- c. Menggunakan data *river discharge* hasil observasi lapangan dalam interval setiap 1 jam. Sehingga akan diperoleh fluktuasi debit sungai tiap jamnya.
- d. Memperpanjang waktu simulasi pemodelan, sehingga dapat dilakukan monitoring pada jangka waktu yang lama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adibhusana, M. N., Hendrawan, I. G., dan Karang, I. W. G. A. 2016. "Model Hidrodinamika Pasang Surut di Perairan Pesisir Barat Kabupaten Badung, Bali." *Journal of Marine and Aquatic Sciences* 2: 54–56.
- Alimuddin, Aisyah. 2012. "Pendugaan Sedimentasi Pada DAS Mamasa di Kabupaten Mamasa Propinsi Sulawesi Barat." Universitas Hasanuddin.
- Asdak, Chay. 2001. "Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai". Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- BIG. 2017. "Jumlah Pulau Indonesia Sebanyak 16.056 Pulau Masih Bisa Bertambah Lagi." 2017. <http://www.big.go.id/berita-surta/show/jumlah-pulau-indonesia-sebanyak-16-056-pulau-masih-bisa-bertambah>.
- Budiwicaksono, A. R., Subardjo, P., Novico, F. 2013. "Pemodelan Pola Arus Pada Kondisi Musim Berbeda sebagai Jalur Pelayaran Perairan Teluk Lampung Menggunakan Delft3D". *Jurnal Oseanografi*, 280-292.
- Deltares. 2017. "Simulation of Multi Dimension Hydrodynamic Flows and Transport Phenomena, Including Sediments". Belanda: Boussinesqweg 1.
- Dulay, A. B., Pratomo, A., dan Apdillah, D. 2014. "Karakteristik Sedimen di Perairan Sungai Carang Kota Rebah Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau." Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Gunarso, D. B.W. 2012. "Pemetaan Arus dan Pasut Laut dengan Metode Pemodelan Hidrodinamika dan Pemanfaatannya Dalam Analisis Perubahan Garis Pantai (Studi Kasus : Pesisir Muara Gembong, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat)." Institut Teknologi Bandung.
- Hasan, Iqbal. 2009. "Analisis Data Penelitian dengan Statistika". Jakarta: Bumi Aksara.
- Hubla, Dirjen. 2014. "Petunjuk Teknis : Penyusunan Rencana Induk Pelabuhan". Jakarta: Keputusan Dirjen Hubla.

- Hutabarat, S., dan Evans, S. 2006. "Pengantar Oseanografi". Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Hydrographer of the Navy. 1964. "Harmonic Tidal Analysis for Short Period Observations". Taunton: Admiralty of Hydrographic Surveying.
- ICSM PCTMSL. 2011. "Australian Tides Manual Special Publication No. 9. Intergovernmental Committee on Surveying & Mapping/Permanent Committee on Tides and Mean Sea Level". Australia.
- Khotimah, M. K. 2012. "Validasi Tinggi Gelombang Signifikan Model Gelombang Windwave-5 Dengan Menggunakan Hasil Pengamatan Satelit Altimetri Multimisi" Universitas Indonesia.
- Kramadibrata, Soedjono. 1985. "Perencanaan Pelabuhan". Bandung: Ganeca Exact Bandung.
- Krisetyana, Hari. 2008. "Tingkat Efisiensi Penggelontoran Endapan Sedimen di Waduk PLTA PB.Sudirman". Universitas Diponegoro Semarang.
- Marchuk, G. A., dan Kagan, A. B. 1983. "Dynamics of Ocean Tides". Dordrecht: Kluwer Academic Publizshers.
- Milliman, J.D., dan Meade, R.H. 1983. "World-Wide Delivery of River Sediment to The Oceans." *The Journal of Geology* 91: 1–21.
- Minarrohman, M. G. K. 2017. "Simulasi Arus dan Distribusi Sedimen Secara 3 Dimensi di Pantai Selatan Jawa". Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ongkosongo. 1989. Pasang Surut. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Permadi, L. N., dan Widyastuti, M. 2016. "Studi Kualitas Air di Sungai Donan Sekitar Area Pembuangan Limbah Industri Pertamina RU IV Cilacap". *Jurnal Bumi Indonesia* 5: 1–10.
- Poerbandono, Nat., dan Djunasjah, Eka. 2005. "Survei Hidrografi". Bandung: PT. Refika Aditama.
- Pond, S., dan Pickard, G.L. 1983. "Introductory Dynamical Oceanography". Oxford: Pergamon Press.

- Pratomo, D. G. 2017. "Bahan Ajar Fitur Dasar Laut : Sediment Transport". Surabaya: Teknik Geomatika-ITS.
- Purnomo, S. N., Widiyanto, W., Pratiwi, T. P. dan Idham Riyando. Moe. 2015. "Analisis Sedimentasi di Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) Logending." *Dinamika Rekayasa* 11 (1 Februari): 29–37.
- Saputra, S., Djuwito., dan Rutiyaningsis. A. 2013. "Beberapa Aspek Biologi Udang Jerbung (*Penaeus merguensis*) di Perairan Pantai Cilacap Jawa Tengah." *Journal of Management of Aquatic Resources* 2: 47–55.
- Satriadi, Alfi. 2013. "Kajian Transpor Sedimen Tersuspensi Untuk Perencanaan Pembangunan Pelabuhan Bojonegoro Banten". *Buletin Oseanografi Marina*, 68-77.
- Sulaiman, A., Hendiarti N., Syamsudin, Fadli., Marina, C.G. Frederik, Muh. Sadly., Djajadihardja, Y. S., dan Andiaستی, R. 2006. "Metode Numerik Dinamika Laut". *Riset Teknologi Pemantauan Dinamika Laut Indonesia*, 75–77. Jakarta: Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Supiyati, Suwarsono, Setiawan, I. 2014. "Pola Transport Sedimen Akibat Arus yang Dibangkitkan Gelombang di Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu". *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*.
- Surbakti, Heron. 2015. "Penuntun Praktikum Oseanografi Fisika". Palembang: Laboratorium Oseanografi.
- Sutrisno, A. D., dan Isjudarto, Ag. 2016. "Akurasi Konturing Triangulasi Dan Kriging Pada Surfer Untuk Batubara". *Prosiding Seminar Nasional XI "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*.
- Triadmodjo, Bambang. 1999. "Teknik Pantai Edisi Kedua". Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. "Perencanaan Pelabuhan". Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Wentworth, C. K. 1992. "A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments". *The Journal of Geology* 30 (5): 377-392.

- Widhayanti, A., Ismanto, A., dan Yulianto, B. 2015. “Sebaran Tumpahan Minyak Dengan Pendekatan Model Hidrodinamika dan Spill Analysis di Perairan Cilacap, Jawa Tengah”. *Jurnal Oseanografi Volume 4 Nomor 4* 4: 641–50.
- Willmott, Cort J., dan Matsuura, K. 2005. “Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance.” *Climate Research* 30 (1): 79–82. <https://doi.org/10.3354/cr030079>.
- Wirosoedarmo, R., Haji, A. T. S., dan Kristanti, E. D. K. 2011. “Perilaku Sedimentasi dan Pengaruhnya Terhadap Kinerja Saluran Pada Jaringan Irigasi Waru-Turi Kanan Kediri”. *Jurnal Teknologi Pertanian* 12: 68–75.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Peta Laut Perairan Cilacap

Peta Laut Perairan Cilacap terlampir di laporan ini.

### Lampiran 2. Peta Rupa Bumi Indonesia Cilacap-Nusakambangan

Peta Rupa Bumi Indonesia Cilacap-Nusakambangan terlampir di laporan ini.

### Lampiran 3. Data Pasang Surut Observasi Perairan Cilacap Terhadap Nol Rambu

Tanggal	Waktu	Bacaan Skala (m)
12/07/17	00:00:00	2,090
12/07/17	01:00:00	1,810
12/07/17	02:00:00	1,530
12/07/17	03:00:00	1,340
12/07/17	04:00:00	1,340
12/07/17	05:00:00	1,420
12/07/17	06:00:00	1,630
12/07/17	07:00:00	1,870
12/07/17	08:00:00	2,380
12/07/17	09:00:00	2,560
12/07/17	10:00:00	2,680
12/07/17	11:00:00	2,640
12/07/17	12:00:00	2,360
12/07/17	13:00:00	1,990
12/07/17	14:00:00	1,530
12/07/17	15:00:00	1,280
12/07/17	16:00:00	1,080
12/07/17	17:00:00	1,150

<b>Tanggal</b>	<b>Waktu</b>	<b>Bacaan Skala (m)</b>
12/07/17	18:00:00	1,210
12/07/17	19:00:00	1,490
12/07/17	20:00:00	1,880
12/07/17	21:00:00	2,080
12/07/17	22:00:00	2,260
12/07/17	23:00:00	2,280
13/07/17	00:00:00	2,220
13/07/17	01:00:00	2,020
...	...	...
09/08/17	23:00:00	2,100

\*Secara lengkap terlampir

#### **Lampiran 4. Data Pasang Surut MSL=0 Perairan Cilacap**

<b>Tanggal</b>	<b>Waktu</b>	<b>Bacaan Skala (m)</b>
12/07/17	00:00:00	0,230
12/07/17	01:00:00	-0,050
12/07/17	02:00:00	-0,330
12/07/17	03:00:00	-0,520
12/07/17	04:00:00	-0,520
12/07/17	05:00:00	-0,440
12/07/17	06:00:00	-0,230
12/07/17	07:00:00	0,010
12/07/17	08:00:00	0,520
12/07/17	09:00:00	0,700
12/07/17	10:00:00	0,820
12/07/17	11:00:00	0,780
12/07/17	12:00:00	0,500
12/07/17	13:00:00	0,130
12/07/17	14:00:00	-0,330
12/07/17	15:00:00	-0,580
12/07/17	16:00:00	-0,780
12/07/17	17:00:00	-0,710



<b>Tanggal</b>	<b>Waktu</b>	<b>Bacaan Skala (m)</b>
12/07/17	18:00:00	-0,650
12/07/17	19:00:00	-0,370
12/07/17	20:00:00	0,020
12/07/17	21:00:00	0,220
12/07/17	22:00:00	0,400
12/07/17	23:00:00	0,420
13/07/17	00:00:00	0,360
13/07/17	01:00:00	0,160
...	...	...
09/08/17	23:00:00	0,240

\*Secara lengkap terlampir

### **Lampiran 5. Data Pasang Surut Hasil Model Perairan Cilacap Terhadap MSL = 0**

<b>Tanggal</b>	<b>Waktu</b>	<b>Bacaan Skala (m)</b>
17/07/17	00:00:00	0,515
17/07/17	01:00:00	0,581
17/07/17	02:00:00	0,571
17/07/17	03:00:00	0,469
17/07/17	04:00:00	0,205
17/07/17	05:00:00	-0,057
17/07/17	06:00:00	-0,240
17/07/17	07:00:00	-0,363
17/07/17	08:00:00	-0,341
17/07/17	09:00:00	-0,253
17/07/17	10:00:00	-0,062
17/07/17	11:00:00	0,147
17/07/17	12:00:00	0,334
17/07/17	13:00:00	0,404
17/07/17	14:00:00	0,350
17/07/17	15:00:00	0,280
17/07/17	16:00:00	0,025

<b>Tanggal</b>	<b>Waktu</b>	<b>Bacaan Skala (m)</b>
17/07/17	17:00:00	-0,216
17/07/17	18:00:00	-0,299
17/07/17	19:00:00	-0,425
17/07/17	20:00:00	-0,401
17/07/17	21:00:00	-0,307
17/07/17	22:00:00	-0,111
17/07/17	23:00:00	0,134
18/07/17	00:00:00	0,334
18/07/17	01:00:00	0,527
...	...	...
09/08/17	23:00:00	0,234

\*Secara lengkap terlampir

#### **Lampiran 6. Data Angin Harian Perairan Cilacap (BMKG)**

Kabupaten	Cilacap	
Nama	Stasiun Meteorologi C	
WMO ID	96805	
Tanggal	Kecepatan (m/s)	Arah (deg)
12/07/2017	1,543	135
13/07/2017	2,058	90
14/07/2017	2,058	135
15/07/2017	2,058	90
16/07/2017	2,058	90
17/07/2017	1,543	90
18/07/2017	1,543	90
19/07/2017	1,543	90
20/07/2017	1,543	90
21/07/2017	1,543	90
22/07/2017	1,543	90
23/07/2017	1,543	90
24/07/2017	1,543	90
25/07/2017	1,543	90
26/07/2017	1,543	135

Tanggal	Kecepatan (m/s)	Arah (deg)
27/07/2017	1,543	90
28/07/2017	2,058	135
29/07/2017	2,572	90
30/07/2017	2,058	135
31/07/2017	2,058	135
01/08/2017	1,543	135
02/08/2017	1,029	135
03/08/2017	1,029	0
04/08/2017	0,514	0
05/08/2017	0,514	0
06/08/2017	0,514	180
07/08/2017	0,514	0
08/08/2017	0,514	0
09/08/2017	0,514	0

## Lampiran 7. Data Sampel Sedimen Hasil Uji Laboratorium



### LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS.  
Kampus ITS. Keputih, Sukolilo, Surabaya (60111)  
Telp.: 031-5928601, 5994251-55 Pesw. 1140 , Fax. 031-5928601

### LAMPIRAN HASIL UJI ANALISA SARINGAN SEDIMENTASI

Pemohon : Bp. DANARGURUH PRATOMO

Selesai di Uji : 28 Juli 2017

Proyek :

Diuji Oleh : Herry. S. CS.

Lokasi :

Diperiksa : Ir. Gani, MT.

Quarry Mat : SEDIMENTASI PANTAI CILACAP JAWA TENGAH.

Jenis Mat : PASIR BERLEMPUNG WARNA ABU-ABU

No.	Sample No	Satuan	HASIL UJI ANALISA SARINGAN SEDIMENTASI				
			Spesifikasi Material	Kerikil (%)	Pasir (%)	Lanau +Lempung (lumpur) (%)	Keterangan
1	Sample No. : A			0,00	14,28	85,71	- Lempung warna warna coklat
2	Sample No. : B			2,00	78,82	19,18	- Pasir berlanau warna abu-abu
3	Sample No. : C			23,53	63,60	12,87	- Pasir berkerang warna abu-abu
4	Sample No. : D			5,23	65,77	29,01	- Pasir berlanau warna abu-abu
5	Sample No. : E			7,59	90,33	2,08	- Pasir berkerang warna abu-abu
6	Sample No. : F			0,00	60,47	39,53	- Pasir berlempung warna coklat



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP -ITS**

Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya (60111)

Telp: 031-5928001, 5994251-55 Psw: 1140 Fax: 031-5928901

**ANALISA PEMBAGIAN BUTIR**

SNI 03-3423-1990 ; ASTM D 422-90 (1973)

Pemohon	=	Bp. DANARGURUH PRATOMO	Tanggal uji	: 24 Juli 2017
Proyek	=		Diuji Oleh	: Endro
Lokasi	=		Diperiksa	: Ir. Gani, MT
Lokasi Sampel	=	SEDIMENTASI PANTAI CILACAP, JAWA TENGAH		
Sample No.	=			

Sample No. : A		KERIKIL			PASIR			BUTIRAN HALUS	
Brt Tanah Kering	=	300 gr			KASAR	MEDIUM	HALUS	LANAU	LEMPUNG
Brt mangkok	=	19,85 gr	0,00%		14,28%			25,38%	60,33%

φ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos
50	2"			100
25.4	1"			100
19.05	3/4"			100,00
9.5	3/8"			100,00
4.75	#4			100,00
2.00	#10	20.11	0.3	99.91
0.85	#20	20.61	0.8	99.66
0.425	#40	21.83	2.0	98.00
0.125	#100	36.59	16.7	83.42
0.075	#200	42.96	23.1	77.00
0.099				85.72
0.097				83.86
0.095				81.04
0.093				59.63
0.092				58.22
0.091				56.81

Sample No. : B		KERIKIL			PASIR			BUTIRAN HALUS	
Brt Tanah Kering	=	217 gr			KASAR	MEDIUM	HALUS	LANAU	LEMPUNG
Brt mangkok	=	19,85 gr	2,00%		78,82%			16,25%	2,93%

φ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos
50	2"			100
25.4	1"			100,00
19.05	3/4"			100,00
9.5	3/8"	20.89	1.0	99.52
4.75	#4	23.16	3.3	96.00
2	#10	25.47	5.6	95.41
0.85	#20	31.95	12.1	89.83
0.425	#40	29.93	10.1	85.18
0.125	#100	142.83	123.0	28.51
0.075	#200	40.11	20.3	19.18
0.042				8.20
0.037				6.09
0.0167				4.68
0.0063				3.98
0.0045				3.28
0.0032				2.58
0.001				0.47



**ANALISA PEMBAGIAN BUTIR**  
 SNI 03-3423-1990 ; ASTM D 422-90 (1973)

Pemohon	=	Bp. DANARGURUH PRATOMO	Tanggal uji	: 24 Juli 2017
Proyek	=		Diuji Oleh	: Endro
Lokasi	=		Diperiksa	: Ir. Gani, MT
Lokasi Sampel	=	SEDIMENTASI PANTAI CILACAP, JAWA TENGAH		
Sample No.	=			

Sample No. : C								
Brt Tanah Kering	=	204 gr	KERIKIL	PASIR		BUTIRAN HALUS		
Brt mangkok	=	19,85 gr	23,63%	KASAR	MEDIUM	HALUS	LANAU	LEMPUNG
				63,60%		10,43%	2,44%	
φ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lotos				
80	2"			100				
25.4	1"			100,00				
19.05	3/4"			100,00				
9.5	3/8"	32.34	12,5	6,12	93,88			
4.75	# 4	55.37	35,5	17,41	76,47			
2.00	# 10	37.59	17,7	8,70	67,77			
0.85	# 20	31.66	11,8	5,79	61,98			
0.425	# 40	30,81	11,0	5,37	56,61			
0.125	# 100	89,06	69,2	33,93	22,68			
0.075	# 200	39,88	20,0	9,82	12,86			
0.015					2,96			
0.0083					2,75			
0.0059					2,54			
0.0042					2,33			
0.003					2,12			
0.001					1,91			

Sample No. : D								
Brt Tanah Kering	=	226 gr	KERIKIL	PASIR		BUTIRAN HALUS		
Brt mangkok	=	19,85 gr	5,23%	KASAR	MEDIUM	HALUS	LANAU	LEMPUNG
				65,77%		24,58%	4,43%	
φ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lotos				
80	2"			100				
25.4	1"			100,00				
19.05	3/4"			100,00				
9.5	3/8"	20,57	0,7	0,32	99,68			
4.75	# 4	30,95	11,1	4,91	94,77			
2	# 10	43,75	23,9	10,58	84,19			
0.85	# 20	40,43	20,9	9,11	79,09			
0.425	# 40	29,28	9,4	4,17	70,92			
0.125	# 100	83,86	44,0	19,47	51,44			
0.075	# 200	70,56	30,7	22,44	29,00			
0.042					12,40			
0.0287					9,21			
0.0187					7,08			
0.0083					6,02			
0.0048					4,96			
0.0032					3,90			
0.001					0,71			


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP -ITS.**

Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya (60111)

Telp. 031-5928901, 5994251-55 Psw. 1140, Fax. 031-5928901

**ANALISA PEMBAGIAN BUTIR**

SNI 03-3423-1990 ; ASTM D 422-90 (1973)

Pemohon	=	Bp. DANARGURUH PRATOMO	Tanggal Uji	=	24 Juli 2017
Proyek	=		Diuji Oleh	=	Endro
Lokasi	=		Diperiksa	=	Ir. Gani, MT
Lokasi Sampel	=	SEDIMENTASI PANTAI CILACAP, JAWA TENGAH			
Sample No.	=				

<b>Sample No. : E</b>		KERIKIL		PASIR		BUTIRAN HALUS	
<b>Brt Tanah Kering</b>	=	<b>300 gr</b>	KASAR	MEDIUM	HALUS	LANAU	LEMPUNG
<b>Brt mangkok</b>	=	<b>19,85 gr</b>	<b>7,59%</b>	<b>90,33%</b>		<b>1,69%</b>	<b>0,39%</b>
φ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos			
50	2"			100			
25,4	1"			100			
19,95	3/4"			100,00			
9,5	3/8"	31,58	11,7	3,91			
4,75	4	30,88	11,0	3,68			
2,00	10	40,08	20,2	6,74			
0,85	20	49,85	30,0	10,00			
0,425	40	55,21	35,4	11,79			
0,195	100	188,02	188,2	56,06			
0,075	200	37,08	17,2	5,74			
0,0512				0,48			
0,0383				0,45			
0,0299				0,41			
0,0242				0,38			
0,0203				0,34			
0,016				0,31			

<b>Sample No. : F</b>		KERIKIL		PASIR		BUTIRAN HALUS	
<b>Brt Tanah Kering</b>	=	<b>300 gr</b>	KASAR	MEDIUM	HALUS	LANAU	LEMPUNG
<b>Brt mangkok</b>	=	<b>19,85 gr</b>	<b>0,00%</b>	<b>60,47%</b>		<b>34,30%</b>	<b>5,23%</b>
φ (mm)	# SIEVE	Berat Tertahan (gr)	% Tertahan	% Lolos			
50	2"			100			
25,4	1"			100,00			
19,95	3/4"			100,00			
9,5	3/8"			100,00			
4,75	4			100,00			
2	10	21,12	1,3	0,42			
0,85	20	22,72	2,9	0,96			
0,425	40	24,52	4,7	1,56			
0,195	100	96,75	76,9	28,63			
0,075	200	115,54	65,7	31,90			
0,0485				16,09			
0,0388				11,75			
0,0318				8,85			
0,0263				7,40			
0,0215				5,95			
0,0182				4,51			
0,015				0,16			

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## BIODATA PENULIS



Nicolody Ofirla Eflal Froditus, lahir di Madiun 26 Juli 1996. Merupakan anak pertama dari 2 bersaudara, dari pasangan Y.C.P. Indro Wicaksono dan Tri Murdyaningsih. Penulis menempuh Pendidikan formal di SDN 02 Kenongorejo, SMPN 1 Mejayan, dan SMAN 1 Mejayan. Setelah lulus dari SMA penulis melanjutkan studi kuliah Strata-1 di Departemen Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, ITS pada Tahun 2014. Terdaftar sebagai mahasiswa aktif dengan NRP 03311440000030. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai Kepala Biro Pelatihan Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Geomatika (HIMAGE-ITS) periode 2015/2016. Dan berlanjut sebagai Kepala Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa HIMAGE-ITS periode 2016/2017. Selain itu, penulis juga aktif dalam dunia kepeemanduan LKMM di ITS. Penulis telah melakukan kerja praktik di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL) Tahun 2017, magang di Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kabupaten Madiun Tahun 2016, dan menjuarai dalam beberapa perlombaan seperti PIMNAS 30, LKTIN Sejarah UM, dan LKTIN Geosat ITS pada Tahun 2017. Serta mengikuti Konferensi SCOPEACE (*Scientific Conference on Policy, Engineering, Art, Culture, and Education*) tahun 2018 di Hiroshima, Jepang. Untuk menyelesaikan Tugas Akhir, penulis memilih bidang keahlian dalam Laboratorium Geomarine dengan spesifikasi bidang Hidrografi/Oseanografi dengan judul Analisis Pola Sebaran Sedimen Terhadap Pendangkalan Dermaga Menggunakan Pemodelan Hidrodinamika 3 Dimensi. Jika ingin menghubungi penulis, dapat secara langsung menghubungi penulis melalui email [nicolodyo@gmail.com](mailto:nicolodyo@gmail.com).