

## PEMODELAN HIDRODINAMIKA BARRIER WALL DAN SEDIMENTASI DI PERAIRAN DERMAGA KOLAM KOARMATIM SURABAYA

Yohanes Indra Kusuma<sup>1</sup>, Sahat Monang Simanjuntak<sup>2</sup>, Widodo S. Pranowo<sup>3</sup>, Nur Riyadi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi S1 Hidrografi, STTAL

<sup>2</sup>Peneliti dari Pusat Hidrografi dan Oseanografi Angkatan Laut, Pushidrosal

<sup>3</sup>Peneliti dari Pusat Riset Kelautan dan Sumber Daya Alam, Pusriskel KKP

<sup>4</sup>Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi, STTAL

### ABSTRAK

Dermaga Koarmatim memiliki nilai strategis dalam menyiapkan unsur pemukul di laut dalam mengemban tugasnya agar mampu memberikan hasil yang optimal sesuai yang diharapkan oleh pimpinan TNI AL. Akan tetapi ancaman alamiah akibat pendangkalan dari berbagai sumber bisa mengurangi nilai efektivitas dari fungsi dermaga itu sendiri. Oleh karena itu, dibangun suatu pemodelan hidrodinamika menggunakan software Mike 21 dengan beberapa asumsi untuk mengetahui karakteristik perairan tersebut beserta sebaran sedimentasinya berikut cara mengurangi sebaran sedimentasi itu sendiri dengan metode barrier wall. Verifikasi hasil model pasang surut dengan data pasang surut BIG berkategori baik dengan nilai RMSE 0,0649 dengan korelasi konsistensi datanya mencapai nilai 0,9949. Arus tertinggi berkekuatan 0,4 meter/detik dan gelombang tertingginya mencapai 0,0000871 meter. Hasil pemodelan sebelum adanya bangunan barrier wall menghasilkan nilai akumulasi transpor sedimen tertinggi dalam satu bulan sebesar 166,603 gram/liter dan nilai SSC (Suspended Sediment Concentration) sebesar 2,891405214 kilogram/meter<sup>3</sup>. Perubahan nilai setelah adanya bangunan model barrier wall pada transpor sedimen tertinggi sebesar 85,341 gram/liter dan nilai SSC tertinggi 2,97618518 kilogram/meter<sup>3</sup>. Berdasarkan data diatas, maka dapat dihitung perbedaan estimasi pengerukan dermaga pada kala waktu 5 serta 10 tahun sebelum dan sesudah adanya bangunan model barrier wall.

**Kata kunci: Pemodelan, Hidrodinamika, Barrier Wall.**

### ABSTRACT

*Indonesian Eastern Fleet has strategic value for preparing their warships to accomplish all tasks. On the other hand, sedimentation as natural threat reduces the effectiveness of its strategic value. Therefore, a hydrodynamics model is built using Mike 21 with several assumptions to find out waters characteristic, distributing of sedimentation and effectiveness of barrier wall method to diminish sedimentation distribution. Based on hydrodynamics model calculation, verification result between tide models which was compared to BIG were 0,649 for RMSE and 0,9949 for correlation value. The strongest current was 0,4 meter/second and the highest wave was 0,0000871 meter. The highest transport sediment accumulation value was 166,603 grams/liter and the highest Suspended Sediment Concentration (SSC) value was 2,891405214 kilograms/meter<sup>3</sup>. Alteration value due to barrier wall model at this basin happened in transport sediment and SSC value. The highest transport sediment accumulation value was 85,341 grams/liter and the highest Suspended Sediment Concentration (SSC) value was 2,97618518 kilograms/meter<sup>3</sup>. Furthermore, collation time for dredging plan at 5 or 10 years later before and after completed by barrier wall can be calculated based on this modeling results.*

**Keyword: Model, Hydrodynamics, Barrier Wall**

## PENDAHULUAN

Koarmatim adalah pangkalan terbesar TNI AL yang salah satu tugasnya menyiapkan unsur lautnya agar mampu mempertahankan eksistensinya di laut demi menjaga keamanan dan pertahanan perairan Indonesia. Namun pangkalan tersebut mempunyai ancaman alami berupa sedimentasi yang salah satu sumbernya berasal dari Sungai Kalimas. Sedimentasi tersebut mengakibatkan pendangkalan di area dermaga, terutama di dermaga kolam Koarmatim.

Berbagai kajian ilmiah dan penelitian sedimentasi di sekitaran daerah aliran Sungai Kalimas sudah banyak dilakukan. Upaya pengerukan juga sudah sering dilaksanakan tidak hanya di dermaga kolam Koarmatim, tetapi juga di sepanjang daerah aliran Sungai Kalimas itu sendiri. Oleh karena itu dilakukan upaya lain melalui pembuatan pemodelan *barrier wall* di mulut dermaga kolam Koarmatim sebagai upaya mengurangi sebaran sedimentasi yang masuk ke dermaga kolam Koarmatim.

## RUMUSAN MASALAH

Penulisan ini berawal dari beberapa permasalahan, yaitu:

- a. Bagaimanakah pola sebaran sedimentasi yang salah satunya bersumber dari Sungai Kalimas.
- b. Seberapa banyak sedimen yang menumpuk di titik-titik tertentu pada dermaga kolam Koarmatim sehingga mengganggu manuver kapal yang akan keluar masuk dermaga kolam Koarmatim.

## BATASAN MASALAH

Penelitian ini dibatasi hanya pada area sekitaran dermaga kolam Koarmatim dengan mengabaikan arus lalu lintas kapal, baik kapal perang maupun kapal sipil. Beberapa asumsi pembangun model juga dibuat sebagai upaya untuk mendekati fenomena alam yang terjadi di daerah penelitian.

## TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini memiliki empat tujuan utama, yaitu:

- a. Mengetahui karakteristik hidrodinamika di sekitaran dermaga kolam Koarmatim.
- b. Mengetahui pola sebaran sedimentasi yang terjadi di dermaga kolam Koarmatim sebelum adanya model bangunan *barrier wall*.

- c. Mengetahui pola sebaran sedimentasi yang terjadi di dermaga kolam Koarmatim sesudah adanya model bangunan *barrier wall*.

- d. Mengetahui perbandingan serta estimasi waktu *dredging* yang paling efektif sebelum dan sesudah adanya model bangunan *barrier wall*.

## MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat, diantaranya adalah:

- a. Memberikan informasi hasil analisa tentang pola hidrodinamika, pola dan nilai transpor sedimen, pola dan nilai *suspended sediment concentration*, *bed level* serta perbandingan dan estimasi waktu *dredging* di perairan dermaga kolam Koarmatim, baik sebelum maupun sesudah adanya model bangunan *barrier wall*.

- b. Memberikan visualisasi yang dikemas dan disajikan dalam format animasi bagi para pengguna hasil penelitian, dengan harapan agar lebih mudah dalam memahami substansi dari penelitian itu sendiri. Diharapkan dengan adanya visualisasi model tersebut bisa digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan dermaga kolam Koarmatim di kemudian hari.

## LANDASAN TEORI

### Kondisi Perairan Dermaga Koarmatim

Keadaan pantainya rendah berawar-rawa. Dasar laut umumnya berupa lumpur pasir. Diantara pelabuhan umum Tanjung Perak dan Koarmatim dipisahkan oleh Sungai Kalimas yang bermuara di antara dua pelabuhan tersebut sehingga mengakibatkan terjadinya sedimentasi serta pendangkalan.

Sifat pasang surut adalah campuran condong harian ganda. Kedudukan rata-rata air pada saat pasang purnama atau perbani yang terjadi pada saat air tinggi sebesar 2,69 meter dan pada saat air rendah sebesar 0,31 meter. Kedudukan rata-rata air pada saat pasang mati atau konda yang terjadi pada saat air tinggi sebesar 1,81 meter dan pada saat air rendah sebesar 1,19 meter. Kedudukan rata-rata air rendah terendah 1,5 meter di bawah Duduk Tengah.

Pola arus permukaan di perairan ini dipengaruhi oleh musim. Pada musim Barat

(bulan Desember-Februari) arus mengarah ke Timur dengan kecepatan antara 0,45 knot sampai dengan 0,7 knot. Pada musim Pancaroba I (bulan Maret-Mei) arus mengarah ke Timur-Barat dengan kecepatan 0,2 knot sampai dengan 0,41 knot. Pada musim Timur (bulan Juni-Agustus) arus mengarah ke Barat-Barat Laut dengan kecepatan 0,33 knot sampai dengan 0,54 knot. Pada musim Pancaroba II (bulan September-Nopember) arus mengarah ke Barat Laut-Timur dengan kecepatan 0,16 knot sampai dengan 0,45 knot (Kepanduan Bahari Wilayah II Pushidrosal, 2015).

### Karakteristik Sedimen

Sedimen juga dapat dikelompokkan berdasarkan ukuran butirnya dalam Skala Wentworth. Skala tersebut merupakan ukuran standart kelas sedimen dari fraksi berukuran *micron* sampai beberapa milimeter (Dyer, 1986). Sedimen dasar dapat diolah dengan metode pengayakan (APHA, 2005; Wibisono, 2005 dalam Cahyo, 2012). Diameter rata-rata sedimen adalah ukuran yang berhubungan dengan nilai tengah dari area di bawah distribusi frekwensi ukuran butir sedimen. Kurva kumulatif menampilkan prosentase dari partikel halus sedimen (Dyer, 1986; Blott dan Pye, 2001).

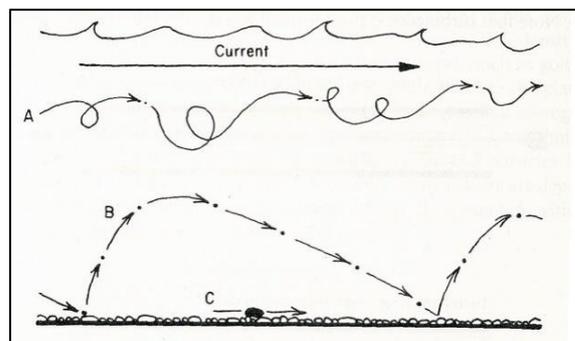
Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen

Skala Wentworth	Diameter partikel			
	phi ( $\phi$ )	mm	$\mu\text{m}$	
Batu besar	Sangat besar	- 11	2048	
	Besar	- 10	1024	
	Medium	- 9	512	
	Kecil	- 8	256	
Batu bulat	Besar	- 7	128	
	Kecil	- 6	64	
Batu kerikil	Sangat kasar	- 5	32	
	Kasar	- 4	16	
	Medium	- 3	8	
	Halus	- 2	4	
Granula	Sangat halus	- 1	2	
	Sangat kasar	+ 0	1	1000
Pasir (Sand)	Kasar	+ 1	1/2	500
	Medium	+ 2	1/4	250
	Halus	+ 3	1/8	125
	Sangat halus	+ 4	1/16	62,5
Lanau (Silt)	Kasar	+ 5	1/32	31,3
	Medium	+ 6	1/64	15,6
	Halus	+ 7	1/128	7,8
	Sangat halus	+ 8	1/256	3,9
Lempung (Clay)	Medium	+ 9	1/256	1,95
	Halus	+ 10	1/1024	0,98
	Sangat halus	+ 11	1/4096	0,49
	Koloid	+ 12	1/4096	0,24

### Pergerakan Sedimen

Pada dasarnya pergerakan sedimen dibagi menjadi pergerakan sedimen dasar dan sedimen melayang (van Rijn, 1993; Triatmojo, 1999). Pergerakan sedimen dasar terjadi jika kecepatan aliran fluida melebihi tegangan kritis pergerakan sedimen, tetapi tidak cukup kuat untuk mengangkat butiran ke keadaan melayang. Sedangkan pergerakan sedimen tersuspensi terjadi jika arus cukup cepat dan butiran cukup halus, butiran akan diangkat ke keadaan melayang dan dibawa oleh arus.

Pengendapan sedimen terjadi jika butiran berhenti di dasar pada pergerakan sedimen dasar atau dengan mengendapnya butiran dari keadaan melayang. Biasanya pengangkatan dari beberapa butiran ke atas ke keadaan melayang dan pengendapan dari butiran lainnya ke bawah akibat berat sendiri terjadi secara bersamaan. Kadang ada butiran sedimen yang terus melayang walaupun fluida mengalir pada kecepatan rendah untuk waktu yang lama (Cahyo, 2012).



Pergerakan sedimen rolling (A), bouncing (B) dan suspension (C)

### Barrier Wall

*Barrier Wall* adalah bangunan tegak lurus pantai yang diletakan di sisi muara sungai yang berfungsi untuk mengurangi pendangkalan alur oleh sedimen pantai. Pada penggunaan muara sungai sebagai alur pelayaran, pengendapan di muara dapat mengganggu lalu lintas kapal. Dengan *barrier wall*, transpor sedimen sepanjang pantai dapat tertahan atau teralihkan agar tidak mengganggu jalur pelayaran.

Selain untuk melindungi alur pelayaran, *barrier wall* juga dapat digunakan untuk mencegah pendangkalan di muara sungai. Sungai-sungai yang bermuara pada pantai dengan gelombang yang cukup besar sering mengalami penyumbatan muara oleh endapan sedimen. Transpor akan terdorong kembali oleh gelombang masuk ke muara dan kemudian diendapkan.

## Pemodelan Numerik Oseanografi

Sistem perairan pantai adalah suatu sistem yang sangat kompleks dan sangat bergantung pada ruang dan waktu. Untuk mengetahui hubungan antar sejumlah variabel dan parameter, maka cara terbaik untuk mengkajinya adalah melalui pendekatan model (Sugianto, 2009 dalam Cahyo, 2012).

Model numerik yang digunakan dalam penelitian ini adalah *MIKE 21 Software (DHI Water and Environment, 2009)*. Model ini didasarkan pendekatan *flexible-mesh* yang memungkinkan ukuran *grid* yang lebih rapat di daerah penelitian dan ukuran *grid* yang lebih lebar di daerah lainnya dalam domain yang sama.

Perangkat lunak *Mike 21* merupakan suatu perangkat lunak rekayasa profesional yang berisikan pemodelan yang komprehensif untuk program komputer dua dimensi (2D) *free-surface flow*. Perangkat *Mike 21* dapat diaplikasikan untuk simulasi hidrolika dan fenomena terkait baik di sungai, danau, estuari, teluk, pantai dan laut. Program ini dikembangkan oleh *Danish Hydraulic Institute (DHI) Water & Environment*.

### Persamaan Pembangunan Model

Model *Mike 21 Flow Model FM*, mensimulasikan kondisi perairan dermaga kolam Koarmatim berdasarkan persamaan hidrodinamika. Persamaan tersebut mensimulasikan berbagai faktor penggerak alamiah yang harus dipahami sebelum dan selama simulasi berlangsung, sehingga model yang dihasilkan diharapkan mendekati kondisi alamiah di daerah yang dikaji. Beberapa persamaan tersebut adalah (DHI, 2012) :

a. Persamaan kontinuitas (*averaged continuity equation*).

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S$$

b. Persamaan momentum dalam arah x.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial wv}{\partial z} = Fu - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^{\eta} \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left( \frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left( v_r \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S$$

c. Persamaan momentum dalam arah y.

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial vu}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = Fv - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^{\eta} \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left( \frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left( v_r \frac{\partial v}{\partial z} \right) + u_s S$$

dengan:

t	= waktu
x, y, z	= koordinat kartesian
$\eta$	= ketinggian permukaan laut
d	= kedalaman air tenang
$h = \eta + d$	= kedalaman air tenang
u, v, w	= komponen kecepatan pada arah x, y, z
$F = 2\Omega \sin \Phi$	= parameter Coriolis
$\Omega$	= kecepatan angular
$\Phi$	= lintang geografis
g	= gaya gravitasi
$\rho$	= kerapatan air
$S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}, S_{yy}$	= komponen radiasi tekanan tensor
Vt	= turbulensi vertical (eddy)
pa	= tekanan atmosfer
$\rho_0$	= kerapatan air acuan (ideal)
S	= besarnya debit karena factor titik sumber
Us, Vs	= kecepatan yang dihasilkan oleh perubahan air yang bergerak
d.	Persamaan transpor sedimen.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( A_H \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( A_H \frac{\partial C}{\partial y} \right) + E - D$$

dengan:

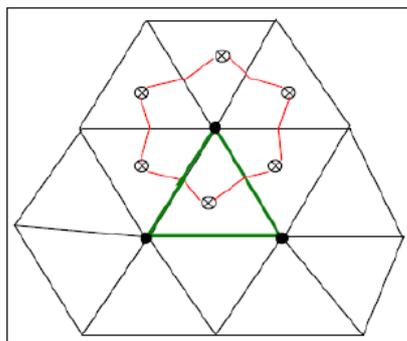
C	= konsentrasi sedimen yang tersuspensi
$W_s$	= kecepatan jatuh sedimen yang tersuspensi
t	= waktu
u, v	= komponen kecepatan dalam arah x dan y
$A_H$	= difusifitas horizontal
$K_H$	= viskositas eddy vertical
E	= resuspensi
D	= fluks deposisi

### Diskritisasi Spasial

Diskritisasi spasial merupakan sebuah proses untuk membagi sebuah fitur yang saling berkesinambungan seperti air ke dalam bagian yang terdiskritisasi agar dapat dihitung berdasarkan persamaan pembangunan model di atas serta nilainya bergantung kepada waktu dan posisi partikel air itu sendiri. Sedangkan *Mike 3 Flow Model FM* mendiskritisasikan secara spasial berdasarkan elemen yang tersebar merata (*mesh*). Kata FM sendiri merupakan kepanjangan dari *Flexible Mesh*, sebuah fitur tambahan dari Mike. Fitur ini memungkinkan untuk elemen *mesh* yang diciptakan dapat merepresentasikan nilai batimetri sesuai dengan bentuk garis pantainya.

Secara dua dimensi, elemen *mesh* terdiri dari kumpulan segitiga yang memiliki

unsur-unsur kedalaman yang diinterpolasikan ditengah *mesh*, serta komponen arah (u dan v) sebagai hasil perhitungan dapat dihitung pada setiap elemen *mesh*. Prinsip *mesh* dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Ilustrasi Grid Berbentuk *Mesh* Segitiga Tidak Terstruktur (Sumber: Chen dkk, 2006)

### Metode Verifikasi

Data pasang surut hasil pemodelan diverifikasi menggunakan data hasil observasi lapangan dari stasiun pasang surut Badan Informasi dan Geospasial (BIG) yang berada di stasiun pengamatan PT. PAL Surabaya. Hubungan antara data pemodelan dan data pengamatan akan dihitung menggunakan rumus korelasi *Pearson Product Momen* (PPM) dan rumus *Root Mean Square Error* (RMSE). Penjabaran rumus PPM dituliskan sebagai berikut (Suliyanto, 2012):

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

Dimana:

- n = Banyaknya pasangan data X dan Y
- $\sum_x$  = Total jumlah dari variabel X
- $\sum_y$  = Total jumlah dari variabel Y
- $\sum_x^2$  = Kuadrat dari total jumlah variabel X
- $\sum_y^2$  = Kuadrat dari total jumlah variabel Y
- $\sum_{xy}$  = Hasil perkalian dari total jumlah variabel X dan Y

Kedua deret data dikatakan memiliki korelasi apabila nilai koefisien korelasi ( $r$ ) bernilai +1 (positif satu) atau -1 (negatif satu). Apabila ( $r$ ) mendekati nol, maka deret tersebut tidak saling berhubungan. Dengan kata lain, korelasi tersebut dinyatakan dengan  $-1 \leq r \leq 1$ .

Sedangkan rumus RMSE dihitung dengan mengkuadratkan *error* (*predicted-*

*observed*) dibagi dengan jumlah data rata-rata dan diakarkan. Dengan meminimalkan nilai RMSE atau dengan kata lain semakin mendekati nilai nol, maka model tersebut dikatakan mendekati fenomena atau kenyataan yang terjadi di lapangan. Model yang memiliki varian kecil mampu memberikan hasil yang relatif lebih konsisten untuk seluruh inputan data dibandingkan dengan model dengan RMSE besar. Penjabarannya adalah sebagai berikut (Suliyanto, 2012):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

## METODOLOGI PENELITIAN

### Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang memenuhi kaidah-kaidah ilmiah dan memberikan data penelitian berupa angka-angka dan menganalisisnya menggunakan statistik atau model (Sugiyono, 2008). Metode yang digunakan untuk memprediksi sedimentasi dan *barrier wall* dalam penelitian ini adalah model hidrodinamika 2 dimensi (2D) yang diselesaikan secara numerik.

### Sumber Data

Jenis data penelitian yang digunakan adalah data sekunder berupa data arus, pasang surut dan gelombang dimana sumber data diperoleh dari fasilitas *software Mike21 toolbox*. Data tersebut akan dibandingkan dengan data telemetri stasiun pasang surut BIG. Data bathimetri diperoleh dari digitasi Peta Laut Pushidrosal Nomor 84 Tahun 2013. Data sekunder angin diperoleh dari situs ECMWF (*European Centre for Medium Range Weather Forecast*). Data sekunder debit air sungai Kalimas sepanjang tahun 2016 diperoleh dari instansi Perum Jasa Tirta I Jawa Timur yang bersumber pada stasiun pengamatan Bendung Karet Gubeng Surabaya.

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di perairan dermaga Koarmatim Surabaya yang terletak di antara APBS dan APTS. Batasan koordinatnya sesuai dengan peta rencana penelitian di bawah ini.

## PETA LOKASI PENELITIAN



NO	KOORDINAT
1.	690397, 9204847 / 7°11'25,353"LS - 112°43'27,366"BT
2.	693502, 9204847 / 7°11'24,969"LS - 112°43'27,366"BT
3.	693502, 9203297 / 7°11'24,969"LS - 112°45'08,757"BT
4.	690397, 9203297 / 7°11'25,353"LS - 112°45'08,757"BT

Koordinat daerah Penelitian

### Lokasi Stasiun Pasut BIG

Data pasang surut pembanding diperoleh dari BIG. Stasiun pengamatan pasut berada di dalam dermaga kolom Koarmatim yang bersebelahan dengan area dermaga PT. PAL. Sensor yang digunakan adalah sensor digital dengan transmisi data GPRS sehingga memungkinkan untuk merekam data aktual secara terus menerus. Posisinya di 7°12'5.140" LS - 112°44'26.218" BT.



Sumber : [www.tides.big.go.id.8888/deskripsi](http://www.tides.big.go.id.8888/deskripsi)

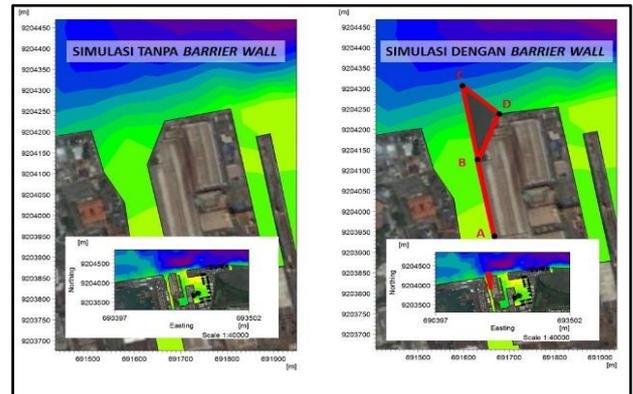
### Pembangunan Model Barrier Wall

Simulasi model serta bentuk *barrier wall* yang dibangun di sekitaran muara Sungai Kalimas didasarkan pada analisa model hidrodinamika tanpa *barrier wall* yang telah dibangun sebelumnya dengan koordinat posisi pada Tabel di bawah ini.

NO	TITIK	POSISI
1.	A	691667,713; 9203931,984 / 7°11'44,627"LS -

		112°44'21,212"BT
2.	B	691592,439; 9204308,121 / 7°11'53,887"LS - 112°44'22,879"BT
3.	C	691677,561; 9204238,588 / 7°11'46,506"LS - 112°44'35,800"BT
4.	D	691630,117; 9204120,771 / 7°11'52,832"LS - 112°44'32,459"BT

Panjang model *barrier wall* dihitung dari titik A ke titik C adalah ± 195 meter dan panjang titik D ke titik diantara garis AC dihitung secara tegak lurus adalah ± 75 meter. Perbandingan area pemodelan tanpa *barrier wall* dan area pemodelan dengan *barrier wall* terlihat seperti pada Gambar berikut.

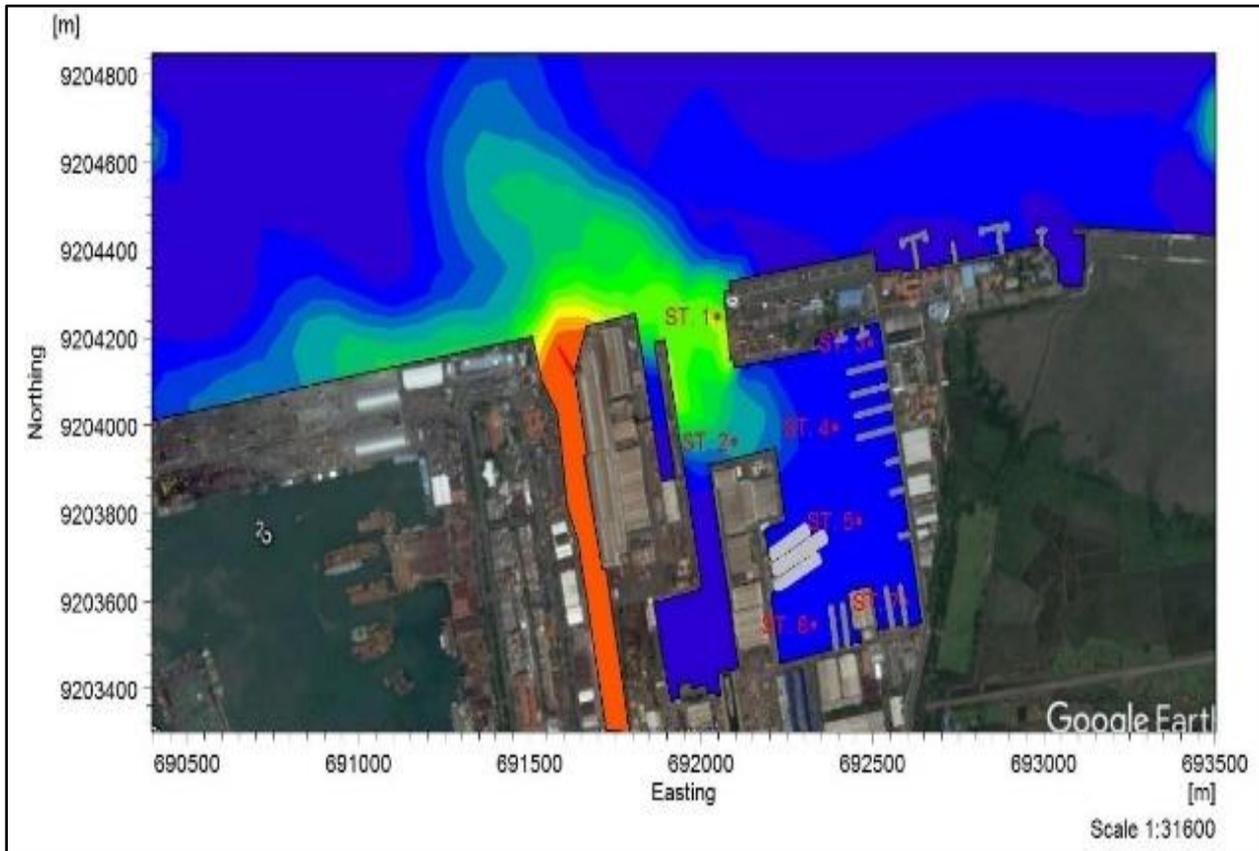


Simulasi Barrier Wall

Sementara itu, stasiun pengamatan model disebar pada area dermaga kolom Koarmatim yang diasumsikan bisa mewakili sebaran sedimentasi. Koordinatnya tertulis pada Tabel berikut.

NO	STASIUN	POSISI
1.	ST. 1	692046,848; 9204248,619 / 7°11'44,627"LS - 112°44'21,212"BT
2.	ST. 2	692096,902; 9203963,932 / 7°11'53,887"LS - 112°44'22,879"BT
3.	ST. 3	692494,212; 9204189,176 / 7°11'46,506"LS - 112°44'35,800"BT
4.	ST. 4	692390,974; 9203995,217 / 7°11'52,832"LS - 112°44'32,459"BT
5.	ST. 5	692459,799; 9203682,375 / 7°12'03,007"LS - 112°44'34,741"BT
6.	ST. 6	692328,405; 9203544,724 / 7°12'07,504"LS - 112°44'30,476"BT
7.	ST. 7	692594,321; 9203597,907 / 7°12'05,740"LS - 112°44'39,136"BT

Posisi ST.1 berada di sekitaran mulut dermaga kolom Koarmatim di bawah monumen Jalesveva Jayamahe. ST. 2 berada pada sekitaran dermaga Penjelajah Utara. Sementara itu, posisi ST. 3 berada diantara dermaga Ambon dan dermaga Bandung. Sedangkan alur Supitan dermaga kolom Koarmatim diwakili oleh ST. 4 dan ST. 5. Untuk area diantara dermaga Jepara dan dermaga PT. PAL diwakili oleh ST.6 dan ST.7 yang mewakili gambaran dari area dermaga kapal selam sampai dengan dermaga Halong. Visualisasi dari penempatan stasiun pengamatan model tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Stasiun Pengamatan Model

### Skenario Simulasi

Simulasi model dibangun satu bulan penuh pada bulan Januari, April, Juli dan Oktober tahun 2016. Tiap bulan mewakili kondisi perairan musim Barat, musim Peralihan I, musim Timur dan musim Peralihan II. Sebelum model dapat mensimulasikan pergerakan sebaran sedimen dengan baik, maka diperlukan validasi terhadap parameter model yang digunakan. Setelah validasi dilakukan dan mencapai hasil yang baik, maka model dapat diteruskan untuk mensimulasikan pergerakan sedimen.

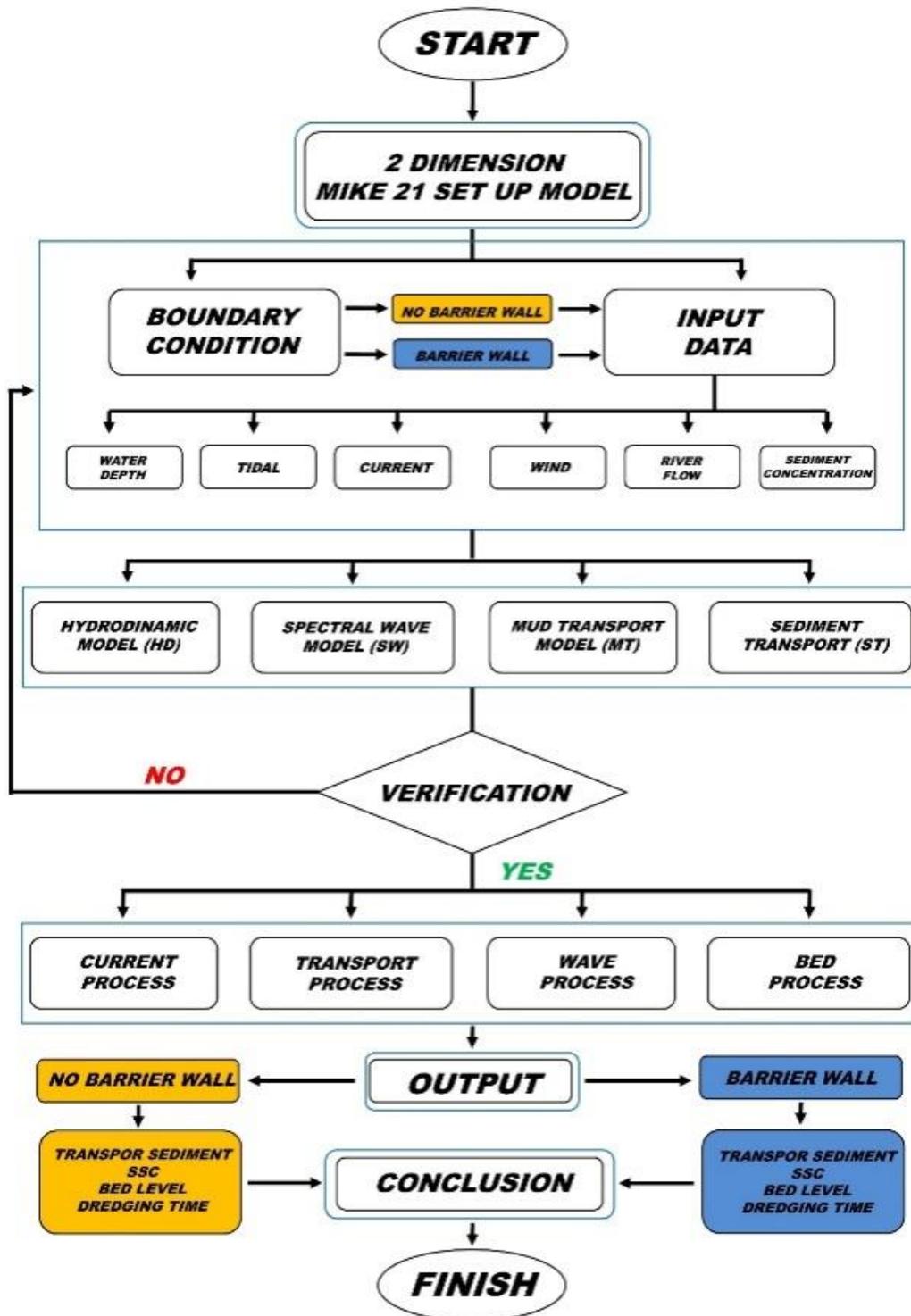
*Output* dari simulasi tersebut berupa pola arus, pola dan tinggi gelombang, pola transpor sedimen dan konsentrasi sedimen yang tersuspensi serta *bed level*. Data yang dibandingkan adalah pola transpor sedimen, konsentrasi sedimen tersuspensi dan *bed level* di perairan yang disimulasikan tidak memiliki *barrier wall* serta perairan yang memiliki *barrier wall*. Hasil perbandingan tersebut akan dikalkulasikan dengan skala

waktu tertentu untuk memperoleh tingkat efektivitas model *barrier wall* yang dibangun sebagai upaya untuk mengurangi sebaran sedimen yang masuk ke dalam dermaga kolam Koarmatim.

Beberapa asumsi dalam simulasi hidrodinamika dan sedimen yaitu sebagai berikut:

- a. Arus dibangkitkan oleh pasang surut dan angin.
- b. Lalu lintas kapal di sekitaran perairan diabaikan.
- c. Viskositas Eddy dianggap konstan pada nilai 0,28.
- d. Gaya Coriolis diabaikan karena berada di perairan dangkal.
- e. Nilai awal di semua titik adalah homogen ( $t = t_0$ ).
- f. *Bed Roughness* (0,001 m), *Erosion coefficient* (0,0000005 kg/m<sup>2</sup>/s) dan *Density of Bed Layer* (180 kg/m<sup>3</sup>) adalah konstan.

Diagram Alir Penelitian



**ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

**Verifikasi Elevasi Pasang Surut data Model dan Data BIG**

Verifikasi terhadap elevasi pasang surut dilakukan pada data stasiun BIG dengan data hasil model yang berada pada posisi 692206,371717138 atau 7° 12' 5,091" LS dan

9203619,30216903 atau 112° 44' 26,489" BT. Hasilnya ditampilkan pada Tabel di bawah ini.

NO	MUSIM	RMSE	KORELASI
1.	Barat	0,0714	0,9909
2.	Peralihan I	0,0938	0,9887
3.	Timur	0,0841	0,9875
4.	Peralihan II	0,0649	0,9949

Dari data verifikasi di atas terlihat bahwa verifikasi menggunakan metode RMSE tertinggi diperoleh pada musim Peralihan II atau pada bulan Oktober 2016 sebesar 0,0649 dan nilai RMSE terendah terjadi pada musim Peralihan I atau pada bulan April 2016 dengan nilai 0,0938. Bila menggunakan pendekatan korelasi, maka nilai terbaik diperoleh pada musim Peralihan II atau pada bulan Oktober 2016 dengan nilai 0,9949. Sedangkan nilai terendah diperlihatkan pada musim Timur atau pada bulan Juli 2016 dengan nilai sebesar 0,9875. Salah satu detail grafiknya terlihat seperti pada Gambar di bawah ini.



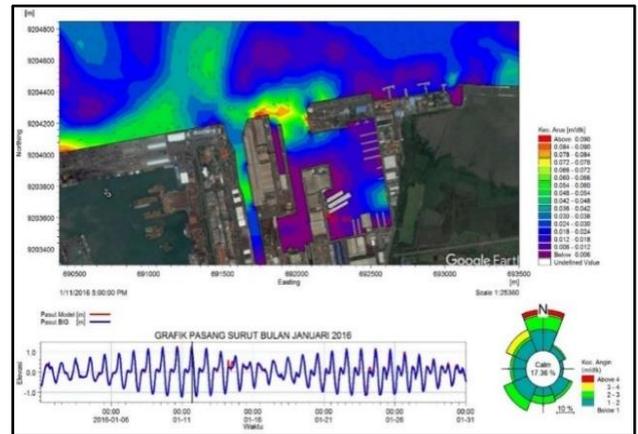
Grafik Verifikasi Bulan Oktober 2016

### Pola Arus Berdasarkan Musim

Hasil pemodelan menunjukkan nilai yang berbeda tiap musimnya. Berdasarkan hal tersebut, maka diketahui bahwa arus tertinggi pada model sebesar 0,40 meter/detik. Arus tersebut terjadi saat musim Peralihan I pada fase menuju pasang pada tanggal 10 April 2016 pukul 01.00 WIB dan pasang tertinggi pada tanggal yang sama pukul 05.00 WIB. Sementara itu, kecepatan arus minimum terkecil sebesar kurang dari 0,008 meter/detik. Arus tersebut terjadi pada musim Peralihan I saat surut terendah pada tanggal 05 April 2016 pukul 21.00 WIB dan saat musim Timur pada fase pasang tertinggi tanggal 05 Juli 2016 pukul 04.00 WIB. Fase arus maksimum dan minimum terlihat pada Tabel berikut.

NO	PENGAMATAN	MUSIM	MAX	MUSIM	MIN
1.	Menuju Pasang	Peralihan I	0,40 m/dtk	Timur	0,008 m/dtk
2.	Pasang Tertinggi	Peralihan I	0,40 m/dtk	Timur	<0,008 m/dtk
3.	Menuju Surut	Peralihan I	0,12 m/dtk	Timur	0,008 m/dtk
4.	Surut Terendah	Peralihan I	0,12 m/dtk	Peralihan I	<0,008 m/dtk

Salah satu detail Gambar model terlihat seperti di bawah ini.



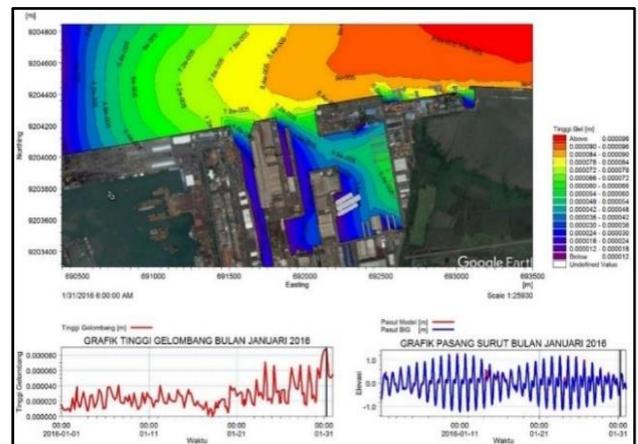
Pola Arus Saat Pasang Tertinggi Bulan Januari 2016

### Pola dan Tinggi Gelombang Berdasarkan Musim

Berdasarkan hasil model juga dapat diketahui bahwa nilai gelombang tertinggi di daerah penelitian sebesar 0,0000871 meter. Gelombang tersebut terjadi pada musim Barat tanggal 31 Januari 2016 pukul 06.00 WIB. Sementara itu gelombang terendah bernilai 0 meter terjadi sebanyak 3 kali pada musim Barat, Peralihan I dan Peralihan II. Masing-masing terjadi pada tanggal 18 Januari 2016 pukul 06.00 WIB, tanggal 13 April 2016 pukul 06.00 WIB dan pada tanggal 25 Oktober 2016 pukul 00.00 WIB. Data selengkapnya tersaji sebagai berikut.

NO	MUSIM	MAKS	WAKTU	MIN	WAKTU
1.	Barat	0,0000871 m	31/1/16 06.00	0 m	18/1/16 06.00
2.	Peralihan I	0,0000352 m	25/4/16 06.00	0 m	13/4/16 06.00
3.	Timur	0,0000496 m	7/7/16 18.00	0,0000221 m	01/7/16 00.00
4.	Peralihan II	0,0000331 m	01/10/16 18.00	0 m	25/10/16 00.00

Simulasi model salah satunya terlihat seperti pada Gambar di bawah ini.



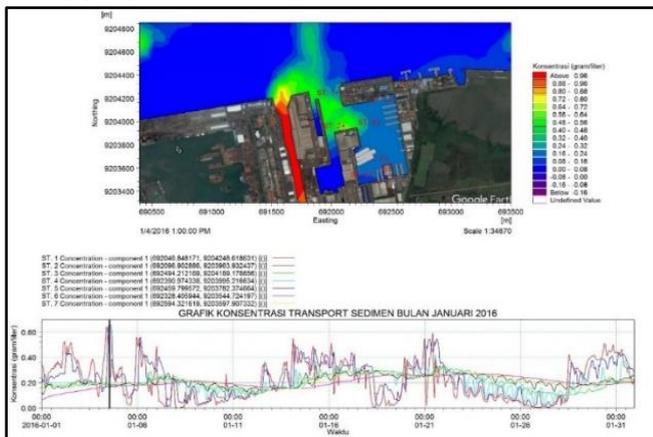
Pola dan Tinggi Gelombang Maksimum di Selat Madura pada Bulan Januari 2016

## Pola Transpor Sedimen Tanpa Barrier Wall Berdasarkan Musim

Pengamatan tiap stasiun selama musim Barat, musim Peralihan I, musim Timur dan musim Peralihan II menghasilkan nilai transpor sedimen maksimum dan minimum yang berbeda-beda. Nilai akumulasi tertinggi terjadi di ST. 2 pada musim Barat sebesar 166,603 gram/liter. Sebaliknya, hasil akumulasi terendah terjadi pada ST. 6 pada musim Timur dengan nilai 17,105 gram/liter. Nilai tersebut ditampilkan pada Tabel di bawah ini.

NO	MUSIM	NILAI MAKS	ST	NILAI MIN	ST
1.	Barat	166,603 gram/liter	2	149,214 gram/liter	6
2.	Peralihan I	113,455 gram/liter	2	92,801 gram/liter	6
3.	Timur	30,244 gram/liter	2	17,105 gram/liter	6
4.	Peralihan II	133,063 gram/liter	2	72,552 gram/liter	6

Contoh Gambar hasil model transpor sedimen tanpa *barrier wall* adalah sebagai berikut.



Pola Transpor Sedimen Tertinggi pada Bulan Januari 2016

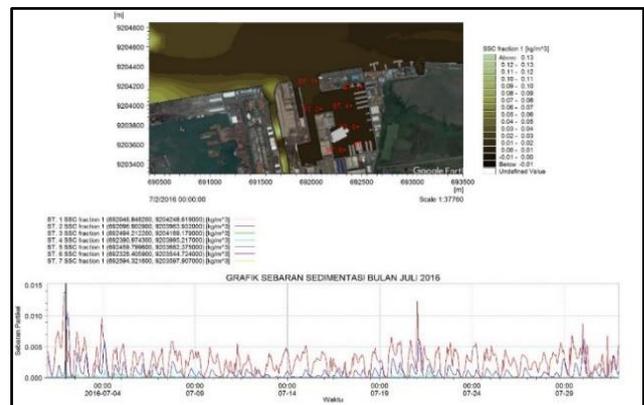
## Pola Sebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Tanpa Barrier Wall Berdasarkan Musim

Hasil pemodelan juga menunjukkan beberapa fenomena dimana akumulasi *suspended sediment concentration* tidak menyebar merata, namun lebih cenderung menumpuk di beberapa titik saja. Akumulasi penumpukan tertinggi terjadi selalu pada ST.1, akan tetapi nilai terbesar terjadi pada saat musim Barat dengan total SSC sebesar 2,891405214 kilogram/meter<sup>3</sup>. Hal yang sama juga terjadi pada ST.6 yang selalu menunjukkan nilai SSC terendah. Akan tetapi

hasil model menunjukkan bahwa nilai akumulasi terendah terjadi pada saat musim Timur sebesar 0,000009395 kilogram/meter<sup>3</sup>. Akumulasi SSC maksimum dan minimum selengkapnya ditampilkan pada Tabel berikut.

NO	MUSIM	NILAI MAKS	ST	NILAI MIN	ST
1.	Barat	2,891405214 kg/m <sup>3</sup>	1	0,000338769 kg/m <sup>3</sup>	6
2.	Peralihan I	2,850023209 kg/m <sup>3</sup>	1	0,000339011 kg/m <sup>3</sup>	6
3.	Timur	1,993947569 kg/m <sup>3</sup>	1	0,000009395 kg/m <sup>3</sup>	6
4.	Peralihan II	2,288076498 kg/m <sup>3</sup>	1	0,000199283 kg/m <sup>3</sup>	6

Salah satu contoh hasil *running* modelnya adalah sebagai berikut.



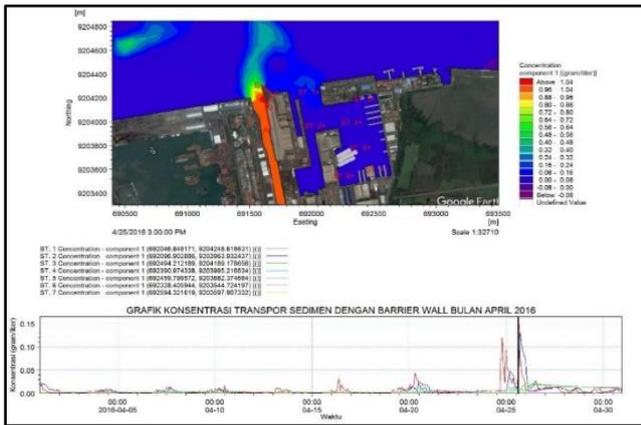
Pola Sebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Bulan Juli 2016

## Pola Transpor Sedimen Dengan Barrier Wall Berdasarkan Musim

Pola yang sama ditunjukkan oleh nilai transpor sedimen pada daerah penelitian yang dilengkapi oleh bangunan model *barrier wall*. Akumulasi terbesar terjadi di ST. 1 dengan nilai maksimum 85.341 gram/liter pada musim Timur. Untuk nilai paling kecil terjadi pada ST. 6 dengan nilai 2,863 gram/liter yang terjadi pada musim Peralihan I. Gambaran umum tiap musim tersaji pada Tabel di bawah ini.

NO	MUSIM	NILAI MAKS	ST	NILAI MIN	ST
1.	Barat	48,691 gram/liter	1	34,963 gram/liter	6
2.	Peralihan I	04,486 gram/liter	1	02,863 gram/liter	6
3.	Timur	85,341 gram/liter	1	60,900 gram/liter	6
4.	Peralihan II	28,025 gram/liter	1	17,922 gram/liter	6

Salah satu hasil pemodelannya seperti gambar di bawah ini.



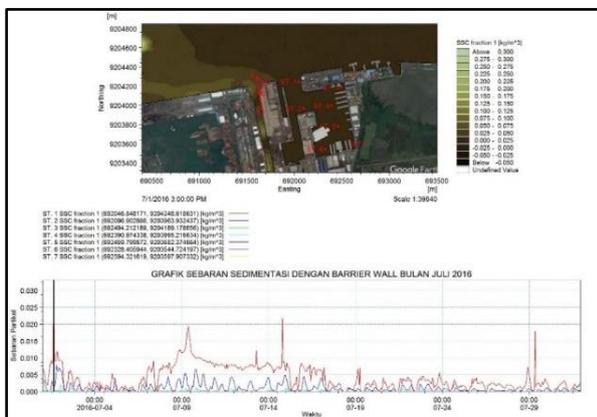
Pola Transpor Sedimen Tertinggi dengan Barrier Wall pada Bulan April 2016

### Pola Sebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dengan Barrier Wall Berdasarkan Musim

SSC dari hasil model *barrier wall* berbanding lurus dengan nilai transpor sedimennya. Nilai akumulasi terbesar terjadi pada ST.1 pada musim Timur dengan nilai 2,97618518 kilogram/meter<sup>3</sup>. Nilai terendah terjadi di ST. 6 pada musim Timur dengan nilai sebesar 0,00016262 kilogram/meter<sup>3</sup>. Tabel data tiap musim tersaji sebagai berikut.

NO	MUSIM	NILAI MAKS	ST	NILAI MIN	ST
1.	Barat	2,85170883 kg/m <sup>3</sup>	1	0,00342790 kg/m <sup>3</sup>	6
2.	Peralihan I	2,07075016 kg/m <sup>3</sup>	1	0,00027410 kg/m <sup>3</sup>	6
3.	Timur	2,97618518 kg/m <sup>3</sup>	1	0,00016262 kg/m <sup>3</sup>	6
4.	Peralihan II	2,38034299 kg/m <sup>3</sup>	1	0,00038727 kg/m <sup>3</sup>	6

Salah satu hasil pemodelan dua dimensinya terlihat seperti pada Gambar di bawah ini.



Pola Sebaran Konsentrasi Sedimen Tersuspensi dengan Barrier Wall Bulan Juli 2016

### Perbandingan Nilai Transpor Sedimen Sebelum dan Sesudah Adanya Pemodelan Barrier Wall

Adanya model bangunan *barrier wall* menciptakan efektivitas yang bisa diukur dari selisih yang dihasilkan, dalam hal ini adalah transpor sedimen. Selisih terbesar transpor sedimen yang dihasilkan berdasarkan perhitungan terjadi pada ST. 5 pada musim Barat sebesar 120,880 gram/liter. Selisih terkecil berdasarkan perhitungan data model terjadi pada ST. 6 pada musim Timur sebesar 43,795 gram/liter. Namun selisih terkecil tersebut justru semakin menambah banyaknya akumulasi transpor sedimen di stasiun 6. Data umum selengkapnya tersaji pada Tabel di bawah ini.

NO	MUSIM	SELISIH MAKS	ST	SELISIH MIN	ST
1.	Barat	Turun 120,880 gr/lt	5	Turun 108,310 gr/lt	4
2.	Peralihan I	Turun 109,000 gr/lt	2	Turun 89,938 gr/lt	6
3.	Timur	Naik 56,120 gr/lt	1	Naik 43,795 gr/lt	6
4.	Peralihan II	Turun 106,552 gr/lt	2	Turun 54,630 gr/lt	6

### Perbandingan Nilai Konsentrasi Sedimen Tersuspensi Sebelum dan Sesudah Adanya Pemodelan Barrier Wall

Selisih SSC maksimum dan minimum pada perairan yang diberi model bangunan *barrier wall* tidak terkonsentrasi pada satu stasiun pengamatan saja. Selisih yang memiliki nilai maksimum berada di ST. 1, 2 dan 4. Namun selisih nilai tertingginya berada pada ST. 1 pada musim Timur sebesar 0,9822 kilogram/meter<sup>3</sup>. Untuk selisih minimum hanya terlihat pada ST. 5 dan ST. 6. Akan tetapi selisih terkecilnya terjadi di ST. 6 pada musim Peralihan I sebesar 0,00006 kilogram/meter<sup>3</sup>. Hasil selengkapnya tiap musim tersaji pada Tabel berikut.

NO	MUSIM	SELISIH MAKS	ST	SELISIH MIN	ST
1.	Barat	Naik 0,1575 kg/m <sup>3</sup>	4	Naik 0,0030 kg/m <sup>3</sup>	6
2.	Peralihan I	Turun 0,7792 kg/m <sup>3</sup>	1	Turun 0,00006 kg/m <sup>3</sup>	6
3.	Timur	Naik 0,9822 kg/m <sup>3</sup>	1	Naik 0,000024 kg/m <sup>3</sup>	5
4.	Peralihan II	Turun 0,3765 kg/m <sup>3</sup>	2	Naik 0,0001 kg/m <sup>3</sup>	6

### Perbandingan Pendangkalan Berdasarkan Analisis *Bed Load* Sebelum dan Sesudah Adanya Pemodelan *Barrier Wall*

Hasil model memperlihatkan bahwa nilai maksimum terbesar dari selisih nilai *bed level* pada tahun 2016 terjadi pada saat musim Barat. Selisih tersebut membuat stasiun pengamatan 6 menjadi lebih dalam 11,898 sentimeter sesudah adanya model bangunan *barrier wall*. Sementara itu, selisih *bed level* terkecil diperlihatkan pada stasiun 7 di musim Peralihan II. Nilai tersebut memperdalam area pengamatan sebesar 0,002 sentimeter. Data selengkapnya tersaji sebagai berikut.

NO	MUSIM	NILAI MAKS	ST	NILAI MIN	ST
1.	Barat	-11,898 cm	6	-0,239 cm	7
2.	Peralihan I	-6,917 cm	2	-0,004 cm	7
3.	Timur	-6,665 cm	2	-0,004 cm	7
4.	Peralihan II	-6,889 cm	2	-0,002 cm	7
Ket: + Semakin dangkal - Semakin dalam					

### Estimasi Penumpukan Sedimen Sebelum dan Sesudah Pembangunan Model *Barrier Wall*

Hasil pemodelan pada perairan yang tidak memiliki *barrier wall* dan yang memiliki bangunan model *barrier wall* menunjukkan perbedaan *bed level* pada setiap stasiun pengamatan. Perbedaan tersebut mengakibatkan pendangkalan atau bahkan membuat daerah penelitian menjadi semakin dalam. Perbedaan tersebut dicantumkan dalam Tabel di bawah ini.

STAS IUN	KEDALAMA N AWAL	HASIL MODEL	
		TANPA BARRIER	DENGAN BARRIER
1	1,82	1,813755	1,7790875
2	5,22	5,21112	5,24521
3	4,95	4,94242	4,953085
4	4,1	4,0929775	4,1191625
5	7,12	7,1189025	7,10675
6	4,7	4,697335	4,731675
7	5,76	5,7505775	5,7512
*Dalam satuan meter			

Apabila selisih *bed level* tersebut dikalkulasikan dalam kurun waktu tertentu, maka akan terjadi penumpukan dan pengurangan sedimen di titik-titik tertentu. Bila perairan tersebut tidak ada bangunan model

*barrier wall*, maka sedimentasi akan menyebar ke seluruh stasiun pengamatan model. Akan tetapi, dengan adanya model *barrier wall*, maka sedimentasi tersebut akan menumpuk di titik-titik tertentu dan di sisi lain juga bisa memperdalam di sekitaran sisi-sisi tersebut. Hal ini dimungkinkan karena sedimentasi akan selalu mencari titik kesetimbangannya di daerah pengendapan.

Pada simulasi tanpa *barrier wall*, sedimen akan menyebar dan menumpuk dengan jumlah ketebalan dalam satu tahun sebesar 4,29125 sentimeter atau rata-rata setiap stasiun mengalami pendangkalan sebesar 0,613 sentimeter. Bila hal tersebut dibiarkan terjadi terus menerus, maka dalam lima tahun ke depan, yaitu pada tahun 2021 diprediksi ketebalan sedimentasi tersebut berada pada jumlah nilai sebesar 21,45625 sentimeter atau rata-rata 3,065 sentimeter. Sepuluh tahun kemudian, yaitu pada tahun 2026, ketebalan tersebut diprediksi akan mencapai angka sebesar 42,9125 sentimeter atau rata-ratanya adalah mengalami pendangkalan sebesar 6,131 sentimeter.

Bila perairan tersebut dilengkapi dengan *barrier wall*, maka hasil simulasi model menunjukkan bahwa penumpukan sedimen terjadi di titik-titik tertentu saja. Sementara itu, di daerah lainnya akan menyebabkan penambahan kedalaman akibat material sedimen yang bergeser sebagai upaya untuk mencari titik kesetimbangannya. Pada model ini, penumpukan material sedimen tersebut hanya terjadi pada ST. 1, ST. 5 dan ST. 7. Stasiun lainnya menunjukkan penambahan kedalaman yang cukup berarti. Apabila dijumlahkan, maka kehadiran *barrier wall* secara umum akan menambah kedalaman sebesar 1,617 sentimeter pada tahun pertama atau rata-rata penambahan tersebut sebesar 0,231 sentimeter. Di tahun 2021 atau lima tahun kemudian, jumlah penambahan kedalamannya mencapai 8,085 sentimeter atau rata-rata sebesar 1,155 sentimeter. Pada tahun kesepuluh atau di tahun 2021, penambahan kedalamannya akan mencapai 16,17 sentimeter dengan rata-rata sebesar 2,311 sentimeter.

STASIUN	BED LEVEL DALAM CM					
	1 TH		5 TH		10 TH	
	SBLM	SSDH	SBLM	SSDH	SBLM	SSDH
1	-0,6245	4,09125	-3,1225	20,45625	-6,245	40,9125
2	-0,888	2,521	-4,44	12,605	-8,88	25,21
3	-0,758	0,3085	-3,79	1,5425	-7,58	3,085
4	0,70225	1,91625	-3,51125	9,58125	-7,0225	19,1625
5	0,10975	-1,325	-0,54875	-6,625	-1,0975	-13,25
6	-0,2865	3,1675	-1,3325	15,8375	-2,665	31,675

7	- 0,94225	-0,88	-4,71125	-4,4	-9,4225	-8,8
JUMLAH	4,29125	1,617	21,45625	8,085	42,9125	16,17
RATA2	-0,613	0,231	-3,065	1,155	-6,131	2,31
* (+) = Semakin dalam * (-) = Semakin dangkal						

Bila diasumsikan pendangkalan akibat sedimentasi mengganggu alur lalu lintas pelayaran pada ketebalan 40 sentimeter, maka perawatan alur dermaga dengan *barrier wall* tersebut bisa dilakukan hanya pada ST. 1, ST. 5 dan ST. 7. Namun perawatan tersebut bisa hanya berfokus pada ST. 1 tiap 10 tahun sekali, yaitu pada kurun waktu tahun 2026. *Dredging* tidak perlu dilakukan di semua area dermaga, cukup pada satu titik yang sudah diketahui nilai pendangkalannya. Hal ini tentu akan berpengaruh positif terhadap biaya operasional dan perawatan kawasan dermaga kolam Koarmatim yang harus dilakukan tiap tahunnya secara terus menerus.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan penjabaran hasil penelitian di bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan. Kesimpulan tersebut diambil dari fenomena hidrodinamika di daerah penelitian, pola sebaran sedimentasi sebelum adanya bangunan model *barrier wall*, pola sebaran sedimentasi sesudah adanya bangunan model *barrier wall* dan estimasi waktu *dredging* dalam skala waktu tertentu. Kesimpulannya adalah sebagai berikut:

a. Hasil pemodelan ini mampu mendekati fenomena hidrodinamika sebenarnya di perairan sekitar dermaga kolam Koarmatim. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai RMSE tertinggi sebesar 0,0649 di musim Peralihan II dan RMSE terkecil diperoleh di musim Peralihan I sebesar 0,0938. Konsistensi data yang dibandingkan memperoleh nilai korelasi tertinggi sebesar 0,9949 di musim Peralihan II dan korelasi terkecil sebesar 0,9875 di musim Timur. Arus tertinggi terjadi di utara dermaga Madura pada musim Peralihan I saat perairan menuju pasang tanggal 10 April 2016 pukul 01.00 WIB dan saat pasang tertinggi pukul 05.00 WIB dengan kekuatan sebesar 0,4 meter/detik. Sementara itu arus terlemah terjadi di ST. 6 pada musim Peralihan I saat surut terendah, tepatnya pada tanggal 05 April 2016 pukul 21.00 WIB dan di musim Timur pada saat pasang

tertinggi tanggal 05 Juli 2016 pukul 04.00 WIB dengan nilai kurang dari 0,008 meter/detik. Selanjutnya, gelombang tertinggi di utara dermaga Madura terjadi pada musim Barat pada tanggal 18 Januari 2016 pukul 06.00 WIB setinggi 0,0000871 meter. Gelombang terkecil terjadi di tiga musim, yaitu pada musim Barat tanggal 18 Januari 2016 pukul 06.00 WIB, pada musim Peralihan I tanggal 13 April 2016 pukul 06.00 WIB dan pada musim Peralihan II tanggal 25 Oktober 2016 pukul 00.00 WIB sebesar 0 meter. Gelombang ini terjadi di dermaga kolam Koarmatim pada area stasiun pengamatan nomor enam.

b. Pola sebaran sedimentasi tanpa *barrier wall* diketahui dari hasil analisa model terhadap nilai transpor sedimen, SSC (*Suspended Sediment Concentration*) dan *bed level*-nya. Akumulasi nilai transpor sedimen tertinggi terjadi di musim Barat pada ST. 2 sebesar 166,603 gram/liter. Sementara itu, nilai akumulasi terendah terjadi pada musim Timur di ST. 6 dengan nilai 17,105 gram/liter. Bila diamati dari nilai SSC, maka akumulasi tertinggi terjadi pada musim Barat di ST. 1 sebesar 2,891405214 kilogram/meter<sup>3</sup>. Sedangkan akumulasi SSC terendah terjadi pada musim Timur di ST. 6 dengan nilai 0,000009395 kilogram/meter<sup>3</sup>. Dari sudut pandang *bed level*, perubahan kedalaman yang ditunjukkan oleh hasil model di semua stasiun pengamatan mengarah pada pendangkalan. Area pendangkalan tertinggi terjadi pada ST. 7 dengan nilai 0,94225 sentimeter per tahunnya, sedangkan area yang mengalami pendangkalan paling rendah pada ST. 5 sebesar 0,10975 sentimeter per tahunnya.

c. Pola sebaran sedimentasi dengan *barrier wall*, akumulasi nilai transpor sedimen tertinggi terjadi di musim Timur pada ST. 1 sebesar 85,341 gram/liter. Sedangkan, nilai akumulasi terendah terjadi pada musim Peralihan I di ST. 6 dengan nilai 2,863 gram/liter. Untuk nilai SSC dengan akumulasi tertinggi terjadi pada musim Timur di ST. 1 sebesar 2,97618518 kilogram/meter<sup>3</sup>. Sementara itu, akumulasi SSC terendah terjadi pada musim Timur di ST. 6 dengan nilai 0,00016262

kilogram/meter<sup>3</sup>. Bila dilihat dari perubahan *bed level*, tidak semua area penelitian mengalami pendangkalan. Ada titik-titik pengamatan model yang justru mengalami penambahan kedalaman. Stasiun pengamatan yang mengalami pendangkalan berjumlah tiga stasiun, yaitu ST. 1, 5 dan 7. Sedangkan stasiun yang mengalami penambahan kedalaman adalah ST. 2, 3, 4 dan 6. Perubahan *bed level* tertinggi terjadi pada ST. 1 dengan nilai 4,09125 sentimeter per tahunnya, namun mengarah pada pendangkalan. Sedangkan area yang mengalami perubahan *bed level* paling rendah terjadi pada ST. 3 sebesar 0,3085 sentimeter per tahunnya dan mengarah pada penambahan kedalaman.

d. Estimasi waktu dan tempat serta *dredging* area penelitian sebelum dan sesudah adanya *barrier wall* memiliki beberapa perbedaan yang cukup mencolok. Tidak adanya bangunan model *barrier wall* akan membuat seluruh area penelitian mengalami pendangkalan rata-rata 0,613 sentimeter per tahunnya, dan diestimasikan harus dilakukan *dredging* setelah 10 tahun. Berbeda dengan area penelitian yang sudah dilengkapi dengan bangunan model *barrier wall*. Pendangkalan hanya terjadi pada ST. 1, 5 dan 7. Bahkan apabila dirata-ratakan, area tersebut masih mengalami penambahan kedalaman 0,231 sentimeter setiap tahunnya. Oleh karena itu, kegiatan *dredging* pada setiap 10 tahun nantinya bisa dilakukan hanya pada ST. 1, 5 dan 7 saja. Hal ini tentu saja akan memberikan efisiensi waktu, tenaga serta biaya operasional perawatan area dermaga itu sendiri.

## 5.2 Saran

Penelitian ini berhasil dilakukan dengan verifikasi level kecocokan model yang cukup besar, karena memperoleh nilai RMSE terbesar senilai 0,0649 dan verifikasi konsistensi data cukup baik dari hasil korelasi tertinggi senilai 0,9949. Namun penelitian ini hanya menyajikan hasil dari satu model *barrier wall* saja. Walaupun demikian, dengan menggunakan satu model *barrier wall* inipun telah mampu menghasilkan rekomendasi terkait dengan tingkat efektivitas *barrier wall* dan periode *dredging*. Oleh karena itu disarankan untuk dilakukan penelitian

pemodelan lanjutan dengan skenario *barrier wall* yang berbeda dengan harapan agar di masa mendatang didapatkan model *barrier wall* yang paling efektif untuk mengurangi pendangkalan yang terjadi di dermaga kolam Koarmatim Surabaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cahyo, T. N. (2012). *Hidrodinamika dan Sebaran Materi Padatan Tersuspensi di Perairan Pelawangan Barat, Segara Anakan Cilacap*. Institut Pertanian Bogor.
- Darmawan, Eko. (2014). *Estimasi Pola Transport dan Sedimentasi Menggunakan Pemodelan Numerik Terhadap Rencana Pembangunan Dermaga TNI AL di Perairan Tawiri Teluk Ambon*. Tugas Akhir, STTAL, Jakarta.
- Dishidros, (2013). *Peta Laut Pelabuhan Surabaya dan Gresik*. Peta Laut No.84, Dinas Hidrografi Oseanografi TNI AL, Jakarta.
- Dyer, K. R. (1986). *Coastal and Estuarine Sediment Dynamics*. John Wiley & Sons, British.
- Dyke, P. *Modeling Coastal and Offshore Processes*. Imperial College Press. University of Plymouth, UK.
- ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast)., (2016). *Data Angin Zonal dan Meridional*. [www.ecmwf.int](http://www.ecmwf.int). Maret 2017.
- Hadi dan Radjawane. (2009). *Diktat Kuliah Arus*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Kjerfve, B. and Magill, K. E (1989) *Geographic and Hydrodynamic Characteristics of Shallow Coastal Lagoons*. *Marine Geology*, 88 (1989) 187-199. Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam.
- Kuswardani, A. R. T. D. (2017). *Kuliah Tentang Pemodelan*. Jakarta.
- Pandoe, W. W. dan Edge, B. L. (2008). *Case Study for a Cohesive Sediment Transport Model for Matagorda Bay, Texas, with Coupled ADCIRC 2D Transport and SWAN Wave Models*. *Journal of Hydraulic Engineering*, Volume 134, number 3, ASCE.
- Pandoe, W. W. (2017). *Kuliah Tentang Pemodelan*. Jakarta.
- Poerbandono, dan Djunarsjah, E. (2005). *Survey Hidrografi*. Refika Aditama, Bandung.
- Pond and Pickard, (1983). *Introducy Dynamical Oceanography. Second Edition*. New York.

- Prihantoro, G. A. (2015). *Analisis Simulasi Pergerakan Benda Terapung Menggunakan Pemodelan Numerik 2D Dalam Operasi Search and Rescue (SAR) di Laut*. Tugas Akhir, STTAL, Jakarta.
- Pushidrosal. (2015). *Kepanduan Bahari Wilayah II*. Dermaga Komando Armada RI Kawasan Timur.
- Ramming, H. and Kowalik, Z. (1980). *Numerical Modelling of Marine Hydrodynamics (Applications to Dynamic Physical Processes)*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.
- Roelvink, D. and Reniers, A. *A Guide to Modeling Coastal Morphology (Advances in Coastal and Ocean Engineering)*. Volume 12. World Scientific. UNESCO-IHE and Deltares, The Netherland. University of Miami, USA.
- Roisin, B. C. and Beckers, J. (2009). *Introduction to Geophysical Fluid Dynamics (Physical and Numerical Aspects)*. Academic Press. Library of Congress Cataloging in Publication Data. USA.
- Shepard, F. P. (1954). *Nomenclatur Based on Sand-Silt-Clay Ratios of Sedimentary Petrology*. 24 (3):151-158.
- Suliyanto. (2012). *Analisis Statistik (Pendekatan praktis dengan Microsoft Excel)*. ANDI. Yogyakarta.
- Triatmojo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Cetakan Kedua. Beta Offset. Yogyakarta.
- Warrier, A. K et.all. (2015). *Sediment Grain Size and Surface Textural Observations of Quartz Grains in Late Quaternary Lacustrine Sediments from Schirmacher Oasis, East Antarctica: Paleoenvironmental Significance*. *Polar Science* 10 (2016) 89 100. Elsevier.
- Wenworth, C. K. (1922). *A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments*. *Journal Geology* (30):377-392.
- Yunita, A. (2016). *Pemodelan Transpor Sedimen Kohesif Pada Teluk Ambon Dalam*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Volume 8, No 2, Halaman 671-687, Desember 2016. IPB.
- <http://www.deayorti.com>. Diakses pada bulan Maret 2017.
- <http://www.hurri.kean.edu/manfrino/oceanography/Ch7.PPT>. Diakses pada bulan April 2017.
- <http://www.tides.big.go.id.8888/deskripsi>. Diakses pada bulan Juni 2017.