

## Bab III Metodologi Penelitian

### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi studi ini adalah perairan di sekitar perairan muara Sungai Dumai seperti ditunjukkan pada Gambar 3- 1.



**Gambar 3- 1. Lokasi Studi**

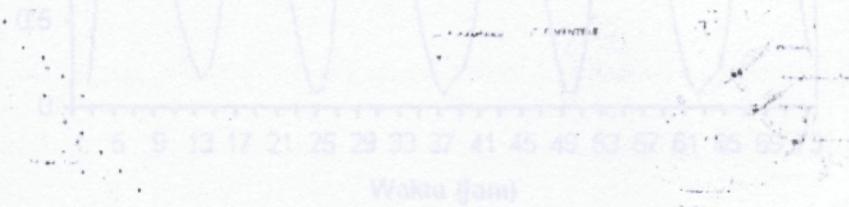
Penelitian ini dilaksanakan dari Februari 2009 hingga Juni 2009. waktu pelaksanaan penelitian dibagi dua, yaitu masa waktu pertama untuk pengumpulan data primer dan sekunder sekaligus melakukan survai lapangan dan waktu kedua untuk penyusunan laporan. Pengumpulan data primer, sekunder dan survai lapangan dilakukan dengan masa waktu satu bulan. Sedangkan analisis dan penyusunan laporan dilakukan selama tiga bulan.

### 3.2. Jenis dan Sumber Data

Dalam studi ini data-data yang dibutuhkan merupakan data primer yaitu data yang diperoleh dari hasil survey lapangan yang dilakukan oleh konsultan dan data sekunder yang diperoleh dari instansi yang terkait. Data-data yang dibutuhkan dalam kajian model RMA2 matematik secara umum adalah sebagai berikut :

- Data batimetri

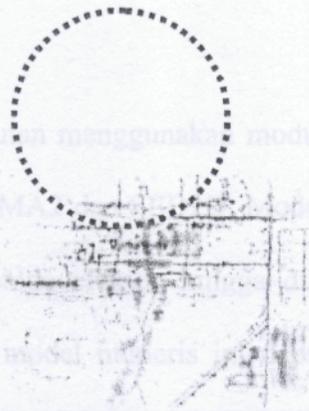
Data batimetri merupakan data kedalaman laut pada sekitar lokasi pekerjaan. Data batimetri bisa berupa data primer dan data sekunder. Dalam pekerjaan ini data batimetri yang digunakan adalah data sekunder. *Layout* perairan Selat Rupat ditunjukkan pada Gambar 3- 2.



Gambar 3- 3. Gambar pasang surut selama 72 jam

### 3.3. Rancangan Model Matematik

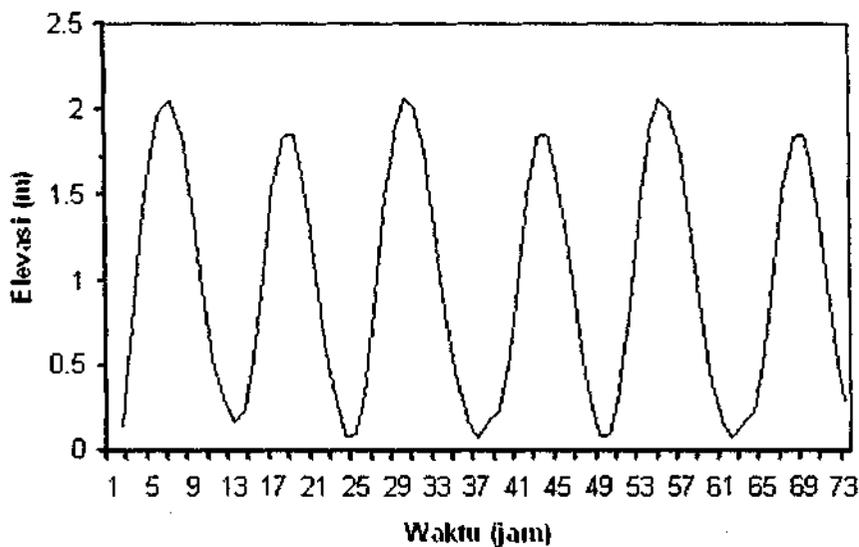
Simulasi hidrodinamika aliran dan sedimen polutan menggunakan model yang terdapat pada perangkat lunak Boss SMS, yaitu M... hidrodinamika tersebut merupakan model dengan dimensi horisontal dengan rerata kedalaman. Dengan model ini teris...



Gambar 3- 2. Layout Selat Rupat

- Data pasang surut

Data pasang surut yang digunakan dalam model adalah data hasil simulasi pasang surut selat Malaka secara keseluruhan. Pasang surut yang terjadi disekitar Muara Sungai Dumai yang dipakai sebagai data pasang surut model. Pasang surut hasil pengamatan seperti ditunjukkan pada Gambar 3-3.



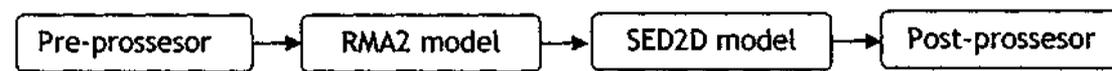
Gambar 3- 3. Gambar pasang surut selama 72 jam

### 3.3. Rancangan Model Matematik

Simulasi hidrodinamika aliran dan sedimen polutan menggunakan modul yang terdapat pada perangkat lunak Boss SMS, yaitu RMA2 dan SED2D. Model hidrodinamika tersebut merupakan model dengan metode elemen hingga dua dimensi horisontal dengan rerata kedalaman. Dengan model numeris ini dapat diprediksi pola aliran, elevasi muka air dan komponen kecepatan horisontal, baik

pada kondisi aliran permanen (*steady flow*) maupun aliran tak permanen (*unsteady flow*) serta sedimentasi.

Untuk melakukan simulasi sedimen maka diperlukan simulasi hidrodinamik arus terlebih dahulu. Hasil simulasi arus digunakan sebagai input untuk simulasi sedimen. Skema simulasi dapat disajikan dalam bagan alir seperti ditunjukkan pada Gambar 3- 4.



**Gambar 3- 4. Skematik simulasi secara keseluruhan**

### 3.3.1. Persamaan Dasar RMA 2

Model matematik RMA 2 yang digunakan untuk produksi hidrodinamika aliran didasarkan pada 2 persamaan dasar, yaitu persamaan konservasi massa (persamaan kontinuitas) dan persamaan momentum, sebagai berikut :

- Persamaan kontinuitas:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left[ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right] + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0$$

- 3-1

- Persamaan Momentum

Persamaan momentum untuk aliran dua dimensi pada arah x dan y dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut ini:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \left( \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial a_0}{\partial x} \right) - \frac{\epsilon_{xx}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\epsilon_{xy}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{gu}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \quad - 3-2$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \left( \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial a_0}{\partial y} \right) - \frac{\epsilon_{xy}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{\epsilon_{yy}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{gv}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \quad - 3-3$$

dengan :

- u = kecepatan horisontal aliran arah-x ,
- v = kecepatan horisontal arah-y,
- t = fungsi waktu ,
- g = percepatan gravitasi ,
- h = kedalaman air,
- a<sub>0</sub> = elevasi dari dasar tampang,
- ρ = massa jenis,
- ε<sub>xx</sub> = koefisien pertukaran turbulensi normal arah-x,
- ε<sub>xy</sub> = koefisien pertukaran turbulensi tangensial arah-x,
- ε<sub>yx</sub> = koefisien pertukaran turbulensi tangensial arah-y,
- ε<sub>yy</sub> = koefisien pertukaran turbulensi normal arah-y
- C = koefisien kekasaran Chezy (atau koef. Manning, n = 1/C h<sup>1/6</sup>)

### 3.3.2. Persamaan Dasar SED2D

Formula dari model adalah system dua dimensi dengan kedalaman rerata yang mana konsentrasi arah vertikal diasumsikan seragam. Modul *SED2D* merupakan aplikasi pada angkutan sedimen dengan material dasar lempung atau pasir. *SED2D* ini hanya dapat bekerja untuk satu ukuran butiran saja (gradasi butiran dasar seragam). Persamaan dasar pada *SED2D* yang di ekspresikan dalam persamaan transport dua dimensi adalah sebagai berikut:

Model *SED2D* didasarkan pada persamaan *konveksi-difusi* sedimen suspensi yaitu :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \bar{U} \frac{\partial C}{\partial x} + \bar{V} \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \alpha_1 C + \alpha_2 \dots \dots \dots \quad 3-4$$

dengan :

- C = konsentrasi,

- $\bar{U}$  = kecepatan rata-rata aliran arah x,  
 $\bar{V}$  = kecepatan rata-rata aliran arah y,  
 $D_x$  = koefisien difusi efektif arah x,  
 $D_y$  = koefisien difusi efektif arah y,  
 $\alpha_1, \alpha_2$  = koefisien *source term*

Pada persamaan di atas, koefisien difusi turbulen searah arah aliran padat dirumuskan sebagai berikut (persamaan. Elder),

$$D_x = 5.93H U^* \dots\dots\dots 3-5$$

Sedangkan koefisien *difusi* turbulen arah tegak lurus arah aliran adalah,

$$D_y = 0.23 H U^* \dots\dots\dots 3-6$$

dengan kecepatan geser dihitung dengan rumus :

$$U^* = \frac{\sqrt{g\bar{U}n}}{H^{1/6}} \dots\dots\dots 3-7$$

- dimana H = kedalaman aliran  
 U\* = kecepatan geser

**Tabel 3-1 Kecepatan pengendapan beberapa material sedimen suspensi**

Diameter (MM)	Settling Velocity in Centimeters per Second					Particle
	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	
0.01	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	Fine Silt
0.02	0.020	0.023	0.027	0.031	0.035	Median Silt
0.03	0.044	0.052	0.060	0.069	0.078	
0.04	0.078	0.092	0.107	0.122	0.139	Coarse Silt
0.05	0.122	0.143	0.167	0.191	0.217	
0.06	0.176	0.207	0.240	0.275	0.313	
0.07	0.239	0.281	0.327	0.375	0.426	Very Fine Sand
0.08	0.312	0.367	0.427	0.490	0.556	
0.09	0.395	0.465	0.540	0.620	0.704	
0.110	0.488	0.574	0.667	0.765	0.869	
0.11	0.590	0.694	0.807	0.926	1.051	
0.12	0.703	0.826	0.960	1.101	1.251	
0.13	0.825	0.970	1.127	1.293	1.468	Fine Sand
0.14	0.956	1.125	1.307	1.499	1.703	
0.15	1.098	1.291	1.501	1.721	1.955	
0.16	1.249	1.469	1.707	1.958	2.224	
0.17	1.410	1.658	1.928	2.211	2.511	
0.18	1.581	1.859	2.161	2.478	2.815	
0.19	1.761	2.072	2.408	2.761	3.136	
0.20	1.952	2.295	2.668	3.060	3.475	
F	32	41	50	59	68	

Source: Fifield, 2001

### 3.4. Operasionalisasi Pemodelan

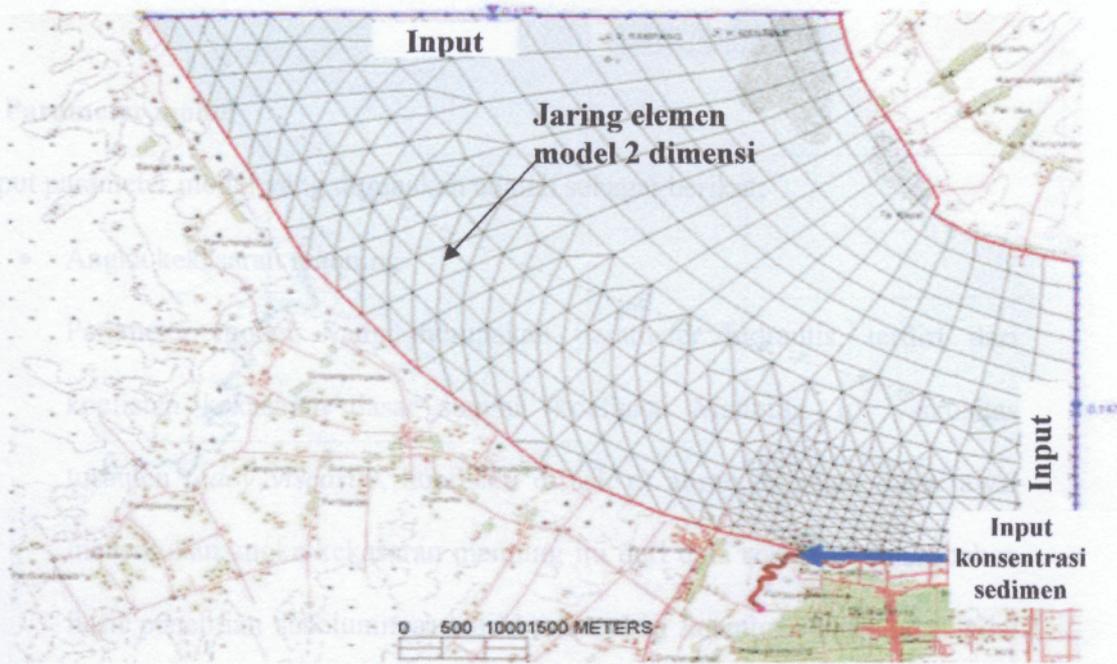
#### 3.4.1. Domain Model

Domain model merupakan batas yang digunakan dalam pemodelan dan digunakan sebagai penempatan input model dan kondisi batas. Batas domain merupakan laut dan batas darat. Batas domain dibuat lebih besar dibanding dengan area yang ditinjau. Hal ini untuk menghindari *boundary effect* yang terjadi dalam hitungan numerik hidrodinamika arus. Batas domain model arus dan sediment perairan muara Sungai Dumai ditunjukkan pada Gambar 3- 5.



**Gambar 3- 5. Gambar domain model**

Langkah awal dalam kajian adalah penetapan domain model, yaitu kawasan perairan proyek dimana pola arus akan disimulasikan. Domain model ini akan direpresentasikan ke dalam jaring elemen (*mesh*) diskrit. Jaring elemen yang digunakan dalam domain model seperti ditunjukkan pada Gambar 3- 6.



**Gambar 3- 6. Gambar Jaringan elemen domain model**

### 3.4.2. Input Parameter Model

Setelah jaring elemen terbentuk maka langkah selanjutnya adalah input data dan parameter model. Data dan parameter model yang digunakan adalah sebagai berikut:

Sungai dalam	0.018 – 0.025
Muara dangkal tanpa tumbuhan	0.020 – 0.030
Muara dalam	0.015 – 0.025
Tanah basah lebat di tanah basah	0.050 – 0.100

#### a. Pasang surut

Input data pasang surut di letakkan pada kondisi batas sebelah luar (laut lepas) yang lokasinya diambil jauh dari lokasi yang akan dikaji. Hal ini dilakukan untuk menghindari *boundary effect* pada hasil hitungan numerik. Lokasi input pasang surut seperti ditunjukkan pada Gambar 3-6.

Muara dalam	1200 – 2400
Muara dangkal	2400 – 4800
Tanah basah dengan air pasang-surut	4800 – 9500
Aliran di sekitar bangunan	50 – 240

## b. Parameter model

Input parameter model yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Angka kekasaran manning

Parameter model, yang merupakan parameter hidraulis, terdiri dari koefisien kekasaran dasar sungai (koefisien Manning,  $n$ ), viskositas turbulen (*eddy viscosity*, koefisien difusi,  $\epsilon$ ) aliran. Sebagai dasar awal menentukan angka kekasaran manning ini dari data sekunder (merupakan hasil penelitian sebelumnya) atau berdasarkan ketentuan yang ada. Nilai parameter-parameter model tersebut sangat bergantung pada sifat aliran. Kisaran nilai  $n$  dan  $\epsilon$  yang disarankan untuk berbagai jenis aliran disajikan pada Tabel 3-2 dan Tabel 3-3.

Tabel 3-2 Kisaran nilai koefisien Manning,  $n$

Aliran	Koefisien Manning, $n$ (s/m <sup>1/3</sup> )
Sungai dangkal tanpa halangan	0.025 – 0.035
Sungai dalam	0.018 – 0.025
Muara dangkal tanpa tumbuhan	0.020 – 0.030
Muara dalam	0.015 – 0.025
Tumbuhan lebat di tanah basah	0.050 – 0.100

Sumber: BOSS SMS User's Manual

Tabel 3-3 Kisaran koefisien difusi aliran,  $\epsilon$

Aliran	Koefisien Difusi, $\epsilon$ (N.s/m <sup>2</sup> )
Aliran tenang melalui sungai dangkal	240 – 1200
Aliran cepat melalui sungai dangkal	1200 – 2400
Muara dalam	2400 – 4800
Muara dangkal	9500 – 14400
Tanah basah dengan air pasang-surut	4800 – 9500
Aliran di sekitar bangunan	50 – 240

Sumber: BOSS SMS User's Manual

### 3.4.3. Konsentrasi Sedimen

Dalam simulasi model sebaran sedimen suspensi ini dilakukan 3 (tiga) skenario model yaitu:

- skenario 1 dengan input konsentrasi 0,1 kg/m<sup>3</sup>,
- skenario 2 dengan input konsentrasi 0,5 kg/m<sup>3</sup> (5 kali skenario 1),
- skenario 3 dengan input konsentrasi 1 kg/m<sup>3</sup> (5 kali skenario 2)

Lokasi input konsentrasi sedimen berkisar 1500 m dari muara Sungai Dumai, seperti ditunjukkan pada **Error! Reference source not found.** material sedimen suspensi berupa *fine silt* dengan kecepatan endap berkisar 0,009 cm/detik.

### 3.4.4. Eksekusi Model

Setelah input data sudah dilakukan semua maka langkah selanjutnya adalah eksekusi model. Dalam pekerjaan ini dilakukan dua jenis eksekusi model yaitu running model RMA2 dan SED2D. Kedua jenis running ini berkaitan, yaitu running simulasi SED2D hanya bisa dilakukan setelah ada data hidrodinamika hasil simulasi RMA2. Jadi eksekusi model SED2D dilakukan setelah RMA2. Simulasi model dilakukan dengan waktu 72 jam atau berkisar 3 hari.