

# STUDI PENGGUNAAN CURRENT DEFLECTING WALL DI PELABUHAN TEGAL

Muhammad Robby Zafnia, S.T.<sup>1</sup>, Dr. Haryo Dwito Armono<sup>2</sup> S.T., M.Eng.,  
Sholihin<sup>3</sup> S.T., M.T.

<sup>1</sup> Alumni Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS

<sup>2</sup> Tenaga pengajar Jurusan Teknik Kelautan FTK ITS

*The location of basin which nearby estuary of river generally has sediment problem. Tegal harbor one of type harbor which is close to river estuary. Suspended sediment transport in Tegal harbor resulted by seiching because of wind wave and current from depth area to shallow area. Suspended sediment transport can influence tidal filling process which represented sediment exchange mechanism. To decrease siltation rate in Tegal harbor is conducted by study of install current deflecting wall (CDW). CDW is one of EFOS method which has done in Europe harbor. Installing EFOS at new or at existing harbor optimises the suspended sediment by minimising the siltation rate. The final project use SMS 8.0 to model pattern of current and sedimentation in harbor basin at existing, at installing CDW I with have length 24 m, hypotenus length 15 m and angle 110<sup>0</sup> and placed in front of right jetty, at installing CDW II with have same modification as CDW I which placed in front of right and left jetty, at installing CDW III with half circle modification form which has length 21 m. The result of sedimentation model can reduce siltation rate by aproximately at installing CDW I 82,62%, CDW II 20,19% and 6,04%.*

**Keyword :** Sediment, CDW(current deflecting wall), EFOS (entrance flow optimization)

## 1. PENDAHULUAN

Pelabuhan Tegal merupakan pelabuhan yang berfungsi sebagai pelabuhan bongkar muat dan pelabuhan ikan. Selama ini pelabuhan Tegal mengalami masalah sedimen yang menyebabkan pendangkalan kolam labuh dan alur. Penyebab terjadinya pendangkalan di pelabuhan adalah transpor sedimen sepanjang pantai, oleh karena itu prediksi transpor sedimen sepanjang pantai sangat penting. Prediksi transpor sedimen berguna untuk mengetahui laju sedimen tiap hari yang masuk ke kolam labuh dan alur. Berdasarkan studi relokasi sungai LPPM-ITS (2006) arus pasang surut di pelabuhan Tegal menimbulkan efek turbulensi (*eddy*) di dalam kolam labuh. Terkait dengan masalah tersebut dilakukan studi optimasi pelabuhan dengan menggunakan bangunan *current deflecting wall* di pelabuhan Tegal. Hal ini berkaitan dengan masalah yang sama di pelabuhan Koehflet Hamburg. Modifikasi bentuk dan letak CDW yang paling baik

untuk mengurangi sediment merupakan salah satu tujuan dalam studi ini.

CDW merupakan salah satu metoda EFOS (*entrance flow optimization*) yang telah lama dilakukan di pelabuhan-pelabuhan Eropa. Penggunaan EFOS pada pelabuhan baru atau lama dapat mengoptimasi suspensi sedimen dengan meminimalisasi tingkat pengendapan. Proses *suspended sediment* di kolam labuh perlu dipahami untuk dapat memperkirakan dan mengendalikan evolusi bentuk sistem *suspended sediment* akibat ekologi dan navigasi karena *suspended sediment* di perairan dapat bergerak dari bagian yang dalam menuju bagian dangkal daerah kolam labuh akibat dari *seiching motion*.

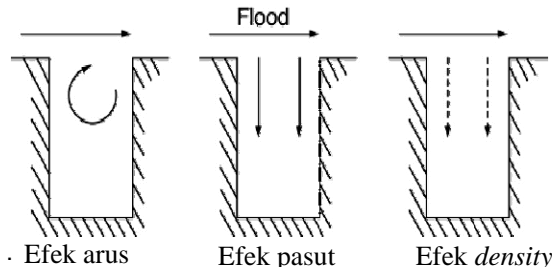
## 2. DASAR TEORI

Metoda EFOS mengoptimasi sedimen dengan cara meminimalisasi rata-rata endapan sedimen setiap tahun. EFOS menyebabkan sejumlah struktur pasif yang

diarahkan pada pengurangan pertukaran sedimen dengan sumber pasang surut sungai di jalan masuk menjadi minimum. Sistem EFOS ditujukan untuk mengurangi pendangkalan dan untuk mengekang aliran air dengan memperhatikan zona air mati yang dekat dengan garis tepi dari muara. Pengurangan sedimen dengan metoda EFOS dapat memberikan penghematan biaya dan sistem manajemen yang lebih sesuai untuk garis pantai serta stabilitas ekosistem. CDW merupakan salah satu contoh metoda EFOS yang dapat mengurangi efek pengerukan dari aspek lingkungan.

### 2.1 Mekanisme Pertukaran Sedimen

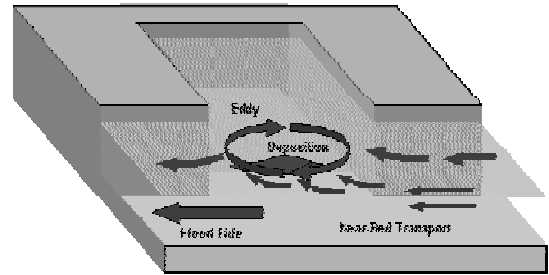
Sedimen yang masuk ke kolam labuh sebagai hasil dari pertukaran antara air dari sungai yang membawa sedimen dan air dari kolam labuh. Mekanisme dasar terjadinya pertukaran air di bagian ujung kolam labuh ditunjukkan seperti pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1.** Tiga dasar terjadinya mekanisme pertukaran sediment antara arus utama dengan arus bagian ujung kolam labuh (Kirby 2002)

Pengendapan sedimen akibat pertukaran arus di kolam labuh biasanya disebabkan oleh :

1. *Tidal filling* : kolam labuh diisi dengan air sedimen layang selama peningkatan pasang
2. Efek sirkulasi : terjadi tegangan geser antara muara dan jalan masuk kolam labuh menyebabkan pusaran tiga dimensi yang kuat pada pertengahan jalan masuk ke pelabuhan (gambar 2.2).
3. Pengangkutan arus : pengangkutan arus yang bersifat keruh dan padat yang terdiri atas garam, suhu panas atau dingin, *sediment-induced*. Kadang-kadang konsentrasi tinggi di dasar laut masuk ke kolam labuh melalui pasang tertinggi dan efek grafitasi.



**Gambar 2.2** Kondisi arus dan sedimen tanpa *Current Deflecting Wall* (Ditschke 2003)

Pertukaran arus yang diakibatkan oleh efek turbulensi terjadi di semua kolom labuh karena dekat dengan sungai. Arus sungai memisah di hulu pada ujung kolam labuh dan lapisan *turbulent mixing* terbentuk antara kolam labuh dan sungai yang membalikkan ke arah muara pada ujung kolam labuh. Kekuatan dan tingkat pertumbuhan lapisan *turbulent mixing* menentukan tingkat sirkulasi.

### 2.2. Pengaruh Seiching Terhadap Sedimen Suspensi

Kolam labuh atau danau sering mengalami gerakan yang bergetar dengan skala besar yang dinamakan *seiching*. *Seiching* yang terjadi di kolam labuh diakibatkan oleh gelombang angin dan arus. Asumsi dasar teori *seiching* adalah aliran *incompressible*, beratnya kecil, ukuran permukaan yang terbatas,

*Seiching motion* dapat menyebabkan perpindahan *suspended sediment* dari daerah yang dalam ke daerah dangkal. Proses perpindahan ini dikendalikan terutama oleh pengendapan yang lambat. Untuk mengatasi proses transpor *suspended sediment* diperlukan struktur yang dapat mengembalikan sedimen. Karena perpindahan *suspended sediment* dapat mempengaruhi proses *tidal filling* yang merupakan salah satu faktor terjadinya mekanisme pertukaran sedimen.

### 2.3. Metoda Pengurangan Endapan Sedimen di Kolam Labuh

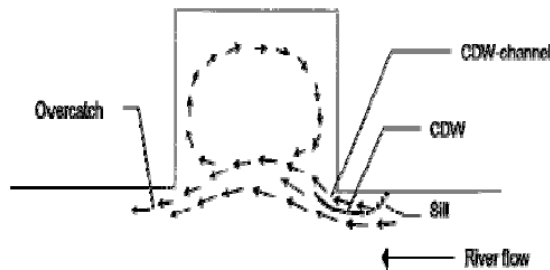
Pelabuhan merupakan struktur yang terletak dalam beragam sistem air yang luas. Hal itu akan mempengaruhi jumlah volume endapan sedimen di kolam labuh. Untuk mengurangi endapan sedimen di kolam

labuh dapat dilakukan beberapa hal sebagai berikut :

1. Pengurangan efisiensi perangkap.
2. Pengurangan perpindahan massa air.
3. Pengurangan laju perpindahan arus horizontal
4. Pengurangan laju perpindahan arus vertical.

#### 2.4. Aplikasi Current Deflecting Wall

Fungsi dari CDW terutama diarahkan untuk mengurangi pertukaran air yang mempengaruhi bidang arus di depan jalan masuk ke pelabuhan (gambar 2.3).



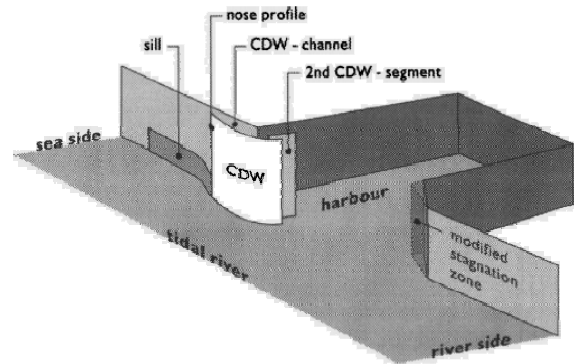
**Gambar 2.3** Skema *mixing layer* dengan CDW di arah jalan masuk (Kuijper dkk. 2005)

Fungsi CDW terdiri atas tiga bagian, yaitu :

1. CDW mengarahkan air dari lapisan atas sungai ke dalam kolam labuh (*tidal filling*).
2. *Downstream sill* membelokkan *density currents* yang dekat dengan dasar laut menjauhi jalan masuk ke kolam labuh
3. CDW membentuk *vertical vortex* di dekat dasar laut dengan berlawanan arah dengan jalan masuk ke kolam labuh

Pada umumnya CDW diletakkan di ujung kolam labuh. Jika bidang kolam labuh kecil, *mixing layer* tidak tepat mengenai kolam labuh selama air turun dan diperlukan struktur CDW kedua yang terletak di hulu bagian ujung kolam labuh. Pada gambar 2.6 menunjukkan CDW untuk kolam labuh yang terdiri atas tiga bagian, yaitu :

1. dinding yang melengkung
2. saluran antara dinding dan tepi sungai
3. *sill* di bagian sisi laut dari dinding.



**Gambar 2.6.** Sketsa *Current Deflecting Wall* (Winterwerp 2005)

*Current deflecting wall* mempunyai keuntungan yang potensial yaitu :

1. arus yang melewati bagian lengkungan dinding menjadi lemah dan mengurangi kekuatan dari *mixing layer* dan *entrainment*.
2. *mixing layer* didorong ke dalam pasang surut sungai dan mengeluarkan zona stagnan di balik ujung kolam labuh.
3. suspensi dengan konsentrasi tinggi dijauhkan dari ujung kolam labuh.
4. air untuk *tidal filling* disalurkan melalui saluran CDW agar dapat mendorong *mixing layer* ke sungai.

Agar sistem CDW dapat mengurangi sedimen secara optimum, maka desain dari CDW mengikuti sesuai parameter sebagai berikut :

1. panjang dan bentuk lengkung dari CDW sejajar (*streamline*) dengan arus lokal agar penyebaran arus berkurang.
2. jarak antara CDW dan tanggul secukupnya untuk pengisian *tidal filling*.
3. bentuk dan tinggi dari *sill* untuk membelokkan bagian dari suspensi dengan konsentrasi tinggi di dasar laut.
4. konfigurasi hilir dari kolam labuh di dalam zona stagnan untuk mengurangi efek penghalang arus.

Desain optimum dari CDW diperlukan tes model di dalam model skala hidrolis untuk mengetahui kelemahan dari CDW. Skala panjang horisontal harus kurang dari dua kali skala panjang vertikal dengan menggunakan tes model pola air di ujung kolam labuh. Sistem CDW tidak diperlukan dibangun dan

diletakkan di balik jalan masuk ke kolam labuh.

## 2.8. Penggunaan Program SMS 8.0 (Surface-water Modelling System)

SMS (*Surface-water Modelling System*) 8.0 merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk pemodelan dan analisa *surface water* yang terdiri dari beberapa modul, yaitu TABS-MD (GFGEN, RMA2, RMA4, RMA10, SED2D-WES), ADCIRC, CGWAVE, STWAVE, dan HIVEL2D. Untuk studi penggunaan *current deflecting wall* untuk mengurangi sedimen di kolam labuh digunakan modul RMA2 dan SED2D-WES. Modul RMA2 digunakan untuk mendapatkan dan menganalisa pola arus, sedangkan modul SED2D merupakan lanjutan dari modul RMA2 yang digunakan untuk analisa pola sedimentasi, sehingga dapat diketahui besarnya endapan sedimen di suatu lokasi.

### 2.8.1. RMA2 (Resource Management Associates)

RMA2 adalah model hidrodinamika dua dimensi dengan metode penyelesaian *finite element*. RMA2 menghitung elevasi muka air komponen kecepatan horisontal untuk *subcritical* aliran subkritis. RMA2 menyelesaikan *finite element* dengan bentuk Reynold dari persamaan Navier-Stokes untuk aliran *turbulent*. Friksi dihitung dengan persamaan Manning's atau Chezy dan koefisien viskositas pusaran digunakan untuk menggambarkan karakteristik *turbulence* sehingga masalah *steady* dan *unsteady state* dapat dianalisa.

Program RMA2 diaplikasikan untuk menghitung muka air dan distribusi arus di sekitar pulau yang mengalir pada pertemuan antara satu atau lebih *relief* yang terbuka, dan di persimpangan sungai. Program RMA2 juga diaplikasikan untuk menghitung sirkulasi dan transpor di dalam air dengan *wetlands* dan pola air serta permukaan air sungai, *reservoir*, dan muara.

### 2.8.2. SED2D-WES

Program SED2D-WES diuraikan dan dikembangkan di atas periode 1972 sampai 1998 pada beberapa intitusi di bawah pembiayaan berbagai investor. Program SED2D-WES digunakan untuk model dua dimensi dan transpor sedimen yang dirata-ratakan secara vertikal. SED2D-WES dapat diaplikasikan untuk sedimen dasar berupa lempung atau pasir dengan kecepatan arus dapat dianggap dua dimensi di dalam bidang

horisontal. SED2D-WES berguna untuk studi *deposition* dan erosi serta studi batasan luas lebar muara. SED2D-WES terbagi atas dua kategori sedimen, yaitu :

- a. *Non cohesive* yaitu pasir
- b. *Cohesive* yaitu lempung

Lempung dan pasir kemungkinan dianalisa tetapi model dianggap satu agar pada waktu *effective grain size* masing-masing terproses. Kecepatan surut harus ditentukan sepanjang permukaan air, kecepatan arah sumbu x dan sumbu y, koefisien berat jenis difusi dasar laut, tegangan geser kritis untuk erosi, konstanta tingkat erosi, dan tegangan geser kritis untuk *deposition*.

#### 2.8.2.1.2. Dasar Teori SED2D-WES

Persamaan dasar rumus elemen hingga disampaikan oleh Ariathurai dan Mac Arthur (1974) dan Krone (1977) yang terbagi atas empat perhitungan utama, yaitu :

- a. Konsentrasi sedimen *suspension* menggunakan persamaan *convection-diffusion* dengan syarat *bed source*.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \alpha_1 C + \alpha_2 \quad (2.4)$$

dimana :

- C = konsentrasi (Kg/m<sup>3</sup>)
- T = waktu (sec)
- U = kecepatan arus arah sumbu x(m/sec)
- x = arah aus primer (m)
- v = kecepatan arus sumbu y (m/sec)
- y = arah tegak lurus terhadap sumbu x(m)
- Dx = koefisien difusi efektif dalam arah sumbu x (m<sup>2</sup>/sec)
- Dy = koefisien difusi efektif dalam arah sumbu y (m<sup>2</sup>/sec)
- α 1 = koefisien source term (1/sec)
- α 2 = konsentrasi equilibrium bagian dari source term (kg/m<sup>3</sup>/sec) = α 1-Ceq

- b. Tegangan geser dasar laut

$$\tau_b = \rho (u^*)^2 \quad \text{dimana :} \quad (2.5)$$

- ρ = massa jenis air
- u\* = kecepatan geser

Untuk u\* menggunakan persamaan Bijker sebagai perhitungan total tegangan geser akibat gelombang dan arus. Persamaannya sebagai berikut :

$$u^* = \sqrt{\frac{1}{2} f_c \bar{u}^2 + \frac{1}{4} f_w u_{om}^2} \quad (2.6)$$

c. Kuantitas *bed source*

$$S = \alpha_1 C + \alpha_2 \quad (2.7)$$

Untuk kuantitas *bed source* dibagi dalam dua perumusan, yaitu :

- Untuk pasir

$$S = \frac{C_{eq} - C}{t_c} \quad (2.8)$$

dimana :

S = *source term*  
 $C_{eq}$  = konsentrasi *equilibrium*  
 C = konsentrasi sedimen dalam air  
 $t_c$  = karakteristik waktu

Untuk karakteristik waktu menggunakan kasus *deposition* dirumuskan sebagai berikut:

$$Tc = \text{lebih besar dari } C_d \frac{D}{V_s} \text{ atau } DT \quad (2.9)$$

dimana :

$t_c$  = karakteristik waktu  
 $C_d$  = koefisien *deposition*  
 D = kedalaman  
 $V_s$  = kecepatan jatuh partikel sedimen  
 DT = perhitungan interval waktu

- untuk lempung

$$S = -\frac{2V_s}{D} C \left(1 - \frac{\tau}{\tau_d}\right) \quad \text{untuk } C < C_c$$

(2.10)

$$S = -\frac{2V_k}{D} C^{5/3} \left(1 - \frac{\tau}{\tau_d}\right) \quad \text{untuk } C > C_c \quad (2.11)$$

d. Model dasar perairan

Untuk perumusan model dasar laut menggunakan persamaan *convection-diffusion* seperti pada persamaan 2.4. Untuk penggunaan model dasar laut dibagi menjadi 2 yaitu :

- Sand bed yang terdiri atas reservoir sedimen dengan ketebalan terbatas.

- Clay bed yang dihilangkan sebagai rangkaian layers dengan masing-masing layer memiliki karakteristik yang berbeda, yaitu :

1. ketebalan
2. massa jenis
3. umur
4. kekuatan bulk shear
5. jenis

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Studi ini menggunakan bantuan *software* SMS 8.0 sebagai alat pemodelan kolam labuh dan alur, analisa pola arus serta untuk mengetahui perubahan kontur dasar laut. Kolam labuh dan alur dimodelkan dengan batasan gelombang linear, seperti zat cair adalah homogen dan tidak termampatkan, tegangan permukaan diabaikan, tekanan pada permukaan air adalah seragam dan konstan dan dasar laut adalah horisontal, tetap dan impermeable sehingga kecepatan vertikal di dasar adalah nol. Pemodelan kolam labuh dan alur dengan SMS 8.0 menggunakan batasan arus pasang surut sebagai *boundary condition* dan arus rata-rata harian sebagai data input RMA2 dan data kalibrasi. Dari hasil running RMA2 dapat diketahui kecepatan dan arah arus model. Untuk studi ini rencana anggaran biaya tidak diperhitungkan agar dalam memodelkan bentuk dan letak CDW yang terbaik tidak terpengaruh dari biaya, sehingga dapat menentukan modifikasi bentuk dan letak CDW yang paling baik di pelabuhan Tegal.

#### 3.2.1. Pembuatan Model dengan Software SMS 8.0

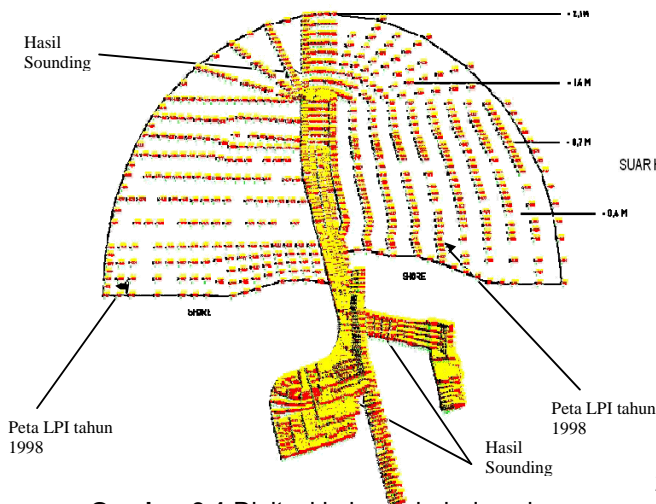
Pemodelan kolam labuh dan alur yang dilakukan adalah untuk mengubah kondisi perairan sesungguhnya menjadi bentuk model, yang meliputi kontur dan kedalaman menjadi sejumlah angka numerik dalam model dengan bantuan perangkat piranti lunak yang di perlukan. Model yang dibuat di bagi menjadi beberapa bentuk elemen yang tepat sesuai dengan bentuk model sehingga kualitas dari model baik. Bentuk-bentuk elemen yang ada dalam SMS yaitu segitiga (*Paving*), segi empat (*Patch*), jajaran genjang (*Adaptive translation*) dan beberapa bentuk lainnya. Susunan dari elemen-elemen ini disebut *Mesh*.

Setelah pembentukan meshing maka dilakukan penginputan data pasang surut yang berfungsi sebagai kondisi batas

(*Boundary condition*). Selain itu memasukkan nilai-nilai awal pada masukan input yang diperlukan, seperti : nilai kekasaran ( *Manning value*), nilai *eddy viscosity* (kekentalan). Kemudian model tersebut di simulasikan pada program RMA2. Dari hasil simulasi di lakukan kalibrasi dengan cara membandingkan kondisi model dengan hasil survey lapangan, dengan mengubah parameter yang ada agar terjadi kesesuaian antara model dengan hasil survey lapangan. Selanjutnya kesesuaian tersebut menghasilkan pola arus sesungguhnya sehingga dapat di gunakan untuk mengetahui penyebaran sedimentasi yang terjadi.

### 3.2.2. Model Geometri Kolam Labuh dan Alur Pelabuhan Tegal

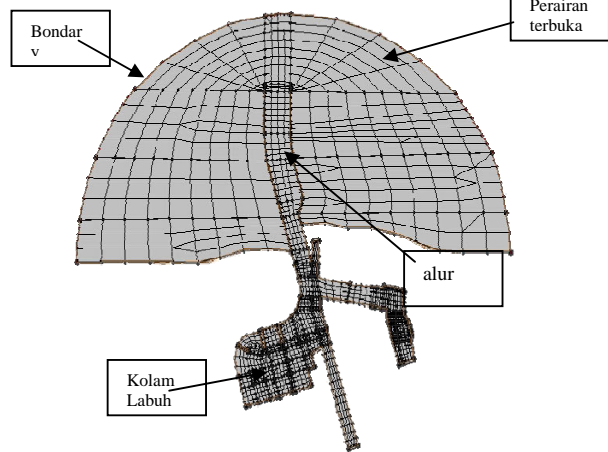
Pemodelan kolam labuh dan alur menggunakan data primer yang berupa peta bathymetry kolam labuh dan alur yang tersedia dalam bentuk file AutoCad dan excell. Data peta bathymetry kolam labuh dan alur diperoleh dari hasil *sounding* PELINDO III bulan 14 Juli 2006. Data tersebut memiliki nilai elevasi untuk kolam labuh dan alur, sedangkan untuk daerah perairan yang tidak memiliki nilai elevasi dilakukan digitasi dengan bantuan AutoCad Land Development sehingga data tersebut dapat diolah pada SMS 8.0 sesuai peta LPI tahun 1998. Hasil digitasi scatter point pada kolam labuh dan alur pelabuhan Tegal dapat dilihat pada gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Digitasi kolam labuh dan alur

Sedangkan pembuatan meshing dan penentuan *boundary condition* pada kolam labuh dan alur pelabuhan Tegal dalam

kondisi existing ditunjukkan pada gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Meshing pada kolam labuh dan alur pelabuhan Tegal

Penentuan bentuk *boundary condition* yang berupa bentuk setengah lingkaran digunakan agar dalam pembentukan meshing kesalahan *error* pada bagian ujung dapat dihindari. Untuk besarnya area yang dibatasi tergantung pada besarnya pengaruh arus yang akan ditinjau pada studi ini.

### 3.2.3. Model Struktur Alternatif CDW

#### 1. Alternatif CDW I

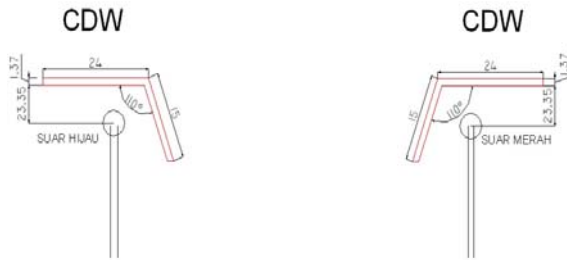
Modifikasi bentuk dengan panjang searah sumbu x 24 m, panjang sisi miring 15 m dan sudut  $110^\circ$  yang terletak pada ujung jetty sisi kanan dengan jarak 22 m.



**Gambar 3.3** Alternatif CDW I

#### 2. Alternatif CDW II

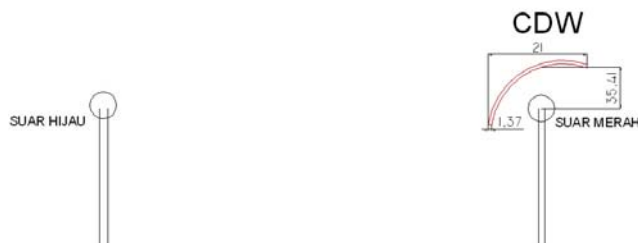
Modifikasi bentuk dengan panjang searah sumbu x 24 m, panjang sisi miring 15 m dan sudut  $110^\circ$ . CDW II diletakkan di ujung jetty sisi kanan dan kiri dengan jarak 22 m .



Gambar 3.4 Alternatif CDW II

### 3. Alternatif CDW III

Modifikasi bentuk setengah lingkaran dengan panjang sisi lengkung 21 m yang terletak pada ujung jetty sisi kanan dengan jarak 35 m.



Gambar 3.5 Alternatif CDW III

## 4. ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Running RMA2 (Pola Arus)

Proses running RMA2 dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Memasukkan nilai *eddy viscosity*, *manning coefficient*, *roughness coefficient* pada *material properties*.
2. Penentuan model kontrol dengan mengisi *option* suhu air, *computation time*, *solution type* menggunakan dinamik.
3. Pengisian kondisi batas dengan memasukkan data pasang surut primer dan data pasang surut sekunder.
4. Pengecekan model untuk mengetahui sumber kesalahan pada *mesh geometry* dan data RMA2.
5. Running GFGEN.
6. Running RMA2.

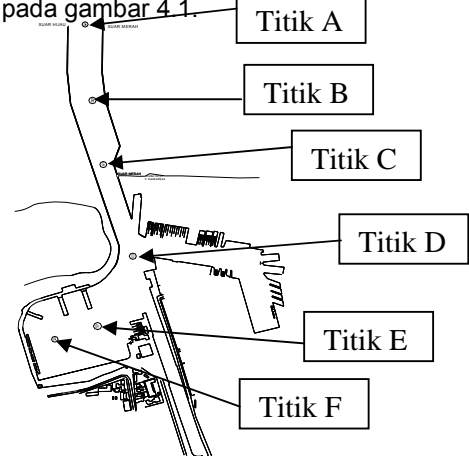
### 4.2. Pemodelan Pola Arus

Pemodelan arus di kolam labuh dan alur pelabuhan Tegal dilakukan dengan berbagai macam kondisi, yaitu :

1. Kondisi existing, kondisi awal kolam labuh dan alur sebelum penggunaan CDW.

2. Alternatif I, penggunaan CDW pada bagian atas *jetty* sisi kanan dengan ukuran panjang 24 m dan sudut  $110^{\circ}$ .
3. Alternatif II, penggunaan dua CDW pada bagian atas *jetty* sisi kanan dan kiri dengan ukuran panjang 24 m dan sudut  $110^{\circ}$ .
4. Alternatif III, penggunaan CDW pada bagian atas *jetty* sisi kanan dengan bentuk setengah lingkaran.

Berdasarkan keempat kondisi diatas ditentukan lokasi titik A, B, C, D, E dan F untuk mengetahui besar kecepatan arus akibat perubahan kondisi lingkungan di sekitar kolam labuh dan alur pelabuhan Tegal. Titik pengamatan kecepatan arus dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Titik pengamatan kecepatan arus

### 4.2.1. Kondisi Existing

Pemodelan pola arus didapatkan dengan pembentukan geometri (*meshing*), penginputan data *manning value* dan *eddy viscosity* serta pembentukan *boundary condition parameter*. Berdasarkan hasil pemodelan diambil pengamatan pada saat kondisi existing terjadi turbulensi di alur dan kolam labuh, yaitu pada *time step* 119 ketika mulai pasang, *time step* 126 ketika mulai surut dan *time step* 190 ketika akan surut.

### • Pola Arus Kondisi Existing di Kolam Labuh

Berdasarkan hasil pemodelan pola arus kondisi existing diperoleh kecepatan arus pada *time step* 119 di titik D, E dan F adalah sebesar 0,00319 m/detik, 0,000076 m/detik dan 0,000021 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di kolam labuh pada *time step* 126 di titik D, E dan F

adalah sebesar 0,000848 m/detik, 0,000188 m/detik dan 0,000027 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di kolam labuh pada *time step* 190 di titik D, E dan F adalah sebesar 0,001126 m/detik, 0,000233 m/detik dan 0,000045 m/detik.

- **Pola Arus Kondisi Existing di Alur**

Berdasarkan hasil pemodelan pola arus kondisi existing diperoleh kecepatan arus pada *time step* 119 di titik A, B dan C adalah sebesar 0,006071 m/detik, 0,002905 m/detik dan 0,001363 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di alur pada *time step* 126 di titik A, B dan C adalah sebesar 0,004151 m/detik, 0,002066 m/detik dan 0,000261 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di alur pada *time step* 190 di titik A, B dan C adalah sebesar 0,004573 m/detik, 0,001855 m/detik dan 0,000205 m/detik.

- **Pola Arus Alternatif Struktur CDW I di Kolam Labuh**

Berdasarkan hasil pemodelan pola arus struktur CDW I diperoleh kecepatan arus di kolam labuh pada *time step* 119 di titik D, E dan F adalah sebesar 0,000541 m/detik, 0,000125 m/detik dan 0,000028 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di kolam labuh pada *time step* 126 di titik D, E dan F adalah sebesar 0,002321 m/detik, 0,000513 m/detik dan 0,000108 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di kolam labuh pada *time step* 190 di titik D, E dan F adalah sebesar 0,002221 m/detik, 0,000476 m/detik dan 0,000099 m/detik.

- **Pola Arus Alternatif Struktur CDW I di Alur**

Berdasarkan hasil pemodelan pola arus struktur CDW I diperoleh kecepatan arus pada *time step* 119 di titik A, B dan C adalah sebesar 0,006484 m/detik, 0,002764 m/detik dan 0,003753 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di alur pada *time step* 126 di titik A, B dan C adalah sebesar 0,003029 m/detik, 0,000231 m/detik dan 0,002458 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di alur pada *time step* 190 di titik A, B dan C adalah sebesar 0,003826 m/detik, 0,000392 m/detik dan 0,00236 m/detik.

- **Pola Arus Alternatif Struktur CDW II di Kolam Labuh**

Berdasarkan hasil pemodelan pola arus struktur CDW II diperoleh kecepatan arus di kolam labuh pada *time step* 119 di titik D, E dan F adalah sebesar 0,000539 m/detik, 0,000131 m/detik dan 0,000024 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di kolam labuh pada *time step* 126 di titik D, E dan F adalah sebesar 0,002092 m/detik, 0,000464 m/detik dan 0,000181 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di kolam labuh pada *time step* 190 di titik D, E dan F adalah sebesar 0,002086 m/detik, 0,000442 m/detik dan 0,000097 m/detik.

- **Pola Arus Alternatif Struktur CDW II di Alur**

Berdasarkan hasil pemodelan pola arus struktur CDW II diperoleh kecepatan arus pada *time step* 119 di titik A, B dan C adalah sebesar 0,00727 m/detik, 0,002683 m/detik dan 0,004843 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di alur pada *time step* 126 di titik A, B dan C adalah sebesar 0,003631 m/detik, 0,000576 m/detik dan 0,002055 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di alur pada *time step* 190 di titik A, B dan C adalah sebesar 0,004361 m/detik, 0,000647 m/detik dan 0,002132 m/detik.

- **Pola Arus Alternatif Struktur CDW III di Kolam Labuh**

Berdasarkan hasil pemodelan pola arus struktur CDW III diperoleh kecepatan arus di kolam labuh pada *time step* 119 di titik D, E dan F adalah sebesar 0,000363 m/detik, 0,000087 m/detik dan 0,000023 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di kolam labuh pada *time step* 126 di titik D, E dan F adalah sebesar 0,001324 m/detik, 0,000300 m/detik dan 0,000063 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di kolam labuh pada *time step* 190 di titik D, E dan F adalah sebesar 0,001462 m/detik, 0,000311 m/detik dan 0,000069 m/detik.

- **Pola Arus Alternatif Struktur CDW III di Alur**

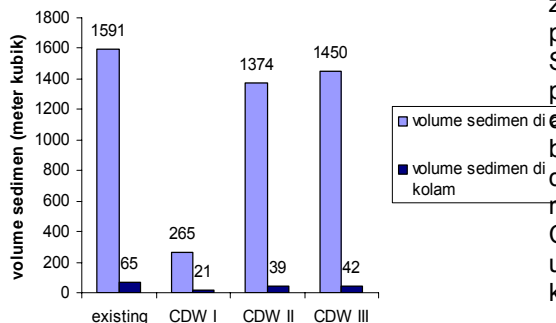
Berdasarkan hasil pemodelan pola arus struktur CDW II diperoleh kecepatan arus pada *time step* 119 di titik A, B dan C adalah sebesar 0,006847 m/detik, 0,002839 m/detik dan 0,001261 m/detik. Kecepatan arus yang diperoleh dari pemodelan pola arus di alur pada *time step* 126 di titik A, B dan C adalah sebesar 0,004125 m/detik, 0,001492 m/detik dan 0,000536 m/detik. Kecepatan arus yang

diperoleh dari pemodelan pola arus di alur pada *time step* 190 di titik A, B dan C adalah sebesar 0,004667 m/detik, 0,001411 m/detik dan 0,000821 m/detik.

Berdasarkan hasil pemodelan arus tampak terlihat peningkatan kecepatan arus di alur dan kolam labuh setelah digunakan CDW. Kondisi ini dapat diartikan bahwa jika kecepatan arus di kolam meningkat maka akan terjadi turbulensi akibat pasang surut dan kecepatan jatuh sedimen menjadi lambat karena teraduk, sedimen akan ikut terbawa ke luar pelabuhan oleh arus sehingga sedimen yang terjadi di alur dan kolam labuh berkurang.

#### 4.3. Pemodelan Sedimentasi

Dari hasil *running* modul SED2D didapatkan *bathymetri* baru dengan titik kedalaman baru. Perhitungan volume sedimen di kolam labuh dan alur menggunakan *Auto Cad Land Development* dengan membandingkan antara input *bathymetry* terhadap output *bathymetri*. Hasil perhitungan volume sedimen di kolam labuh dan alur pada kondisi existing, alternatif CDW I, alternatif CDW II, dan alternatif CDW III ditunjukkan pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Volume sedimentasi per dua minggu

Berdasarkan pada gambar 4.18 dapat ditarik kesimpulan pada bagian alur untuk kondisi alternatif CDW I, CDW II, dan CDW III terjadi pengurangan volume sedimentasi dari kondisi existing. Pada kolam labuh pengurangan sedimentasi terjadi pada saat penggunaan CDW I dan CDW II, sedangkan pada saat penggunaan CDW III pengurangan volume sedimentasi di kolam labuh dan di alur kurang maksimal. Perbandingan besarnya prosentase pengurangan volume sedimentasi di kolam labuh dan alur setelah penggunaan CDW I,

CDW II, dan CDW III terhadap kondisi existing ditunjukkan pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Prosentase pengurangan sedimen

	Volume Sedimentasi (m <sup>3</sup> /2 minggu)		% Pengurangan Sedimentasi	
	alur	Kolam	Alur	Kolam
existing	1591	65	0	0
CDW I	265	21	83.34	67.69
CDW II	1374	39	13.64	40
CDW III	1450	42	8.86	35.39

Pada tabel 4.1 dapat dilihat prosentase pengurangan sedimen terbesar ketika penggunaan CDW I. Hal ini terjadi karena zona turbulensi yang terdapat di mulut kolam labuh diarahkan keluar dari mulut kolam labuh dengan arus yang melewati antara CDW I dan jetty sisi kanan. Penggunaan CDW II ketika zona turbulensi yang terdapat di kolam labuh sedikit tertahan arus yang melewati antara CDW II dan jettysisi kiri sehingga kurang optimal. Bentuk CDW I yang memiliki sudut 110<sup>0</sup> dapat mencegah masuknya konsentrasi sedimen suspensi ke alur yang diblokkan keluar dari mulut kolam labuh. Pada penggunaan CDW I arus di alur dan kolam menjadi lebih besar sehingga zona air mati yang dapat menyebabkan pengendapan sedimen dapat berkurang. Sedangkan pada penggunaan CDW III prosentase pengurangan sedimen yang dihasilkan kurang maksimal karena CDW III berbentuk lengkung sehingga arus yang datang dari perairan bebas seperti diarahkan masuk ke alur karena arus yang melewati CDW III dan jetty sisi kanan kurang optimal untuk menjauhkan zona turbulensi di mulu kolam labuh.

## 5. KESIMPULAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan pola arus yang telah dilakukan setelah kecepatan arus survey dibagi 10 agar kalibrasi model mendekati survey, maka untuk studi penggunaan CDW di Pelabuhan Tegal dapat disimpulkan bahwa penggunaan struktur yang dapat mengurangi volume sedimen dengan kriteria baik sekali adalah alternatif struktur CDW I dengan modifikasi bentuk panjang 24 m searah sumbu x, panjang sisi miring 15 m dan sudut 110<sup>0</sup>. Struktur CDW I memiliki hasil prosentase pengurangan volume sedimen di alur sebesar 83,65% dan di kolam labuh sebesar 48,84%. Hal ini terjadi karena zona turbulensi yang terdapat di mulut kolam labuh diarahkan keluar dari

mulut kolam labuh dengan arus yang melewati antara CDW I dan jetty sisi kanan. Bentuk CDW I yang memiliki sudut  $110^{\circ}$  dapat mencegah masuknya konsentrasi sedimen suspensi ke alur yang dibelokkan keluar dari mulut kolam labuh. Pada penggunaan CDW I arus di alur dan kolam menjadi lebih besar sehingga zona air diam yang dapat menyebabkan pengendapan sedimen dapat berkurang.

## 5.2. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut disarankan agar memodelkan debit sungai terdekat dari pelabuhan. Debit sungai digunakan sebagai acuan sumber adanya sedimen dan analisa tingkat keberhasilan pengurangan volume sedimen di alur dan kolam labuh dengan menggunakan CDW.

## DAFTAR PUSTAKA

- Christiansen, H. (1987). "New Insight on mud Fordiamon and Sedimentation Process in Tidal Harbor." **Proc. Int. Conf. on Coastal and Port Engineering in Developing Countries**, Beijing, 2, 1332-1340.
- Defant, A. 1985. **Ebb and Flow**. University of Michigan Press, Ann Arbor, USA.
- Ditchke, D., dan Markofsky, M. 2003. "Optimization of A Structure to Reduce sedimentation on A Estuarine Harbor." **Proceeding of Copedec VI. Colombo**, Sri lanka.
- Ian, King. 1996. **User Guide To RMA2 WES Version 4.3**. New York.
- Kirby, R. 2002. "Optimised Harbor Basin." **Journal of Dredging**. 119
- Krumbein, W. and Sloss, L. 1965. **Stratigrafi and Sedimentation**. W.H. Freeman and Company 433pp
- Kuijper, C., H. Christiansen, J.M. Cornelisse, and J.C. Winterwerp. 2005. "Reducing Harbor Siltation. II: Case Study of Parkhafen in Hamburg." **Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering**. vol 131, no 6, november/desember, pp. 267-276
- Letter, V.J. dkk. 1998. **A User's Manual for SED2D-WES, A Generalized Computer Program for Two-Dimensional, Vertically Averaged Sedimen Transport**. New York.
- LPPM-ITS. 2006. "Studi /Instalasi Penangkap Lumpur dari Sungai yang Masuk ke Pelabuhan dalam Rangka Memperkecil Sedimentasi di Dalam Kolam untuk Pelabuhan Tegal". **Laporan Rampung**. Surabaya: 2006
- Mehta, A. J., 1984 "Caracterization of Cohesif Sedimen Properties and Transport Processes in Estuaries, Bab 15 dari **Estuarine Cohesive Sedimen Dynamics**.
- Pipkin, B. W, D.S. Gosline, R.E. Casey. And D.E. Hammond. 1987. **Laboratori Exercise in Oceanography** Freeman and Company New York 257pp
- Poerbondono, der Nat. dan Eka Djunasjah. 2005. **Survei Hidrografi**. Refika Aditama, Bandung.
- Pritchard, D., Dan Hogg, A. J. 2003. "Suspended Sedimen transport Under Seiches in Circular and Elliptical Basins." **Journal of Coastal Engineering**. 49, pp. 43-70
- Triatmodjo, B. 1999. **Teknik Pantai**. Beta Offset, Yogyakarta.
- Winterwerp, J.C. 2005. "Reducing Harbor Siltation I : Methodology." **Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering**. vol 131, no 6, november/desember, pp. 258-266
- Yuwono, N. Teknik Pantai. **Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai Vol II**. hlm VII-1 sampai VIII-13