

# METODA VOLUME HINGGA DENGAN JALA TAK-TERSTRUKTUR UNTUK MENSIMULASIKAN PERLUASAN PULAU AKIBAT DEPOSISI SEDIMEN

Zulbahrum Caniago<sup>\*)</sup>

Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Bengkulu, Jl. Raya Kandang Limun, Bengkulu (38137)

<sup>\*)</sup> Email: czulbahrum@gmail.com

## Abstrak

Metode volume hingga (FVM) telah digunakan untuk menyelesaikan persamaan non-linear yang memodelkan kasus sedimen dimana terjadi pembentukan dan perluasan pulau di muara. Persamaan non-linear sebagai rumusan hidrodinamika adalah persamaan angkutan (transport) sedimen. Dalam penyelesaian persamaan transport tersebut dilakukan diskritisasi ruang dengan menggunakan teknik elemen segitiga tak-terstruktur (*unstructured triangular mesh*). Solusi numerik dihasilkan data distribusi laju deposisi sedimen secara spatial dan temporal sebagai informasi dinamika pembentukan dan perluasan pulau akibat sedimentasi di muara, dalam hal ini adalah pada fenomena pulau Ekortikus di Muara Sungai Banyuasin (MSB)-Sumatera Selatan. Kasus sedimen menimbulkan pertambahan luas pulau berdampak kepada penyempitan di muara sehingga mempengaruhi kapasitas penyaluran aliran. Dua sungai mengalir ke muara, sungai Banyuasin dan Lalan serta pengaruh gelombang pasang merupakan faktor yang memegang peranan penting mendistribusikan pengendapan sedimen dalam muara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembentukan dan perluasan pulau terjadi di zona aliran stagnasi dan kelengkungan karena tegangan geser dalam arah vertikal antara dua aliran. Studi mekanisme pembentukan pulau diperkuat juga dengan memberikan perlakuan ke sistem dengan mengubah laju aliran sungai dan menempatkan penghalang potensial di muara.

## Abstract

Method finite volume (FVM) has been used for resolving non-linear equations that model the sedimentary cases where the formation and expansion of the island in the estuary. Non-linear equation as the formula is the equation of hydrodynamics transport of sediment. In the completion of the transport equation is done by using the space discretization technique unstructured triangular elements. Data generated numerical solutions of sediment deposition rate distribution spatially and temporally as information dynamics formation and expansion of the island due to sedimentation in the estuary, in this case is the phenomenon of islands in the estuary Ekortikus Banyuasin (MSB) South -Sumatera. Accretion of sediment case raises broad impact on narrowing the island at the mouth thereby affecting the capacity of the distribution of the flow. Two rivers flow into estuaries, rivers Banyuasin and Lalan as well as the influence of the tidal wave is a factor that plays an important role in distributing the sedimentation of the estuary. The results showed that the formation and expansion of the island occurred in the flow stagnation zone and the curvature due to the shear stress in the vertical direction between two streams. Study of the formation mechanism of the island is also strengthened by giving treatment to the system by changing the flow rate of the river and put the potential barrier at the mouth.

**Keywords:** *Simulation, Sedimentation, Finite Volume Method, Potensial Barrier, Estuary.*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Pemodelan

Pemodelan telah menjadi komponen yang integral dalam melakukan sintesis, rasionalisasi pengamatan dan pengukuran dari sistem nyata dalam memahami penyebab dan efek dari suatu fenomena [11]. Hasil model dapat dipandang sebagai representasi logis dan rasional dari suatu sistem. Sebuah model menjadi representasi dari sistem yang kompleks, bila berisi informasi yang memadai yang mencerminkan fitur dan karakteristik sistem. Jenis pemodelan dapat bedakan atas : (1) model fisika, (2) model empiris dan (3) model matematika [10].

Pemodelan fisik adalah meniru dinamika sistem nyata dengan keserupaan geometris dengan

menggunakan skala tertentu. Pemodelan empiris didasarkan pendekatan induktif atau berdasarkan data faktual (data-based), sering menggunakan statistik sebagai alat untuk memastikan validitas dari prediksi terhadap sistem nyata. Sedangkan pemodelan matematika didasari pada pendekatan deduktif atau teoritis. Prinsip-prinsip yang mengatur sistem dilakukan simplifikasi atau asumsi tertentu selanjutnya dilakukan perumusan yang menggambarkan hubungan antara variabel input-output. Tujuan yang lebih spesifik dari pemodelan adalah menafsirkan sistem, menganalisis perilaku, atau pengendalian untuk mencapai hasil yang diinginkan [10].

Pemodelan dalam ilmu lingkungan sedikit tertinggal dibandingkan dengan pemodelan bidang rekayasa.

Sistem rekayasa lebih mudah untuk dimodelkan, dikendalikan, dan dievaluasi, karena kompleksitas dan ketidak-pastian tidak seperti pada sistem lingkungan. Namun, meningkatnya perhatian tentang kesehatan dan degradasi lingkungan alam oleh kegiatan antropogenik mendorong banyak saintis berupaya melakukan pemodelan terhadap sistem alam[9].

Kompleksitas sistem lingkungan memerlukan penyederhanaan. Pada kenyataannya, bahwa proses alam terjadi dalam dimensi ruang dan waktu, namun untuk hal tertentu pendekatan satu 1D (satu dimensi) dapat digunakan. muara menjadi lebih rumit, maka pemodelan [17].

### 1.2. Pemodelan Hidrodinamik

Pemodelan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pemodelan hidrodinamik pada sistem muara, terutama berhubungan dengan sedimentasi yang menyebabkan tumbuhnya pulau di muara. Muara adalah wilayah badan air tempat masuknya aliran satu atau beberapa sungai, mengalir ke laut, samudera, danau, bendungan, bahkan sungai lain yang lebih besar. Wilayah pesisir muara sangat dipengaruhi oleh kondisi air daratan seperti aliran air tawar dan sedimen serta air laut seperti gelombang Pasut, gelombang, dan masuknya air asin ke darat. [3].

Persamaan keseimbangan hidrodinamik secara umum dirumuskan dengan persamaan Navier-Stokes:

$$\frac{\partial \rho \phi}{\partial t} = (-\nabla \cdot (\rho \phi \vec{V}) + \nabla \cdot (\mu \nabla \phi) + S) \quad (1)$$

Hidrodinamika muara dapat dirumuskan melalui persamaan kekekalan yang dipengaruhi oleh fluktuasi Pasut dalam bentuk persamaan diferensial. [12], [5].

Bila persamaan (1) diintegrasikan kedalam elemen volume  $d\Omega$  (volume control) diperoleh :

$$\int_{cv} \left( \frac{\partial \rho \phi}{\partial t} = (-\nabla \cdot (\rho \phi \vec{V}) + \nabla \cdot (\mu \nabla \phi) + S) \right) d\Omega \quad (2)$$

Persamaan (2) dalam bentuk matrik ditulis

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\Omega} U d\Omega + \oint_{\partial\Omega} (F dx - G dy) = \int_{\Omega} S d\Omega \quad (3)$$

dimana

$$U = \begin{pmatrix} h \\ uh \\ vh \end{pmatrix}; \quad F = \begin{pmatrix} uh \\ u^2h + \frac{1}{2}gh^2 \\ vh \end{pmatrix};$$

$$G = \begin{pmatrix} vh \\ uvh \\ v^2h + \frac{1}{2}gh^2 \end{pmatrix};$$

$$S = \begin{pmatrix} 0 \\ gh \frac{\partial z_b}{\partial x} - c_D u \sqrt{u^2 + v^2} \\ gh \frac{\partial z_b}{\partial y} - c_D v \sqrt{u^2 + v^2} \end{pmatrix}$$

$u, v$  : kecepatan aliran arah x dan y,

$h$  : kedalaman,  $g$  : percepatan gravitasi,  $c_D$  : koefisien drag

Bila morfologi dasar muara relatif rata, maka suku sumber dapat ditulis :

$$S = \begin{pmatrix} 0 \\ -c_D u \sqrt{u^2 + v^2} \\ -c_D v \sqrt{u^2 + v^2} \end{pmatrix}$$

### 1.3. Metode Numerik

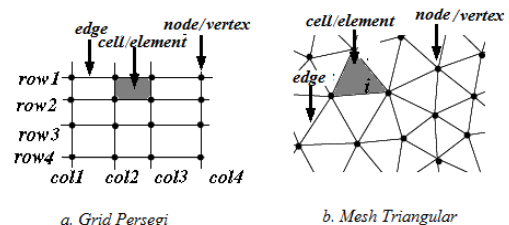
Metode numerik adalah salah satu penyelesaian matematika dengan menggunakan operasi hitungan bilangan (aritmatika) dengan beberapa pendekatan, Penggunaan metoda numerik disebabkan sulitnya atau tidak diperolehnya solusi secara analitis dengan jawaban eksak [15].

Fitur penting solusi numerik adalah diperolehnya solusi diskrit, dimana nilai-nilai dari variabel dependen hanya diperoleh pada titik-titik tertentu yang terdistribusi pada seluruh domain. Nilai pada titik-titik lainnya dapat diperoleh melalui interpolasi dari nilai simpul lokal [18].

### 1.4. Diskritisasi

Diskritisasi spasial merupakan hal mendasar dalam metoda numerik, yakni membagi domain kontinu menjadi sejumlah elemen kecil (*finitesimal*). Diskritisasi bertujuan memudahkan penyelesaian persamaan diferensial atau integral pada masing-masing elemen tersebut. Menambah jumlah elemen diskrit dapat menambah akurasi dari solusi numerik tetapi juga menambah waktu saat rekursif [13].

Hasil diskritisasi spasial adalah diperolehnya unit elemen atau sel dari geometri objek yang dikaji. Setiap elemen dibatasi oleh sisi-sisi (*face*), dan perpotongan antar garis sisi berupa simpul (*node/vertex*). Masing-masing elemen merupakan bagian sederhana dari seluruh sistem yang rumit, dapat dipandang sebagai unit luas atau unit volume dari objek. Bentuk elemen disesuaikan dengan bentuk geometri dari domain yang di-diskritisasi; untuk model 1D bentuk elemen berupa ruas garis; 2D bentuk sel dapat berupa empatsegi (Gambar 1a), atau triangular (Gambar 1b).



Gambar 1. Kisi (grid) dan Jala (mesh), Voller (2009)

## 2. Metoda Penelitian

### 2.1. Objek kajian

Sebagai objek kajian adalah pemodelan hidrodinamika Muara Sungai Banyuasin (MSB)-Sumatera Selatan, dengan batas geografis terletak pada posisi antara 104,36' – 104, 48' BT dan 2,24' - 2,48' LS. Aspek kajian terutama berkaitan dengan

fenomena penambahan luas Pulau Ekortikus akibat sedimentasi. Pertambahan luas pulau di mura berdampak kepada penyempitan muara sebagai penyalur air limpasan dari hulu. Lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar berikut:

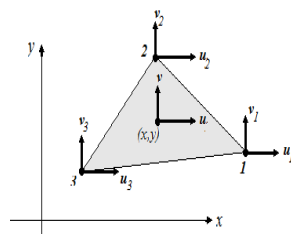


Gambar 2. Lokasi penelitian

## 2.2. Diskritisasi Spasial

Penyelesaian numerik melalui program komputer perlu dilakukan diskritisasi spasial, yakni membagi domain kajian menjadi elemen-elemen segitiga (Gambar 3), dengan memberikan indeks :

- (1) Indeks titik-titik simpul (*nodes*) adalah  $P_i$ , ( $i = 1, 2, 3 \dots N_n$ ,  $N_n$  : jumlah simpul); koordinat simpul adalah  $P_i(x_i, y_i)$ ;
- (2) Indeks segitiga adalah  $T_j$ ; ( $j = 1, 2, 3 \dots N_t$ ;  $N_t$  : jumlah segitiga);
- (3) Indeks simpul pada masing-masing segitiga (*vertex*) adalah  $V_{j,s}$  ( $s=1,2,3$ );
- (4) Panjang sisi-sisi (*face*) adalah  $L_{j,s}$  ( $s=1,2,3$ );
- (5) Koordinat pusat massa adalah  $C_j(x_p, y_p)$ ;



Gambar 3. Elemen triangular dan koordinat lokal.

## 2.3. Diskritisasi Waktu

Diskritisasi waktu dalam metoda numerik adalah membagi rentang waktu integrasi dalam sejumlah langkah waktu (*time-step*)  $\Delta t = t_{n+1} - t_n$ ;  $\sum dt = n \Delta t$ ;  $n$  : bilangan integer. Penentuan ruas langkah waktu  $\Delta t$  berkenaan dengan stabilitas algoritma dan akurasi hasil numerik. Untuk menjaga kestabilan algoritma numerik maka langkah waktu harus mematuhi kondisi *Courant-Friedrichs-Lewy* [16]. Kecepatan fluida  $u$ , dalam waktu  $\Delta t$  terjadi perpindahan sejauh  $\Delta x$ , untuk mendapatkan hasil yang akurat maka dalam satu langkah waktu tidak diizinkan rambatan melampaui jarak ruas elemen diskrit terkecil, atau :

$$\Delta t \leq \left( \frac{\Delta x}{u_{max}} \approx 1 \right) \quad (4)$$

Hal di atas berarti semakin tinggi kecepatan  $u_{max}$  maka semakin kecil langkah waktu  $\Delta t$  yang diizinkan [19].

## 2.4. Metoda Volume Hingga

Penyelesaian numerik dalam penelitian ini menerapkan Metoda Volume Hingga (*Finite Volume Method = FVM*) disebut juga CVFEM (*Volume Control FEM*). Adalah teknik diskritisasi mengacu pada elemen volume ( $\Delta\Omega$ ) yang dibatasi oleh garis sisi (*edge*) dan titik simpul (*node*). Teknik CVFEM mulanya diperkenalkan oleh Baliga and Patankar pada tahun 1980. Metode ini awalnya diterapkan pada kasus difusi-konveksi persamaan *Navier-Stokes* [6],[18], [14].

Dalam banyak skema numerik, rambatan fluks aliran antara sel dihitung dengan menggunakan ekspansi deret yang hanya didasarkan pada pertimbangan numerik. Perbaikan metoda tersebut dilakukan oleh Gudunov dengan mempertimbangkan sistem fisis dan hukum kekekalan, konsep itu disebut “*Riemann Solver*” [20].

## 2.5. Pendekatan Roe- Riemann

Pendekatan *Roe-Riemann* adalah penyederhanaan berdasarkan skema *Godunov* untuk mengitung fluks antar muka pada dua elemen yang berdekatan secara komputasi melalui diskritisasi variable ruang-waktu. Skema *Godunov* diperkenalkan dan menggunakan masalah *Riemann* pada masing-masing muka sel sebagai dasar untuk menentukan fluks dalam format integral dari persamaan *Euler*. Skema *Godunov*, merupakan pendekatan penyelesaian numerik menggunakan metoda beda hingga (*finite difference*) dengan dua tahap. Tahap pertama penyelesaian dilakukan dalam rentang waktu  $t(n+1)$  dan  $t(n + \frac{1}{2})$ , kemudian tahap berikut dalam rentang  $t(n + \frac{1}{2})$  dan  $t(n)$ , kemudian hasil keduanya dirata-ratakan.

Penerapan hampiran *Roe-Riemann* pada elemen segitiga, Persamaan (3) dimodifikasi menjadi :

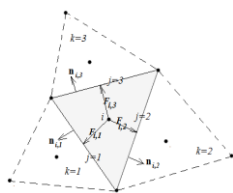
$$\frac{\partial U_i}{\partial t} = - \oint_{\partial c} \mathbf{F} \cdot \mathbf{n} dS + S_i V_i \quad (5)$$

dimana

$$\mathbf{U}_i = P_i V_i ; \quad \mathbf{F} = (\mathbf{Q} + \mathbf{R})$$

$\mathbf{F}$  : Fluks total yang menembus permukaan/sisi sel.  
 $V_i$  : luas sel (volume elemen persatuan kedalaman)  
 $S$  : sisi sel,  $\partial c$  : batas sel,  $\mathbf{n}$  : vektor normal.

Persamaan 5 dapat dijelaskan melalui Gambar 4, bahwa  $F(i,j)$  adalah fluks dari segitiga utama ke-  $i$  yang menembus sisi segitiga ke-  $j$  menuju sel tetangga  $k(i)$ , dan  $\Delta l_j$  adalah panjang ruas sisi ke-  $j$ .



Gambar 4.  $F_{i,j}$  adalah fluks menembus melalui antarmuka  $j$  ke tetangga  $k$

Fluks  $F_{i,j}$  tegak lurus terhadap sisi sel, maka dapat disederhanakan sebagai persoalan 1D [2], yaitu  $F_{i,j}$  merupakan nilai rata-rata antara fluks masuk  $F(Q_{i,j}^+)$  dengan fluks keluar  $F(Q_{i,j}^-)$ , dirumuskan menjadi :

$$F_{i,j} = \frac{1}{2} [F(Q_{i,j}^+) - F(Q_{i,j}^-)] - \{|A|(Q_{i,j}^+ - Q_{i,j}^-)\} \quad (6)$$

dan

$$|A| = R|\Lambda|L$$

$$A = \frac{\partial(F \cdot n)}{\partial Q}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & n_x & n_y \\ (c^2 - u^2)n_x - uvn_y & 2un_x + vn_y & un_x \\ (c^2 - u^2)n_y - uvn_x & vn_y & 2vn_y + un_x \end{bmatrix}$$

$$\Lambda = \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} un_x + vn_y \\ un_x + vn_y - cn \\ un_x + vn_y + cn \end{pmatrix}$$

$$R = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ n_y & u - cn_x/n & u + cn_x/n \\ n_x & v - cn_y/n & v + cn_y/n \end{pmatrix}$$

$$L = \begin{pmatrix} -(un_y + vn_x)/n & n_y/n^2 & -n_x/n^2 \\ \frac{un_x + vn_y}{2cn} + \frac{1}{2} & -n_x/cn & -n_y/cn \\ -\frac{un_x + vn_y}{2cn} + \frac{1}{2} & n_x/cn & n_y/cn \end{pmatrix}$$

dimana

- $Q_{i,j}^+, Q_{i,j}^-$  : rekonstruksi status fluks, arah kiri - kanan
- $A$  : Matrik Jacobian dari Fluks
- $R, L$  : Vektor eigen fluks arah kiri dan kanan
- $\Lambda$  : nilai eigen
- $c = (gh)^{\frac{1}{2}}$  : percepatan gelombang

### 2.6. Solusi Numerik

Solusi numerik persamaan transport sedimen dengan skema FVM pada dasarnya dapat dihitung dengan tiga langkah [7].

- (1) Perkiraan hasil: Solusi perkiraan  $U_i$  pada masing sel dalam rentang waktu  $t_n - t_{n+\frac{1}{2}}$ . Bentuk diferensial primitive dari persamaan pengatur diselesaikan dengan transformasi kordinat ruang  $(\xi, \eta)$ .
- (2) Menghitung Fluks: Fluks  $F_{i,j}$  dihitung dalam ruang  $(x,y)$  dengan menggunakan rentang waktu  $t_n - t_{n+\frac{1}{2}}$ , perubahan besaran massa dan momentum dan material sedimen dihitung setiap sel.
- (3) Perbaikan solusi: adalah menghitung  $U_i$  dengan integral dalam ruang  $(x,y)$  dalam selang waktu  $t_n -$

$t_{n+1}$  pada setiap sel dan fluks  $F_{i,j}$  dihitung dalam selang waktu  $t_n - t_{n+\frac{1}{2}}$ .

Berdasarkan hal di atas, dengan menggunakan hampiran *Roe-Riemann Solver* [16], maka solusi numerik Persamaan (5) menjadi

$$U_i^{t+1} = U_i^t + \frac{t^{n+1} - t^n}{V_i} [-\sum_{k=1}^3 F_{i,j} \Delta l_{ij} p_{i,k} + S_i]^{t+\frac{1}{2}} \quad (7)$$

dimana

- $V_i$  : volume elemen (segitiga ke-i)
- $p_{i,k} = \text{sign}(r_{ik} \cdot n_{ik})$  : fungsi arah vector
- $p_{i,k} = \begin{cases} 1, & \text{bila } (r_{ik} \cdot n_{ik}) > 0 \\ -1, & \text{bila } (r_{ik} \cdot n_{ik}) \leq 0 \end{cases}$

### 2.7. Pengembangan Program Komputer

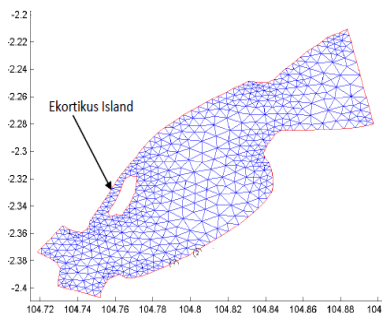
Gambar 5.. Algoritma Pemrograman

Pengembangan program komputer untuk penyelesaian numerik menggunakan software MATLAB, sedangkan display grafis menggunakan software ARCGIS. Algoritma program komputer ditunjukkan Gambar 5.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Diskritisasi domain

Diskritisasi domain menggunakan modifikasi *pdeTool.mat* menghasilkan Gambar 7 dan Gambar 8, sedangkan parameter diskritisasi dicantumkan dalam Tabel 1.



Gambar 7 . Diskritisasi domain tanpa perlakuan

Tabel 1. adalah jenis parameter diskritisasi diperlukan dalam solusi numerik. Jumlah elemen diskrit untuk domain dengan perlakuan (2280 elemen) lebih banyak dari pada domain tanpa perlakuan (1705 elemen), karena elemen segitiga yang dihasilkan berhubungan dengan panjang dari garis batas domain

Tabel 1. Pameter diskritisasi tanpa dan dengan perlakuan.

Parameter	Tanpa	Ada Potensial
	Potensial	
Jumlah Simpul (node)	964	1268
Jumlah Sel $\Delta$ (triangular)	1.705	2.280
Jumlah ruas (edge)	233	258
Panjang sisi minimum (m)	70,44	51,1
Panjang sisi maksimum (m)	1.030,2	1006,9
Luas $\Delta$ minimum (m2)	70,5	1460,2
Luas $\Delta$ maksimum (m2)	377.668,4	379.398,6
Luas $\Delta$ rata-rata (m2)	82.559,8	61.668,6
Luas domain total (m2)	140.764.555	140.604.555

### 3.2. Simulasi tanpa perlakuan $U_1 > U_2$ ,

Simulasi dinamis tanpa perlakuan bertujuan untuk mempelajari karakteristik alami. Parameter yang digunakan dalam simulasi disesuaikan dengan karakter sistem. Parameter utama bersifat dinamis antara lain kecepatan dan kedalaman.

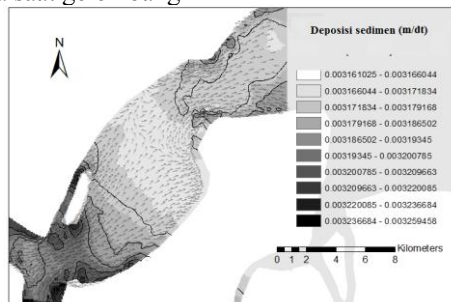
Hasil pengukuran [21] beberapa titik sampel pada tanggal 01 Juli 2013 diperoleh kecepatan aliran di MSB bervariasi antara 0,02 – 0,5 m/dt dengan kedalaman 0.1-14 m. Hasil penelitian [1] dalam bulan Juni-Oktober 2005, kecepatan aliran di MSB berkisar antara 0,05 – 0,5 m/dt. pada kedalaman antara 0,5 -15 m, diketahui bahwa Kecepatan dan kedalaman dapat berubah setiap saat sesuai dengan fluktuasi Pasut dan musim. Parameter penting lain yang digunakan dalam simulasi dicantumkan dalam Tabel 2.

Hasil simulasi dinamis tanpa perlakuan, dapat ditunjukkan distribusi kecepatan di MSB pada

Tabel 2. Parameter dan konstanta

Nama Paramter/konstanta	Notasi	Satuan	Harga
Berat jenis air	$\rho_w$	kg/m <sup>3</sup>	1000
Berat jenis sedimen terlarut	$\rho_s$	kg/m <sup>3</sup>	1953
Percepatan gravitasi	$g$	m/dt <sup>2</sup>	9.81
Porositas bed load	$p$	-	0,47
Angka kekasaran dasar muara	$n$	-	0,00165
Diameter partikel yang diamati	$d$	mm	$0,375 \cdot 10^{-3}$
Viskositas aliran	$\mu$	-	$1.2 \cdot 10^{-6}$
Kecepatan kritis erositasi	$\theta_c$	-	0,047
Gaya pengendali erosi	$\phi$	-	0,015
Konsentrasi larutan sedimen	$C$	%	5
Angka interaksi antar partikel	$A_s$	-	0,01
Kecepatan fluks Sungai Lalan	$U_1$	m/dt	0,5
Kecepatan fluks S. Banyuasin	$U_2$	m/dt	0,3
Tinggi maksimum Pasut	$h$	m	3

Gambar 9. Distribusi kecepatan di MSB merupakan perpaduan antara kecepatan aliran sungai dan kecepatan aliran gelombang Pasut sehingga pada kondisi gelombang Pasut menuju maksimum kecepatan aliran menjadi melambat, kemudian stagnasi sebelum terjadi arus berbalik (slack water). Kecepatan gelombang Pasut pada masing-masing arah tersebut bervariasi dari kecepatan nol pada saat slack water hingga mencapai kecepatan maksimal pada saat gelombang

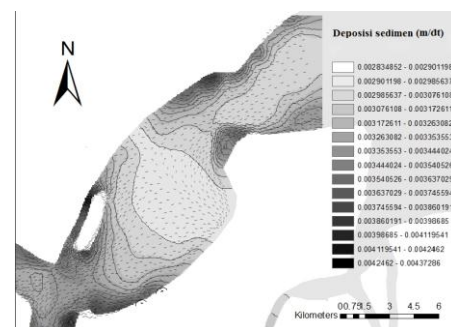


Gambar 9.. Distribusi deposisi sedimen, tanpa perlakuan  $U_1 > U_2$ ,

Pasut mencapai sama dengan tinggi rata-rata permukaan air laut [8]. Warna gelap pada gambar Gambar 9, menunjukkan daerah dimana laju deposisi sedimen adalah tertinggi.

### 3.3. Simulasi dengan perlakuan $U_1 < U_2$ ,

Simulasi perlakuan pada sistem dengan mengubah besar kecepatan aliran Sungai Lalan  $U_1$  dan Sungai Banyuasin  $U_2$ , bertujuan untuk memahami efek perpaduan aliran kedua sungai. Dalam kondisi alami  $U_1 > U_2$ , hal ini terkait dengan luas DAS dan elevasi kedua sungai. Pertemuan kedua fluks aliran sungai tersebut merupakan penjumlahan vector, ketika diubah menjadi  $U_1 < U_2$  maka efek terhadap distribusi deposisi sedimen dan pertambahan luas pulau Ekortikus dapat ditunjukkan pada Gambar 10. Mengubah kecepatan aliran sungai Lalan  $U_1$  dan sungai Banyuasin  $U_2$  menjadi  $U_1 < U_2$ , mengubah pola distribusi deposisi sedimen dan disekitar pulau Ekortikus pengendapan tetap terjadi namun intensitasnya menjadi berkurang. Hasil simulasi dapat ditunjukkan ada kecenderungan terjadi erosi pada daerah Barat-daya pulau Ekortikus, ini berarti bahwa luas pulau Ekortikus pada bagian itu akan berkurang. Hal ini membuktikan bahwa mekanisme pembentukan dan penambahan luas pulau Ekortikus disebabkan oleh variasi kecepatan, dimana  $U_1 > U_2$ .

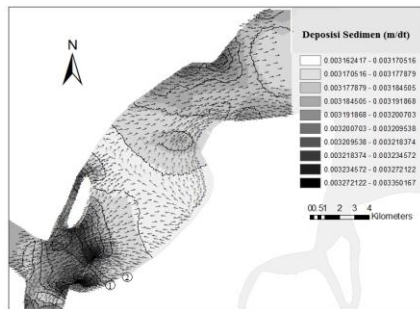


Gambar 10. Distribusi deposisi sedimen, dengan perlakuan  $U_1 < U_2$ ,

### 3.4. Simulasi dengan perlakuan potensial penghalang $U_1 > U_2$ ,

Ditunjukkan pada Gambar 11 bahwa di sekitar potensial penghalang terlihat penumpukan deposisi sedimen tidak signifikan. Penumpukan deposisi sedimen terjadi disekitar potensial penghalang dan bagian Barat-daya pulau Ekortikus dan disekitar leher MSB. Kehadiran potensial penghalang pada posisi yang ditentukan dapat mengubah distribusi secara signifikan. Pengendalian deposisi sedimen dengan potensial penghalang dapat menurunkan kecepatan sedimen barat-daya Pulau Ekor Tikus, namun deposisi sedimen beralih disekitar potensial penghalang sehingga berfungsi sebagai penangkap sedimen (sediment trap).





Gambar 11. Distribusi deposisi sedimen, dengan perlakuan potensial penghalang,  $U_1 < U_2$ ,

#### 4. Kesimpulan

1. Metode volume hingga (FVM) cocok digunakan sebagai solusi numerik pada kasus hidrodinamik dimana memiliki sifat fleksibilitas yang tinggi,
2. Mekanisme pertambahan luas Pulau Ekortikus, disebabkan oleh tingginya angka deposisi sedimen yang terakumulasi dalam waktu lama serta pengaruh hidrodinamika akibat pertemuan dua aliran dari Sungai Lalan dan Banyuasin.
3. Simulasi rekayasa sistem dengan menempatkan potensial penghalang dapat mengendalikan distribusi laju deposisi sedimen di MSB, namun tidak untuk menurunkan laju deposisi sedimen.

#### Daftar Pustaka

- [1]. Hartoni dan Agussalim, A., (2007). Laju sedimen tersuspensi di wilayah Pembangunan Pelabuhan Tanjung Api-api Muara Sungai Banyuasin Kabupaten Banyuasin, Jurnal Penelitian Sain, Vol. 10. No.2 pp. 204-211.
- [2]. Anastasiou, K. and Chan, C.T., 1997, Solution of the 2D Shallow Water Equations Using the Finite Volume Method on Unstructured Triangular Meshes, Journal. Numerical Methods In Fluids, VOL. 24, 1225–1245.
- [3]. Anonim, 2014, <http://id.wikipedia.org/wiki/Muara>. Diakses pada Agustus, 22, 2014
- [4]. Begnudelli, L. and Sanders, F. B., 2006, Unstructured Grid Finite-Volume Algorithm, Journal of Hydraulic Engineering © ASCE, 0733-9429, 2006, pp132:4, 371.
- [5]. Chandrashekar, V., 2006, Control Volume Finite Element Method for the 2-Dimensional Convection-Difusion Equation, Department of Mechanical Engineering Purdue University, India.
- [6]. Feleke, A. and Sanders, F. B., 2004, Dispersion Model for Tidal Wetlands, Journal of Hydraulic Engineering © ASCE.
- [7]. Heron S., 2012, Karakteristik Pasang Surut dan Pola Arus di Muara Sungai Musi, Jurnal Penelitian Sains FMIPA Universitas Sriwijaya, Volume 15 Nomer 1(D) 15108, pp.34-39.
- [8]. Holzbecher, E., 2012, Environmental Modeling Using MATLAB, Springer, New York.
- [9]. Khadan., N., 2002, Modeling Tools for Environmental Engineers and Scientists, CRC Press. New York.
- [10]. Maria, A., 1997, Introduction to Modeling and Simulation, Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference, State University of New York at Binghamton.
- [11]. Mengguo, L., 2003, 2-D Suspended Sediment Numerical Simulation of The Oujiang Estuary, Tianjin University, Tianjin, 300072, China.
- [12]. Olsen, N.R.B., 2000, CFD Algorithms for Hydraulic Engineering, Departement of Hydraulic Environmental Engineering the Norwegian Univ. Of Science and Technology.
- [13]. Royslance, D., 2001, Finite Element Analysis, <http://ocw.mit.edu/> Accessed on November, 23, 2011.
- [14]. Salleh, S., 2008, Computer for Numerical Methods Using Visual C++, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- [15]. Sanders, B.F., 2008, Integration of a Shallow Water Model with a Local Time Step, Journal of Hydraulic Research Vol. 46, No. 4 (2008), pp. 466–475.
- [16]. VanRijn, L.C., 2004, Estuarine and Coastal Sedimentation Problems, Proceedings of the Ninth International Symposium on River Sedimentation October 18 – 21, 2004, Yichang, China.
- [17]. Voller, V. R., 2008, Basic Control Volume Finite Element Methods for Fluids and Solid, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, Singapore.
- [18]. Zhou, J. G., Causon, D. M., Ingram, D. M. and Mingham, C. G., 2002, Numerical Solutions of the Shallow Water Equations with Discontinuous Bed Topography Int. Journal. Numer. Meth. Fluids; 38:769–788.
- [19]. Dullemond, C.P., Wang, H.H., (2009). [http://www.ita.uni-heidelberg.de/~dullemond/lectures/num\\_fluid\\_2009/index.shtml](http://www.ita.uni-heidelberg.de/~dullemond/lectures/num_fluid_2009/index.shtml), Accessed on April, 22, 2013.
- [20]. Zulfahrum, C., Eddy, I., Rasyid, M. R., Ngudiantoro, Siti, M. B., (2015), Reducing Deposition Rate of Sediment in Tanjung Api-Api Harbor, Modeling Using Finite Volume Method with Triangular Unstructured Mesh, AARJMD VOLUME 1 ISSUE 32 (APRIL 2015), pp.90-107.