

MODEL HIDRODINAMIKA DAN *SEDIMENT TRANSPORT* PADA MUARA SUNGAI MUSI PALEMBANG, SUMATERA SELATAN

Achmad Syarifudin¹, Momon Sodik Imanuddin² dan Bistok Simanjuntak³

¹*Doctoral Candidate of Environmental Sciences, Sriwijaya University, Lecture of Bina Darma University, KNI-ICID South Sumatra, email: syarifachmad6080@yahoo.co.id*

²*Promotor, Lecture of Sriwijaya University, KNI-ICID South Sumatra, email: momon2001hk@yahoo.com*

³*Head of Balai Besar Wilayah Sungai Sumatera VIII, KNI-ICID South Sumatra*

ABSTRACT

Musi River is the largest river with a length of 750 kilometers and an average width of 540 meters (1,350 feet the longest width) located around the Kemaro island. Basically, the sedimentation on the Musi river including the sedimentation rate is high due to the current meeting between Musi river and ocean currents in the Bangka strait. Musi river silting conditions more severe because the silt reaches about 40 cm per month. In fact, the volume of sludge could reach 2.5 million meters³. Along the Musi river shipping channel to the Port Boombaru and Bangka Strait, there were 13 points silting. Four points are particularly vulnerable, because of silting up to 4 meters. Location is quite prone to it that in the northern part of the Payung island and estuary of Jaran, while the locations that experienced the most severe siltation, among others, on the brink of beyond, the mouth of the shore and the waters of the strait south of the island as well as the Payung term sedimentation that can reach 7 km, so the ships that cross the Musi river should be guided by the tidal of Musi river. It is necessary for the study of sediment transport in the outer verge Musi river so it can be predicted by the location of erosion and sedimentation modeling approach MIKE - 21 Flow Model.

Keywords : sediment transport, navigational flow, hydraulic model

1. PENDAHULUAN

Sungai Musi yang merupakan sungai terbesar dengan panjang 750 kilometer dan lebar rata-rata 540 meter (lebar terpanjang 1.350 meter) berada di sekitar Pulau Kemaro dan (lebar terpendek 250 meter) berlokasi di sekitar Jembatan Musi II. Sungai Musi memiliki dua pulau yaitu Kembaro (Kemaro) dan Kerto. Ketiga sungai besar lainnya adalah Sungai Komering dengan lebar rata-rata 236 meter, Sungai Ogan dengan lebar rata-rata 211 meter dan Sungai Keramasan dengan lebar rata-rata 103 meter (Dinas PU BM & PSDA kota Palembang, 2012).

Sungai Musi tak hanya dimanfaatkan oleh penduduk sekitar saja, tetapi juga oleh perusahaan-perusahaan besar yang tinggal disekitar sungai Musi. Mereka menggunakan sungai Musi untuk mengirimkan produk-produk dan mendatangkan bahan baku melalui kapal. Sehingga banyak kapal-kapal besar dan bahkan sangat besar yang mondar-mandir di sungai Musi ini. Beberapa perusahaan yang terdapat di sepanjang sungai Musi adalah PT. Pertamina, PT. Pupuk Sriwijaya (PUSRI), Wilmar Group dan Pelabuhan Boom Baru, dan Pelabuhan Kapal Ferry di 35 ilir. Peranan sungai Musi yang sangat vital dalam kehidupan sehingga di sebut urat nadi kota Palembang saat ini mulai di hantui berbagai masalah, salah satu permasalahannya yaitu terjadinya pendangkalan sungai yang terus meningkat setiap tahunnya. Tentu hal ini sangat merugikan Pemerintah Provinsi Sumatera Selatan, apalagi saat ini Provinsi Sumatera Selatan sedang gencar-gencarnya menarik minat investor untuk menanam modal dalam bernagai sektor bisnis di Sumatera Selatan. Pada dasarnya, sedimentasi yang terjadi di sungai Musi memang termasuk sedimentasi tingkat tinggi disebabkan adanya pertemuan arus antara sungai Musi dan arus laut di selat Bangka.

Kondisi pendangkalan sungai Musi kian parah karena endapan lumpur mencapai sekitar 40 cm per bulan. Bahkan, volume endapan bisa mencapai 2,5 juta meter³. Sepanjang alur pelayaran Sungai Musi dari Pelabuhan Boombaru hingga selat Bangka terdapat 13 titik pendangkalan. Empat titik sudah sangat rawan, karena pendangkalan mencapai 4 meter. Lokasi yang cukup rawan itu yakni di Pulau Payung bagian utara dan Muara Jaram, sedangkan lokasi yang mengalami pendangkalan paling parah antara lain di ambang luar, muara selat jaran dan perairan bagian Selatan Pulau payung serta panjang sedimentasi itu bisa mencapai 7 km. sehingga Kapal-kapal yang melintasi sungai Musi harus berpedoman terhadap pasang surut Air Sungai Musi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Sifat Aliran Sungai

Aliran air di sungai yang mengalir satu arah dari hulu ke arah hilir, sesungguhnya merupakan gabungan dua jenis sumber aliran yaitu aliran air permukaan (*surface flow / run off*) dan aliran air dalam tanah (*ground water flow*) yang bersama sama masuk ke alur sungai (Jatmoko, 1987).

Besarnya aliran tergantung pada luas daerah aliran sungai, geomorfologi, jenis penutup permukaan yang ada dan besaran curah hujan yang jatuh pada daerah pematasan tersebut.

Aliran sungai akan selalu berubah-ubah, terutama disebabkan oleh besaran curah hujan yang bervariasi jatuh di daerah tersebut dan jenis penutup permukaan. Data yang diperoleh dari sifat aliran sungai adalah data debit air dan data debit sedimen yang mengalir ke arah hilir dan mempengaruhi stabilitas *outlet* yang akan dibangun.

Stabilitas muara amat dipengaruhi oleh debit air sungai yang mengangkut material ke arah hilir, dengan pertimbangan bahwa lebih kecil pengaruh aliran sungai dibandingkan dengan pengaruh gelombang laut maupun pengaruh pasang surut, maka mulut muara akan tertutup oleh endapan sejajar pantai (*sand bar*) yang pada gilirannya akan menghambat laju aliran sungai dari daerah hulu.

Angkutan Sedimen di Sungai

Angkutan sedimen di sungai dapat diselesaikan berdasar persamaan sedimen menurut Exner adalah:

$$(1 - \lambda_p) B \frac{\partial \eta}{\partial t} = - \frac{\partial Q_s}{\partial x} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

B : lebar saluran.

η : elevasi saluran.

λ_p : porositas lapisan aktif.

t : waktu.

x : jarak.

Q_s : jumlah angkutan sedimen

Persamaan diatas menyatakan bahwa perubahan volume sedimen dalam volume kontrol erosi dan pengendapan adalah penyelesaian perbedaan antara muatan yang masuk dan muatan yang keluar.

Acker dan White (1973) menyatakan fungsi total muatan diperoleh dari data saluran berturut-turut mulai ukuran butir seragam dari pasir sampai gravel. Hidrodinamik dipilih dari rentang konfigurasi yang meliputi bergerigi, gundukan dan kondisi dasar saluran yang rata. Sedimen melayang adalah fungsi dari kecepatan geser, sedang muatan dasar adalah fungsi tegangan geser.

Simulasi Hidraulik

Simulasi hidraulik saluran di daerah rawa adalah sarana yang berguna untuk memahami perilaku sistem hidraulik. Simulasi dapat di buat untuk skenario yang mungkin berbeda dari operasi dan parameter hidraulik yang sesuai (laju aliran dan tingkat air) di bagian yang berbeda dari sistem dapat dinilai. Dalam studi ini, MIKE-21 Flow Model akan di pakai sebagai alat bantu simulasi dalam sedimen transport di saluran.

Mike 21 adalah suatu perangkat lunak rekayasa profesional yang berisi sistem pemodelan yang komprehensif untuk program komputer untuk *2D free-surface flows*. Mike 21 dapat diaplikasikan untuk simulasi hidrolika dan fenomena terkait di sungai, danau, estuari, teluk, pantai dan laut. Program ini dikembangkan oleh DHI Water & Environment.

Mike 21 yang digunakan terdiri dari modul hidrodinamik, modul spectral wave dan modul sand transport. *Mike 21 hydrodynamic (HD) module* adalah model matematik untuk menghitung perilaku hidrodinamika air terhadap berbagai macam fungsi gaya, misalnya kondisi angin tertentu dan muka air yang sudah ditentukan di *open model boundaries*. *Hydrodynamic module* mensimulasi perbedaan muka air dan arus dalam menghadapi berbagai fungsi gaya di danau, estuari dan pantai. *Modul Sand Transport (ST)* merupakan aplikasi model dari angkutan sedimen non kehesif.

MIKE 21 *Flow Model* adalah satu sistem modeling berbasis pada satu pendekatan mesh fleksibel. Dikembangkan untuk aplikasi di dalam oceanographic, rekayasa pantai dan alam lingkungan muara sungai.

Sand Transport Module menghitung hasil dari pergerakan material non kohesif berdasarkan kondisi aliran di dalam modul hidrodinamik serta kondisi gelombang dari perhitungan gelombang (modul spectral wave). Pendekatan formula yang digunakan dalam sediment transport di modul ini adalah Engelund-Hansen model, Van-Rijn model, Engelund-Fredsoe model, serta Meyer-Peter-Müller model. Formula yang digunakan tersebut memadukan antara pengaruh arus dan gelombang dalam pergerakan sedimen.

Persamaan pengatur yang digunakan dalam modul ini adalah sebagai berikut :

$$\frac{\partial z}{\partial t} = \frac{z(1+a-e^z)}{e^z(z-1)+1} \frac{1}{U_0} \frac{dU_0}{dt} + \frac{30K}{k} \frac{\sqrt{K^2 U_0^2 + z^2 U_{f0}^2 + 2KzU_{f0}U_0 \cos\gamma}}{e^z(z-1)+1} \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

K = Konstanta Von Karman

t = waktu

z = parameter tebal boundary layer

U₀ = kecepatan orbit dasar gelombang terdekat

U_{f0} = kecepatan geser arus dalam lapisan batas gelombang

γ = sudut antara arus dan gelombang

k = kekasaran dasar permukaan 2.5 d₅₀ untuk lapisan *plane bed* dan 2.5 d₅₀ + k_R untuk *ripple covered bed*

d₅₀ = rata ukuran diameter

k_R = *ripple* yang berkaitan dengan kekasaran

Beberapa item output yang dihasilkan dari Modul Sand Transport (ST) ini adalah:

- *Total load, x-component*
- *Total load, y-component*
- *Rate of bed level change*
- *Bed level change*

- *Bed level*

Model hidrodinamik dalam Mike 21 HD adalah sistem model numerik umum untuk muka air dan aliran di estuari, teluk dan pantai. Model ini mensimulasi aliran dua dimensi tidak langgeng dalam fluida satu lapisan (secara vertikal homogen).

Persamaan berikut, konservasi massa dan momentum, menggambarkan aliran dan perbedaan muka air. Aliran satu dimensi di dijelaskan dengan dua persamaan: persamaan momentum dan persamaan kontinuitas. Sedimen termasuk persamaan kontinuitas dari sedimen dan rumus dari bahan sedimen, dan seterusnya.

(1) Persamaan Kontinuitas:

$$\frac{\partial A_t}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_{lat} \quad \dots \quad (3)$$

dimana A_t adalah luasan total potongan melintang; q_{lat} adalah debit lateral per satuan panjang; Q adalah debit.

(2) Persamaan Momentum:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha_B \frac{Q^2}{A_f} \right) + g A_f \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{g Q |Q|}{C^2 R A_f} - W_f \frac{\tau_{wi}}{\rho_w} + g A_f (\eta + \xi Q |Q|) + \frac{g}{\rho_w} \frac{\partial \rho}{\partial x} A_{1m} = 0 \quad \dots \quad (4)$$

dimana β konstanta *boussinesq*; A_f adalah daerah potongan melintang aliran; h adalah ketinggian air; C adalah koefisien Chézy; R adalah radius hidraulik; W_f adalah lebar aliran, W_i adalah tegangan geser oleh angin; w adalah rapat massa air; A_{1m} adalah orde pertama momen potongan melintang.

(3) Persamaan Kontinuitas material dasar saluran:

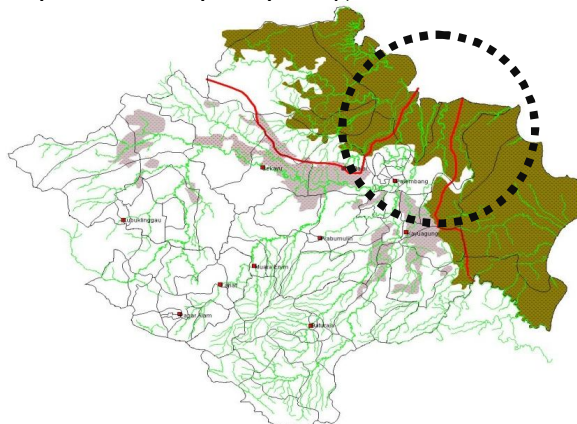
$$\frac{\partial A_s}{\partial t} - \frac{\partial S}{\partial x} = - S_{lat} \quad \dots \quad (5)$$

dimana A_s adalah daerah potongan melintang angkutan sedimen (m^2); S adalah sedimen yang terangkut melalui potongan melintang termasuk volume pori (m^3/s); S_{lat} adalah suplesi sedimen lateral termasuk volume pori (m^2/s).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan pemodelan dan simulasi pola arus serta transpor sedimen di perairan Selat Bangka pada posisi $2.07^\circ - 2.38^\circ$ LS dan $104.85^\circ - 105.17^\circ$ BT. Lokasi penelitian seperti pada gambar 3.1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (Sumber: BPSDA, 2010)

Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain seperti pada tabel 1. berikut

Tabel 1. Daftar alat yang digunakan dalam penelitian

No.	Nama Alat	Banyaknya	Kegunaan
1	Alat Tulis	2 buah	Alat bantu menulis hasil pencatatan data
2	Komputer (RAM 2 GB)	1 unit	Melakukan pemodelan secara umum\
3	Printer	1 unit	Menampilkan tulisan dalam bentuk laporan
4	Software MIKE-21 Model, MS-Excel,	1 buah	Untuk melakukan pemodelan dan pengolahan data
5	Dongle (lisensi program)	1 buah	Untuk mengaktifkan software MIKE-21 Flow Model
6	Laptop dan Printer	1 buah	Membantu dalam pembuatan laporan

Data yang digunakan dalam analisis seperti pada Tabel 2 berdasarkan jenis, sifat, sumber dan satuan dari data.

Tabel 2 Jenis dan Sumber Data yang Diperlukan

No	Jenis data	Sifat Data		Sumber	Satuan
		P	S		
1	Pasang surut	√		Lapangan	m
2	Batimetri		√	Bakorsurtanal/Pelindo	m
3	Arah dan kecepatan arus	√		Lapangan	(°) dan m/s
4	Debit Sungai	√		Lapangan	m ³ /s
5	Arah dan kecepatan angin		√	BMG	(°) dan m/s
6	Sedimen dasar	√		Lapangan	mm atau φ
7	Konsentrasi sedimen tersuspensi (TSS)	√		Lapangan	mg/l
8	Debit sedimen dari sungai	√		Lapangan	gr/s

Keterangan : P = Primer; S= Sekunder

Simulasi Program MIKE-21 FM

MIKE-21 Hydrodynamic Module (HD Module) adalah model matematika untuk menghitung perilaku hidrodinamika air terhadap berbagai macam fungsi gaya, misalnya kondisi angin tertentu dan muka air yang sudah ditentukan di open model boundary. HD Module mensimulasi perbedaan muka air dan arus dalam menghadapi berbagai fungsi gaya di danau, estuari, dan pantai. Efek yang dapat disimulasi oleh modul ini adalah:

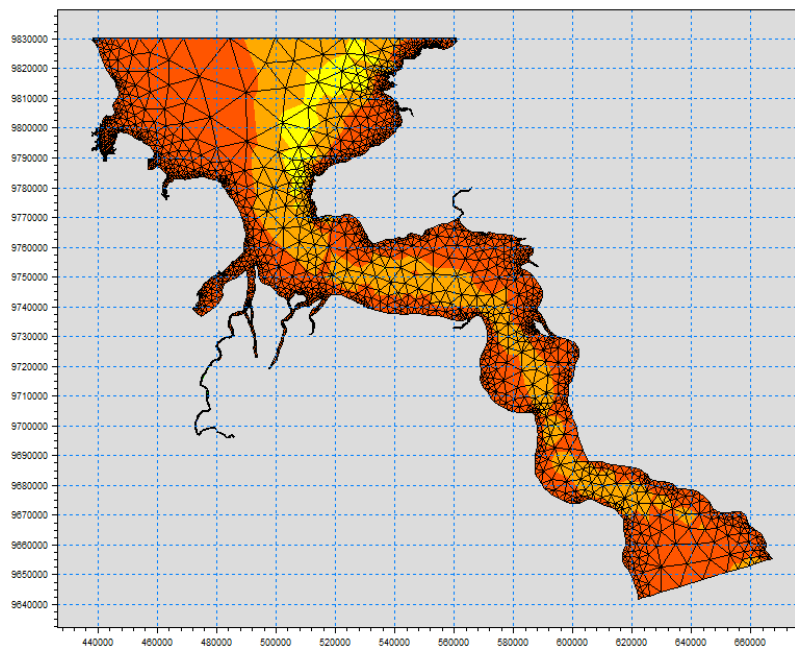
- *Bottom Shear Stress*
- *Wind shear stress*
- *Barometric pressure gradients*
- *Coriolis force*
- *Momentum dispersion*
- *Sources and sinks*
- *Evaporation*
- *Flooding and drying*
- *Wave radiation stress*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi Model Komputer Mike-21 FM

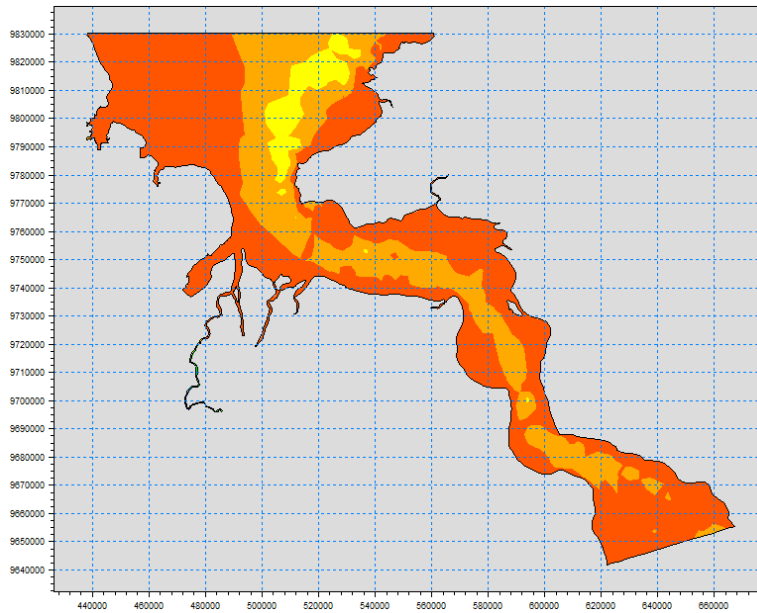
Proses awal yang penting dalam permodelan adalah penyusunan jaring-jaring. Pemodelan jaring-jaring yang digunakan adalah berdasarkan jaring-jaring fleksibel. Tahap-tahap dalam pembentukan jaring-jaring ini adalah sebagai berikut:

- Mengimpor batas-batas model
- Mengedit batas daratan
- Spesifikasi batas-batas
- Pembentukan jaring-jaring.
- Memperhalus batas-batas daratan
- Interpolasi batimetri terhadap jaring-jaring.
- Memperhalus jaring-jaring.



Gambar 2. Model jaring kisi-kisi di selat Bangka

Pada gambar 2 seperti di atas menunjukkan model jaring kisi-kisi batimetri dari ambang luar sungai Musi yang kemudian akan dapat menggambarkan batimetri secara global seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Batimetri model global untuk daerah selat Bangka

Model Bangkitan MIKE-21 HD

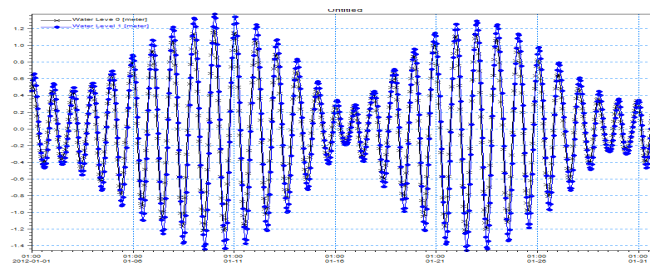
Model hidrodinamika ambang luar sungai Musi di buat untuk melihat pengaruh pasang surut terhadap inlet sungai dan saluran.

Waktu Simulasi (*Time Simulation*)

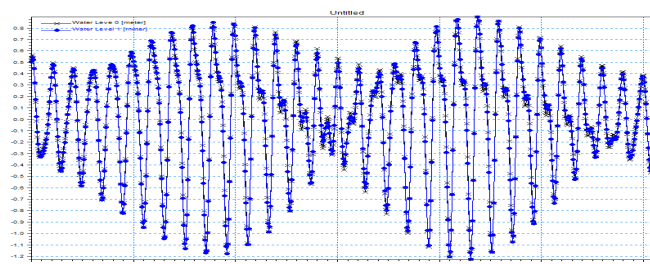
Waktu simulasi (time simulation) yang digunakan untuk HD domain kecil dan ST dengan *time step interval* yang digunakan 30 detik dengan jumlah waktu simulasi (*time step*) sebanyak 89160. Sebagai kondisi awal, data masukan pada model adalah interval waktu simulasi.

Syarat Batas (*Boundary conditions*)

Ketinggian muka air pasang surut digunakan sebagai data masukkan untuk syarat batas utara dan syarat batas selatan.



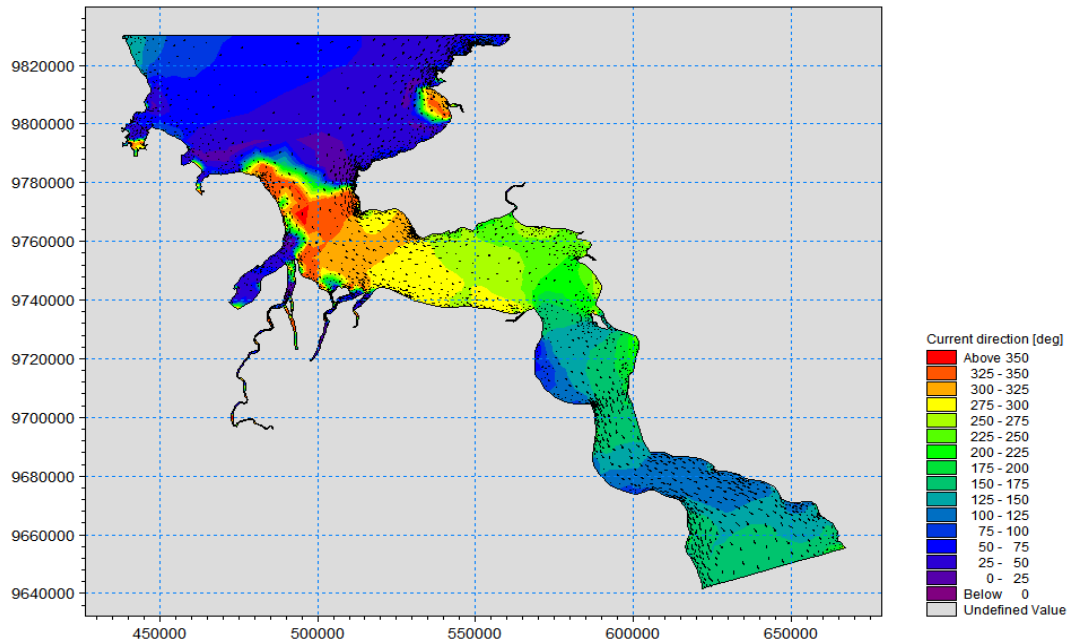
Gambar 4. Ketinggian muka air pada arah Utara



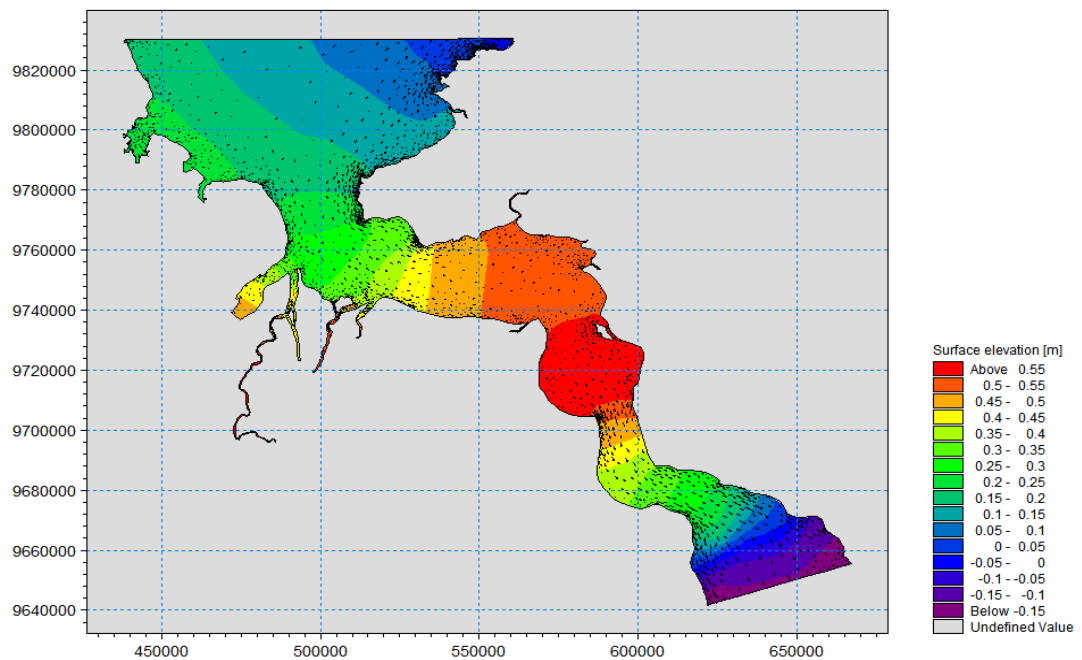
Gambar 5. Ketinggian muka air pada arah Selatan

Output Model untuk Hidrodinamika

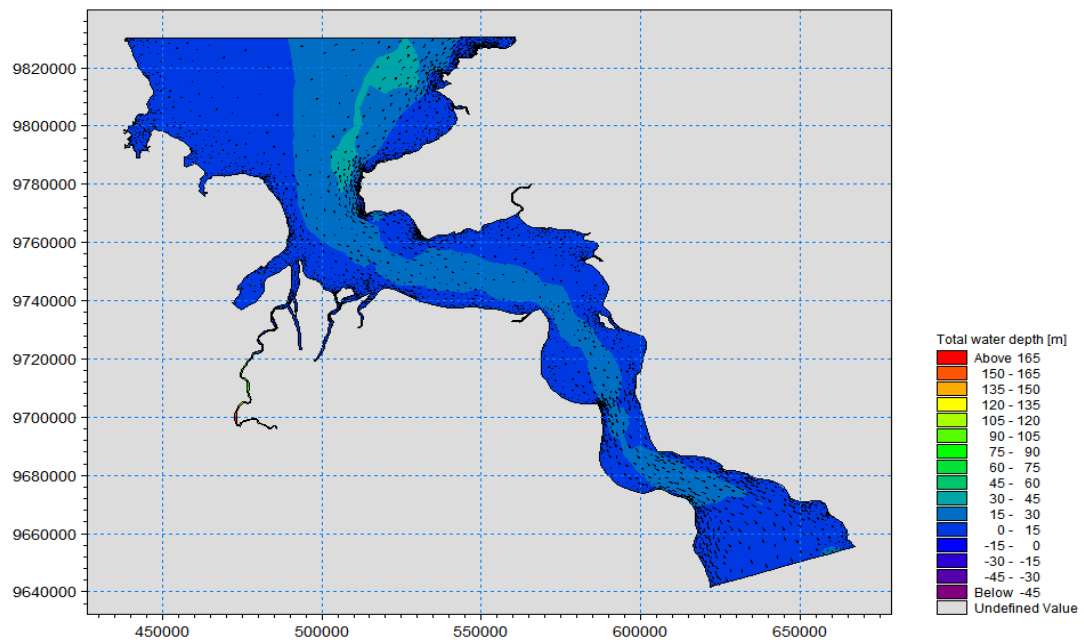
Setelah semua syarat batas (boundary condition) terpenuhi di dalam pemodelan, maka hasil keluaran model global pada ambang luar sungai Musi seperti pada gambar 6, 7 dan 8 seperti di bawah ini.



Gambar 6. Model hidrodinamika arah kecepatan



Gambar 7. Model hidrodinamika elevasi permukaan



Gambar 8. Model hidrodinamika total kedalaman aliran

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Arah kecepatan terbesar terjadi pada estuari sungai Musi yaitu berkisar antara 300-350 derajat,
2. Elevasi permukaan ambang luar sungai Musi berkisar antara 0,20 m – 0,40 m, hal ini akan berdampak terhadap daerah bebas bagi kapal untuk melakukan pergerakan secara baik dan aman,
3. Kedalaman air total terjadi sebesar 15 – 30 m sehingga berpengaruh terhadap alur pergerakan kapal yang masuk ke sungai Musi secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Eelaart, A.L.J, van den 1991, *Potential, phased Development And Water Management In Tidal Lands*, SWAMPS II (IBRD) Report, Indonesia
2. Felmy, A., 1985, *MINTEQ - A Computer Program for calculating Aqueous Geochemical Equilibria*, U.S. EPA, Athens, GA Fleddermann, BF, 2006, "Engineering Ethics", Eralangga Jakarta
3. G.P Van De Ven, 2004, *Man-Made History of Water Management and Land Reclamation in The Netherlands Low Lands*, Stichting Matrijs, Utrecht, Netherlands
4. Hartoyo Suprianto, Sumarjo Gatot Irianto, Robiyanto H. Susanto, and FX BartSchult. Suryadi, 2006, *Potential and constrains of water management measures for tidal lowlands in South Sumatra. Case study in a pilot area Telang I. In proceedings of the 9th Inter- Regional Confrence on water environment. Enviro water, Concept for Water management and multifunctional land uses in lowlands*, Delft, the Netherlands.
5. Harinaldi, 2005, *Principles of Statistics for Engineering and Science*, Erland Jakarta, Indonesia

6. Indarto, 2010, *Hydrology, Basic Theory and Application Model Example Hydrology*, PT. Earth Literacy, Jakarta, Indonesia Joint Working Group, Ministry of Public Works and Rijkwaterstaat., 2005. *Technical Guidelines On Tidal Lowland Development. Volume II: Water Management.*
7. Munir, S, 2010, *Role of sediment transport in operation and maintenance of supply and demand based irrigation canals*, PhD Thesis UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands
8. Paudel, 2010, *Role of sediment in the design and management of irrigation canals, Sunsari Morang Irrigation Scheme, Nepal*, PhD Thesis, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands
9. Roelse, K. (1988), *Land Reclamation Of lowlands In Indonesia*, TU Delft, Netherlands
10. Rampano, B, 2009, *Water Control structures: Designs for natural resource management on coastal floodplains*, NSW Departement of industry and investment, USA
11. Schultz, B and Vries, W.S., 1993. 15th Congress on Irrigation and Drainage: *Water Management in the Next Century: Q.45 R.17: Some Typical Aspects of Maintenance Drainage Systems in Flat Areas.* The Hague
12. Schultz, E. 1993. *Land and Water Development: Finding a balance between implementation, management and sustainability.* IHE Delft. Netherlands
13. Schultz, B, Zimmer, D, and Vlotman, W.F., 2007. *Drainage under Increasing and Changing Requirements. The Journal of the International Commission on Irrigation and Drainage.* John Wiley and Sons Ltd
14. Supriyanto, H., 2004. *Where do We Stand on Swamplands Development. Regional Teaching Seminar on Tidal Lowlands*
15. Supriyanto, H, Irianto, S.G, Susanto, R.H, Suryadi, F.X, Schultz, B., 2006. *Potentials and Constraints of Water Management Measures for Tidal Lowlands in South Sumatera. Case Study in a Pilot Area in Telang I.* In Proceedings 9th Inter-Regional Conference on Environment-Water. Delft. The Netherlands
16. Suryadi, F.X, October 1996. *Soil and Water Management Strategies for Tidal Lowlands in Indonesia.* Netherlands, A.A. Balkema, Rotterdam. The Netherlands
17. Suryadi, F.X, 2004. *Pengembangan Daerah Rawa Pasang Surut di Sumatera Selatan, Pengalaman Pengembangan Daerah Rawa dan O&P Telang I.* Land and Water Management Tidal Lowlands
18. Suryadi, F.X, 2007. *Lecture Notes. Unsteady Flow.* Unesco IHE. The Netherlands
19. Warga Dalam, Djajamurni, 2008, *policy development and management of swamp (now and in the future)*, Papers in the Workshop on the Strengthening of Tidal Lowland Development (STLD), Jakarta. Indonesia
20. _____, 2004, *Water Resources Law*, Publisher of Public Works, Jakarta