

STUDI LAJU SEDIMENTASI AKIBAT DAMPAK REKLAMASI DI TELUK LAMONG GRESIK

Nama Mahasiswa : Fiqyh Trisnawan Wicaksono

NRP : 4309 100 073

Jurusan : Teknik Kelautan FTK-ITS

Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Widi A. Pratikto, M.Sc., Ph.D

Suntoyo, ST., M.Eng., Ph.D

ABSTRAK

Reklamasi merupakan upaya manusia untuk menjawab keterbatasan lahan yang ada di perkotaan. Dalam perkembangan selanjutnya kawasan tersebut dimanfaatkan untuk pembangunan fasilitas perkotaan, permukiman atau pelabuhan. Rencana pengembangan Teluk Lamong yaitu peningkatan kapasitas bongkar muat, terminal peti kemas dan terminal *multipurpose* dikhawatirkan akan berdampak negatif terhadap pola arus dan sedimentasi di Teluk Lamong. Dampak dari sedimentasi ini dikhawatirkan akan menyebabkan pendangkalan alur pelayaran sungai di Selat Madura. Tugas akhir ini meneliti tentang perubahan pola arus yang terjadi di Teluk Lamong akibat adanya reklamasi dengan parameter kecepatan arus yang terjadi pada tiap titik tinjauan dan tiap alternatif desain reklamasi yang dimodelkan dengan SMS 11.1. Pola arus dan transpor sedimen yang terjadi di Teluk Lamong mengalami perubahan. Besarnya sedimen pada kondisi eksisting yaitu -638.33 m^3 . Selisih volume sedimentasi sebelum dan sesudah dilakukannya reklamasi di Teluk Lamong dibagi dalam beberapa alternatif desain, untuk alternatif desain 1 didapatkan selisih -20.9 m^3 , untuk alternatif 2 didapatkan -41.7 m^3 . Walaupun sedimentasi bernilai negatif atau dengan kata lain terjadi erosi, namun angka yang terjadi tidak signifikan.

Kata Kunci : reklamasi, pola arus, sedimentasi

STUDY OF SEDIMENTATION RATE DUE RECLAMATION IMPACTS IN LAMONG BAY

Name : Fiqyh Trisnawan Wicaksono
NRP : 4309 100 073
Departement : Ocean Engineering FTK-ITS
Supervisors : Prof. Ir. Widi A. Pratikto, M.Sc., Ph.D
Suntoyo, ST., M.Eng., Ph.D

ABSTRACT

Reclamation is a human attempt to address the limitations of existing urban land. In a further development of the region used for the construction of urban facilities, residential or ports. Lamong Bay development plans that increase the capacity of loading and unloading, container terminal and multipurpose terminal is feared to have a negative impact on the pattern of flow and sedimentation in the Lamong Bay. The impact of sedimentation is feared to cause silting of river shipping channel in the Strait of Madura. This final project examines changes in flow patterns that occur in the Lamong Bay as a result of reclamation with parameter flow velocity that occurs at each point and each alternative design review reclamation is modeled with SMS 11.1. The pattern of flow and sediment transport that occurred in the Lamong Bay change. The amount of sediment in the existing condition -638.33 m^3 . Sedimentation volume difference before and after reclamation in the Lamong Bay divided into several alternative designs, alternative design 1 obtained difference -20.9 m^3 , and -41.7 m^3 obtained for alternative 2. Although sedimentation is negative, or in other words erosion, but the number that occurred is not significant.

Key words: Land reclamation, pattern of flow, sedimentation

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

II.1 Tinjauan Pustaka

Reklamasi merupakan upaya manusia untuk menjawab keterbatasan lahan yang ada di perkotaan. Dalam perkembangan selanjutnya kawasan tersebut dimanfaatkan untuk pembangunan fasilitas perkotaan, permukiman atau pelabuhan. Namun proses reklamasi pada kenyataannya belum berjalan dengan baik sehingga dikhawatirkan menimbulkan dampak negatif terhadap keseimbangan pantai.

Undang-undang no.1 tahun 2014 menjelaskan bahwa hanya dapat dilaksanakan jika manfaat sosial dan ekonomi yang diperoleh lebih besar dari biaya sosial dan biaya ekonominya. Namun demikian, pelaksanaan reklamasi juga wajib menjaga dan memperhatikan beberapa hal seperti a) keberlanjutan kehidupan dan penghidupan masyarakat; b) keseimbangan antara kepentingan pemanfaatan dan pelestarian lingkungan pesisir; serta c) persyaratan teknis pengambilan, pengerukan dan penimbunan material. (Hamisi, 2010).

Penelitian dari Bambang (2011) tentang dampak reklamasi terhadap perubahan morfologi dan laju sedimen telah dilakukan di pantai Surabaya. Penelitian tersebut membahas tentang pola arus dan transpor sedimen yang terjadi setelah reklamasi. Selain itu juga untuk mengetahui volume sedimentasi sebelum dan sesudah dilakukan reklamasi. Dengan bantuan MIKE 21 didapatkan hasil keadaan sedimentasi setelah reklamasi tidak terlalu signifikan.

Dari penelitian tersebut maka penulis melakukan penelitian tentang dampak reklamasi namun menggunakan software yang berbeda dan dengan data rencana dan prediksi reklamasi yang berbeda. Sehingga kita dapat mengetahui laju sedimentasi dengan berbagai macam kemungkinan reklamasi yang akan dilakukan.

II.2 Dasar Teori

II.2.1 Reklamasi

Reklamasi adalah usaha perbaikan atau pengembalian kondisi lahan yang sudah rusak ke kondisinya semula, yaitu dalam hal kesuburan dan produktivitasnya. Definisi reklamasi pantai menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.40/PRT/M/2007 adalah kegiatan di tepi pantai yang dilakukan oleh orang dalam rangka meningkatkan manfaat sumber daya lahan ditinjau dari sudut lingkungan dan sosial ekonomi dengan cara pengurugan, pengeringan (*polder*), atau drainase.

Pekerjaan reklamasi harus dilakukan dengan perancangan dan metode konstruksi yang baik sehingga hasilnya dapat dipertanggungjawabkan secara teknis, ekonomis dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap keselarasan lingkungan hidup. Metode reklamasi ada 3 sistem yaitu :

1. Sistem timbunan. Dengan cara menimbun perairan pantai sampai elevasi permukaan lahan berada di atas muka air laut paling tinggi
2. Sistem polder. Dilakukan dengan cara mengeringkan perairan yang akan direklamasi dengan memompa air yang berada di dalam tanggul kepal air untuk dibuang keluar dari daerah lahan reklamasi
3. Sistem drainase. Sistem ini umumnya dipakai untuk wilayah pesisir yang datar dan relatif rendah dari wilayah di sekitarnya tetapi elevasi muka tanahnya masih lebih tinggi dari elevasi muka air laut.

Permasalahan yang mungkin dihadapi pada pekerjaan reklamasi pantai baik pada saat pelaksanaan maupun kondisi jangka panjang yaitu stabilitas timbunan yang rendah, penurunan konsolidasi yang besar dalam waktu yang panjang, abrasi, dan pencemaran lingkungan laut sekitar.

II.2.2 Sedimen

Sedimen adalah proses pengendapan material yang terkait oleh aliran dari bagian hulu akibat dari erosi (Ronggodigdo, 2011). Sedimentasi terjadi akibat adanya

gelombang yang datang dan membentuk sudut terhadap garis pantai sehingga mengakibatkan lepasnya sedimen pada suatu daerah pantai dan berpindah sejajar arah pantai ke daerah pantai lain kemudian mengendap. Proses sedimentasi berlangsung terus selama suplai muatan sedimentasi yang banyak dari daratan masih terus terjadi (Sudrajat, 2012).

Sedimen dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran butirannya menjadi lempung, lumpur, pasir, kerikil, koral, *cobble*, dan batu (*boulder*). Tabel 2.1 berikut menunjukkan klasifikasi butiran sedimen menurut Wentworth yang banyak digunakan sebagai referensi (Triadmodjo, 1999)

Tabel 2.1 Klasifikasi ukuran butir dan sedimen

Klasifikasi		Diameter partikel
		(mm)
Batu		256
Cobble		128
Koral	Besar	64
	Sedang	32
	Kecil	16
	Sangat Kecil	8
Kerikil		4
Pasir	Sangat Kasar	2
	Kasar	1
	Sedang	0.5
	Halus	0.25
	Sangat Halus	0.063
Lumpur	Kasar	0.031
	Sedang	0.015
	Halus	0.0075
	Sangat Halus	0.0037

Lempung	Kasar	0.0018
	Sedang	0.0009
	Halus	0.0005
	Sangat Halus	0.0003

II.2.3 Transpor sedimen

Sedimen yang terjadi dapat berasal dari daratan yang terbawa sungai, dari laut dalam yang terbawa arus ke pantai atau dari erosi pantai itu sendiri. Pergerakan angkutan sedimen dapat dibedakan sebagai berikut (Ronggodigdo, 2011) :

a) Bed Load Transport

Partikel kasar yang bergerak di sepanjang dasar sungai secara keseluruhan disebut dengan *bed load*. Adanya *bed load* ditunjukkan oleh gerakan partikel di dasar sungai yang ukurannya besar, gerakan itu dapat bergeser, menggelinding atau meloncat-loncat, akan tetapi tidak pernah lepas dari dasar sungai. Pada kondisi ini pengangkutan material terjadi pada aliran yang mempunyai kecepatan aliran yang relatif lambat, sehingga material yang terbawa arus sifatnya hanya menggelinding sepanjang saluran.

b) Wash Load Transport

Wash Load adalah angkutan partikel halus yang dapat berupa lempung (*silk*) dan debu (*dust*), yang terbawa oleh aliran sungai. Partikel ini akan terbawa aliran sampai ke laut, atau dapat juga mengendap pada aliran yang tenang atau pada air yang tergenang. Sumber utama dari *wash load* adalah hasil pelapukan lapisan atas batuan atau tanah di dalam daerah aliran sungai. Pada kondisi ini pengangkutan material terjadi pada aliran yang mempunyai kecepatan aliran yang relatif cepat, sehingga material yang terbawa arus membuat loncatan-loncatan akibat dari gaya dorong material tersebut.

c) Suspended Load Transport

Suspended load adalah material dasar sungai (*bed material*) yang melayang di dalam aliran dan terutama terdiri dari butir pasir halus yang senantiasa

mengambang di atas dasar sungai, karena selalu didorong ke atas oleh turbulensi aliran. Jika kecepatan aliran semakin cepat, gerakan lompatan material akan semakin sering terjadi sehingga apabila butiran tersebut tergerus oleh aliran utama atau aliran turbulen ke arah permukaan, maka material tersebut tetap bergerak (melayang) di dalam aliran dalam selang waktu tertentu.

Untuk menentukan besar total load dari suspended load transport ini menggunakan persamaan :

$$q_s = \int_{z_a}^h u(z) C(z) dz \quad \dots\dots\dots \text{II.1}$$

dimana:

q_s = total suspended sedimen

u = velocity

C = concentration

z = height

dengan persamaan konsentrasi dari Rouse sebagai berikut :

$$\frac{C(z)}{C_a} = \left[\frac{z_a(h - z)}{z(h - z_a)} \right]^{\left(\frac{w_s}{\Omega u_*'} \right)} \quad \dots\dots\dots \text{II.2}$$

dimana:

$C(z)$ = konsentrasi aktual

C_a = konsentrasi terhadap z

z = tinggi

Selain dari pergerakan sedimen tersebut juga sangat penting untuk mengetahui sifat-sifat dari sedimen itu sendiri. Sifat yang dimaksud adalah ukuran partikel dan distribusi sedimen, rapat massa, bentuk, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya (Triatmodjo, 1999).

1. Ukuran Partikel

Sifat yang sangat penting dari sedimen adalah ukuran partikel dan distribusinya. Citrosiswoyo (2011) menyatakan bahwa range ukuran butir yang berkaitan dengan rekayasa pantai sangat luas sampai 7 order magnitud, mulai dari *clay* sampai sebesar batu pecah untuk *breakwater*.

2. Rapat massa

Menurut Triatmodjo (1999), rapat massa adalah massa tiap volume. Rapat massa sendiri mempunyai korelasi antara berat jenis dengan persamaan:

$$\gamma = \rho \cdot g$$

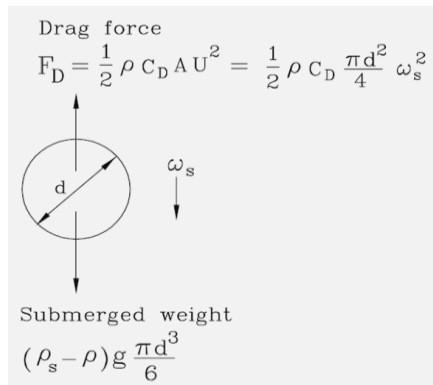
dimana, persamaan ini merupakan fungsi dari komposisi mineral. Untuk sedimen kohesif rapat massa sedimen tergantung pada konsentrasi endapan dan konsentrasi endapan dipengaruhi oleh waktu konsolidasi.

Di samping itu, juga ada rapat relatif yang merupakan perbandingan antara rapat massa suatu zat dengan rapat massa air pada 4⁰. Rapat massa air pada temperatur tersebut yakni 1000 kg/m³.

3. Kecepatan Endap

Kecepatan endap merupakan kecepatan yang diperlukan oleh partikel sedimen untuk dapat terdeposisi di dasar sungai. Konsentrasi sangat mempengaruhi kecepatan endap, semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi pula kecepatan endapnya (Achmad, 2011).

Untuk sedimen non kohesif, seperti pasir, kecepatan endap dapat dihitung dengan rumus Stokes yang tergantung pada rapat massa sedimen dan air, viskositas air, dimensi, dan bentuk partikel sedimen (Triatmodjo, 1999).



Gambar 2.1 Proses Jatuhnya Butiran Sedimen (Sumber: Suntoyo, 2012)

Sesuai gambar di atas, dapat dihitung kecepatan jatuh sedimen dengan menyeimbangkan dari kedua gaya yang ada, sehingga diperoleh:

$$\frac{1}{2} \rho C_d \frac{\pi d^2}{4} \omega_s^2 = (\rho_s - \rho) g \frac{\pi d^3}{6} \dots\dots\dots \text{II.3}$$

Dari persamaan ini maka persamaan kecepatan endap:

$$\omega_s = \sqrt{\frac{4 (s-1) g d}{3 C_d}} \dots\dots\dots \text{II.4}$$

Dimana:

- ω_s = kecepatan endap (m/s)
- s = rapat massa relatif sedimen
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- d = diameter butiran (m)
- C_D = koefisien *drag*

Selain menggunakan persamaan diatas, dapat juga diselesaikan dengan persamaan Soulsby (1997) yaitu :

$$w_s = \frac{v}{D} \left[(10.36^2 + 1.049 D_*^3)^{\frac{1}{2}} - 10.36 \right] \text{ for all } D_* \dots\dots\dots \text{II.5}$$

dimana:

ω_s = kecepatan endap

V = velocity

D = diameter butiran

II.2.4 Pasang Surut

Menurut Pratikto (1997) pasang surut adalah perubahan ketinggian muka air laut karena gerak gravitasi bulan dan matahari dan benda langit lain pada perputaran bumi. Sedangkan menurut Poerbandono (2005) pasang surut adalah fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi benda-benda langit terutama bulan dan matahari. Gravitasi bulan merupakan pembangkit utama pasang surut.

Pengetahuan tentang pasang surut akan menjadi sangat penting ketika kita sedang merencanakan untuk membangun bangunan pantai dan pelabuhan. Pasang surut yang terjadi pada setiap daerah memang tidak sama. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dibedakan menjadi 4 tipe (triadmodjo,1999) :

1. Pasang Surut Harian Tunggal (*diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut dengan periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi di perairan Selat Karimata.

2. Pasang Surut Harian Ganda (*semi diurnal tide*)

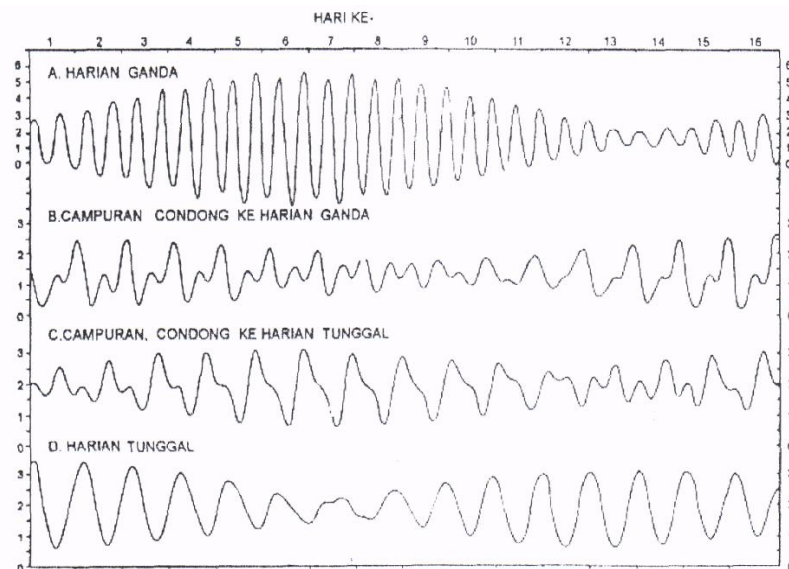
Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Tipe pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit. Pasang surut jenis ini terjadi di Selat Malaka sampai Laut Andaman.

3. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*mixed tide prevailing diurnal*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terjadi di perairan Indonesia Timur.

4. Pasang Surut campuran Condong Ke Harian Tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*)

Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Pasang surut jenis ini terjadi di Selat Kalimantan dan Pantai Utara Jawa Barat.



Gambar 2.2 Tipe Pasang Surut

Mengingat elevasi di laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasar data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam perencanaan pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Muka air tinggi (*high water level, HWL*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*low water level, LWL*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (*mean high water level, MHWL*), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.

4. Muka air rendah rerata (*mean low water level, MLWL*), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air laut rerata (*mean sea level, MSL*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
6. Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level, HHWL*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Muka air rendah terendah (*lowest low water level, LLWL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
8. *Higher high water level*, adalah air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
9. *Lower low water level*, adalah air terendah dari dua air rendah dalam satu hari.

II.2.5 SMS 11.1

1. CMS-Flow

CMS-Flow adalah sebuah modul yang ada dalam aplikasi software SMS 11.1 untuk memodelkan hidrodinamika 1D/2D menggunakan metode elemen hingga. Dalam modul ini bertujuan untuk mensimulasikan *hydrodynamics* seperti elevasi muka air laut dan kecepatan aliran dengan kombinasi pasang surut, angin, gelombang dan aliran sungai. Serta untuk transpor sedimen seperti *bedload*, *suspended load* dan *total load* dan perubahan morfologi.

Dalam penyelesaian CMS-Flow terhadap hidrodinamika menggunakan 2D dan rumus rata-rata kedalaman yang didapat dari metode elemen hingga. Komponen aliran dihitung dalam dua dimensi horizontal.

Sistem persamaan yang digunakan dalam CMS-Flow adalah sebagai berikut,

$$\frac{\partial(h+\eta)}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial u q_x}{\partial x} + \frac{\partial v q_x}{\partial y} + \frac{1}{2} g \frac{\partial(h+\eta)^2}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} D_x \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} D_y \frac{\partial q_x}{\partial y} + f q_y - \tau_{bx} + \tau_{wx} + \tau_{sx}$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial u q_y}{\partial x} + \frac{\partial v q_y}{\partial y} + \frac{1}{2} g \frac{\partial(h+\eta)^2}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} D_x \frac{\partial q_y}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} D_y \frac{\partial q_y}{\partial y} - f q_x - \tau_{by} + \tau_{wy} + \tau_{sy}$$

.....II.6

Dimana :

h = kedalaman air

u, v = kecepatan lokal dalam kordinat kartesian x, y

t = waktu

ρ = densitas fluida

E = koefisien viskositas olakan

g = percepatan gravitasi

n = deviasi dari elevasi muka air

q_x, q_y = aliran per unit

D_x, D_y = koefisien difusi arah

τ_b = bottom stress parallel

τ_w = surface stress parallel

τ_s = wave stress parallel

Persamaan-persamaan tersebut dapat diselesaikan melalui metode elemen hingga. Elemen yang digunakan berupa bentuk kubus atau disebut grid. Fungsi dari bentuk grid untuk kecepatan dan linear untuk kedalaman.

Untuk permodelan transpor sedimen dalam CMS-Flow terdapat tiga persamaan yang merupakan perubahan resultan dalam kedalaman air, ketiga formula tersebut adalah

- a. Watanabe (1987) formula total load

$$q_{tot} = A \left[\frac{(\tau_{b,max} - \tau_{cr}) U_c}{\rho_w g} \right] \dots\dots\dots II.7$$

Dimana :

- Qtot = total load
- $\tau_{b,max}$ = maximum shear stress di dasar
- τ_{cr} = shear stress di pergerakan sedimen
- U_c = kecepatan arus kedalamn rata-rata
- ρ_w = massa jenis air
- g = percepatan gravitasi
- A = koefisien empiris antar 0.1-2

dengan rumus shear stress :

$$\tau_{cr} = (\rho_s - \rho_w) g d_{50} \theta_{cr} \dots\dots\dots II.8$$

dimana

- ρ_s = massa jenis sedimen
- d_{50} = ukuran diameter
- θ_{cr} = Shields parameter

- b. Lund-CIRP (Camenen and Larson 2005,2006) formula total load (kombinasi suspended dan bed load)
- c. Advection-diffusion (AD) transpor untuk kombinasi suspended load menggunakan Van Rijn (1998) atau Lund-CIRP untuk bed load.

Sedangkan perubahan dasar menggunakan persamaan :

$$(1 - p'_m) \left(\frac{\partial \zeta}{\partial t} \right)_k = \alpha_t \omega_s (C_{tk*} - C_{tk}) + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[D_s |Q_{bk}| \frac{\partial \zeta}{\partial x_j} \right] \quad \text{II.9}$$

dimana :

p_m = sedimen porositi

D_s = koefisien bedslope

Q_{bk} = load transport

2. FESWMS

The Finite Element Surface Water Modeling System (FESWMS) digunakan juga untuk mensimulasi aliran muka air laut dalam dua dimensi. Di dalam FESWMS juga terdapat modul FST2DH (Flow and Sediment Transport) yang digunakan untuk mensimulasikan pergerakan air dan sedimen non-koheisiv dalam sungai, estuari dan pantai dengan memasukkan metode elemen hingga untuk menyelesaikan persamaan yang mendiskripsikan rata-rata kedalaman aliran muka air laut dalam dua dimensi dan transport sedimen.

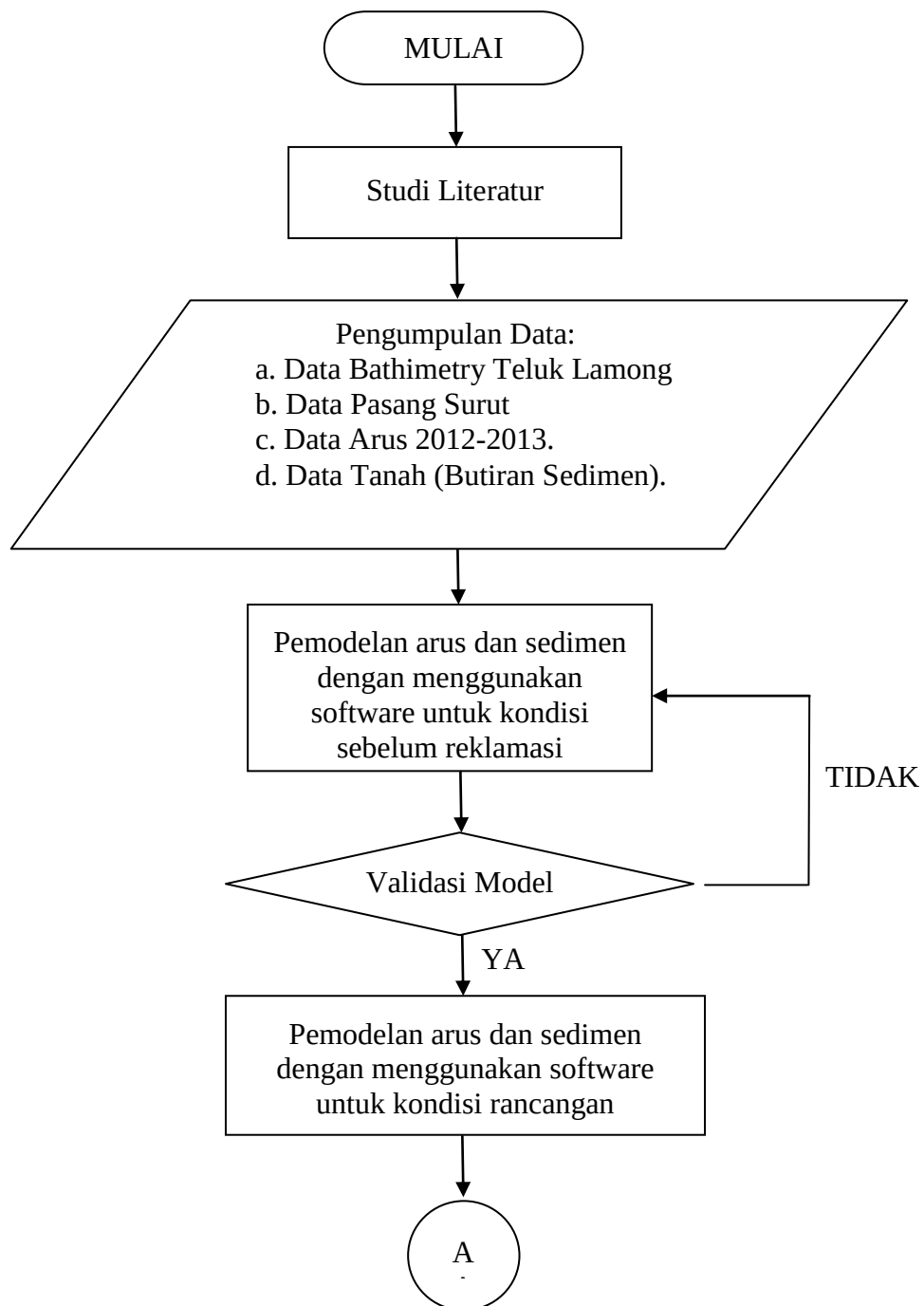
(halaman ini sengaja dikosongkan)

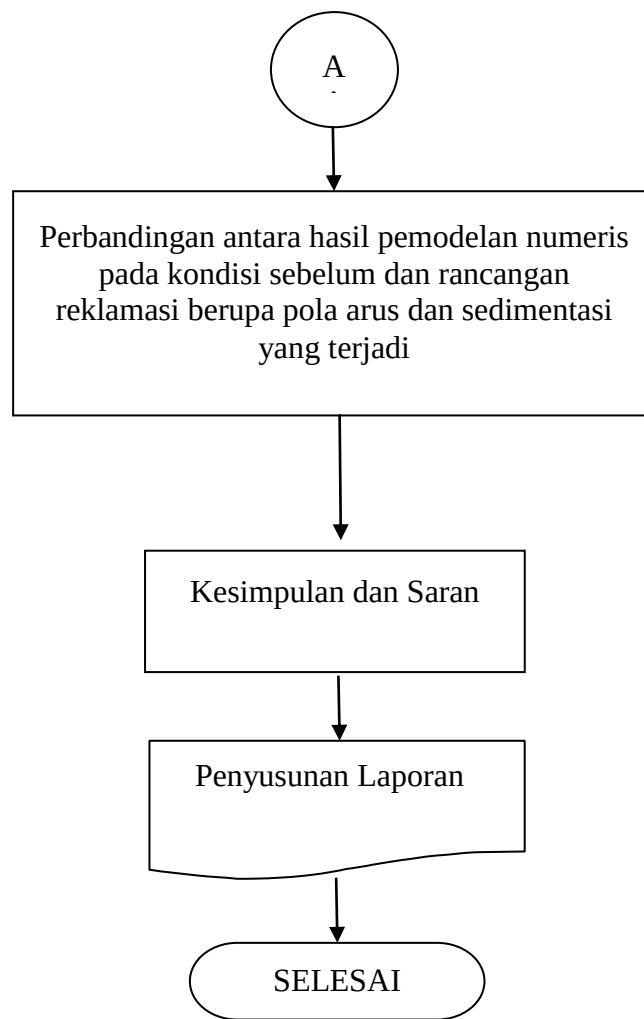
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan digambarkan dalam diagram alir pengerjaan sebagai berikut:





Gambar 3.1 *Flow Chart* Pengerjaan Tugas Akhir

III.2 Prosedur Penelitian

Setelah mengetahui metodologi penelitian yang digunakan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, berikut penjelasan terperinci mengenai langkah-langkah penyelesaian tersebut:

1. Studi Literatur

Hal ini dilakukan untuk memperjelas masalah yang ada, menambah pengetahuan tentang baik sedimentasi maupun reklamasi, dan hal-hal lainnya yang mempengaruhi. Literatur yang dimaksud dapat berupa buku, jurnal, ataupun laporan tugas akhir terdahulu yang membahas pokok permasalahan

yang sama atau mirip dengan tugas akhir ini. Literatur tersebut digunakan sebagai acuan ataupun referensi tugas akhir ini.

2. Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data dilakukan dengan pencarian data perencanaan reklamasi, data angin, gelombang, arus, dan peta bathimetri lokasi perencanaan reklamasi terbaru.

3. Pemodelan data

Pemodelan pola arus dan sedimentasi dengan menggunakan *software* untuk kondisi eksisting. Kegiatan pemodelan ini dibantu dengan program SMS 11.1

4. Analisis dan hasil pembahasan

Dilakukan untuk mendapatkan perbandingan antara hasil pemodelan numeris pada kondisi sebelum reklamasi dan rancangan berupa pola arus dan sedimentasi yang terjadi.

5. Kesimpulan dan saran

Dalam bab ini akan ditarik kesimpulan dari analisis data dan hasil pembahasan sebelumnya. Dan juga pemberian saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

6. Penyusunan Laporan

Penulisan laporan meliputi penulisan mulai dari awal (latar belakang, tujuan, dan sebagainya) sampai saran dan kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan serta pemberian-pemberian saran untuk penelitian selanjutnya.

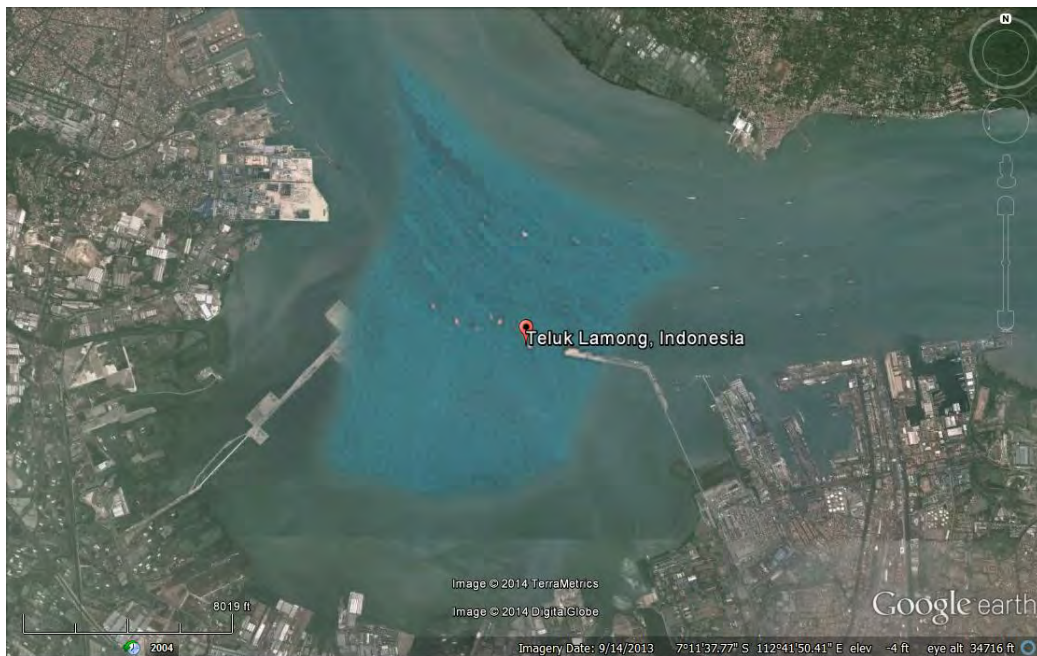
(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

IV.1 Lokasi Studi

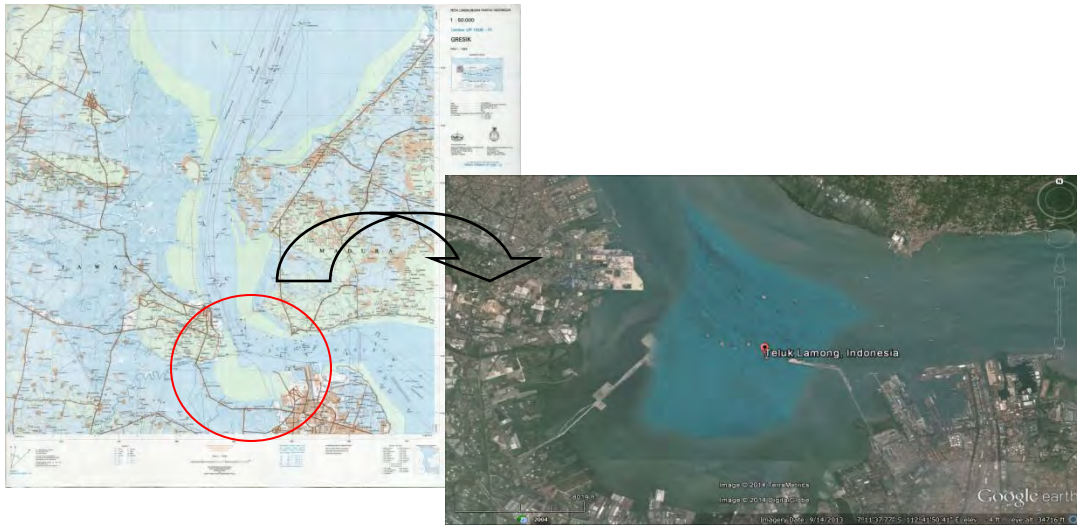
Lokasi daerah studi seperti diperlihatkan pada gambar berikut beserta batas - batas studinya yaitu dari timur berada pada wilayah Kecamatan Krembangan, sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Kebomas dan disebelah utara terdapat Pulau Madura.



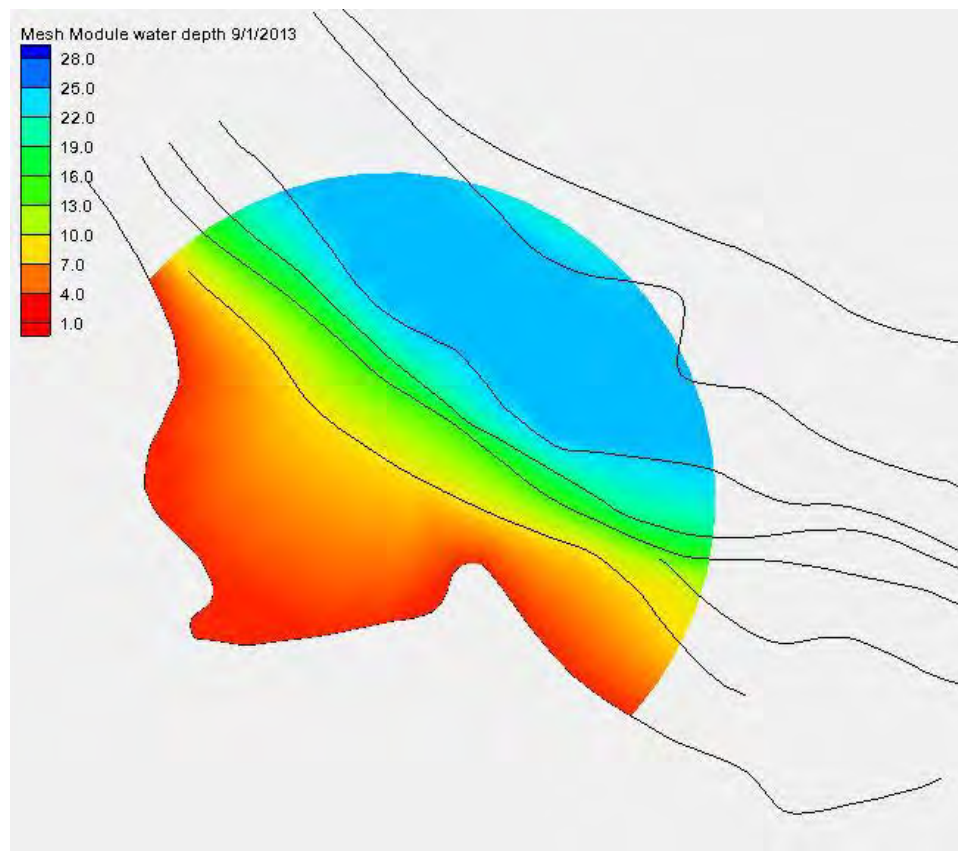
Gambar 4.1 Lokasi studi (www.googleearth.com)

IV.2 Bathimetri Teluk Lamong

Peta bathimetri yang digunakan seperti pada gambar 4.2 sebagai berikut



Gambar 4.2 Peta Bathimetri Teluk Lamong

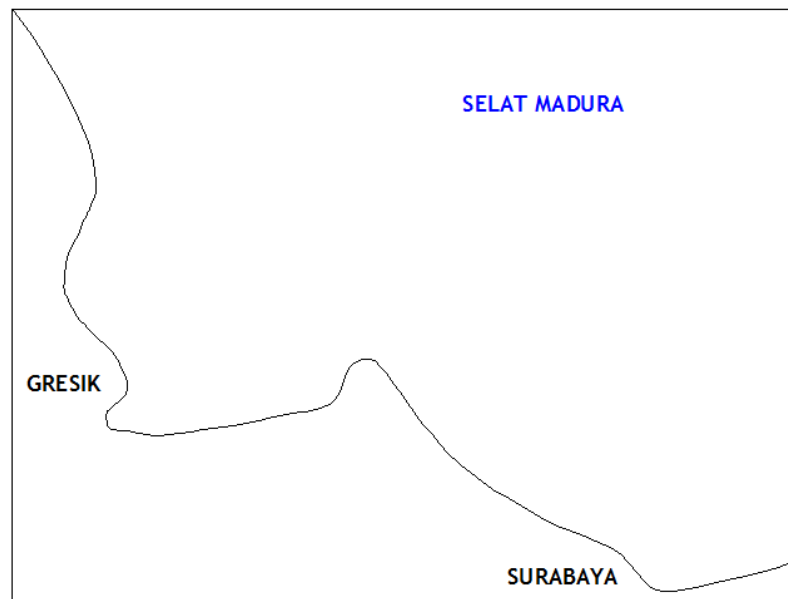


Gambar 4.3 Kontur dari output software

IV.3 Rencana Simulasi

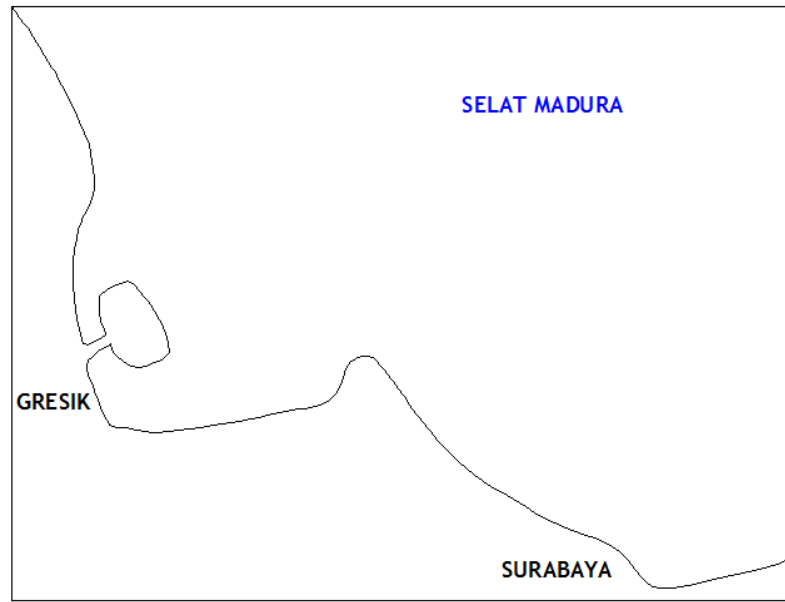
Simulasi numerik dilakukan dengan kondisi rencana reklamasi yang telah dikeluarkan IPR-nya oleh Pemerintah Provinsi Jawa Timur dan dibandingkan dengan kondisi sebelum reklamasi. Selain itu juga dilakukan simulasi dengan berbagai bentuk rencana reklamasi yang tidak berdampak negatif terhadap pola arus pasang surut dan sedimentasi. Dalam studi ini terdapat tiga model rencana reklamasi yang akan dibahas, yaitu :

- a) Model 1 : Simulasi kondisi sebelum dilakukan reklamasi



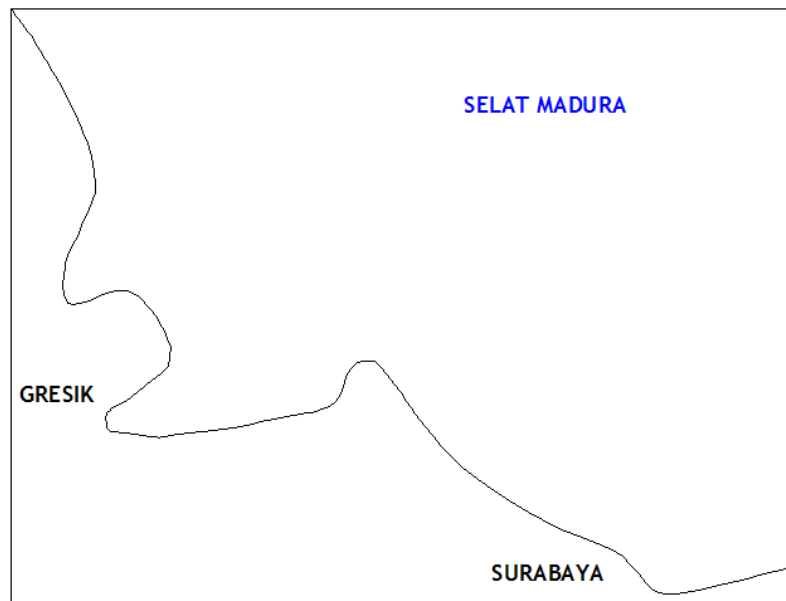
Gambar 4.4 Layout kondisi eksisting

- b) Model 2 : Simulasi seperti Model 3 namun ada perubahan pada lahan sebesar 50 Ha agak mundur ke arah pantai.



Gambar 4.5 Layout kondisi simulasi model 1

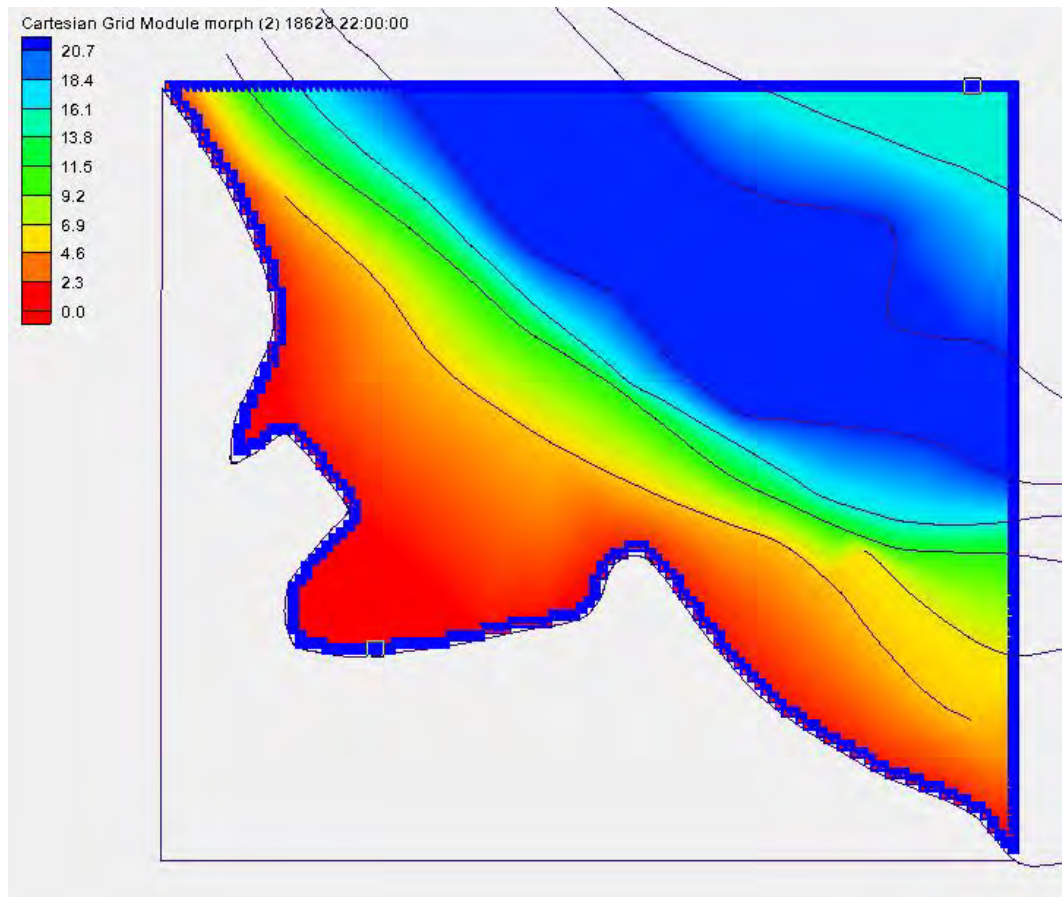
- c) Model 3 : Simulasi apabila reklamasi direncanakan sesuai ijin yang telah dikeluarkan.



Gambar 4.6 Layout kondisi simulasi model 2

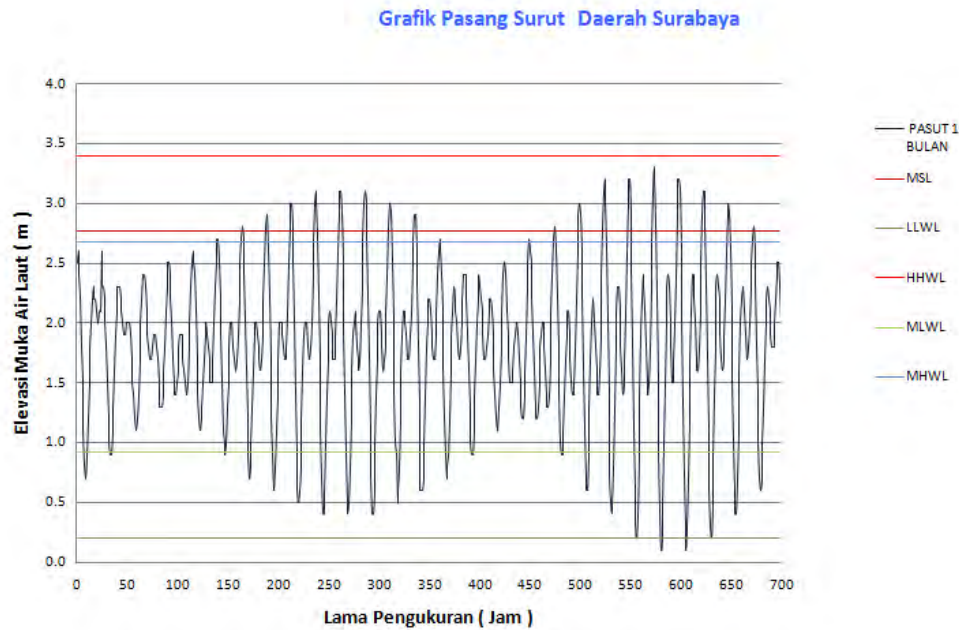
IV.4 Kondisi Batas Lingkungan

Data – data yang digunakan adalah data pasut pada wilayah Surabaya Bulan September 2013 untuk keperluan validasi model selama 24 jam dan simulasi model selama 15 hari. Data pasang surut Surabaya digunakan sebagai input *boundary condition*.



Gambar 4.7 *Boundary condition* Teluk Lamong

Berikut adalah grafik pasang surut Surabaya yang digunakan sebagai input *boundary condition*.



Gambar 4.8 Pasang Surut Surabaya September 2013

Selain data pasang surut, data debit sungai dan sedimentasi yang bermuara di Teluk Lamong juga menjadi kondisi batas

Tabel 4.1 Data debit aliran dan konsentrasi sedimen sungai yang bermuara di
Teluk Lamong

No	Sungai	Debit (m^3/s)	Konsentrasi Sedimen (kg/m^3)
1	Krembangan	3.6	0.0134
2	Lamong	19	0.0738
3	Mireng	19	0.0099
4	Sememi	4.3	0.0278
5	Branjangan	3.6	0.0125
6	Manukan	5.8	0.0259
7	Kali Mas	3.5	0.0129

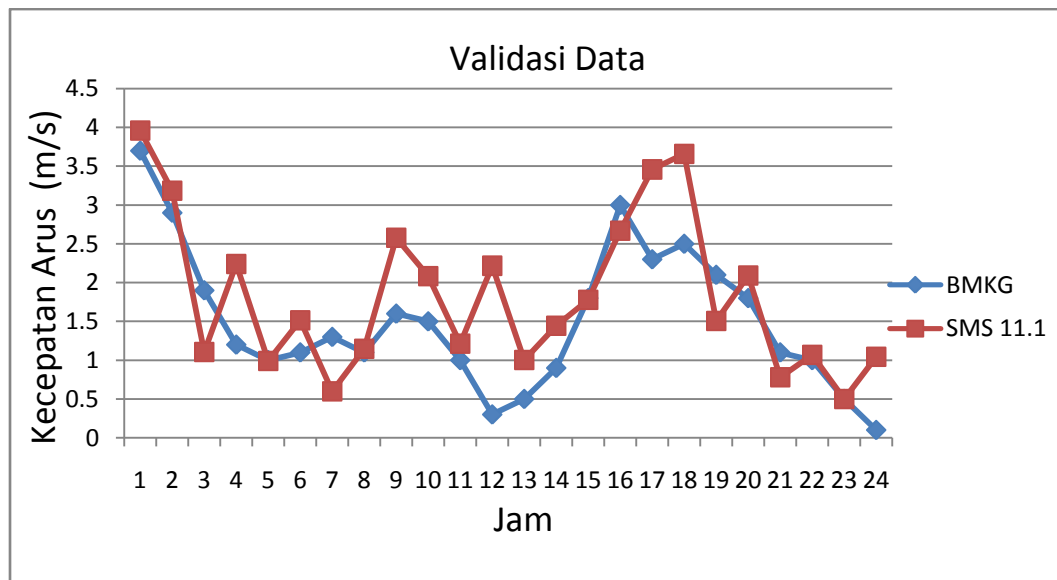
IV.5 Simulasi Model Hidrodinamis dan Validasi

Setelah data sekunder didapat maka tahap selanjutnya yaitu pemodelan hidrodinamis. Sebelum data sekunder dimasukkan sebagai *input* CMS-Flow perlu dilakukannya koreksi elevasi karena setiap peramalan baik data pasang surut maupun bathimetri berada pada posisi di bawah MSL (*Mean Sea Level*). Sehingga untuk meminimalisir kesalahan harus dilakukannya koreksi elevasi tersebut. Untuk validasi pemodelan digunakan *output* CMS-Flow berupa arus dan pasang surut yang dibandingkan dengan data pasang surut Surabaya. Gambar 4.9 berikut adalah perbandingan arus output CMS-Flow dengan arus BMKG.

Tabel 4.2 Perbandingan kecepatan arus SMS 11.1 dan BMKG

Jam	Kecepatan Arus (m/s)			Jam	Kecepatan Arus (m/s)		
	BMKG	SMS 11.1	Faktor		BMKG	SMS 11.1	Faktor
			1000				1000
1	3.7	0.003962	3.962015	13	0.5	0.001005	1.005025
2	2.9	0.003187	3.186858	14	0.9	0.001447	1.447096
3	1.9	0.001108	1.10791	15	1.8	0.001781	1.780765
4	1.2	0.002242	2.242396	16	3	0.002672	2.672332
5	1	0.000992	0.991751	17	2.3	0.003462	3.46154
6	1.1	0.001516	1.516379	18	2.5	0.003662	3.661517
7	1.3	0.0006	0.599721	19	2.1	0.001507	1.506774
8	1.1	0.001149	1.148749	20	1.8	0.002094	2.0937
9	1.6	0.002582	2.581627	21	1.1	0.000781	0.780568
10	1.5	0.002086	2.086399	22	1	0.00107	1.069965
11	1	0.001215	1.215397	23	0.5	0.000502	0.501867
12	0.3	0.002219	2.219024	24	0.1	0.001046	1.046163

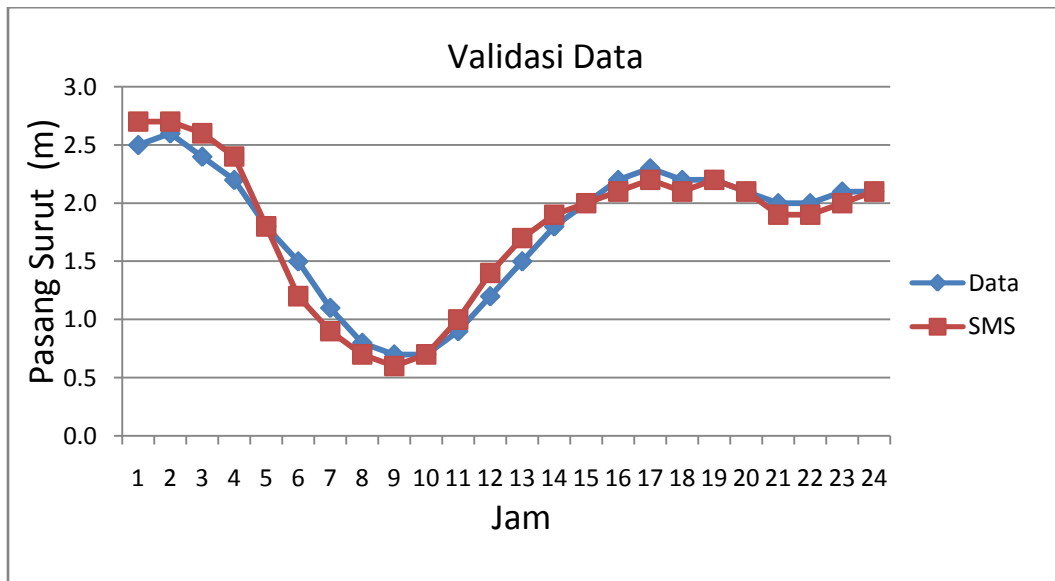
Grafik perbandingan dari tabel perbandingan hasil simulasi dengan data BMKG diatas adalah seperti grafik 4.6 dibawah ini :



Gambar 4.9 Perbandingan kecepatan arus SMS 11.1 dan BMKG

Dari tabel dan grafik di atas bisa kita ketahui bahwa kecepatan arus *output* SMS 11.1 bernilai 1000 kali lebih kecil dari pengukuran BMKG, maka perlu dilakukan pemfaktoran agar mendapatkan hasil yang valid. Arus pengukuran BMKG bernilai 1/1000 dari output SMS 11.1, sehingga hasil sedimentasi yang terjadi di lapangan adalah nilai output SMS 11.1 dikalikan dengan 1/1000. Hasil tersebut merupakan output SMS 11.1 yang didapat dari input Manning sebesar 0.025 N.

Selain cara diatas, validasi juga dapat dilakukan dengan menyesuaikan hasil perbandingan besar pasang surut yang terjadi antara hasil output dan Surabaya Pelabuhan, dimana dari perbedaan besar pasang surut akan menentukan arah arus yang terjadi. Arus akan mengalir dari pasang surut tinggi menuju pasang surut rendah. Berikut hasil perbandingan tersebut :

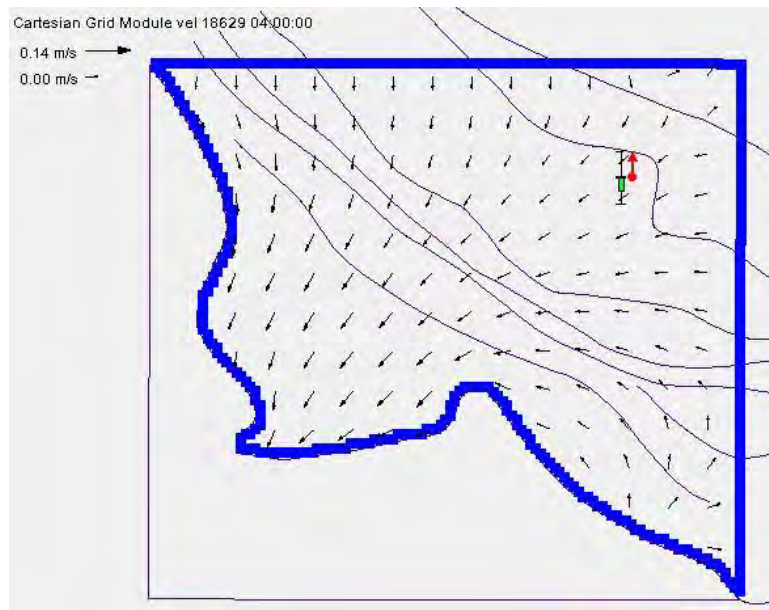


Gambar 4.10 Perbandingan pasang surut SMS 11.1 dan Surabaya

Model numeris yang dilakukan dengan bantuan SMS 11.1 dapat dikatakan valid jika arah aliran menunjukkan seperti keadaan sesungguhnya. Untuk membuktikannya, dilakukan validasi pada beberapa waktu pengamatan, waktu yang diambil merupakan waktu yang dianggap signifikan pada satu hari dan akan menjadi acuan pada simulasi bentuk model alternatif yang lain,

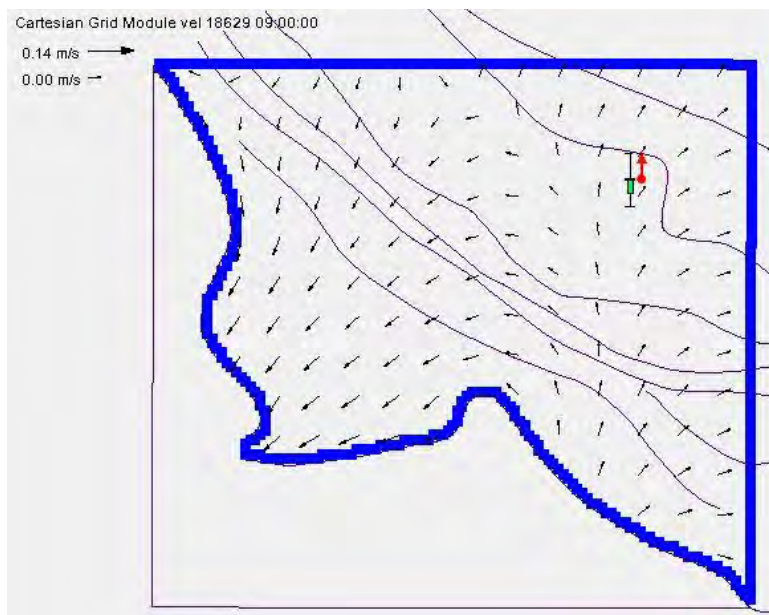
1. Pukul 04.00 (Menunjukkan keadaan menuju surut)
2. Pukul 09.00 (Menunjukkan pada saat surut maksimum)
3. Pukul 12.00 (Menunjukkan keadaan menuju pasang)
4. Pukul 17.00 (Menunjukkan pada saat pasang)
5. Pukul 22.00 (Menunjukkan keadaan surut)

Pada gambar berikut merupakan kejadian pada pukul 04.00 atau *time step* 28.



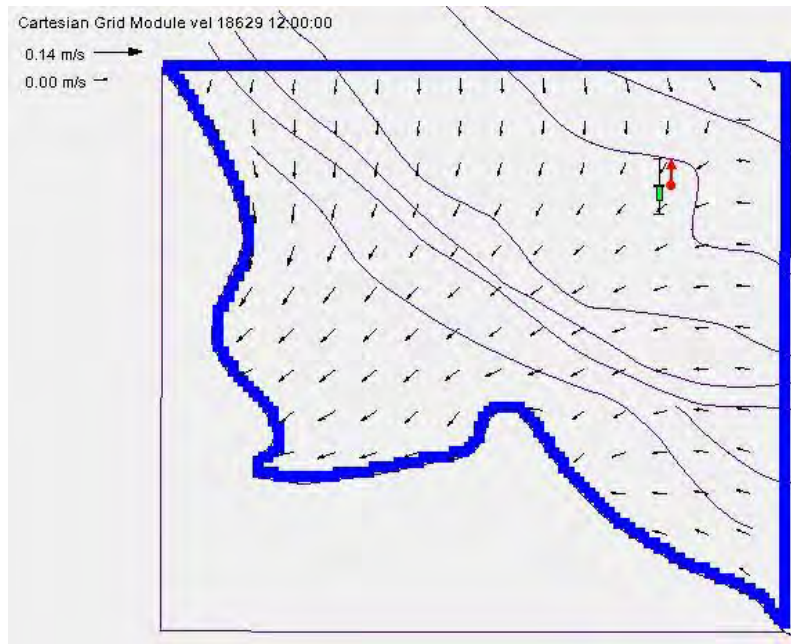
Gambar 4.11 Cuplikan Simulasi pada *time step* 28

Gambar kejadian pada pukul 09.00 atau pada *time step* 33



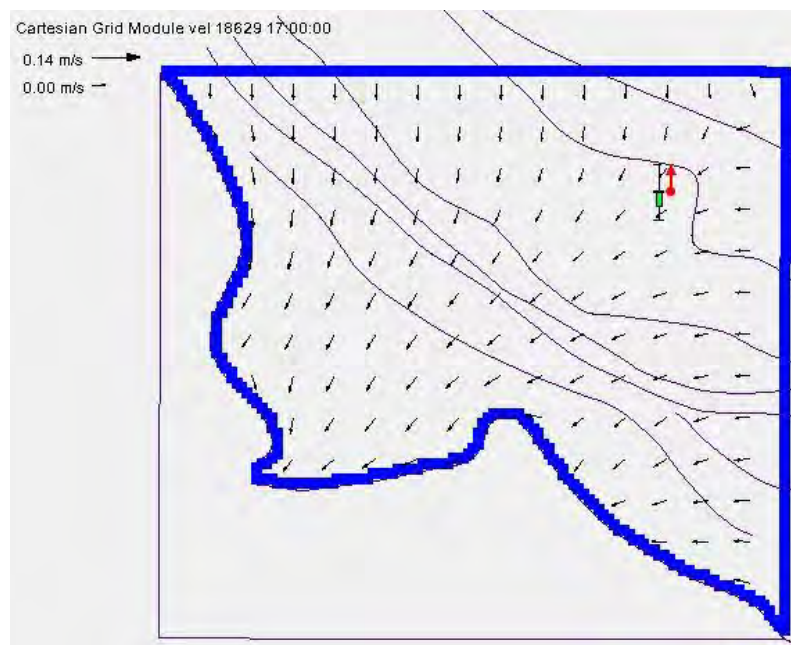
Gambar 4.12 Cuplikan Simulasi pada *time step* 33

Gambar kejadian pada pukul 12.00 atau pada time step 36



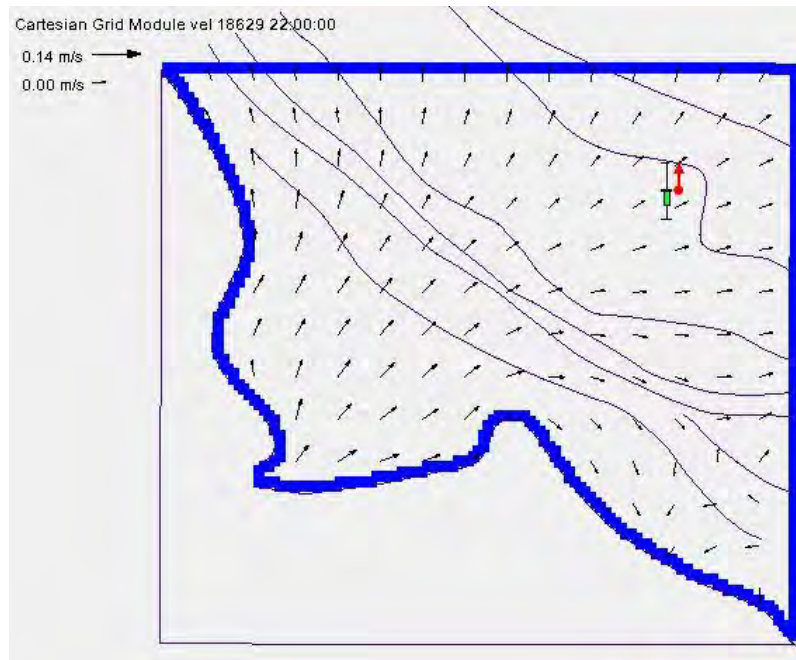
Gambar 4.13 Cuplikan Simulasi pada *time step* 36

Gambar kejadian pada pukul 17.00 atau pada time step 41



Gambar 4.14 Cuplikan Simulasi pada *time step* 41

Gambar kejadian pada pukul 22.00 atau pada time step 46



Gambar 4.15 Cuplikan Simulasi pada *time step* 46

Dari kelima hasil pemodelan, dapat dilihat dari gambar dan grafik perbandingan pasut bahwa arus bergerak dari nilai yang tinggi ke nilai yang rendah, dengan demikian bisa dikatakan bahwa pemodelan dengan CMS-Flow ini valid dan bisa dilanjutkan untuk pemodelan sedimentasi Teluk Lamong.

IV.6 Simulasi Model Reklamasi Teluk Lamong

IV.6.1 Analisa Pola Arus

Setelah melakukan validasi dengan menggunakan kondisi eksisting daerah Teluk Lamong, maka dilakukan running lagi dengan menggunakan input besaran yang digunakan dalam validasi yang akan dijadikan juga *input* untuk rancangan alternatif model reklamasi. Alternatif model reklamasi tersebut antara lain:

- Alternatif 1, Simulasi apabila reklamasi direncanakan sesuai ijin yang telah dikeluarkan.

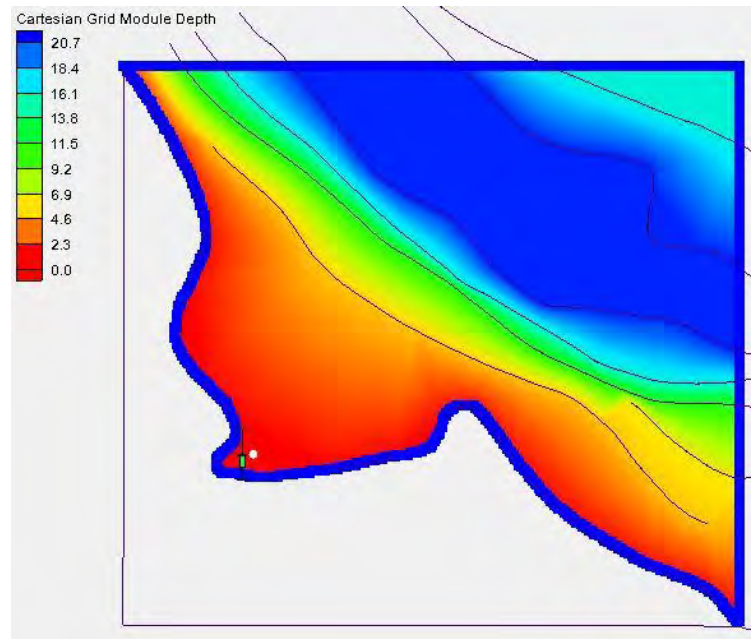
- Alternatif 2, Simulasi seperti Alternatif 1 namun ada perubahan pada lahan sebesar 50 Ha agak mundur ke arah pantai.

Alternatif model ini digunakan untuk mencari model manakah yang memiliki pola arus yang tidak terlalu berbeda dengan keadaan sesungguhnya di Teluk Lamong dan memiliki sedimentasi terendah, sehingga dapat diaplikasikan kedepannya. Waktu simulasi untuk masing – masing model adalah selama 15 hari untuk mendapatkan data kecepatan arus pada titik yang ditinjau dan mendapatkan besar volume sedimen untuk masing – masing model. Asumsi data pasang surut yang digunakan sebagai tinjauan pasang dan surut dalam pemodelan SMS adalah pasang surut Surabaya.

Titik yang ditinjau untuk semua model seperti pada tabel di bawah ini:

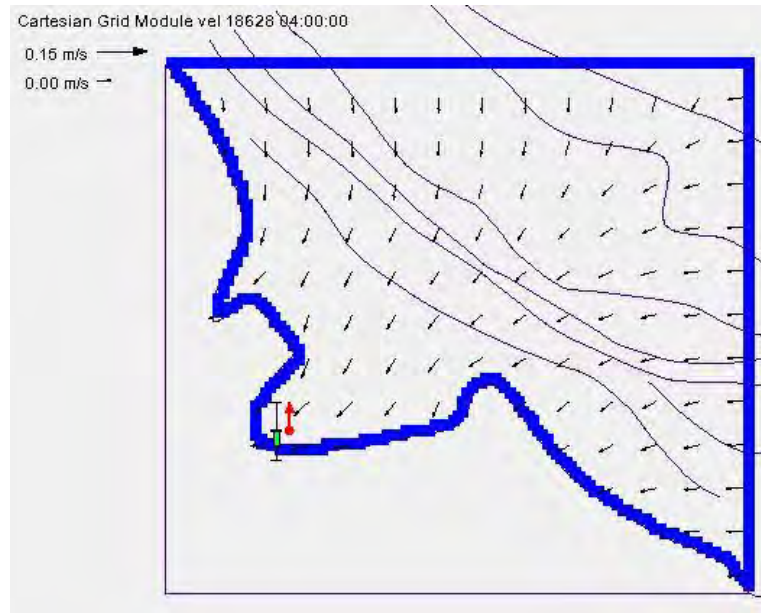
Tabel 4.3 Koordinat Titik Tinjauan

Titik	<i>Easting</i>	<i>Northing</i>
1	685749	9204291

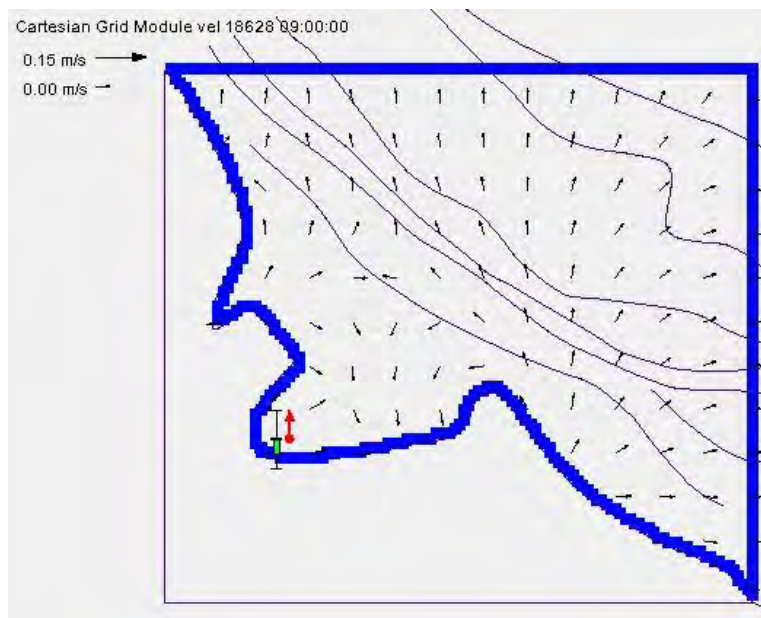


Gambar 4.16 Titik kordinat tinjauan

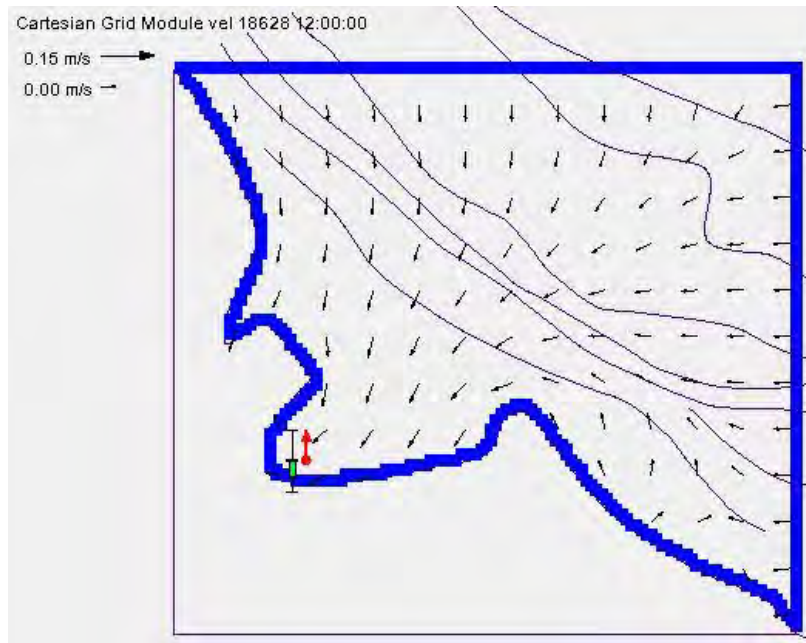
Setelah ditetapkan titik pengamatan dan time step untuk ditinjau dalam pemodelan, maka didapatkan hasil simulasi SMS 11.1 untuk kecepatan arus di tiap titik pengamatan dan time step tinjauan. Berikut adalah hasil running pemodelan pada model 1 pada *time step* 28:



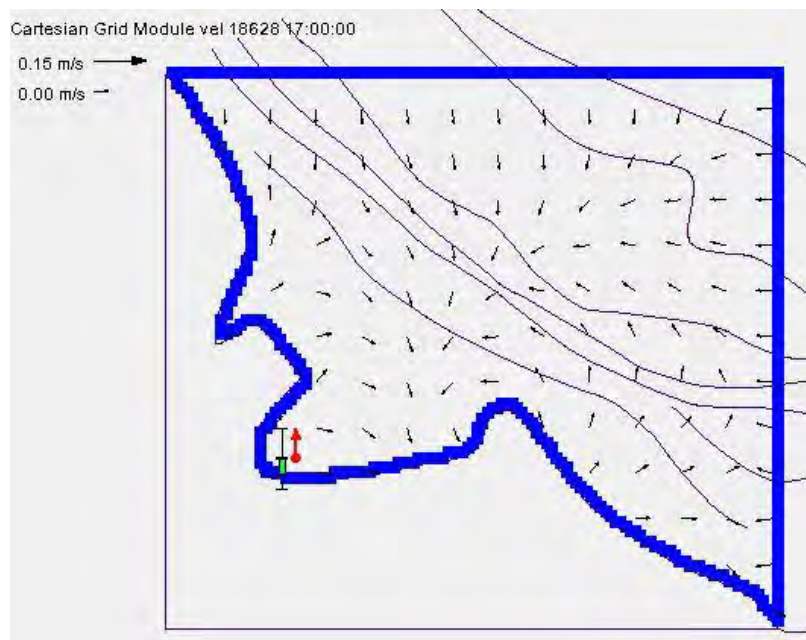
Gambar 4.17 Hasil *running* pemodelan model 1 *time step* 28



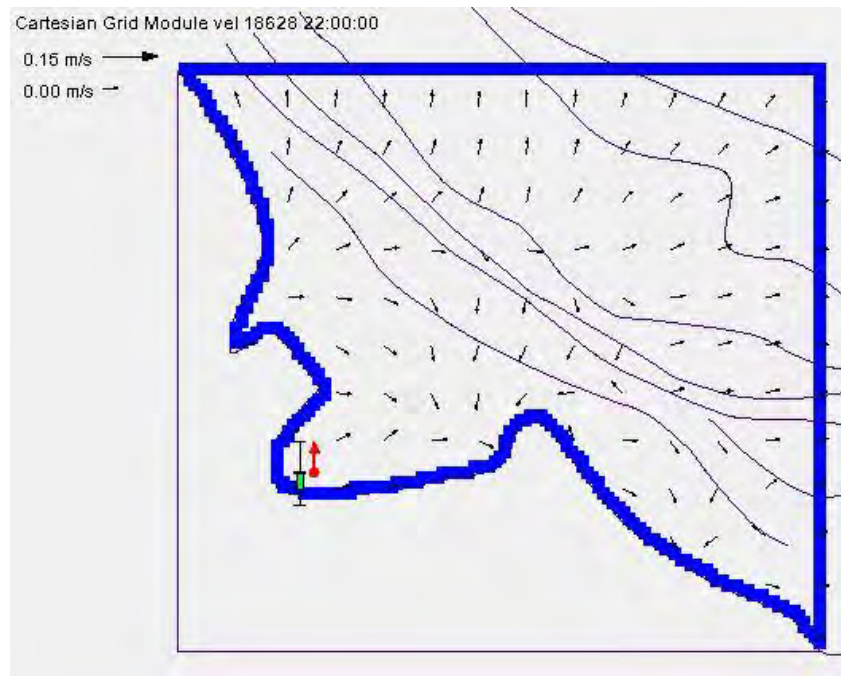
Gambar 4.18 Hasil *running* pemodelan model 1 *time step* 33



Gambar 4.19 Hasil *running* pemodelan model 1 *time step* 36

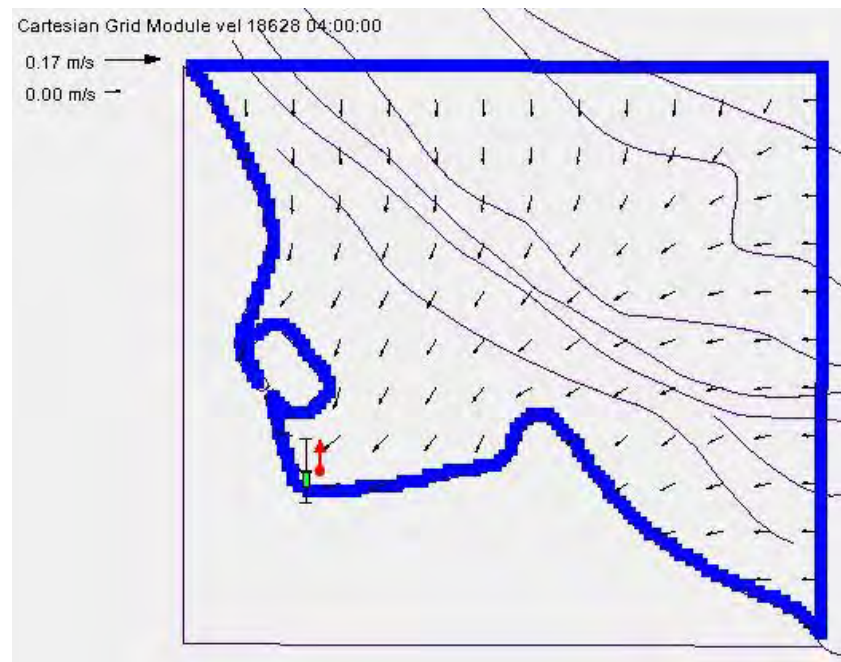


Gambar 4.20 Hasil *running* pemodelan model 1 *time step* 41

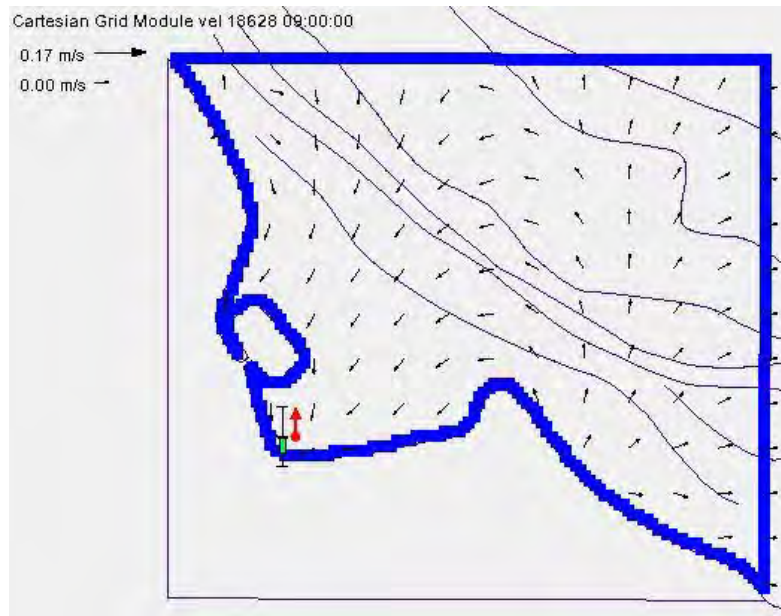


Gambar 4.21 Hasil *running* pemodelan model 1 *time step* 46

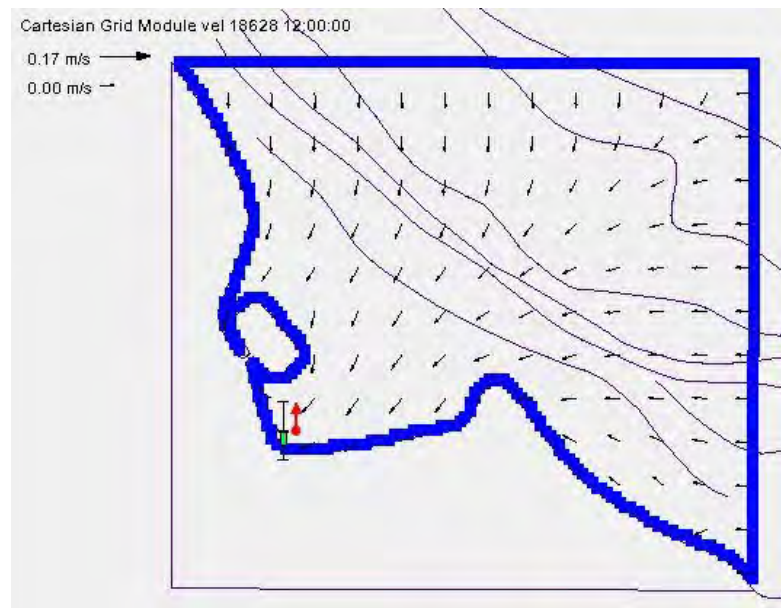
Berikut adalah hasil running pemodelan pada model 2 pada *time step* 28:



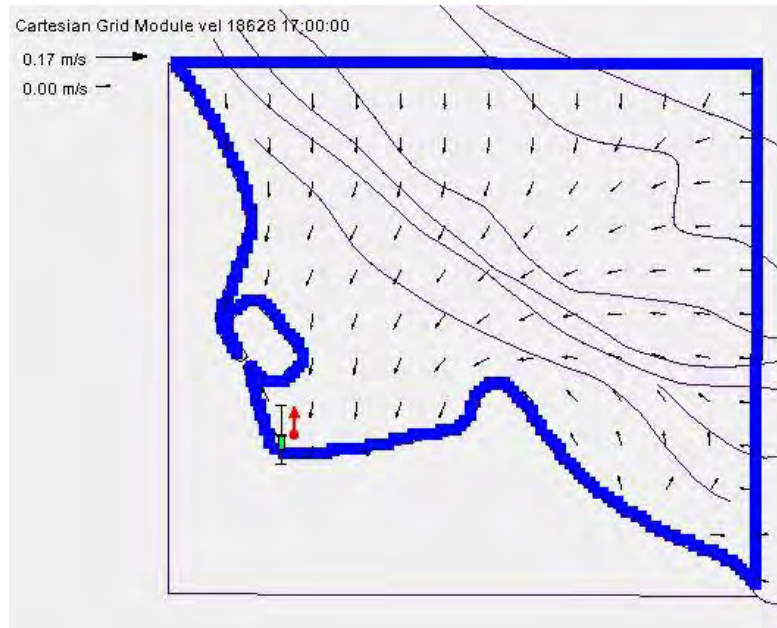
Gambar 4.22 Hasil *running* pemodelan model 2 *time step* 28



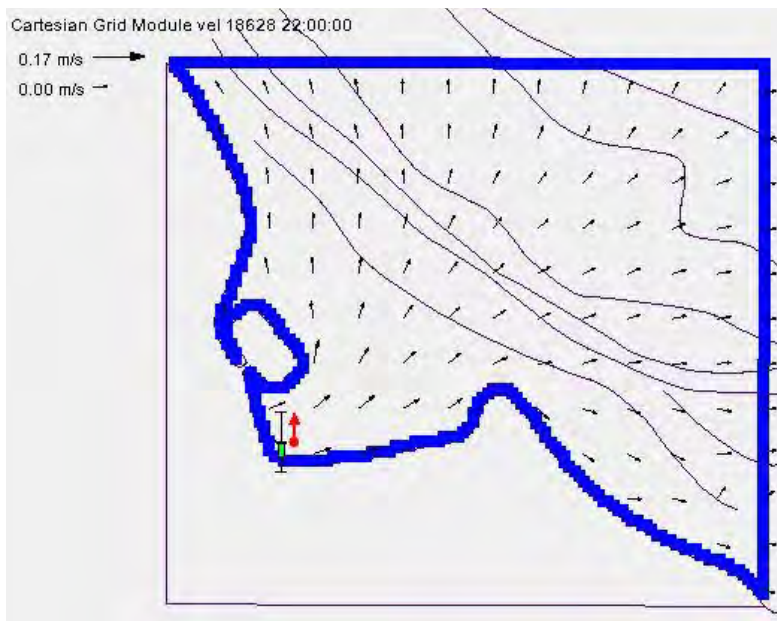
Gambar 4.23 Hasil *running* pemodelan model 2 *time step* 33



Gambar 4.24 Hasil *running* pemodelan model 2 *time step* 36



Gambar 4.25 Hasil *running* pemodelan model 2 *time step* 41



Gambar 4.26 Hasil *running* pemodelan model 2 *time step* 46

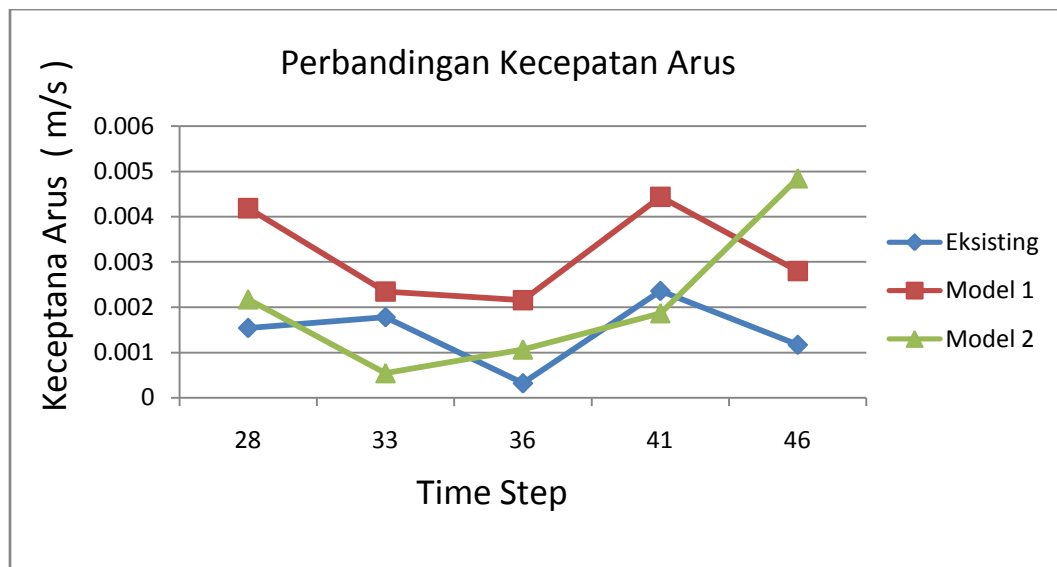
Bisa dilihat bahwa arus yang berada di antara perairan area reklamasi sangatlah kecil, karena terhubungnya area reklamasi dengan pantai, sehingga arus sebagian besar melewati daerah terluar dari area reklamasi. Berikut adalah tabel kecepatan

arus tiap *time step* yang ditinjau dari titik pengamatan dalam kondisi eksisting dan alternatif pemodelan:

Tabel 4.4 Perbandingan Kecepatan Arus

Kondisi	Kecepatan Arus Tiap <i>Time Step</i> (m/s)				
	28	33	36	41	46
Eksisting	0.001542	0.001782	0.000319	0.002672	0.00117
Model 1	0.00419	0.002344	0.002154	0.003159	0.002797
Model 2	0.002173	0.000539	0.001062	0.001282	0.00485

Apabila data dalam tabel tersebut disajikan dalam bentuk grafik, maka akan terlihat perbedaan kecepatan arus yang memperlihatkan terjadi perubahan pola arus dari sebelum ada reklamasi dan ada reklamasi. Berikut adalah grafik-grafiknya:



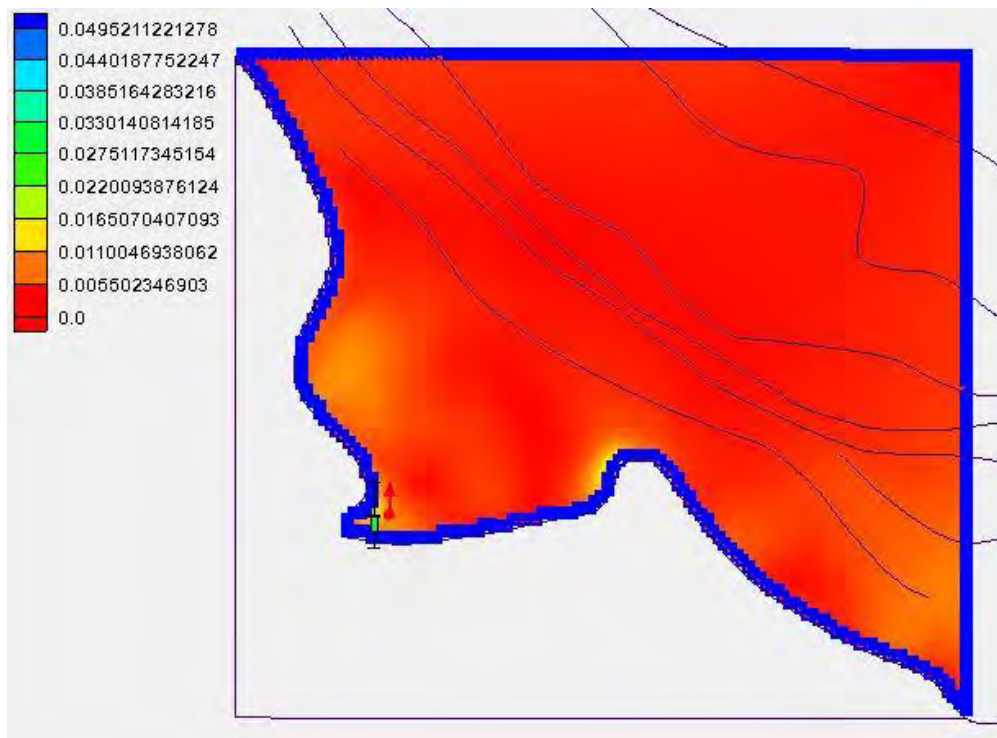
Gambar 4.27 Grafik Perbandingan Kecepatan Arus

Dari grafik di atas dapat kita lihat bahwa kecepatan arus bervariasi sesuai dengan keadaannya, patokan yang digunakan yaitu garis eksisting yang merupakan keadaan sebelum ada reklamasi. Sebelum ada reklamasi kecepatan arus di step 28 0.001542 m/s, meningkat menjadi 0.00419 m/s setelah adanya reklamasi dengan desain reklamasi alternatif 1. Pada alternatif 2 bernilai 0.002173 m/s, arus disana rendah karena desainnya yang terdapat penghubung atau jembatan kecil antara area reklamasi dengan dataran yang ikut dimodelkan sebagai area reklamasi.

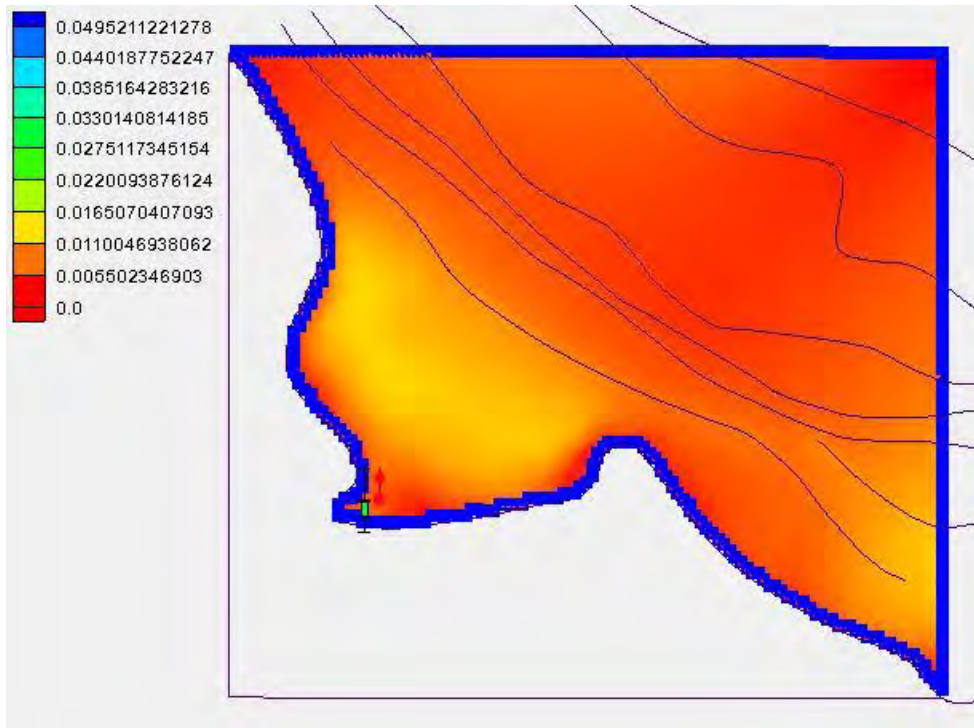
Pada permodelan tersebut terjadi dinamika kecepatan arus apabila dibandingkan dengan kecepatan arus sebelum adanya reklamasi di tiap *time step*, ada yang bertambah besar ada pula yang bertambah kecil, sesuai dengan titik tinjauannya, hal ini mengindikasikan bahwa terjadi perubahan pola arus sebelum dan sesudah dilakukannya reklamasi.

IV.6.2 Analisa Transpor Sedimen

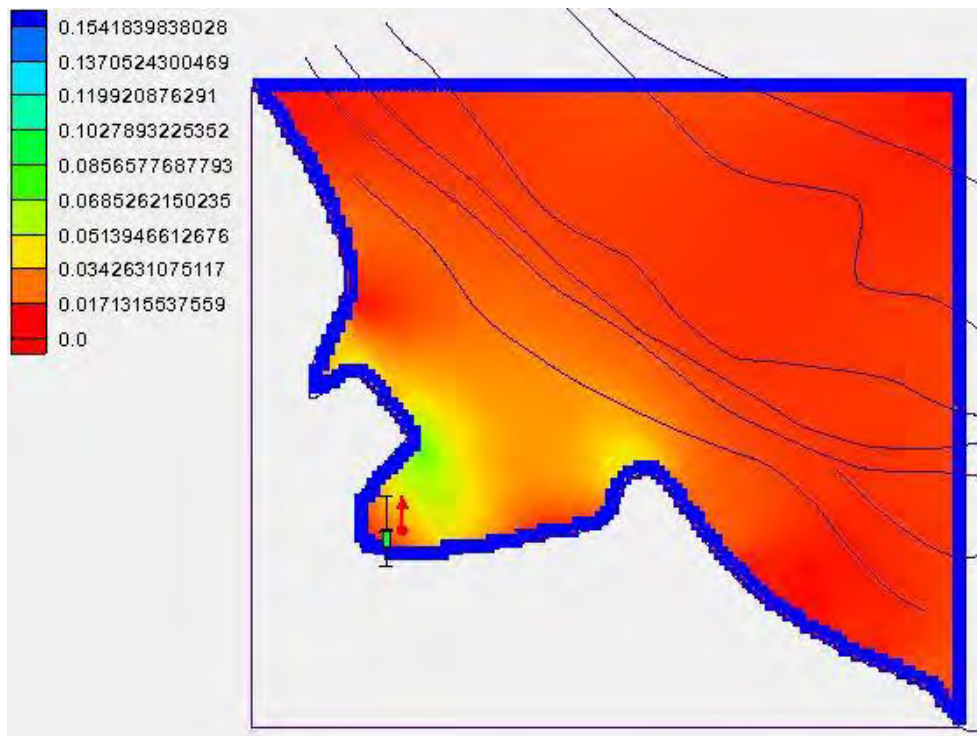
Dengan terdapatnya perubahan kecepatan arus maka terjadi pula perubahan transpor sedimen, dibuktikan dengan berubahnya volume sedimen dari kondisi sebelum ada reklamasi sampai adanya reklamasi dengan berbagai alternatif desain. Berikut adalah hasil-hasil tinjauan perhitungan sedimentasi pada tiap *time step*:



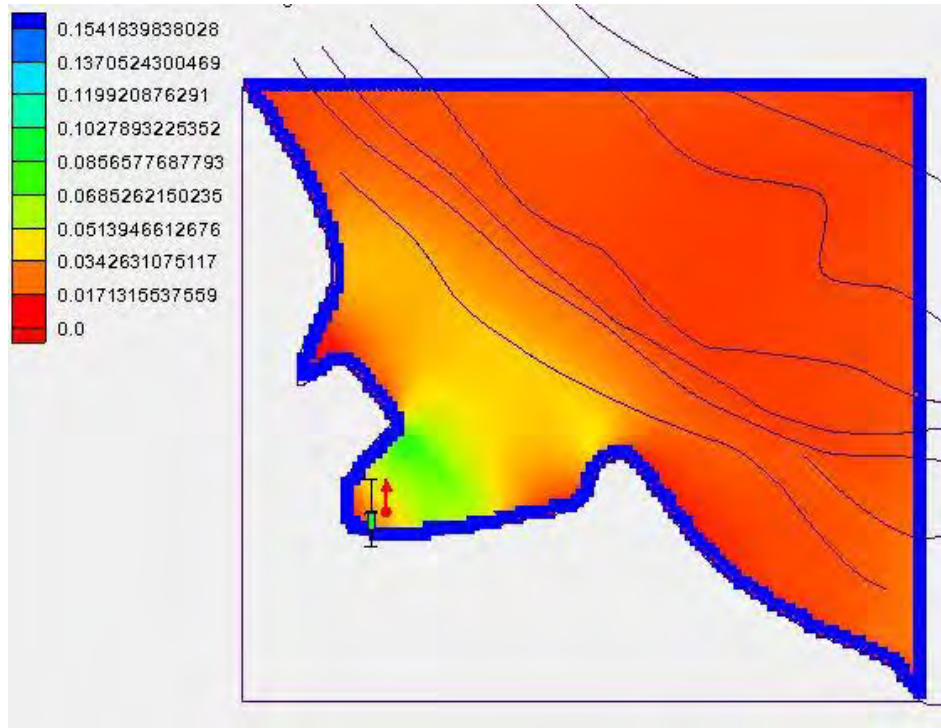
Gambar 4.28 Hasil running pemodelan kondisi eksisting *time step* 28



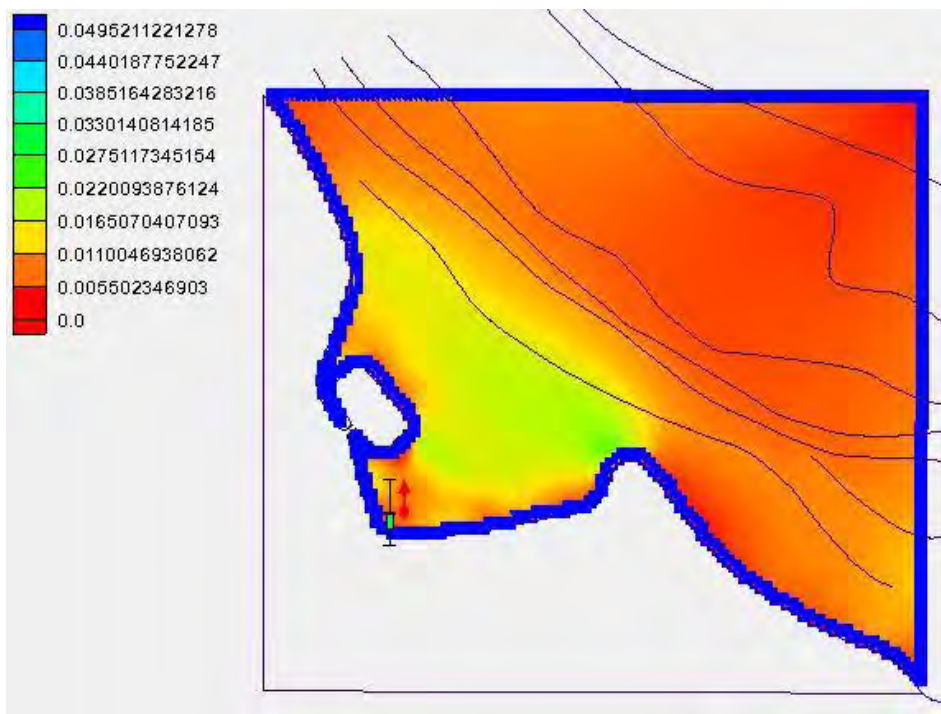
Gambar 4.29 Hasil running pemodelan kondisi eksisting *time step* 360



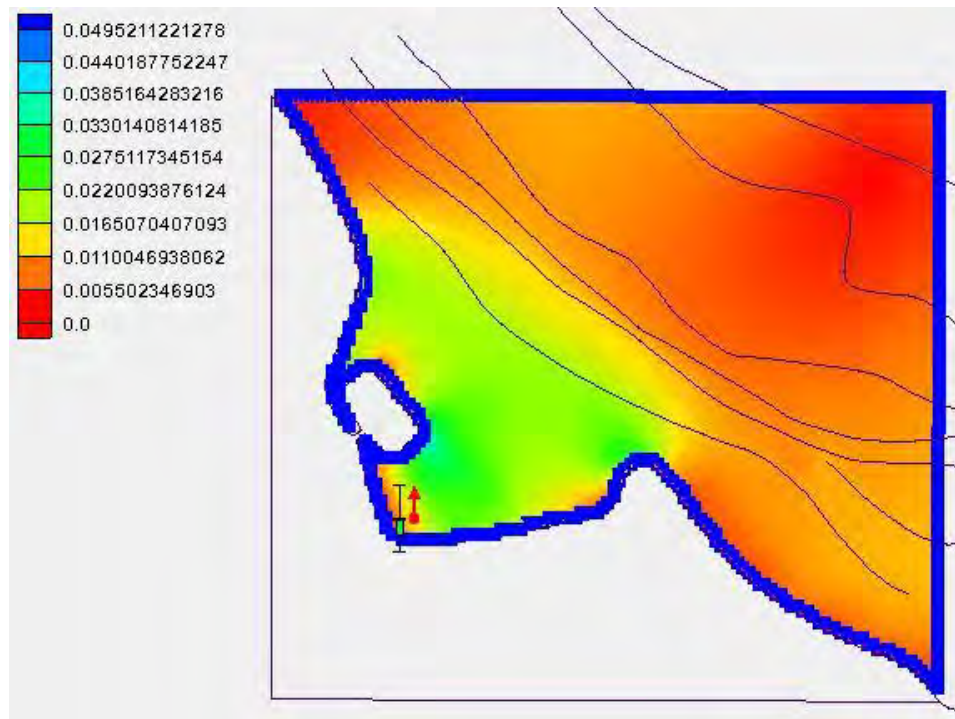
Gambar 4.30 Hasil running model 1 *time step* 28



Gambar 4.31 Hasil running model 1 *time step* 360



Gambar 4.32 Hasil running model 2 *time step* 28



Gambar 4.33 Hasil running model 2 *time step* 360

Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa perubahan pola arus yang terjadi di suatu kawasan akan mengakibatkan pula perubahan transpor sedimen.

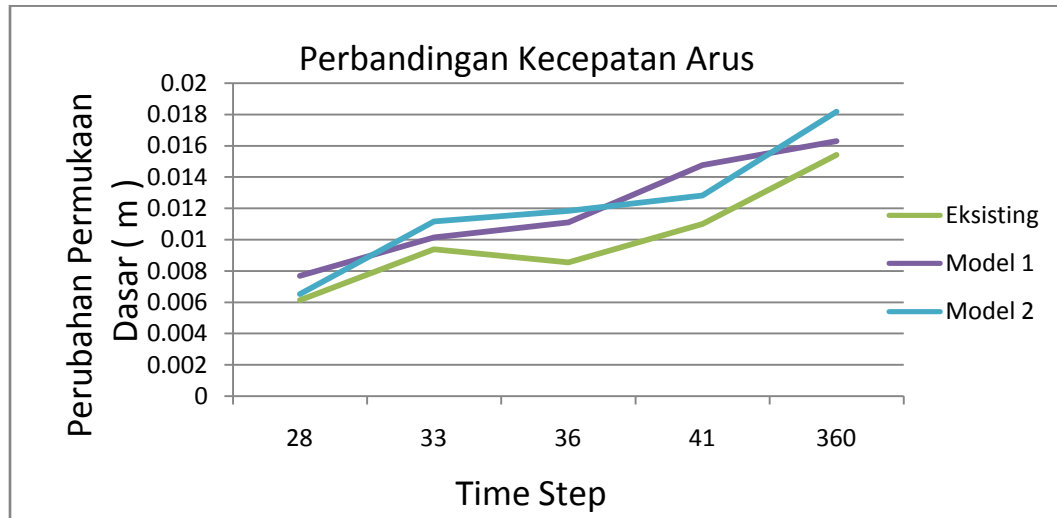
Tabel 4.5 Berikut adalah nilai perubahan permukaan dasar tiap *time step* yang ditinjau dari titik pengamatan dalam kondisi eksisting dan alternatif pemodelan

Tabel 4.5 Perubahan permukaan dasar

Kondisi	Perubahan permukaan dasar (m)				
	28	33	36	41	360
Eksisting	0.006142	0.009392376	0.008562398	0.011005009	0.01542398
Model 1	0.007696	0.010146782	0.011101249	0.014757265	0.016291212
Model 2	0.006517	0.011155174	0.011839707	0.012821569	0.01817033

Apabila data dalam tabel tersebut disajikan dalam bentuk grafik, maka akan terlihat perbedaan permukaan dasar yang memperlihatkan terjadi perubahan

transpor sedimen dari sebelum ada reklamasi dan setelah ada reklamasi. Berikut adalah grafik-grafiknya:



Gambar 4.34 Perubahan permukaan dasar pada titik tinjau

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa sedimentasi yang terjadi berbeda di titik tinjaunya pada tiap *time step*-nya.

IV.7 Perbandingan Sedimentasi Berbagai Alternatif Desain

Data besarnya sedimen didapatkan dari hasil running SMS 11.1 CMS-Flow module pada time step terakhir atau pada hari ke 15, karena di hari tersebut kita bisa mengetahui transpor sedimen dari awal kita pemodelan sampai akhir. Besarnya sedimen pada kondisi eksisting yaitu -0.063813 m^3 . Untuk alternatif 1 yaitu sebesar -0.065923 m^3 dan pada alternatif 2 sebesar -0.068003 m^3 .

Setelah nilai sedimentasi ditemukan maka difaktorkan dengan $1/1000$ seperti pada saat validasi data di atas, maka selisih volum yang terjadi yaitu:

- Volum Eksisting = $- 638.33 \text{ m}^3$
- Selisih volum alternatif 1 dengan eksisting = $- 20.9 \text{ m}^3$
- Selisih volum alternatif 2 dengan eksisting = $- 41.7 \text{ m}^3$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari pemodelan reklamasi Teluk Lamong dapat ditarik kesimpulan:

1. Pola arus dan transpor sedimen yang terjadi di kawasan Teluk Lamong setelah adanya reklamasi mengalami perubahan,.
2. Selisih volume sedimentasi sebelum dan sesudah dilakukannya reklamasi di Teluk Lamong dibagi dalam beberapa alternatif desain, untuk alternatif desain 1 didapatkan selisih - 20.9 m³, untuk alternatif 2 didapatkan - 41.7 m³. Nilai selisih tersebut bernilai negatif (-) berarti keadaan sedimentasi yang terjadi yaitu erosi, dan nilai selisih sangatlah kecil sehingga erosi yang terjadi setelah adanya reklamasi tidak terlalu signifikan.

V.2 Saran

Saran untuk pengerjaan Tugas Akhir berikutnya adalah :

1. Perlu adanya penelitian tentang prediksi ke depan untuk memprediksi bagaimana volume sedimen untuk beberapa tahun ke depan.
2. Dalam simulasi debit sungai dan konsentrasi sedimen dibuat konstan, hal ini tentu saja tidak sesuai karena kondisi sebenarnya yang bervariasi tiap tahunnya.
3. Simulasi numerik dilakukan hanya dalam waktu 15 hari sedangkan untuk memprediksi akumulasi sedimen diperlukan waktu pengamatan dalam hitungan tahun.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

OUTPUT SIMULASI SMS 11.1

A.1 Transpor Sedimen

0001:00:00	1	1	3		
0.20898E-02	0.73827E-01	4097	0.73827E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"	
0.25920E-02	0.12464	4089	0.12464	"Y unit flow rate (m ² /s)"	
0.72510E-02	-0.85143E-02	4089	2.9915	"Water-surface elevation (m)"	
0001:00:00	1	2	3		
0.37669E-02	0.41725E-01	376	0.34207E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"	
0.17297E-02	-0.20685E-01	974	-0.13636E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"	
0.96025E-02	-0.96898E-02	297	2.9830	"Water-surface elevation (m)"	
0001:00:00	1	3	3		
0.11745E-01	-0.94863E-01	376	-0.60655E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"	
0.78433E-02	0.74630E-01	512	0.71839E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"	
0.86016E-02	0.88914E-02	176	2.9919	"Water-surface elevation (m)"	
0001:00:00	1	4	3		
0.69362E-02	0.62425E-01	901	-0.47933E-02	"X unit flow rate (m ² /s)"	
0.76633E-02	-0.59047E-01	572	0.10370E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"	
0.13837E-01	0.14039E-01	375	3.0056	"Water-surface elevation (m)"	
0001:00:00	1	5	3		
0.19691E-02	0.22921E-01	297	0.10405E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"	
0.23045E-02	0.17372E-01	569	0.23828E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"	
0.17098E-01	-0.17177E-01	569	2.9884	"Water-surface elevation (m)"	
0001:00:00	1	6	3		
0.23973E-02	-0.31599E-01	376	-0.30585E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"	
0.32130E-02	-0.29993E-01	1046	-0.65565E-02	"Y unit flow rate (m ² /s)"	
0.23271E-01	0.23375E-01	376	3.0118	"Water-surface elevation (m)"	
0001:00:00	1	7	3		
0.56118E-02	0.59326E-01	376	0.28740E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"	
0.28683E-02	-0.30829E-01	1054	-0.21324E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"	

0.20459E-01	-0.20637E-01	376	2.9912	"Water-surface elevation (m)"
0001:00:00	1	8	3	
0.25108E-02	0.25686E-01	1282	0.33207E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.36595E-02	-0.39550E-01	569	-0.40488E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.17486E-01	0.17586E-01	375	3.0089	"Water-surface elevation (m)"
0001:00:00	1	9	3	
0.25272E-02	0.22111E-01	335	0.35360E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.26422E-02	0.21411E-01	966	-0.17240E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.19279E-01	-0.19386E-01	297	2.9894	"Water-surface elevation (m)"
0001:00:00	1	10	3	
0.58050E-02	-0.58465E-01	636	-0.17952E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.51941E-02	0.47311E-01	570	0.26632E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.39325E-02	-0.40615E-02	375	2.9855	"Water-surface elevation (m)"
0002:00:00	2	1	3	
0.67262E-02	-0.11068	4097	0.73827E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.13103E-01	-0.18687	4089	0.12464	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.29295E-01	0.31140E-01	4089	2.9918	"Water-surface elevation (m)"
0002:00:00	2	2	3	
0.35910E-02	-0.46688E-01	627	-0.34104E-02	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.50469E-02	0.48024E-01	696	-0.76965E-02	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.18754E-01	-0.18928E-01	375	2.9745	"Water-surface elevation (m)"
0002:00:00	2	3	3	
0.16546E-02	0.22382E-01	829	0.86150E-02	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.13506E-02	-0.20844E-01	466	-0.12515E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.17830E-02	-0.18426E-02	136	2.9726	"Water-surface elevation (m)"
0002:00:00	2	4	3	
0.19467E-02	0.23993E-01	335	0.49374E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.97970E-03	-0.10743E-01	580	-0.14120E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.88065E-02	-0.88510E-02	297	2.9638	"Water-surface elevation (m)"
0002:00:00	2	5	3	
0.22133E-02	0.26956E-01	1122	0.53963E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"

0.25041E-02	-0.34201E-01	1046	-0.43553E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.10521E-01	0.10597E-01	375	2.9746	"Water-surface elevation (m)"
0002:00:00	2 6 3			
0.50766E-02	0.52387E-01	470	0.81033E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.48197E-02	-0.43441E-01	571	-0.63425E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.62976E-02	0.64249E-02	375	2.9810	"Water-surface elevation (m)"
0002:00:00	2 7 3			
0.69808E-02	-0.65806E-01	634	0.82712E-03	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.65714E-02	0.50289E-01	572	-0.73126E-02	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.69097E-02	-0.71058E-02	375	2.9739	"Water-surface elevation (m)"
0002:00:00	2 8 3			
0.65533E-02	0.75479E-01	297	0.91530E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.51546E-02	-0.51739E-01	469	-0.34115E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.24677E-02	-0.26490E-02	176	2.9711	"Water-surface elevation (m)"
0002:00:00	2 9 3			
0.37388E-02	-0.40466E-01	470	0.31050E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.22657E-02	0.30872E-01	645	-0.21006E-02	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.88384E-02	0.89721E-02	297	2.9801	"Water-surface elevation (m)"
0002:00:00	2 10 3			
0.63189E-02	-0.56974E-01	335	-0.36641E-02	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.68539E-02	0.51442E-01	569	0.59613E-02	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.12053E-01	-0.12225E-01	375	2.9681	"Water-surface elevation (m)"
0003:00:00	3 1 3			
0.29919E-02	0.55259E-01	4097	0.73827E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.29779E-02	0.93293E-01	4089	0.12464	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.65509E-03	0.14345E-02	4074	2.9539	"Water-surface elevation (m)"
0003:00:00	3 2 3			
0.53782E-02	0.54854E-01	903	0.51575E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.47646E-02	-0.44625E-01	573	-0.35652E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.17521E-02	0.18731E-02	567	2.9553	"Water-surface elevation (m)"
0003:00:00	3 3 3			

0.16683E-02	-0.19049E-01	620	0.94247E-02	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.26519E-02	0.20862E-01	579	0.20402E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.11876E-01	-0.11966E-01	464	2.9433	"Water-surface elevation (m)"
0003:00:00	3 4 3			
0.35154E-02	0.35733E-01	625	0.57076E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.58021E-02	-0.43938E-01	569	-0.73349E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.23248E-01	0.23416E-01	375	2.9667	"Water-surface elevation (m)"
0003:00:00	3 5 3			
0.18649E-02	0.24941E-01	627	0.81094E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.36544E-02	-0.42586E-01	625	-0.12209	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.15918E-01	0.15998E-01	569	2.9827	"Water-surface elevation (m)"
0003:00:00	3 6 3			
0.21796E-02	-0.30639E-01	417	0.58675E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.19015E-02	0.37005E-01	625	-0.85083E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.53065E-02	-0.53916E-02	696	2.9773	"Water-surface elevation (m)"
0003:00:00	3 7 3			
0.13726E-02	0.20068E-01	632	0.72058E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.13313E-02	-0.17696E-01	636	-0.58894E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.83716E-02	-0.84237E-02	470	2.9686	"Water-surface elevation (m)"
0003:00:00	3 8 3			
0.22391E-02	0.22134E-01	524	0.98946E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.20812E-02	0.20004E-01	1046	-0.63612E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.18714E-01	-0.18764E-01	469	2.9499	"Water-surface elevation (m)"
0003:00:00	3 9 3			
0.84920E-02	-0.82327E-01	422	0.98594E-03	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.45089E-02	0.50118E-01	511	-0.27623E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.16904E-01	0.17139E-01	176	2.9669	"Water-surface elevation (m)"
0003:00:00	3 10 3			
0.31827E-02	0.38541E-01	470	0.39906E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.23708E-02	-0.33876E-01	700	-0.50305E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.66191E-02	-0.67644E-02	176	2.9602	"Water-surface elevation (m)"

0004:00:00	4	1	3			
0.14003E-01	-0.11721	700	0.23493E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"		
0.11421E-01	0.96880E-01	634	-0.29564E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"		
0.39753E-02	-0.45073E-02	4074	2.9528	"Water-surface elevation (m)"		
0004:00:00	4	2	3			
0.11783E-02	-0.17466E-01	1064	0.28934E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"		
0.14765E-02	-0.15483E-01	523	0.22446E-02	"Y unit flow rate (m ² /s)"		
0.83172E-02	0.83631E-02	375	2.9606	"Water-surface elevation (m)"		
0004:00:00	4	3	3			
0.25087E-02	-0.26145E-01	1120	0.95140E-02	"X unit flow rate (m ² /s)"		
0.47106E-02	0.38986E-01	696	-0.88915E-02	"Y unit flow rate (m ² /s)"		
0.18657E-01	-0.18780E-01	375	2.9418	"Water-surface elevation (m)"		
0004:00:00	4	4	3			
0.70382E-03	0.13132E-01	974	0.36967E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"		
0.56336E-03	-0.11799E-01	569	-0.86088E-02	"Y unit flow rate (m ² /s)"		
0.12306E-02	-0.12453E-02	1874	2.9408	"Water-surface elevation (m)"		
0004:00:00	4	5	3			
0.22667E-02	0.25972E-01	422	0.46069E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"		
0.99257E-03	-0.17622E-01	625	-0.33917E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"		
0.53275E-02	-0.53834E-02	470	2.9355	"Water-surface elevation (m)"		
0004:00:00	4	6	3			
0.28568E-02	-0.40462E-01	422	0.56068E-02	"X unit flow rate (m ² /s)"		
0.18402E-02	0.18140E-01	764	-0.19171E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"		
0.11286E-01	0.11409E-01	376	2.9469	"Water-surface elevation (m)"		
0004:00:00	4	7	3			
0.15003E-02	-0.20558E-01	298	0.60888E-02	"X unit flow rate (m ² /s)"		
0.15124E-02	0.22938E-01	695	-0.19874E-02	"Y unit flow rate (m ² /s)"		
0.82076E-03	-0.86655E-03	570	2.9458	"Water-surface elevation (m)"		
0004:00:00	4	8	3			
0.47486E-02	0.55072E-01	627	0.54388E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"		
0.70581E-02	-0.67320E-01	696	-0.75304E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"		

0.23049E-01	0.23245E-01	375	2.9690	"Water-surface elevation (m)"
0004:00:00	4 9 3			
0.23059E-02	0.31983E-01	297	0.58946E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.20218E-02	-0.18514E-01	571	-0.65960E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.12217E-01	-0.12316E-01	297	2.9568	"Water-surface elevation (m)"
0004:00:00	4 10 3			
0.22787E-02	0.28293E-01	973	0.80483E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.23709E-02	-0.28644E-01	1046	-0.69530E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.54196E-02	0.54926E-02	569	2.9622	"Water-surface elevation (m)"
0005:00:00	5 1 3			
0.20990E-02	-0.39906E-01	972	0.50399E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.11191E-02	0.41041E-01	1046	-0.45927E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.12625E-01	0.12982E-01	4074	2.9800	"Water-surface elevation (m)"
0005:00:00	5 2 3			
0.61188E-02	-0.61181E-01	632	-0.67146E-02	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.11048E-01	0.85492E-01	696	0.10792E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.39888E-01	-0.40146E-01	375	2.9394	"Water-surface elevation (m)"
0005:00:00	5 3 3			
0.72898E-02	0.65494E-01	642	0.91580E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.10135E-01	-0.79879E-01	695	-0.67078E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.31106E-01	0.31369E-01	375	2.9708	"Water-surface elevation (m)"
0005:00:00	5 4 3			
0.54211E-02	-0.50157E-01	642	0.41422E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.75620E-02	0.59722E-01	512	-0.11089E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.21721E-01	-0.21924E-01	375	2.9489	"Water-surface elevation (m)"
0005:00:00	5 5 3			
0.29083E-02	0.24288E-01	975	0.44933E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.55061E-02	-0.32278E-01	418	-0.91276E-03	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.20788E-01	0.20934E-01	375	2.9698	"Water-surface elevation (m)"
0005:00:00	5 6 3			
0.73891E-02	-0.59568E-01	518	-0.10655E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"

0.88525E-02	0.70390E-01	625	0.15710E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.19263E-01	-0.19495E-01	375	2.9503	"Water-surface elevation (m)"
0005:00:00	5 7 3			
0.79059E-02	0.68889E-01	903	0.47388E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.81585E-02	-0.60026E-01	569	-0.42194E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.12012E-01	0.12238E-01	375	2.9626	"Water-surface elevation (m)"
0005:00:00	5 8 3			
0.17087E-02	-0.23732E-01	765	0.18334E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.20997E-02	0.24654E-01	468	0.21047E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.14329E-02	-0.15105E-02	567	2.9611	"Water-surface elevation (m)"
0005:00:00	5 9 3			
0.22918E-02	-0.31303E-01	1123	0.15632E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.28406E-02	0.46448E-01	1046	-0.31506E-02	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.87221E-02	-0.87778E-02	568	2.9523	"Water-surface elevation (m)"
0005:00:00	5 10 3			
0.25823E-02	0.33565E-01	469	0.41611E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.27347E-02	-0.38112E-01	1046	-0.41263E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.10915E-01	0.11001E-01	696	2.9633	"Water-surface elevation (m)"
0006:00:00	6 1 3			
0.17057E-01	0.15224	335	0.68312E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.14659E-01	-0.11436	572	-0.76211E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.41004E-02	-0.44262E-02	136	2.9584	"Water-surface elevation (m)"
0006:00:00	6 2 3			
0.11742E-02	0.26090E-01	421	0.11127	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.11861E-02	-0.26657E-01	1046	-0.88126E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.48040E-02	-0.48453E-02	569	2.9540	"Water-surface elevation (m)"
0006:00:00	6 3 3			
0.16427E-02	-0.27905E-01	421	0.83366E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.17202E-02	-0.23927E-01	625	-0.11171	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.84558E-02	0.85213E-02	176	2.9622	"Water-surface elevation (m)"
0006:00:00	6 4 3			

0.10707E-01	-0.87092E-01	518	0.92901E-02	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.73814E-02	0.79728E-01	696	-0.34005E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.42049E-02	0.44133E-02	176	2.9666	"Water-surface elevation (m)"
0006:00:00	6 5 3			
0.17955E-02	0.32682E-01	636	0.30004E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.20898E-02	-0.29746E-01	572	-0.26619E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.24051E-02	0.24726E-02	569	2.9690	"Water-surface elevation (m)"
0006:00:00	6 6 3			
0.16879E-02	0.27222E-01	467	0.83560E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.11599E-02	-0.23995E-01	1046	-0.47377E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.26582E-02	-0.27067E-02	467	2.9662	"Water-surface elevation (m)"
0006:00:00	6 7 3			
0.10452E-02	-0.28571E-01	467	0.54988E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.10874E-02	-0.21865E-01	467	0.90120E-02	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.80129E-03	0.85265E-03	467	2.9671	"Water-surface elevation (m)"
0006:00:00	6 8 3			
0.26343E-02	0.35124E-01	467	0.90112E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.46885E-02	-0.37536E-01	512	-0.63163E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.17983E-01	0.18093E-01	375	2.9853	"Water-surface elevation (m)"
0006:00:00	6 9 3			
0.21344E-02	0.19949E-01	297	0.28906E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.26044E-02	0.27442E-01	569	-0.60471E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.13882E-01	-0.13964E-01	375	2.9713	"Water-surface elevation (m)"
0006:00:00	6 10 3			
0.21255E-02	-0.24609E-01	422	0.16123E-01	"X unit flow rate (m ² /s)"
0.26314E-02	-0.27685E-01	569	-0.88155E-01	"Y unit flow rate (m ² /s)"
0.12145E-01	0.12223E-01	470	2.9833	"Water-surface elevation (m)"

BIODATA PENULIS



Fiqh Trisnawan Wicaksono dilahirkan di Surabaya, 19 April 1991, Merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis mengenyam semua jenjang pendidikan formalnya di kota Surabaya. Menyelesaikan pendidikan dasarnya di SD Muhammadiyah 18 Surabaya, lalu SMPN 6 Surabaya dan lulus dari SMAN 2 Surabaya pada tahun 2009, penulis memutuskan untuk mengikuti SNMPTN dan menuju ke Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan kemudian

diterima di salah satu jurusannya yaitu Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan. Selama menjalani masa perkuliahaan, penulis aktif mengikuti pelatihan LKMM Pra-TD. Penulis juga aktif dalam berbagai seminar dan pelatihan, baik yang diadakan oleh institut, fakultas maupun jurusan, serta aktif menjadi panitia dalam acara-acara yang diselenggarakan oleh jurusan, fakultas maupun institut. Penulis telah melaksanakan program mata kuliah Kerja Praktek di PT. Alstom Power ESI dan BMKG Surabaya. Di akhir masa kuliahnya, penulis mengambil tema tugas akhir mengenai studi laju sedimentasi di wilayah Teluk Lamong karena reklamasi pantai.