

SURFACE WATER MODELLING AT LAMONG BAY

by Cahya Buana^a, Hera Widyastuti^b, Wahyu Herijanto^c,
Catur Arif Prastyanto^d, Anak Agung Gde Kartika^e, Budi Rahardjo^f and Istiar^g

ABSTRACT

Development of ports in the Lamong Bay may result in changes in flow pattern and velocity. In order for such development does not cause a big impact analysis should be made based on the understanding of the physical processes that will occur. This study examined the flow pattern and velocity of Lamong Bay. Existing model simulation results indicate that the direction of motion of the water flow to the front line of Gresik Ports were more integrated with the dominant direction were Northwest - Southeast, whereas in front of the Port of Tanjung Perak flow direction were dominated by West - East. The findings also suggest the direction of movement of currents in the Lamong Bay were more spread and dominated by the movement parallel to the contour of the coastline.

KEYWORDS: current direction; current velocity; estuary; Lamong Bay; Tanjung Perak Port

PENDAHULUAN

Sebagaimana diketahui Pelabuhan Tanjung Perak merupakan pelabuhan kedua terbesar di Indonesia yang sangat potensial dalam mendukung arus barang dari dan ke wilayah bagian Timur Indonesia. Pelabuhan Tanjung Perak saat ini mempunyai rencana untuk melakukan pengembangan untuk mengantisipasi pertumbuhan arus barang terutama petikemas. Pengembangan pelabuhan tersebut membutuhkan penambahan luasan lahan, sedangkan ada sisi lain, saat ini lahan untuk pengembangan di Pelabuhan Tanjung Perak sudah sangat terbatas, sehingga upaya pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak direncanakan akan dilakukan dengan penimbunan areal perairan di sekitar Muara Kali Lamong yang masih masuk dalam wilayah perairan Pelabuhan Cabang Perak (DLKP)¹.

Dengan adanya rencana pengembangan pelabuhan tersebut perlu adanya analisa mengenai pemahaman proses fisik perairan di Teluk Lamong pada kondisi eksisting, dimana hal ini bertujuan agar kegiatan tersebut tidak membawa dampak yang merugikan terutama bagi wilayah sekitar².

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah melakukan pemodelan dengan program bantu SMS 6.0 untuk menggambarkan pola arus dan kecepatan di depan muara Kali Lamong pada saat belum ada pengembangan pelabuhan.

METODOLOGI PENELITIAN

Secara umum metodologi penelitian yang digunakan pada studi ini meliputi: pengumpulan data, penyusunan layout simulasi, pemodelan dan analisa data, interpretasi analisa data dan kesimpulan. Metodologi penelitian

tersebut secara umum dapat dilihat pada Gambar 1.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini meliputi: Peta kontur dasar perairan di daerah Teluk Lamong (dari peta hydral maupun hasil pengukuran yang pernah dilakukan).

Data hidroceanografi yang meliputi: data pasang surut dan data sedimen dasar. Data hidrologi sungai yaitu debit sungai rata-rata per hari, dimana data tersebut meliputi sungai-sungai yang bermuara di Teluk Lamong yaitu Kali Lamong, Kali Sememi, Kali Branjangan, Kali Manukan, Kali Krambangan dan Kali Anak.

Pemodelan

Mensimulasikan kondisi hidrodinamika dan proses sedimentasi pada suatu perairan merupakan pekerjaan yang sangat kompleks. Untuk memudahkan hal tersebut dapat digunakan bantuan komputer dengan memakai perangkat lunak yang mendukung. Perangkat lunak tersebut adalah Surface water Modelling System (SMS).

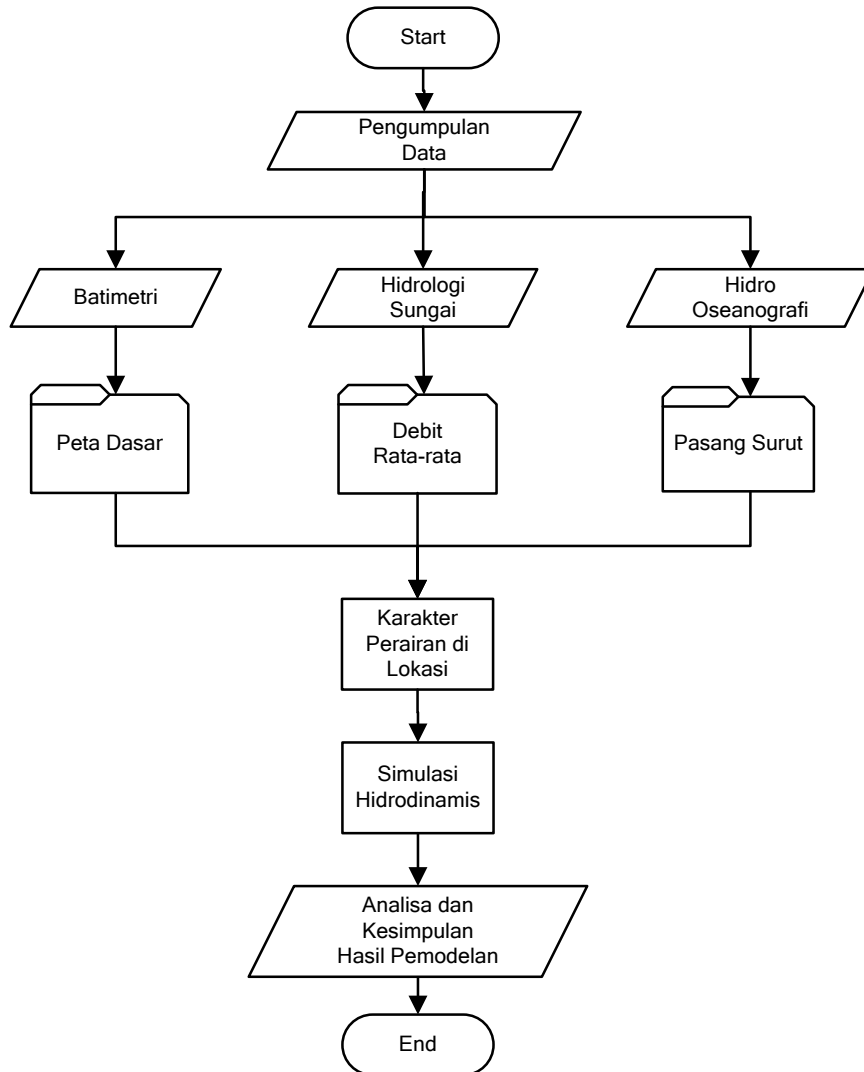
Di dalam SMS terdapat kumpulan modul-modul (program) seperti GFGEN, RMA-2, RMA-4, RMA-10, HIVEL, SED2D dan FESWMS. Untuk keperluan simulasi hidrodinamika pada studi ini, digunakan dua modul yaitu GFGEN dan RMA-2.

Program inti dari SMS ini adalah program pemodelan hidrodinamika yang dapat menghitung elevasi muka air dan kecepatan aliran untuk masalah aliran perairan dangkal dan mendukung pemodelan keadaan langgeng (*steady*) dan tidak langgeng (dinamis-berubah terhadap waktu). Selain itu terdapat macam-macam program antara lain adalah program untuk memodelkan pergerakan sedimen. SMS sangat cocok untuk konstruksi mesh (grid perhitungan numerik) yang besar dan kompleks (sampai beberapa ribu elemen) yang mempunyai bentuk yang berubah-ubah. Mesh elemen hingga dan kondisi batas bersangkutan yang diperlukan untuk analisis dapat dibuat secara interaktif lewat SMS dan disimpan ke file spesifik model. File-file ini kemudian digunakan untuk melakukan analisis hidrodinamika dan pergerakan sedimen. File-file hasil solusi yang berisi elevasi muka air, kecepatan aliran, konsentrasi sedimen atau data fungsional lain di setiap node dari mesh dapat dibaca dalam SMS untuk plot vektor, plot kontur berwarna, plot kurva yang berubah terhadap waktu, dan membuat animasi dinamis.

^aResearcher, Department of Civil Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS), Surabaya, Indonesia.

^{b,c,d,f,g}Researcher, Department of Civil Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS), Surabaya, Indonesia.

Note. The manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on February 25, 2009; approved on October 25, 2009. Discussion open until January 2011. This paper is part of the ITS Journal of Civil Engineering, Vol. 29, No. 2, November 2009. © ITS Journal of Civil Engineering, ISSN 2086-1206/2009.



Gambar 1. Metodologi Studi.

Untuk dapat menggambarkan proses running model dapat dilihat pada bagan alir proses simulasi hidrodinamik seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Dalam gambar tersebut dapat dilihat bahwa tahap kalibrasi dilakukan setelah RMA-2 dijalankan dan outputnya dibandingkan dengan data hasil survei lapangan.

Tahap kalibrasi dilakukan dengan membandingkan antara data lapangan yang diperoleh dari hasil survei dengan hasil simulasi yang dijalankan. Data lapangan dan hasil simulasi yang akan dibandingkan dalam kalibrasi ini adalah data hidrodinamis yaitu data elevasi muka air pasang surut dan data arus (kecepatan dan arah).

Proses kalibrasi adalah proses yang harus dilalui pertama kali sebelum dilakukan simulasi lanjutan dalam memodelkan kondisi daerah kajian dan rencana pengembangan yang akan dilakukan. Setelah memasukkan parameter-parameter dan data-data hasil survei lapangan ke dalam program RMA-2, maka keluaran yang diperoleh adalah arus dan elevasi muka air. Bila kecepatan arus dan elevasi muka air keluaran model sama atau mendekati dengan data lapangan dalam kurun

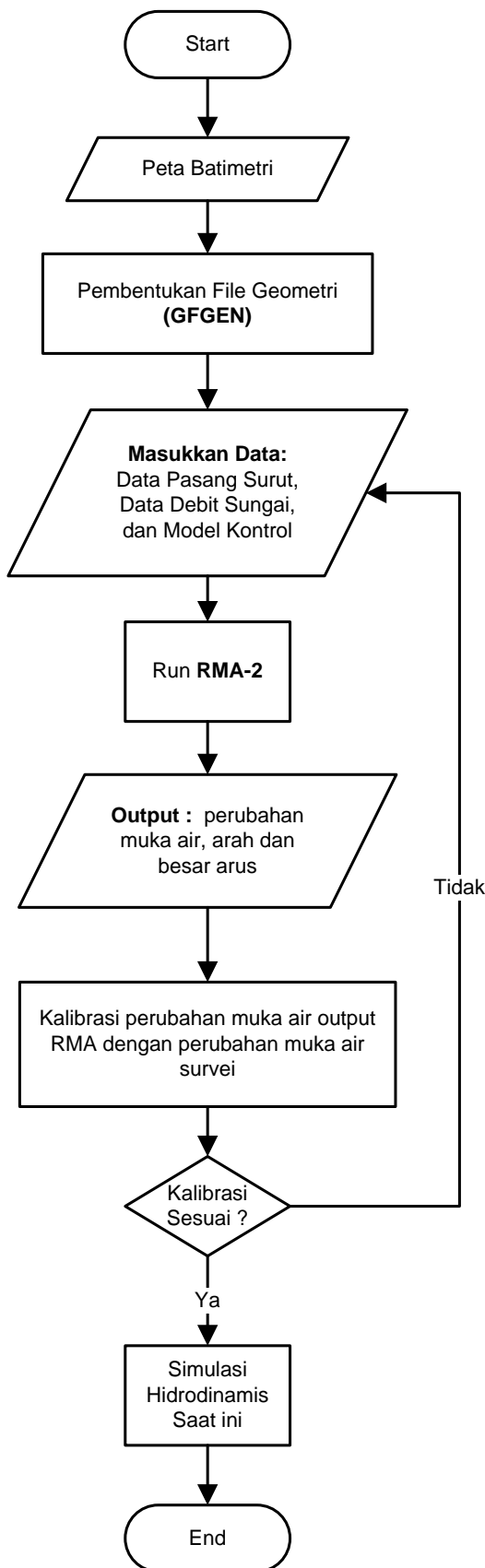
waktu yang sama, maka data pemodelan tersebut dapat digunakan untuk simulasi pada tahap selanjutnya.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pembentukan Elemen Hidrodinamis

Dalam melakukan simulasi dengan menggunakan SMS 6.0 ini, hal pertama yang dilakukan adalah membentuk elemen-elemen hidrodinamis, yaitu dengan menghubungkan node-node yang sudah dibentuk. Penentuan titik node ini didasarkan pada kontur kedalaman dasar perairan. Jarak masing-masing node rata-rata 25 m sampai 100 m, semakin dekat jarak nodenya maka diperlukan jumlah node yang lebih banyak. Pada simulasi ini jumlah nodenya mencapai 7973 node (lihat Gambar 3).

Langkah selanjutnya adalah menghubungkan node-node tersebut menjadi mesh elemen (lihat Gambar 4). Untuk dapat mengetahui apakah masing-masing elemen sudah kontinu maka harus dilakukan running model dengan menggunakan modul geometri SMS 6.0 yaitu modul GFGEN. Hasil running model untuk kondisi saat ini dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 2. Bagan alir proses simulasi hidrodinamis SMS.

Setelah elemen-elemen pada lokasi kontinu, maka model siap untuk diberi kondisi batas dan memasukkan data-data lainnya.

Kondisi Batas

Kondisi batas (*boundary condition*) yang digunakan dalam simulasi ini adalah berdasarkan data pasang surut dan debit sungai yang mengalir pada lokasi studi.

Kondisi Batas Pasang Surut

Diambil 2 lokasi sebagai kondisi batas pasang surut perairan. Adapun kondisi batas tersebut adalah: perairan sebelah Utara : elevasi pasang surut di Gresik dan perairan sebelah Timur : elevasi pasang surut di Kesek Timur. Kondisi batas pasang surut terhadap *Mean Sea Level* (MSL) pada kedua lokasi tersebut adalah sebagai berikut:

Lokasi Gresik elevasi *High Water Surface* (HWS) 120,76 cm dan *Low Water Surface* (LWS) -127,65 cm.

Lokasi Kesek elevasi *High Water Surface* (HWS) 144,87 cm dan *Low Water Surface* (LWS) -150,02 cm.

Jangka waktu simulasi yang dipakai dalam running kalibrasi adalah sama dengan kurun waktu pengamatan pasang surut, yaitu selama 15 hari yang dimulai dari tanggal 30 September - 14 Oktober 2003.

Kondisi Batas Debit

Disamping digunakan kondisi batas pasang-surut, juga digunakan kondisi batas debit (*flow rate*) dari sungai-sungai yang masuk dalam batas wilayah kajian. Digunakan data debit dari enam sungai yang bermuara di Teluk Lamong yang merupakan data dari PT. Pelabuhan III pada periode yang sama dengan data pengukuran pasang-surut dan arus laut (seperti tampak pada Gambar 6). Pada Gambar 6 disajikan elemen-elemen hidrodinamis perairan Teluk Lamong yang telah diberi nilai-nilai batas, baik batas pasang surut maupun debit.

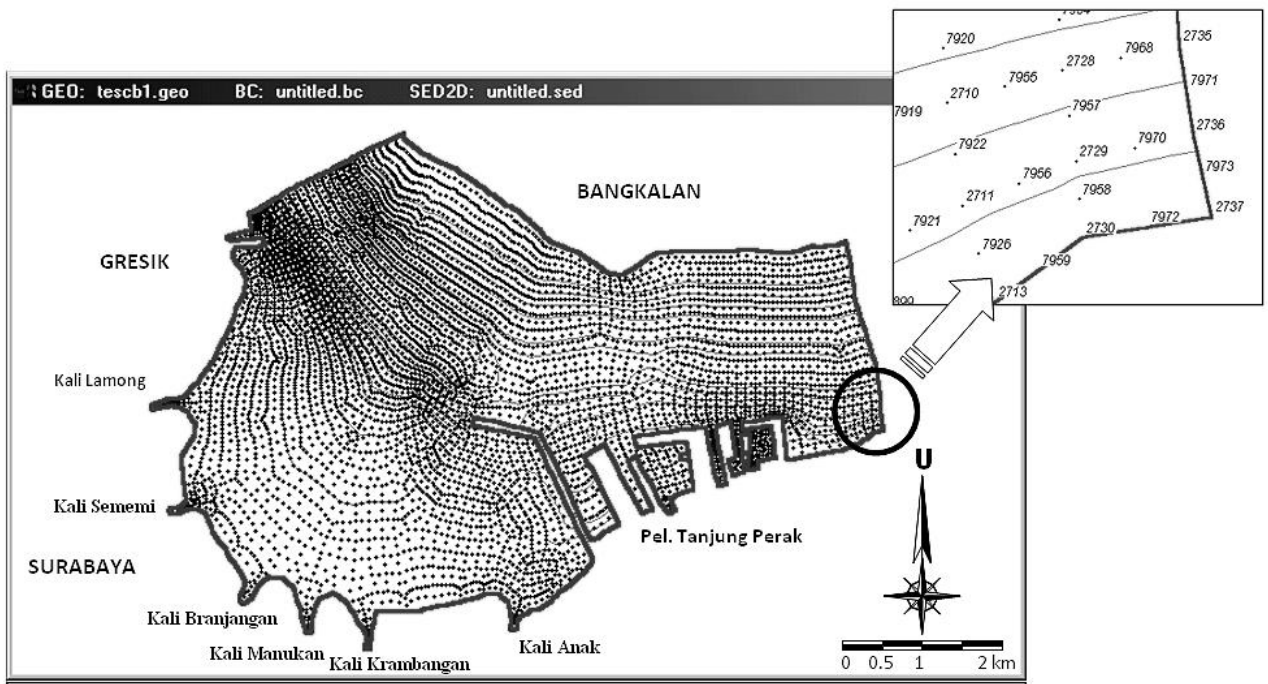
Kondisi batas debit untuk masing-masing sungai adalah Kali Lamong 42,03 m³/det, Kali Sememi 1,83 m³/det, Kali Branjangan 0,46 m³/det, Kali Manukan 1,67 m³/det, Kali Krembangan 1,50 m³/det, Kali Anak 0,38 m³/det.

Running Model Eksisting

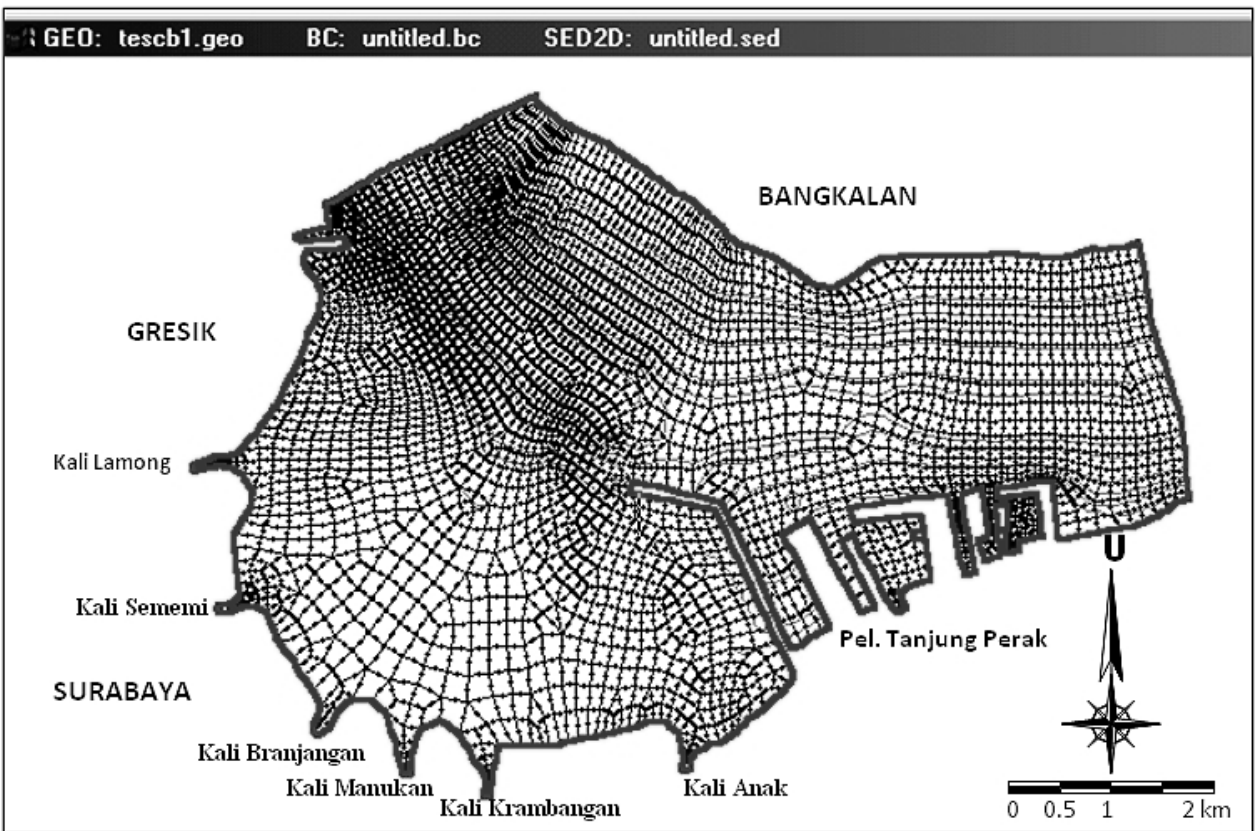
Berdasarkan kondisi batas tersebut, model eksisting kemudian dijalankan dengan terlebih dahulu menetapkan langkah waktu per jam, serta 2 kali iterasi. Hasil pemodelan akan disajikan dalam dua kondisi yaitu *neap* dan *spring*. Diasumsikan bahwa kondisi *neap* terjadi pada awal bulan atau time step ke 12 (pasang) yaitu tanggal 30 September 2003 jam 12.00 WIB dan time step ke 18 (surut) yaitu tanggal 30 September 2003 jam 18.00 WIB sedangkan kondisi *spring* terjadi pada pertengahan bulan atau time step ke 323 (pasang) yaitu tanggal 13 Oktober 2003 jam 11.00 WIB dan time step ke 330 (surut) yaitu tanggal 13 Oktober 2003 jam 18.00 WIB (pasang surut sesuai dengan hasil pengukuran Studi Kajian Teknis Alur Pelayaran Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya³).

Hasil running model untuk masing-masing kondisi dapat dilihat pada Gambar 7 sampai Gambar 10.

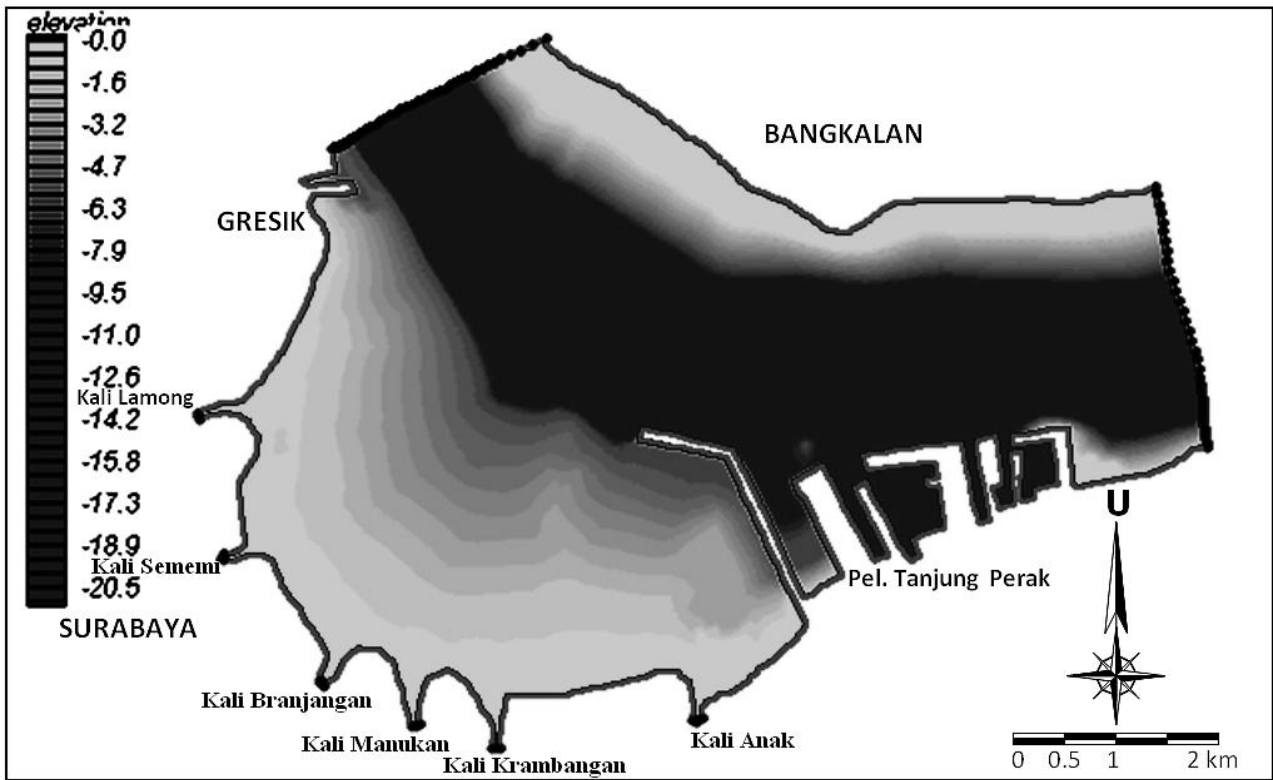
Bila dibandingkan secara umum tampak terjadi perbedaan arah arus pada masing-masing kondisi tersebut. Pada saat pasang tampak bahwa aliran air atau arah arus dari timur ke barat, sedangkan sebaliknya untuk kondisi surut arah arus dari barat ke timur.



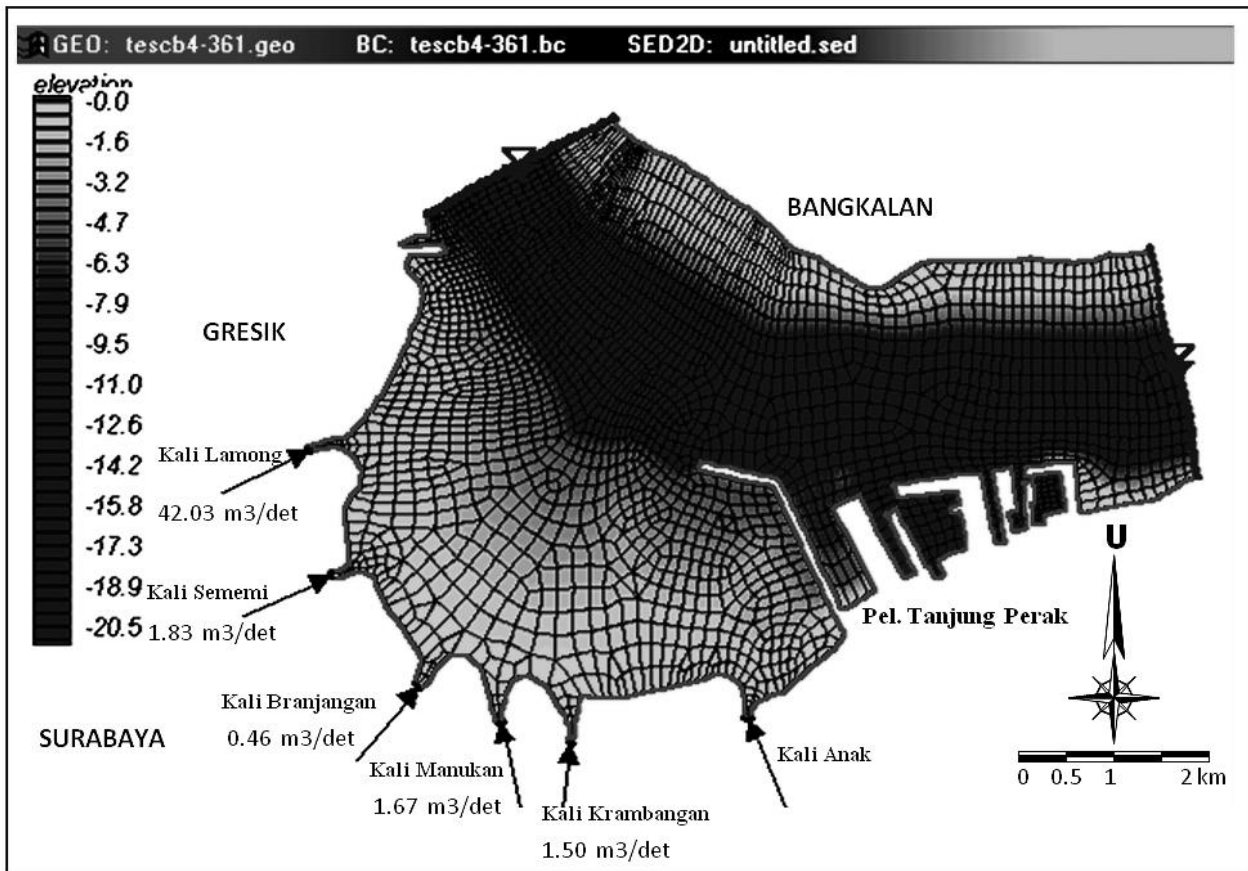
Gambar 3. Node-node Simulasi.



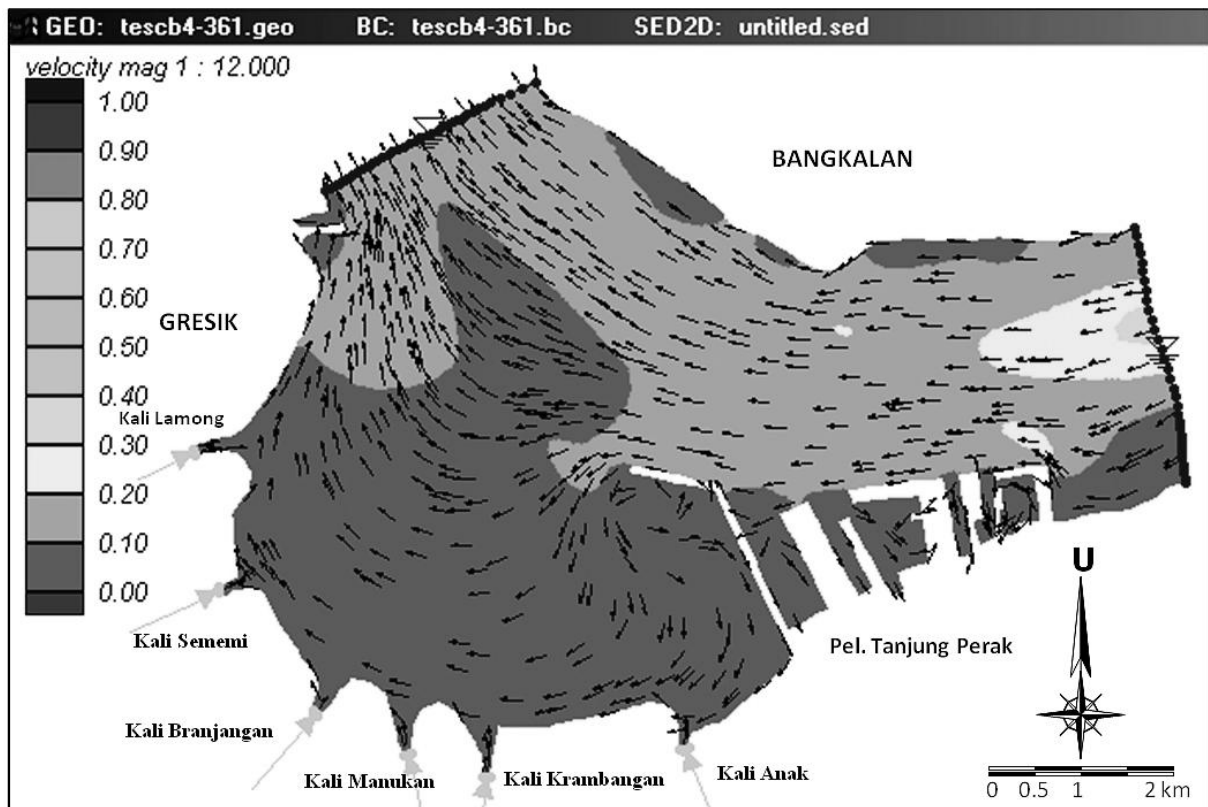
Gambar 4. Mesh Elemen Simulasi.



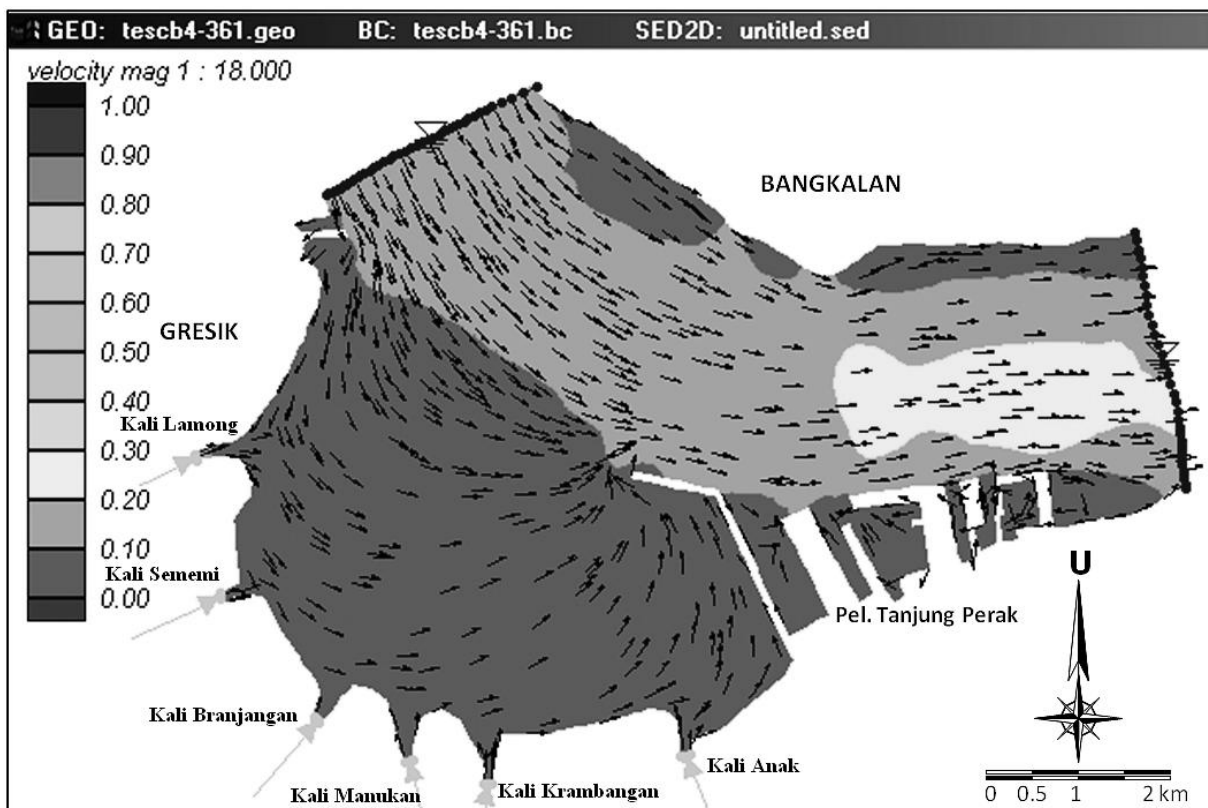
Gambar 5. Kontur Dasar Perairan Hasil Running GFGEN.



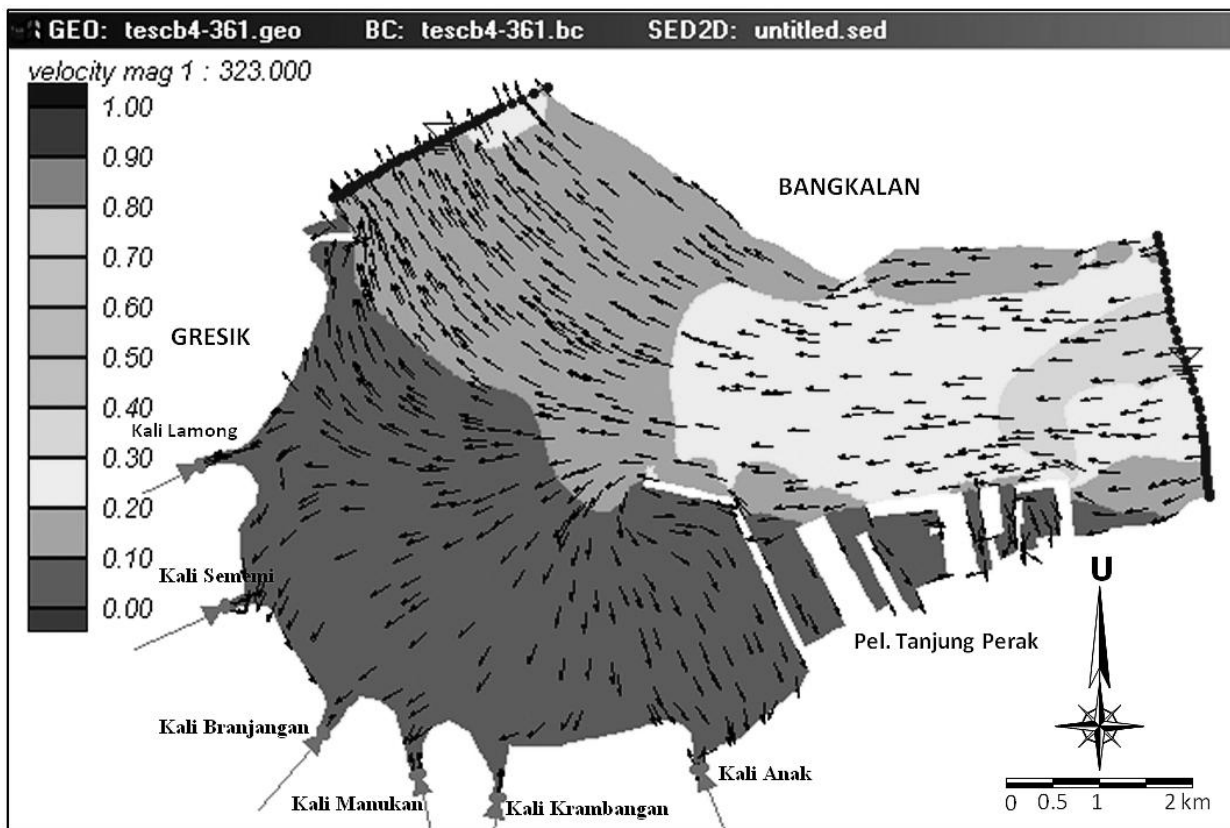
Gambar 6. Kondisi Batas Pemodelan Pasang Surut dan Debit.



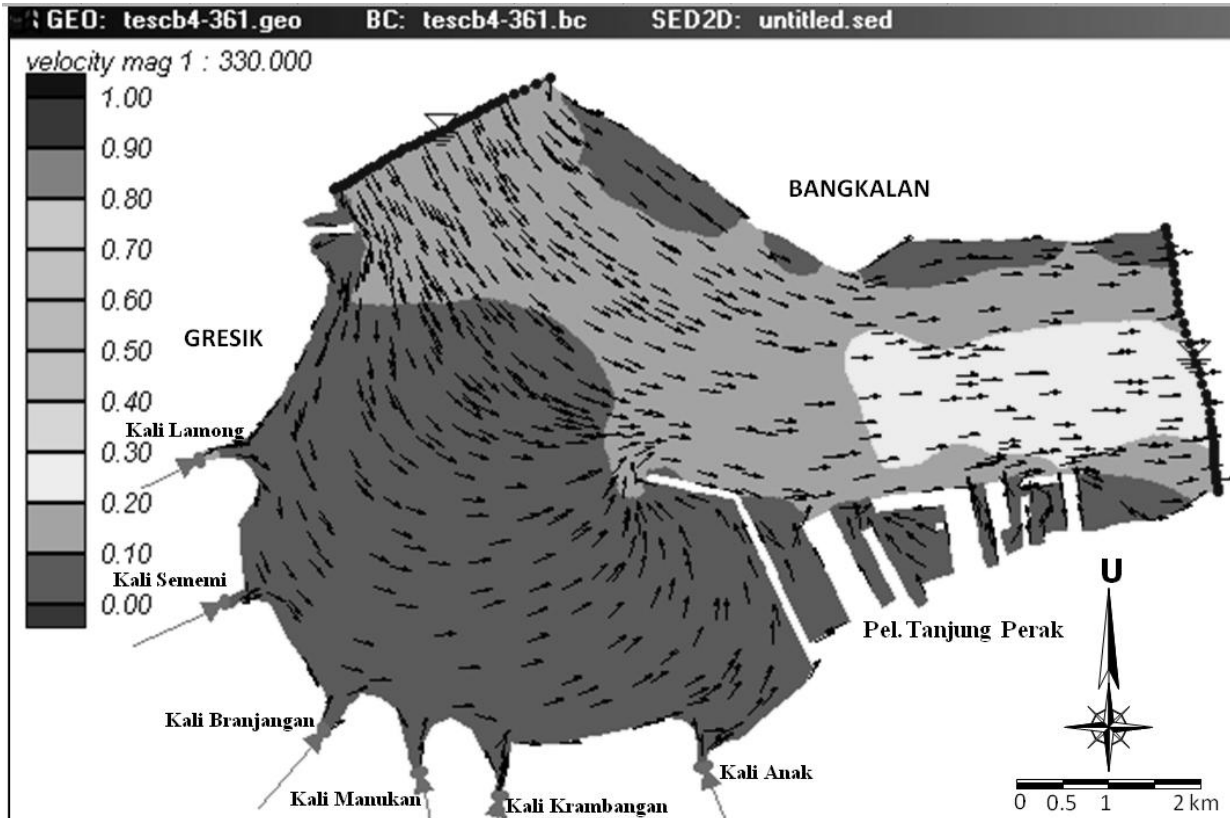
Gambar 7. Kondisi Arus Hasil Simulasi pada Time Step ke 12 (neap-pasang) yaitu tanggal 30 September 2003 jam 12.00 WIB.



Gambar 8. Kondisi Arus Hasil Simulasi pada Time Step ke 18 (neap-surut) yaitu tanggal 30 September 2003 jam 18.00 WIB.

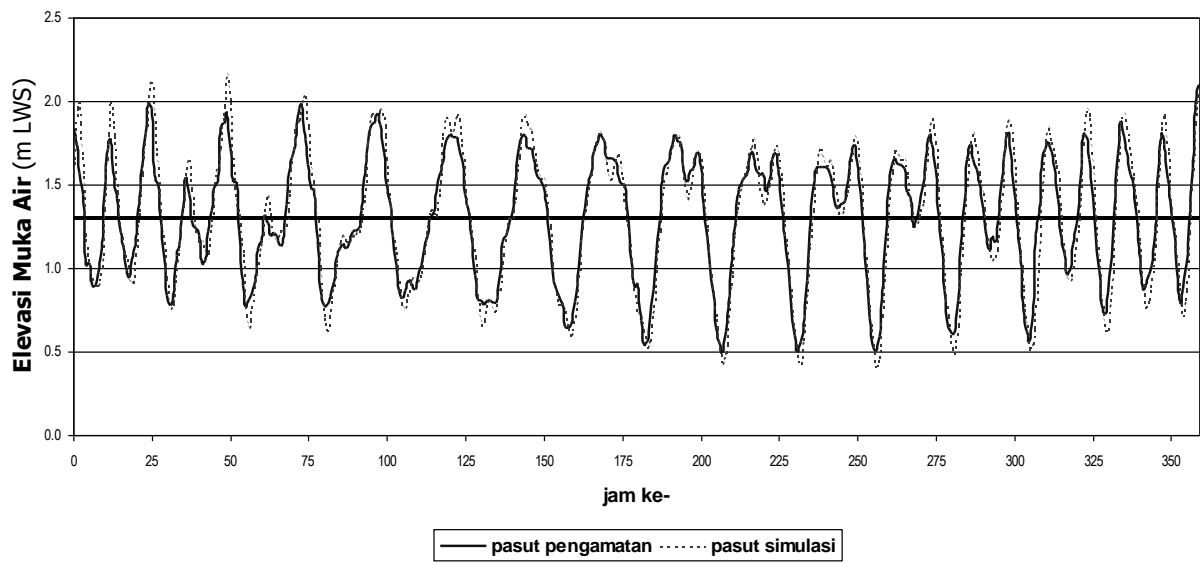


Gambar 9. Kondisi Arus Hasil Simulasi pada Time Step ke 323 (spring-pasang) yaitu tanggal 13 Oktober 2003 jam 11.00 WIB.

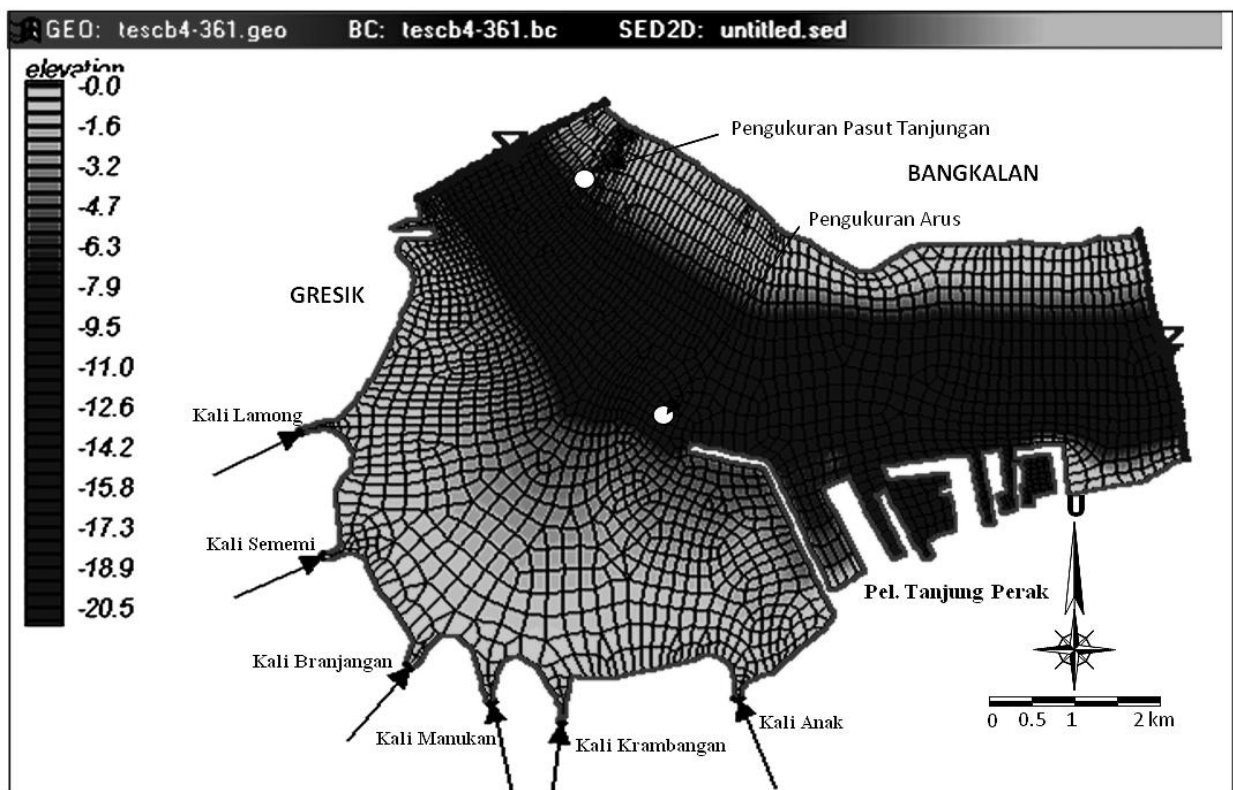


Gambar 10. Kondisi Arus Hasil Simulasi pada Time Step ke 330 (spring-surut) yaitu tanggal 13 Oktober 2003 jam 18.00 WIB.

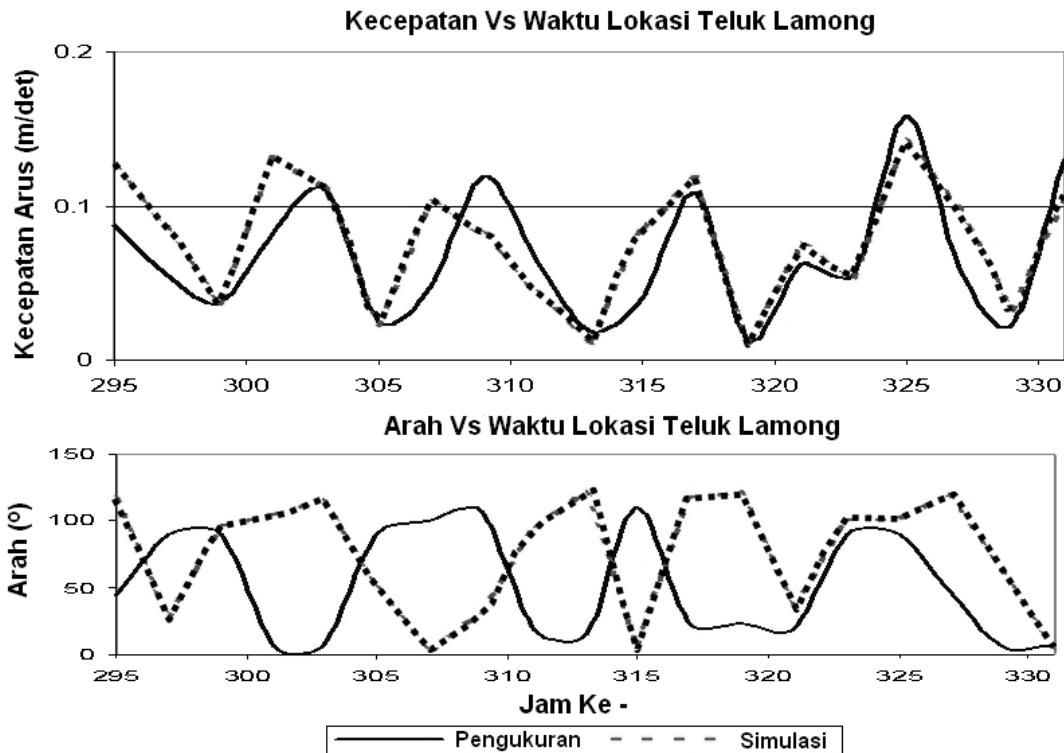
Lokasi Tanjungan



Gambar 11. Kalibrasi terhadap data pasang surut.



Gambar 12. Lokasi Pengukuran Arus dan Pasang Surut.



Gambar 13. Kalibrasi Terhadap Data Arus.

PERBANDINGAN HASIL SIMULASI DENGAN HASIL PENGUKURAN LAPANGAN

Pasang Surut

Perbandingan elevasi muka air pasang surut, diambil pada lokasi pengamatan pasang surut yang tidak digunakan sebagai kondisi batas, yaitu lokasi pengukuran di Tanjungan (node 1206) seperti tampak pada Gambar 11 (lihat juga Gambar 12).

Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa elevasi muka air pasang surut simulasi memberikan hasil yang cukup bagus, yang berarti bahwa validitas parameter-parameter model kontrol serta referensi kondisi batas pasang surut yang diaplikasikan telah mendekati kebenaran sesuai kondisi lapangan.

Arus

Untuk kalibrasi data arus, parameter yang dibandingkan adalah kecepatan dan arah arus. Hasil pengukuran arus yang dilakukan pada tanggal 12-13 Oktober 2003 dibandingkan dengan hasil output simulasi node 4440 (lihat Gambar 12), seperti tampak pada Gambar 13 untuk perbandingan kecepatan arus dan arah arus.

Dari grafik tersebut terlihat bahwa hasil kalibrasi kecepatan arus hasil simulasi sudah mendekati data lapangan. Namun untuk arah arus terdapat sedikit perbedaan. Hal ini dimungkinkan karena adanya kesalahan pada saat pencatatan waktu pengukuran, dapat dilihat bahwa perbedaan mencolok adalah adanya pergeseran fasa baik untuk simulasi maupun pengukuran. Selain itu asumsi pada jetty yang dianggap solid untuk

pemodelan juga dapat berpengaruh terhadap pola pergerakan arus, dimana dianggap bahwa di bawah jetty tidak dapat mengalirkan air.

ANALISA PEMODELAN

Hasil Simulasi

Hasil simulasi hidrodinamika yaitu disajikan berupa pola arus yang dapat diprediksi pada setiap waktu. Hal yang dapat disimpulkan dari pergerakan arus dari tinjauan untuk 2 kondisi pasang surut adalah dominasi kecepatan arus yang cukup besar pada lokasi-lokasi dimana lebar Selat Madura menyempit dan batimetrimya lebih dalam dibanding lokasi lainnya, yaitu pada daerah alur di depan Pelabuhan Gresik dan alur di depan Pelabuhan Tanjung Perak.

Hasil simulasi dengan menggunakan program SMS 6.0 ini berupa file dengan ekstension *.ot1 dan *.ot2. Dimana file *.ot1 merupakan output hasil simulasi geometrik modul GFGEN yang berupa mesh lay out kontur perairan. Sedangkan file *.ot2 adalah file output untuk simulasi RMA2 dari arus yang berupa besaran skalar (besar kecepatan arus dalam m/det) maupun vektor (arah dalam sudut terhadap arah utara). Hasil output tersebut digambarkan kedalam grafik "current rose" untuk mendapatkan gambaran kondisi arus baik arah maupun besaran di alur pelayaran depan Teluk Lamong. Current rose digambarkan untuk masing-masing node yang dianggap mewakili dengan pertimbangan bahwa node-node tersebut nantinya yang akan dibandingkan

dalam alternatif-alternatif pengembangan. Node-node yang dimaksud adalah:

node 299 : sekitar alur pelayaran di Pelabuhan Gresik
 node 2382 : depan muara Kali Lamong (rencana terusan)

node 3371 : rencana kanal pemisah pulau besar

node 3885 : rencana parit di Teluk Lamong

node 6320 : sekitar alur pelayaran di Pelabuhan Perak

Agar data V_R dan sudut θ mudah diplotkan ke dalam gambar maka V_R terlebih dahulu di ubah dalam V_X dan V_Y dengan rumusan seperti tampak pada Tabel 1.

Gambar *current rose* tersebut dapat dilihat pada Gambar 14 sampai Gambar 18.

Analisa Hasil Pemodelan Kondisi Eksisting

Dari diagram curen rose tersebut dapat dirangkum seperti tampak pada Tabel 2.

Dari tabel tersebut tampak bahwa arus yang paling besar terjadi di node 299 dan 6320 dimana lokasi terletak pada daerah alur pelayaran Pelabuhan Tanjung Perak, dimana kontur bathimetrinya lebih dalam daripada node-node yang lain.

Arah pergerakan arus untuk node 299 dan 6320 lebih menyatu dengan dominasi arah untuk node 299 (depan alur Pelabuhan Gresik) arah arus Barat Laut-Tenggara, sedangkan node 6320 (depan alur Pelabuhan Tanjung

Perak) arah arus Barat-Timur. Kemudian untuk node yang lainnya arah pergerakan arusnya lebih menyebar dengan dominasi mengikuti kontur garis pantai di Teluk Lamong. Secara skematis arah arus di Teluk Lamong dapat dilihat pada Gambar 19.

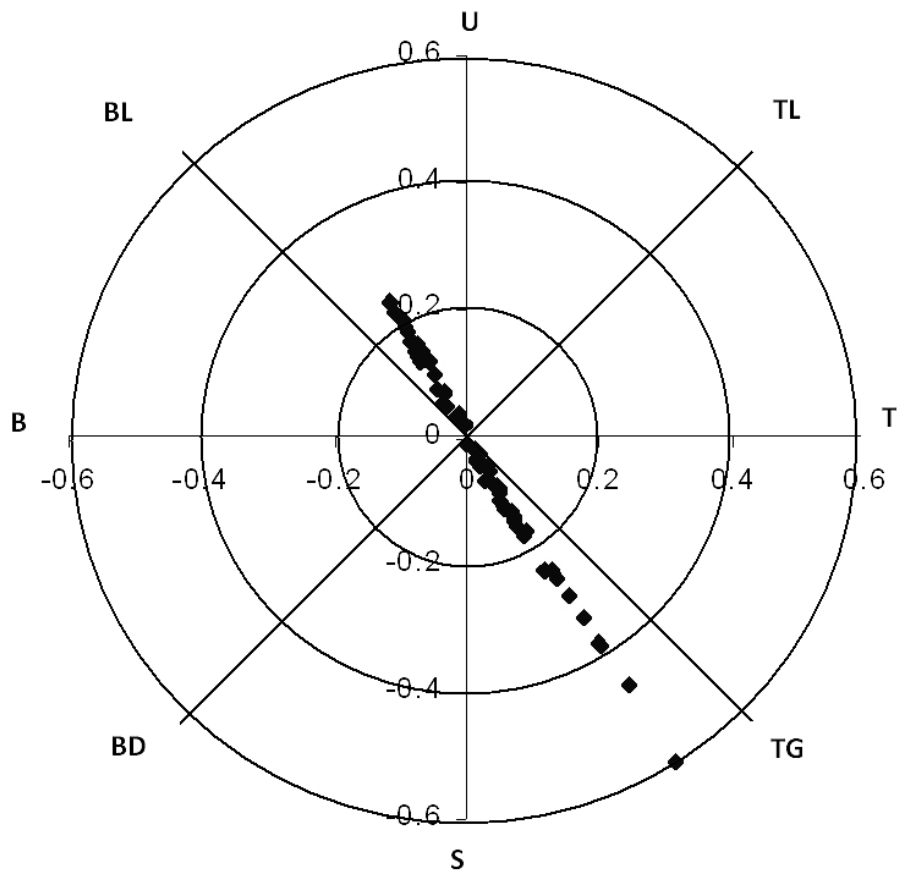
Pola pergerakan arus pasang menuju pelabuhan Gresik sedangkan arus surut menuju pelabuhan Tanjung Perak, hal ini kemungkinan disebabkan salah satu pembangkit pasang surut yaitu posisi matahari dan bulan yang pada saat pengukuran dilakukan yaitu Bulan Oktober berada di sebelah Selatan Katulistiwa. Disamping itu pergerakan arus tersebut juga dipengaruhi oleh pergerakan massa air yang besar dari Selat Madura, dimana perairan ini terhubung langsung dengan Samudera Hindia melalui Selat Bali. Pergerakan massa air ini menyebabkan dominasi arah pergerakan arus terutama arus pasang surut berasal dari alur timur menuju alur barat Pelabuhan Tanjung Perak. Sedangkan besar kecepatan arus dapat dilihat, bahwa arus di sekitar alur Pelabuhan Tanjung Perak dan Pelabuhan Gresik (0,155 m/det) lebih besar ($\pm 7,63\%$) dari kecepatan arus di depan Dermaga PT. Terminal Peti Kemas Surabaya (0,144 m/det), hal ini disebabkan oleh adanya *bottle neck* atau penyempitan di daerah Pelabuhan Tanjung Perak. Secara skematis dapat digambarkan pada Gambar 20.

Tabel 1. Perumusan untuk Menentukan V_x dan V_y .

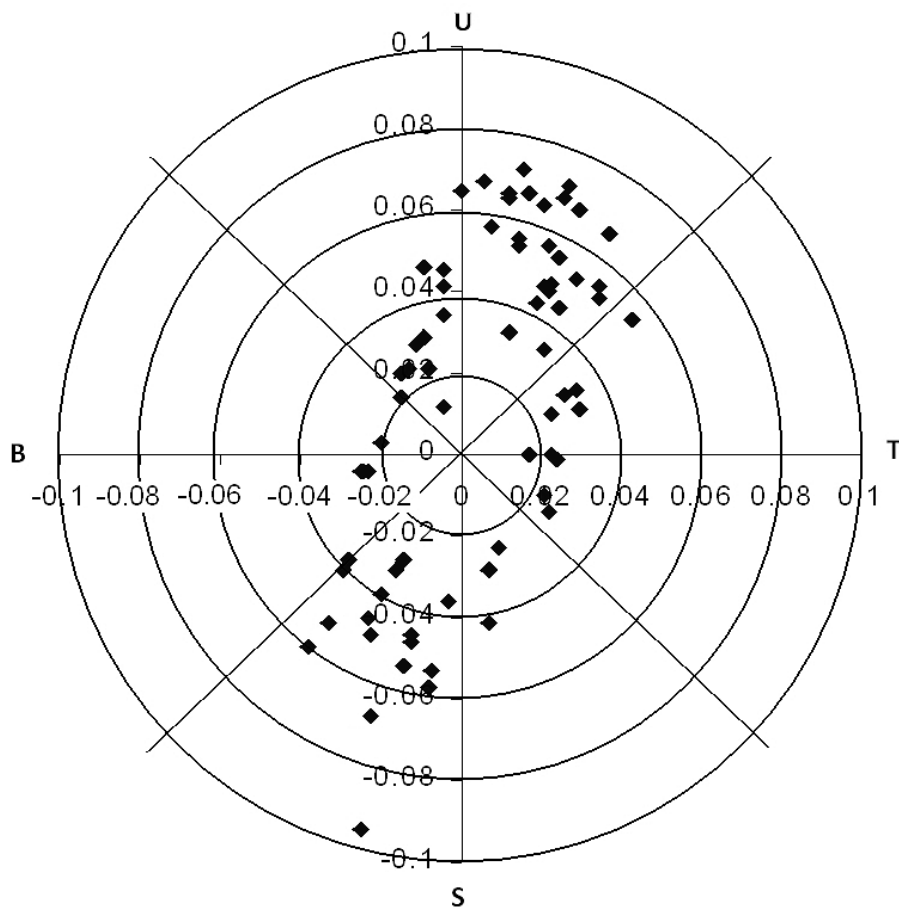
No.	Kuadran	V_x	V_y
1	I	$V_R \cdot \sin \theta$	$\sqrt{V_R^2 - (V_R \cdot \sin \theta)^2}$
2	II	$\sqrt{V_R^2 - (V_R \cdot \sin(\theta - 90))^2}$	$V_R \cdot \sin(\theta - 90)$
3	III	$V_R \cdot \sin(\theta - 180)$	$\sqrt{V_R^2 - (V_R \cdot \sin(\theta - 180))^2}$
4	IV	$\sqrt{V_R^2 - (V_R \cdot \sin(\theta - 270))^2}$	$V_R \cdot \sin(\theta - 270)$

Tabel 2. Hasil Pemodelan Kondisi Eksisting.

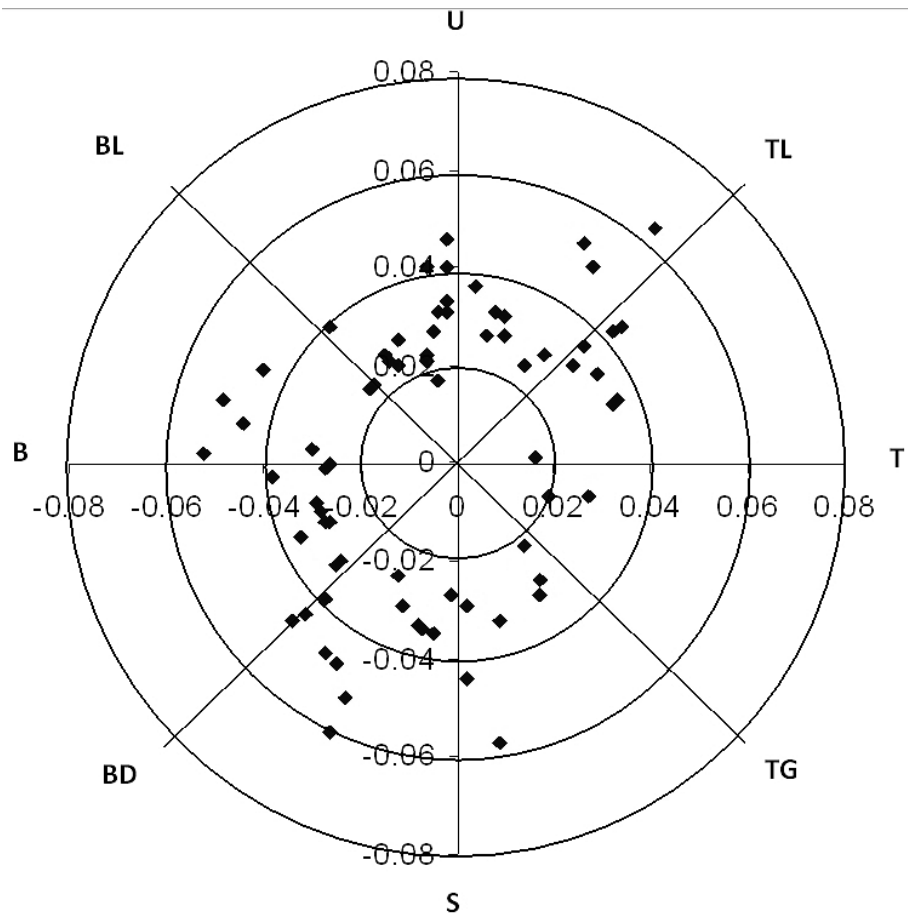
Node	Vmaks (m/det)	Vmin (m/det)	Vrata (m/det)
299	0.601	0.001	0.140
2382	0.095	0.001	0.040
3371	0.061	0.002	0.016
3885	0.006	0.001	0.006
6320	0.660	0.001	0.155



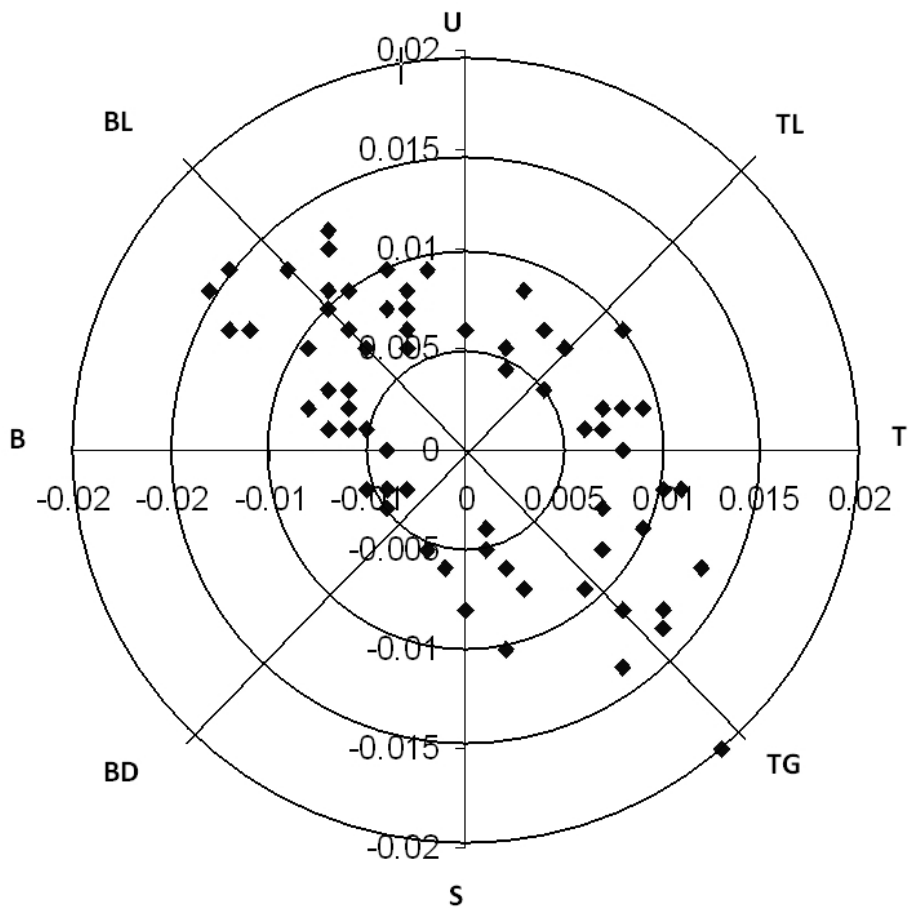
Gambar 14. *Current Rose* Pada Node 299 Kondisi Eksisting.



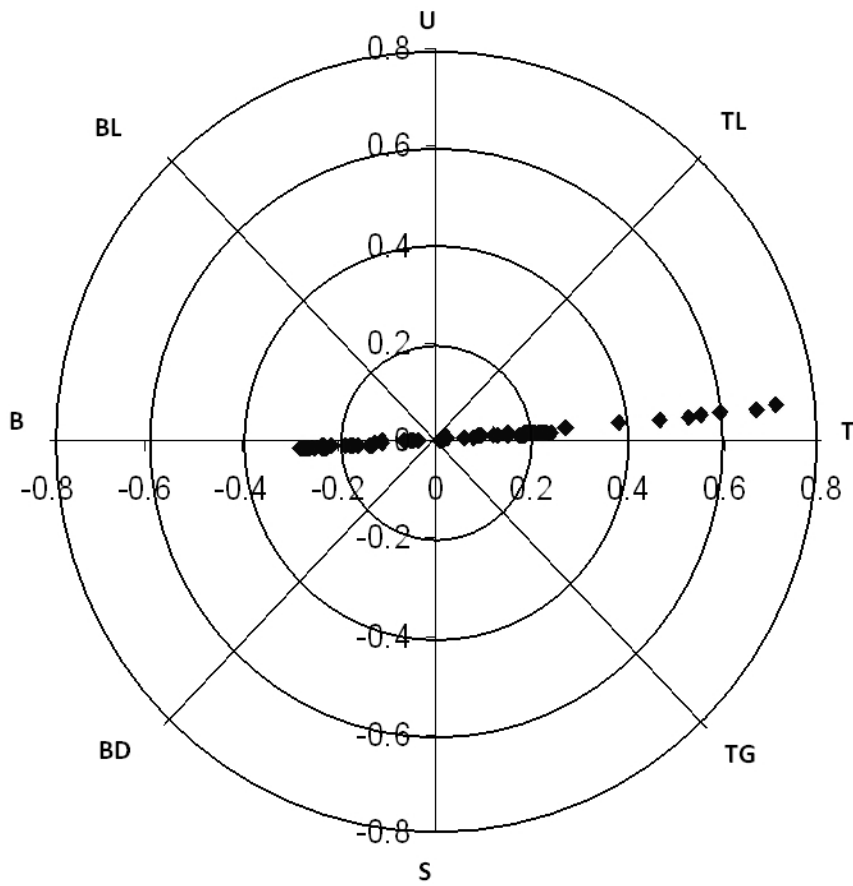
Gambar 15. *Current Rose* Pada Node 2382 Kondisi Eksisting.



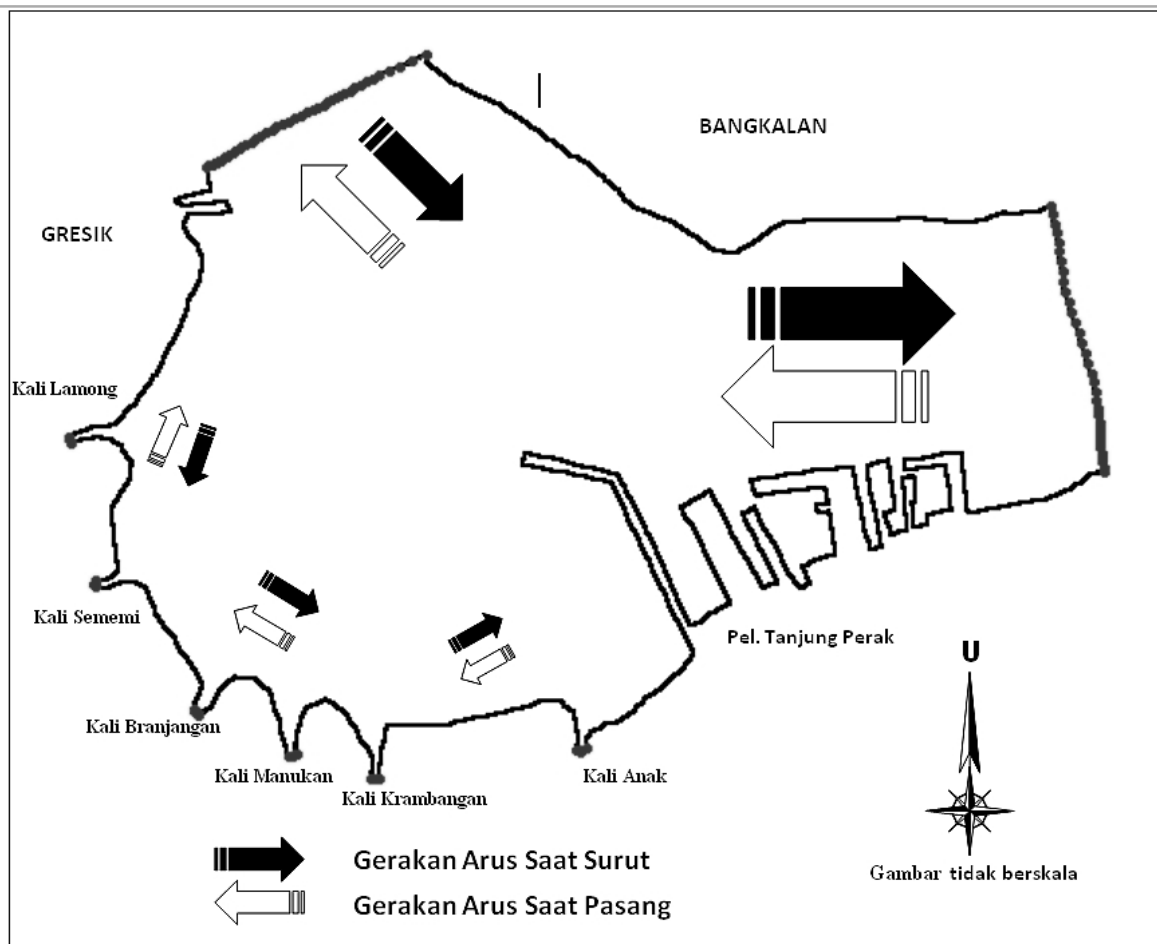
Gambar 16. *Current Rose* Pada Node 3371 Kondisi Eksisting.



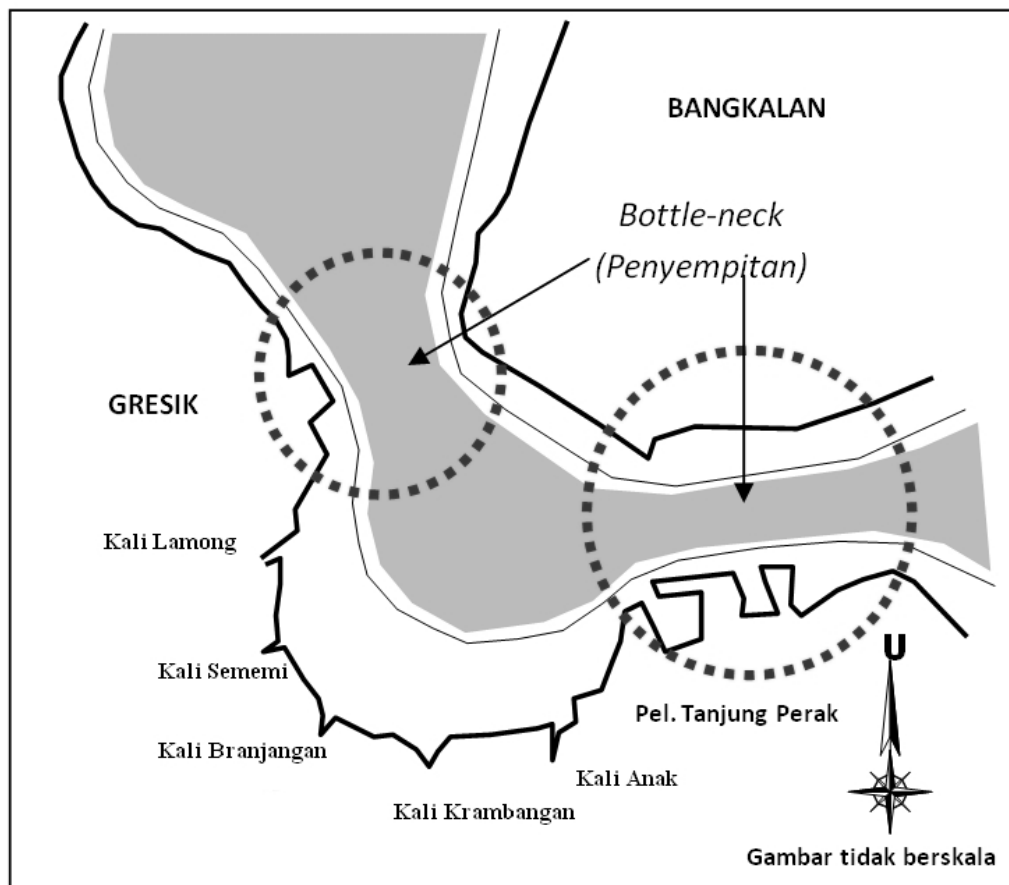
Gambar 17. *Current Rose* Pada Node 3885 Kondisi Eksisting.



Gambar 18. Current Rose Pada Node 6320 Kondisi Eksisting.



Gambar 19. Skematis Pergerakan Arus di Teluk Lamong dan Sekitarnya.



Gambar 20. Skematis Kondisi Bottle-neck di Pelabuhan Tanjung Perak.

KESIMPULAN

Hasil simulasi model eksisting menunjukkan bahwa arah pergerakan arus untuk perairan depan alur Pelabuhan Gresik lebih menyatu dengan dominasi arah Barat Laut-Tenggara, sedangkan perairan di depan alur Pelabuhan Tanjung Perak didominasi arah arus Barat-Timur. Kemudian untuk arah pergerakan arus di perairan Teluk Lamong lebih menyebar dengan dominasi mengikuti kontur garis pantai di Teluk Lamong.

Besar kecepatan arus yang terjadi dapat dilihat bahwa arus di daerah sekitar Pelabuhan Tanjung Perak lebih besar dari arus yang berasal dari sekitar Pelabuhan Gresik, hal ini disebabkan oleh adanya bottle neck atau penyempitan di daerah Pelabuhan Tanjung Perak.

DAFTAR PUSTAKA

1. PT. (Persero) Pelabuhan Indonesia III, Masterplan Pelabuhan Tanjung Perak, PT. Pelabuhan Indonesia III, Surabaya, 2000.
2. Pudjiastuti, L. dkk., "Studi Amdal Pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak di Muara Kali Lamong dan Teluk Lamong," Lembaga Penelitian-ITS, Surabaya, 2001.
3. Koestalam, P. dkk., "Kajian Teknis Alur Pelayaran Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya," Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat-ITS, Surabaya, 2003.