

**KAJIAN POLA ARUS LAUT SEBELUM DAN SESUDAH PEMBANGUNAN
PELABUHAN KHUSUS PABRIKASI BAJA DI PERAIRAN PACIRAN,
KABUPATEN LAMONGAN****Muhazzir, Sugeng Widada, Dwi Haryo Ismunarti ^{*)}**Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698**Abstrak**

Indonesia terletak di negara tropis, keadaan ini menunjukkan bahwa banyak fenomena kelautan yang terjadi di perairan Indonesia. Fenomena kelautan yang banyak terjadi adalah fenomena fisika diantaranya adalah arus laut dan pasang surut. Informasi mengenai arus laut sangat diperlukan dalam pembangunan bangunan pantai misalnya pembangunan pelabuhan khusus di perairan Paciran, Kabupaten Lamongan. Dengan adanya data arus laut yang akurat tentang pola arus laut, maka akan sangat membantu mengetahui lokasi yang tepat untuk mendirikan bangunan pantai. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi dan gambaran mengenai pola arus laut sehingga dapat mengurangi dampak negatif yang terjadi.

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 14-20 Oktober 2009, di perairan Paciran, Kabupaten Lamongan. Penelitian dilakukan dalam dua tahap, yakni tahap pengambilan data primer dan tahap pengerjaan model matematis di Laboratorium Komputasi Jurusan Ilmu Kelautan UNDIP, model matematis ini dapat dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Surface Water Modelling System (SMS). Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif yaitu metode untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian yang diteliti atau dikaji pada waktu terbatas dan tempat tertentu untuk mendapatkan gambaran tentang situasi dan kondisi secara lokal. Penentuan lokasi sampling didasarkan pada pertimbangan bahwa lokasi stasiun penelitian mewakili karakteristik perairan Paciran salah satunya pertimbangan kedalaman yang harus dicapai agar range sensor dari perekam terpenuhi sehingga perekaman data dengan perekam dapat berjalan dengan baik.

Kecepatan rata-rata arus pada seluruh kolom air 10,83 cm/det, kecepatan arus minimum 0,95 cm/det, dan maksimum 29,12 cm/det. Kecepatan arus pada kolom air permukaan memiliki kecepatan arus yang lebih besar daripada kolom air tengah dan dasar. Kondisi arus dilapangan menunjukan adanya hubungan antara fluktuasi arah dan kecepatan arus dengan pola pasang surut yang terjadi. Hubungan ini dapat dilihat dengan adanya pergerakan arah arus yang cenderung bolak-balik, dimana pada saat kondisi pasang arah arus cenderung ke arah barat laut - utara dan pada saat surut arah arus ke arah tenggara-selatan. Hubungan ini dapat dilihat dengan adanya pergerakan arah arus yang cenderung bolak-balik, dimana pada saat kondisi pasang arah arus cenderung ke arah timur laut – barat dan pada saat surut arah arus ke arah barat – timur laut. Hasil simulasi model pola arus menunjukkan tidak adanya perubahan pola arus yang signifikan sebelum pembangunan pelabuhan khusus.

Kata Kunci : Paciran, Arus Laut, Surface Water Modelling System (SMS).

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

Abstract

Indonesia is located in a tropical country, this state indicates that many phenomena that occur in marine waters of Indonesia. Oceanic phenomena that happens is a lot of physical phenomena such as the ocean currents and tides. Information about ocean currents are needed in the construction of coastal buildings, such as port development in waters of Paciran, Lamongan regency. The existence of accurate ocean current data about the circulation patterns of ocean currents, it will be very helpful to know the exact locations to build a building beach. The purpose of this study was to obtain information and an overview of the condition of the circulation patterns of ocean currents, thus reducing the negative impact caused by the establishment of coastal construction.

The experiment was conducted on 14-20 October 2009, in waters of Paciran, Lamongan regency. The study was conducted in two stages: primary data collection and processing of mathematical models in the Computing Laboratory Department of Marine Sciences, Diponegoro University. The mathematical model was created using the software Surface Water Modelling System (SMS). The method used is descriptive method, a method to create a description of the situation or incident under investigation or examined in a limited time and specific place to get an overview of the situation and conditions locally. The determination of sampling locations is based on the consideration that the station location study represents one of the characteristics of waters Paciran considerations that must be achieved to a depth range of the recorder are met so that sensor data recording with the recorder can be run well.

The average speed of ocean currents in the entire water column was 10.83 cm / s, the minimum is 0.95 cm / sec, and the maximum is 29.12 cm / sec. The speed of ocean currents on the surface is greater than in the middle of the water column and at the base. Current condition of the field shows the relationship between fluctuations in direction and speed of tidal flow patterns that occur. This relationship can be seen with the current direction of movement that tends to go back and forth. At high tide conditions, the current tends to the northwest – north and at low tide the current direction towards the south-southeast. This relationship can be seen with the current direction of movement that tends to go back and forth, at which time the current tide conditions tend toward the east - west direction at low tide and currents to the west - east. The results of the simulation model of the flow pattern showed no change in the flow pattern prior to construction of the port special significant.

Keywords : *Paciran, Sea Current, Surface Water Modelling System(SMS).*

I. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Indonesia terletak di negara tropis, keadaan ini menunjukkan banyak fenomena kelautan yang terjadi di perairan Indonesia. Fenomena fisika kelautan merupakan salah satu diantara fenomena yang terjadi di perairan Indonesia. Fenomena fisika yang terjadi di perairan Indonesia diantaranya adalah gelombang, arus, dan pasang surut (Nontji, 2005).

Arus merupakan salah satu dinamika perairan yang berpengaruh terhadap perubahan wilayah pesisir dan laut. Menurut Sverdrup *et al.* (1961) arus adalah gerakan air yang mengakibatkan perpindahan horizontal dan vertikal massa air. Sehingga hal ini menimbulkan fenomena-fenomena perairan yang tentunya akan sangat menarik untuk dikaji. Secara sederhana arus dapat diartikan sebagai sirkulasi massa air dari satu tempat ke tempat lain (Latief,2002).

Penelitian mengenai arus laut dilakukan untuk mengetahui pola arus laut. Pola arus laut memiliki peran yang sangat penting terhadap pembangunan pelabuhan khusus di perairan Paciran, Kabupaten Lamongan. Dengan adanya data arus laut yang akurat tentang pola arus laut, maka sangat membantu mengetahui lokasi

yang tepat untuk mendirikan bangunan di sekitar perairan Paciran seperti pembangunan pelabuhan khusus (Triatmodjo,1999). Secara umum arus laut dapat menimbulkan pengaruh yang sangat besar terhadap kestabilan bangunan pantai, bangunan-bangunan umum serta permukiman penduduk di sekitar pantai.

1.2. Pendekatan Masalah

Data arus laut yang baik sangat diperlukan untuk berbagai keperluan baik untuk navigasi, hidrografi sampai ke perencanaan bangunan pantai maupun laut. Semua aktivitas yang berhubungan dengan masalah laut seperti halnya perhubungan dan pembuatan bangunan pantai, memerlukan informasi arus laut. Di perairan Paciran, Kabupaten Lamongan akan dibangun pelabuhan khusus, maka data arus laut daerah setempat sangat diperlukan untuk pembangunan pelabuhan khusus. Masalah yang timbul adalah belum adanya data arus di perairan Paciran, Kabupaten Lamongan.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pola arus laut terhadap perencanaan pembangunan pelabuhan khusus di Perairan Paciran, Kabupaten Lamongan.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pola arus laut di perairan Paciran, kabupaten Lamongan, sehingga dapat digunakan untuk perencanaan pelabuhan khusus untuk mengurangi kesalahan dalam pembangunan pelabuhan khusus.

II. Materi dan Metode

2.1. Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah data hasil pengukuran selama pengambilan sampel. Data primer tersebut meliputi data arus laut, data pasang surut. Data primer tersebut diatas akan digunakan sebagai input simulasi. Data sekunder adalah data pendukung yang berasal dari instansi terkait. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Peta Lingkungan Pantai Indonesia Kec. Paciran dan Tuban dengan skala 1:50.000 Publikasi BAKOSURTANAL. Data sekunder tersebut kemudian akan digunakan dalam proses *setting* model simulasi sebagai input (masukan).

2.2. Metode

2.2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode deskriptif merupakan metode penelitian untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian yang diteliti atau dikaji pada waktu terbatas dan tempat tertentu untuk mendapatkan gambaran tentang situasi dan kondisi secara lokal (Suryabrata 1992). Dalam hal ini metode tersebut bertujuan membuat deskripsi, gambaran atau lukisan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai pola arus laut serta mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhinya seperti pasang surut di Paciran Kabupaten Lamongan.

2.2.2. Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data arus dan data pasang surut dilakukan dengan pendekatan Eulerian yaitu dengan pengamatan arus pada suatu posisi tertentu di suatu kolom air sehingga data yang didapat adalah data arus dalam suatu titik tertentu dalam fungsi waktu (Emery and Thomson, 1998).

Penentuan lokasi pengamatan arus dilakukan berdasarkan kondisi yang dapat mewakili kondisi secara keseluruhan daerah dan memperhatikan kemudahan pencapaian. Penentuan lokasi sampling menggunakan metode pertimbangan

2.2.3. Metode Analisis Data

2.2.3.1. Analisa Data Arus Laut

Perangkat lunak yang digunakan dalam plot grafik ini adalah CD-Oceanography. Perangkat lunak ini digunakan untuk mengetahui scatter plot dan vektor plot arus sehingga di ketahui arah dan pola arus laut.

2.2.3.2. Analisis Data Pasang Surut

Analisis data pasang surut dilakukan dengan metode Admiralty 29 hari untuk menentukan tipe pasang surut di lokasi kajian. Sehingga diperoleh konstanta harmonik pasang surut yang meliputi

Amplitudo (A), M2, S2, K1, O1, N2, K2, P1, M4, MS4. Setelah hasil diperoleh untuk setiap komponen pasang surut, maka ditentukan nilai MSL, HHWL dan LLWL, (Ongkosongo, 1989).

2.2.3.3. Data Input Untuk Desain Model SMS

Dengan adanya data-data yang benar tersebut akan menjadikan model sesuai dengan kondisi aslinya. Masukan data-data yang akan digunakan sebagai ketentuan-ketentuan dalam perhitungan ini dalam software SMS disebut kondisi batas, dan diisikan pada sub menu time control ADCIRC. Kondisi batas dalam mendesain model ADCIRC adalah sebagai berikut :

1. Menentukan Syarat Batas dan Proses Digitasi.
Dalam pendesain model diperlukan adalah base map dari lokasi daerah penelitian. Proses digitasi dilakukan untuk menentukan daerah batas darat, batas laut dan objek-objek lain yang terdapat diperairan.
2. Pembuatan Grid (Mesh/Jaring-Jaring Elemen Hingga).
Setelah proses digitasi, selanjutnya yaitu membuat mesh/grid, dimana setiap elemen memiliki parameter yang berbeda untuk kemudian perhitungan hidrodinamikanya dilakukan secara komputasional drngan dasar persamaan kontuinitas dan persamaan mamentum. Mesh sebaiknya seminimal mungkin membentuk sudut agar koefisien gesek tidak terlalu besar dan untuk memudahkan proses *running*.

2.2.3.4. Pembuatan Model Matematik

Arus akan dimodelkan dengan menggunakan ADCIRC (Advanced Circulation Multi Dimensional Hydrodynamic Model). Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Pre Processing Unit
Tahap ini merupakan tahap pembuatan model diperairan Paciran. Pembuatan model meliputi tahapan file data geometri dan pengisian file kondisi batas.
 - a. Data Geometri (file.map)
Pembuatan node-node dan verteks dari batas sebagai bingkai model yang akan dibuat.
 - b. Data Kondisi Batas (file.ctl)
Setelah koordinat, elevasi, dan elemen terbentuk pada domain model, selanjutnya dapat diisikan parameter aliran dan kondisi batas. Kondisi batas disini berupa batas laut (ocean boundary), batas daratan (land boundary), dan pulau-pulau (island boundary). Setting model dilakukan dengan run time 15 hari.
2. Eksekusi Program (running)
Eksekusi program yang dipakai dalam penelitian ini adalah ADCIRC. Langkah-langkah running ADCIRC adalah sebagai berikut :
 - a. Run ADCIRC
Program ini bertujuan mengubah data file geometri dengan format ASCII ke dalam format binary. Dengan cara mengeksekusi lewat SMS melalui menu ADCIRC dengan pilihan Run ADCIRC dan setelah semua perintah selesai maka secara otomatis program akan mengeksekusi data masukan tadi.
 - b. Output ADCIRC
Output dari ADCIRC dapat dibaca pada file.fort 63 dan file.fort 64 dan yang berbentuk file GRD. Bila eksekusi telah selesai pada monitor terdapat tulisan model has finished initial solution serta stop program terminated.
3. Post Processing Unit
Setelah eksekusi program selesai maka dengan fasilitas dari SMS dapat ditampilkan hasil hitungan eksekusi tersebut secara visual.

III. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Hasil ini meliputi pasang surut, analisa menggunakan vektor plot dan scatter plot, Pengolahan Data Arus laut dengan menggunakan perangkat lunak World Current 1.03 dan hasil pemodelan.

3.1.1. Pasang Surut

Dari analisa admiralty yang telah dilakukan, didapatkan nilai konstanta harmonik pada Tabel 3.1. Nilai muka laut merata MSL adalah 2,47 cm, nilai muka laut tinggi tertinggi HHWL adalah 3,48 cm dan LLWL atau muka laut rendah terendah 1,46 cm. Dari nilai bilangan Formzahl (Nilai F = 5,85) maka dapat disimpulkan bahwa jenis pasut di sekitar perairan paciran, Kab. Lamongan adalah tipe tunggal (diurnal tide).

Tabel. 3.1. Hasil Analisa Pasang Surut Dengan Metode Admiralty

HASIL TERAKHIR	A (cm)	g(o)
S0	2,47	0,00
M2	0,05	118,44
S2	0,07	343,43
N2	0,004	93,68
K1	0,44	325,46
O1	0,28	4,26
M4	0,002	0,26
MS4	0,003	109,80
K2	0,02	343,43
P1	0,15	325,46

$$F = 5,85$$

Tipe = Tunggal

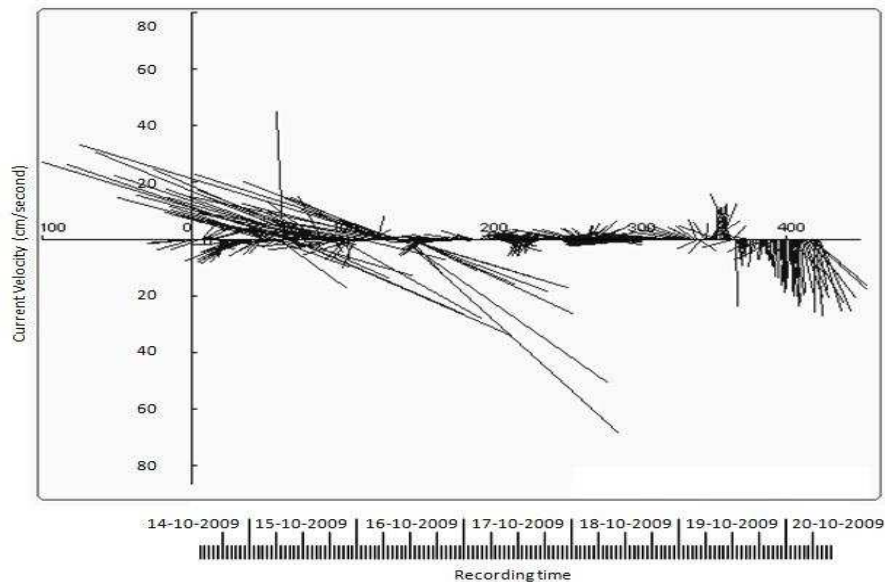
$$LLWL = 1,46$$

$$HHWL = 3,48$$

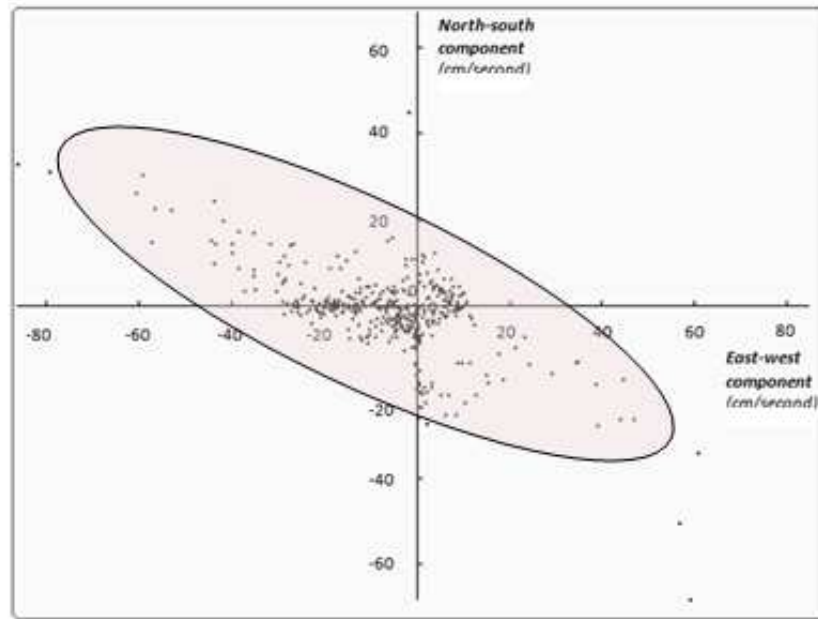
$$MSL = 2,47$$

3.1.2. Analisa Arus Laut Menggunakan Vektor dan Scatter Arus.

Dari hasil pengukuran arus, dilakukan juga Analisa vektor dan scatter arus. Analisa ini dilakukan untuk menunjukkan Analisa grafik plot vector dan scatter arus pada setiap strata (cell) kedalaman stasiun arus. Secara umum, pengolahan data arus terlihat pula bahwa arus dominan ke arah Barat–Baratlaut saat pasang dan pada saat tertentu (saat surut) menuju ke arah Timur–Tenggara serta sebagian ke arah selatan (gambar 3.1). Dengan pola pergerakan arus tersebut dan hasil analisa scatter (gambar 3.2) arus yang memiliki pola seperti elips menunjukkan bahwa arus di sekitar Perairan Paciran merupakan arus pasang surut.



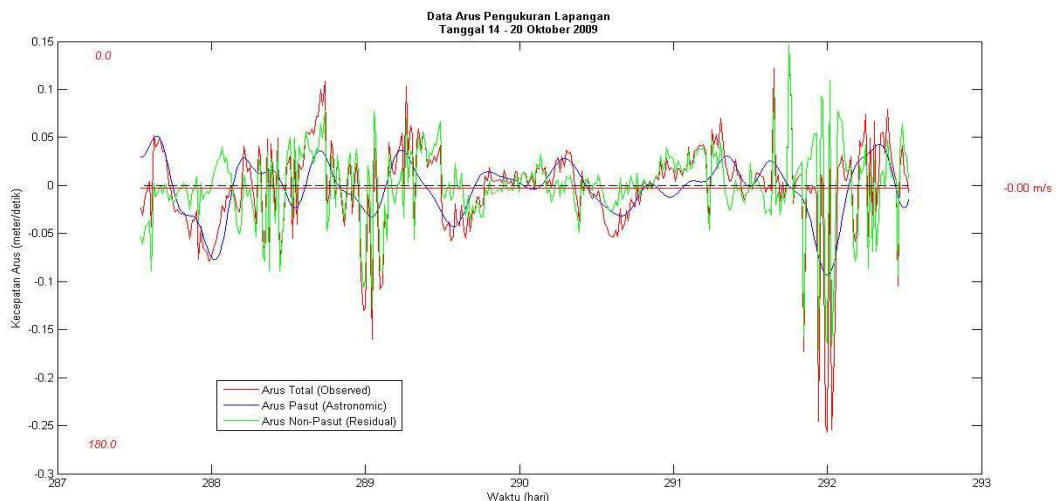
Gambar 3.1 Vektor Arus Laut Perata-rataan terhadap Kedalaman (Average Speed) Perairan Paciran , Kab. Lamongan, Jawa Timur .Sumber : Pengolahan data Lapangan, Oktober 2009



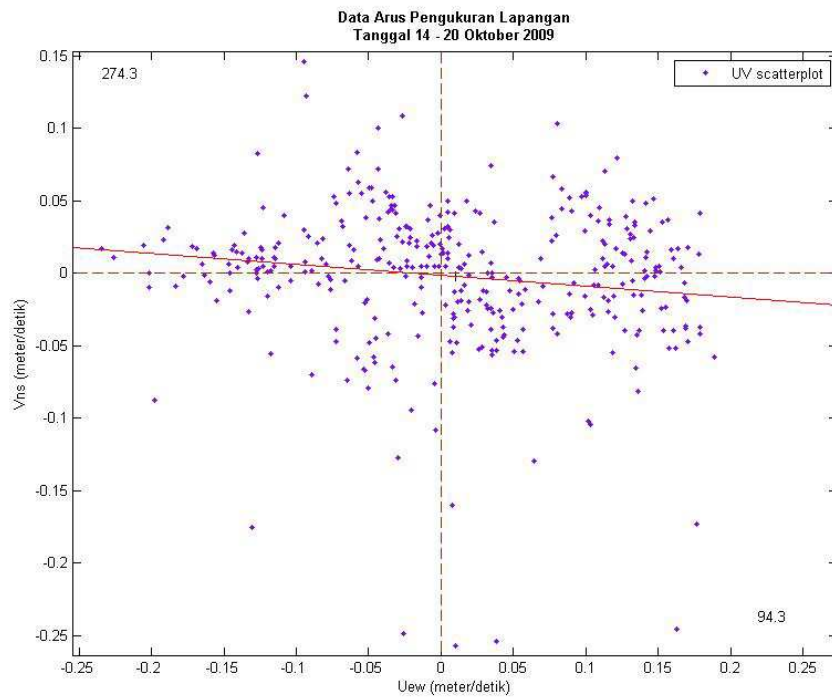
Gambar 3.2 Scatter Arus Laut Perata-rataan terhadap Kedalaman (Average Speed) Perairan Paciran, Kab. Lamongan, Jawa Timur (Sumber : Pengolahan Data Lapangan, Oktober 2009).

3.1.3. Pengolahan Data Arus Laut Dengan Menggunakan Perangkat Lunak World Current 1.03

Hasil pengukuran arus laut diperairan Paciran, Kab. Lamongan, yang diolah dengan menggunakan software World Current versi 1.03 yang disajikan pada gambar 3.3 menunjukkan grafik plot arus pasut. Berdasarkan analisis data selama pengamatan di lapangan maka diperoleh tampilan grafik arus dan residu arus. Grafik plot menunjukkan data arus yang diamati (warna merah), prediksi (biru), sisa/pengurangan (hijau) arus memberikan grafik yang fluktuatif dalam bentuk gelombang yang menunjukkan model harmonik. Scatter (gambar 3.4) menunjukkan bahwa pola kecepatan arus di lokasi kajian dipengaruhi oleh pasang surut dan non pasut. Fluktuasi kecepatan arus berdasarkan data lapangan (arus total) mempunyai pola yang hampir sama dengan data model astronomik (arus pasang surut).

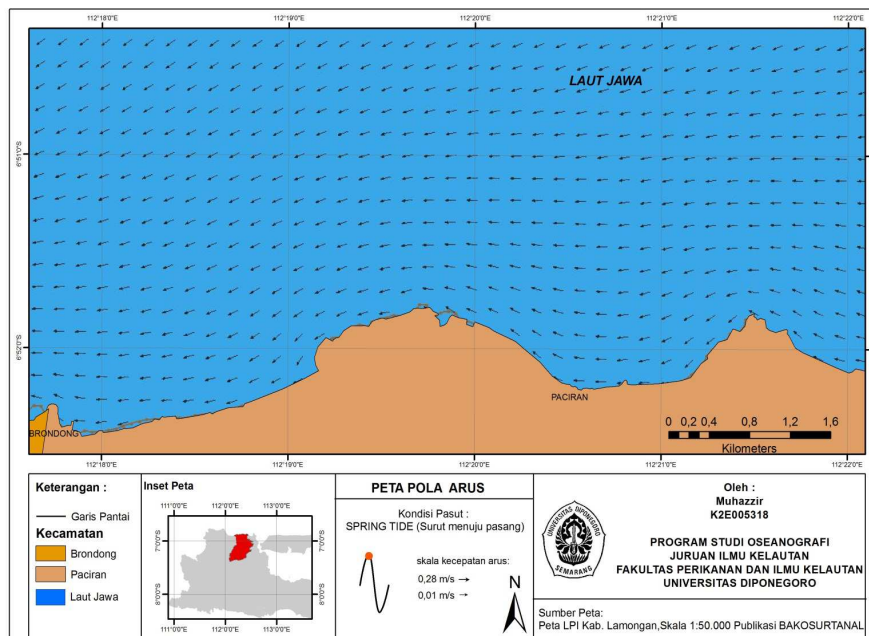


Gambar 3.3. Analisis Pola Kecepatan dan Arah Arus Total (Observed), Arus Pasut (Astronomic), dan Arus Non-Pasut (Residual) di Perairan Paciran dengan Perangkat Lunak World Current Versi 1.03 (Sumber : Pengolahan Data Lapangan, Oktober 2009).



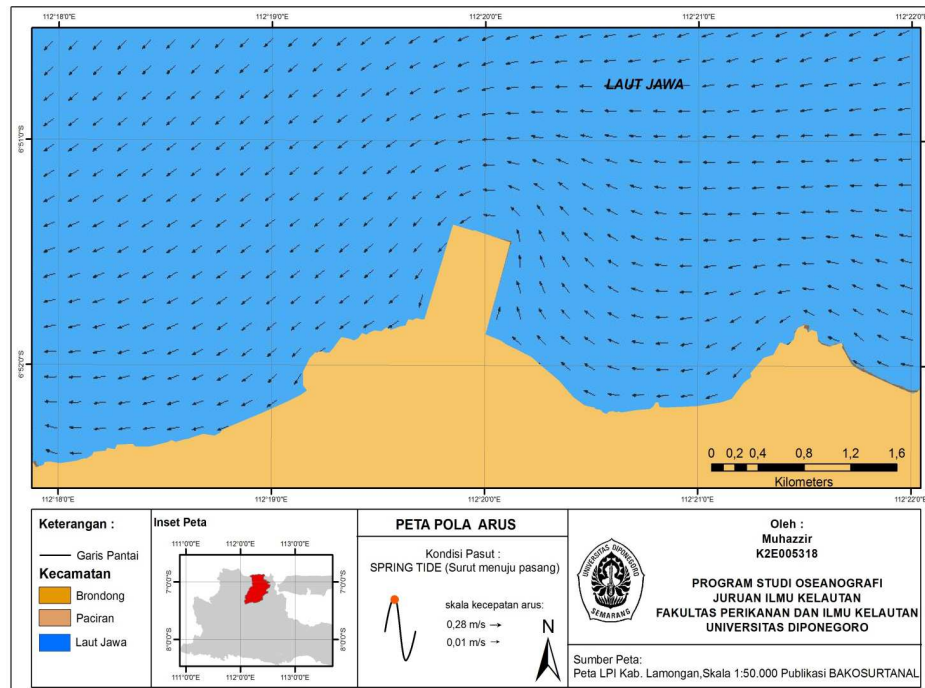
Gambar 3.4. Analisis Scatter Plot Pola Kecepatan dan Arah Arus di perairan Paciran dengan Perangkat Lunak World Current Versi 1.03. Sumber : Pengolahan Data Lapangan, Oktober 2009.

3.1.4. Pola Arus laut Sebelum Pembangunan Pelabuhan Khusus Berdasarkan Pemodelan SMS



Gambar 3.5. Pola Arus Perairan Paciran, Saat Spring Tide Kondisi Surut Menuju Pasang
 Sumber: Hasil Analisis Pemodelan, 2009

3.1.5. Pola Arus laut Sesudah Pembangunan Pelabuhan Khusus Berdasarkan simulasi Pemodelan SMS



Gambar 3.6. Pola Arus Perairan Paciran, Saat Spring Tide Kondisi Surut Menuju Pasang
 Sumber: Hasil Analisis Pemodelan,2009

3.2. Pembahasan

Pembahasan meliputi analisa vektor plot dan scatter plot, world current, analisa harmonik pasang surut dan hasil pemodelan

3.2.1. Analisa vektor plot dan scatter plot

Analisa vektor dan scatter arus dilakukan untuk mengetahui kecepatan pergerakan arus pada masing-masing kedalaman serta untuk mengetahui sebaran arah arus. Kecepatan dan arah arus total dipisahkan menjadi komponen arus pada sumbu-x, sumbu-y dan sumbu-z. Analisa ini dilakukan berdasarkan data arus total pada survey di lapangan dan dalam kondisi pasang surut yang terjadi pada saat pengukuran data arus

3.2.2. Analisa menggunakan world current

Berdasarkan grafik hasil pemisahan arus total menjadi arus pasang dan arus non pasang menunjukkan bahwa arus yang paling dominan di Perairan Paciran adalah arus non pasang. Arus non pasang surut yang sering kita jumpai adalah longshore current atau arus sejajar pantai.

Meskipun demikian pengaruh morfologi dan topografi perairan Paciran juga tidak dapat diabaikan, Poerbandono dan Djunarsjah (2005), menyatakan bahwa terjadinya gerakan vertikal (naik dan turunnya) permukaan air laut yang disebabkan oleh pasang surut pada wilayah perairan, dan interaksinya dengan batas-batas perairan tempat pasang surut tersebut, menimbulkan gerak badan air ke arah horizontal.

3.2.3. Analisa Harmonik Pasang Surut

Dari analisa admiralty yang telah dilakukan, didapatkan nilai konstanta harmonik. Nilai muka laut rerata MSL adalah 2,47 cm, nilai muka laut tinggi tertinggi HHWL adalah 3,48 cm dan LLWL atau muka laut rendah terendah 1,46 cm. Dari nilai bilangan Formzahl (Nilai F = 5,85) maka dapat disimpulkan bahwa jenis pasang di sekitar perairan paciran, Kab. Lamongan adalah tipe tunggal (diurnal tide).

3.2.4. Analisa Pemodelan

hasil model pola arus setelah reklamasi pantai berdasarkan simulasi SMS yang juga menunjukkan pola yang sama ketika pasang purnama dan juga pasang perbani, hanya kecepatannya saja yang berbeda, hal ini dikarenakan tunggang pasang saat purnama (spring tide) lebih besar daripada tunggang pasang saat

pasang perbani (neap tide). Seperti yang terlihat pada Gambar 3.5 dan 3.6, menunjukkan adanya hubungan antara fluktuasi arah dan kecepatan arus dengan pola pasang surut yang terjadi. Hubungan ini dapat dilihat dengan adanya pergerakan arah arus yang cenderung bolak-balik, dimana pada saat kondisi pasang arah arus cenderung ke arah timur laut – barat dan pada saat surut arah arus ke arah barat – timur laut.

IV. Kesimpulan

Arus yang mendominasi di perairan Paciran, Kabupaten Lamongan adalah arus non pasut. Arus non pasut yang dijumpai adalah arus sejajar pantai. Arus ini disebabkan oleh gelombang yang memasuki pantai dan membentuk sudut tertentu terhadap garis pantai. Arus non pasut tidak merubah pola arus pasut. Hasil pendekatan dengan model menunjukkan kondisi muka laut pasang menuju pasang maka kecepatan arus kecil atau mencapai minimal, sedangkan pada saat menuju surut kecepatan arus akan meningkat sedangkan model setelah pembangunan pelabuhan khusus berdasarkan rekayasa dengan menggunakan software SMS terjadi pembelokan arah arus di ujung pelabuhan khusus sesuai dengan desain pelabuhan dan arus mengalami peningkatan kecepatan akibat terhalangnya area pergerakan.

Daftar Pustaka

- Emery, W.J. and R.E Thomson. 1998. *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. Elsevier Science Publishers, UK, 634 pp.
- Nontji, A. 2005 . *Laut Nusantara*. (Edisi revisi cetakan keempat). Penerbit Djambatan, Jakarta. 372 hlm
- Ongkosongo, O.S.R., dan Suyarso. 1989. *Pasang-Surut*. LIPI, Pusat Pengembangan Oseanologi, Jakarta
- Suryabrata, S. 1992. *Metodologi Penelitian*. Cetakan VII. Rajawali Press, Jakarta. 79 hlm.
- Sverdrup, H.U., M.W. Johnson, and R.H. Fleming. 1961. *The Oceans, Their Physics, Chemistry and General Biology*. Prentice-Hall, INC. Englewood Cliffs, N.J.
- Triatmodjo, B. 1999. *Tehnik Pantai*. Yogyakarta: penerbit Beta Offset.