

Kajian Kondisi Hidrodinamika (Pasang Surut, Arus, Dan Gelombang) Di Perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur

Denny Nugroho Sugianto

Staf Pengajar Program Studi Oseanografi,
Jurusan Ilmu Kelautan FPIK UNDIP, Semarang
Telp/Fax : 024-7474698
dennysugianto@yahoo.com

Abstrak

Penelitian telah dilakukan di perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur pada bulan Juni 2008. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kondisi hidrodinamika di perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur. Pengukuran kecepatan dan arah arus serta tinggi dan periode gelombang menggunakan Sontek Argonaut XR, sedangkan untuk mengetahui pasang surut di perairan tersebut menggunakan tide gauge type Richard branch. Hasil yang diperoleh menunjukkan tipe pasang surutnya campuran condong ke harian ganda (mixed prevealing semi diurnal tide). Pola arus didominasi oleh arus pasang surut dengan kecepatan arus rata-rata berkisar 0,0025 - 0,2305 m/det dengan arah menuju ke timur - tenggara (arah 75o - 120o). Kecepatan arus permukaan berkisar antara 0.013 - 0.77 m/det, arus ke-dalaman tengah 0,001 - 0,32 m/det, dan di dasar 0,00 - 0,37 m/det. Tinggi gelombang pengamatan rata - rata adalah 0,11 cm dengan periode gelombang 4,76 detik. Hasil peramalan dengan pemodelan pada musim barat tinggi gelombang mencapai 1,9 - 2,1 m dan musim timur 2,0 - 2,3 m. Klasifikasi gelombang termasuk gelombang perairan transisi. Profil vertikal kecepatan orbital gelombang pada puncak gelombang 0,13 m/det dan lembah gelombang -0,13 m/det.

Kata kunci : hidrodinamika, pasang surut, arus, gelombang, perairan Grati

Abstract

The survey was conducted at Grati Pasuruan East Java sea waters during June 2008. Objective of research is known hydrodynamic condition at Grati Pasuruan East Java sea waters. Current (velocity and direction) and wave (height and period) were measure used Sontek Argonaut XR. Tide was measure used Tide Gauge type Richard branch. The result had shown that tidal type is mixed prevealing semi diurnal tide. Current pattern dominance by tidal current where current velocity average between 0.0025 - 0.2305 m/sec and current direction to east-south east (75o - 120o). The current velocity at sea surface 0.013 - 0.77 m/sec, 0.001 - 0.32 m/sec at sea middle, and 0.00 - 0.37 m/sec at sea bottom. Average of wave height observation 0.11 cm and wave period 4.76 second. Wave height prediction by modelling in west monsoon 1.9 - 2.1 m and east monsoon 2.0 - 2.3 m. Classification of wave characteristic is transition sea wave. Vertical profiles of wave induced velocities at wave crest 0.13 m/sec and wave trough -0.13 m/sec.

Key words : hydrodynamic, current, wave, tide, Grati sea waters

Pendahuluan

Perairan Grati Pasuruan yang menjadi wilayah studi ini merupakan bagian dari perairan laut utara Jawa, khususnya Selat Madura. Selat Madura merupakan perairan laut setengah tertutup (semi-enclosed sea). Perairan Selat Madura terbuka di bagian timur dan di bagian barat laut. Di timur, Selat Madura terbuka dan berhubungan dengan Selat Bali.

Perairan Grati Pasuruan merupakan salah satu perairan yang terdapat beberapa aktifitas diantaranya adalah aktifitas nelayan, fasilitas PT Indonesia Power PLTG/U dan juga adanya jalur pipa bawah laut milik perusahaan minyak dan gas swasta. Adanya fasilitas

serta aktifitas yang penting tersebut tentunya perlu didukung informasi tentang kondisi dinamika perairan yang meliputi arus, gelombang, dan pasang surut. Informasi tentang hidrodinamika tersebut diperlukan untuk pemeliharaan, perencanaan, serta operasional fasilitas tersebut. Arus, gelombang, dan pasang surut merupakan parameter penting dinamika perairan yang memberikan pengaruh terhadap perubahan wilayah pesisir dan laut (Dijkstra, 2008). Secara sederhana arus dapat diartikan sebagai sirkulasi massa air dari satu tempat ke tempat lain (Trujillo and Thurman, 2008). Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pan-

tai serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai (Cruz, 2008). Sedangkan pasang surut merupakan gerak fluktuasi massa air secara periodic dan harmonik, yang disebabkan oleh adanya gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi (Park dalam The Open University, 2006). Arus, gelombang dan pasut berperan aktif dalam mempengaruhi proses – proses biologi, fisika dan kimia dalam ruang dan waktu yang terjadi di pantai dan laut (Trujillo and Thurman, 2008).

Materi dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2008 di perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur. Materi penelitian ini meliputi pasang surut, arus, dan gelombang.

Metode pengukuran data pasang surut dengan menggunakan metode perekaman pencatat pasang surut atau recording tide gauges (Emery & Thomson, 1998). Pengukuran pasang surut dilakukan dengan menggunakan Richard Branch Tide Gauge yang menggunakan prinsip tekanan air dalam merekam data pasang surut. Pengambilan data pasang surut dilakukan selama 15 hari dengan interval waktu perekaman data setiap 10 menit. Data yang diperoleh meliputi tekanan dan kedalaman perairan yang nantinya akan di konversi menjadi fluktuasi muka air laut.

Metode pengambilan data arus dengan menggunakan metode Euler (Emery & Thomson, 1998). Pengukuran arus dilakukan dengan menggunakan Sontek Argonaut XR yang menggunakan prinsip ADCP (Acoustic Doppler Current Profile). Pengambilan data arus

dilakukan selama 3 x 24 jam dengan interval waktu perekaman data setiap 10 menit. Data yang diperoleh meliputi kecepatan dan arah arus.

Pengukuran (perekaman) kecepatan dan arah arus di perairan Grati dilakukan pada kedalaman 16,5 meter dengan menggunakan metode mooring, dimana alat diletakkan di dasar perairan. Kemudian dibagi menjadi beberapa layer cell (10 cell), dimana tiap cell mewakili kolom air sekitar 1,5 meter (Gambar 1)

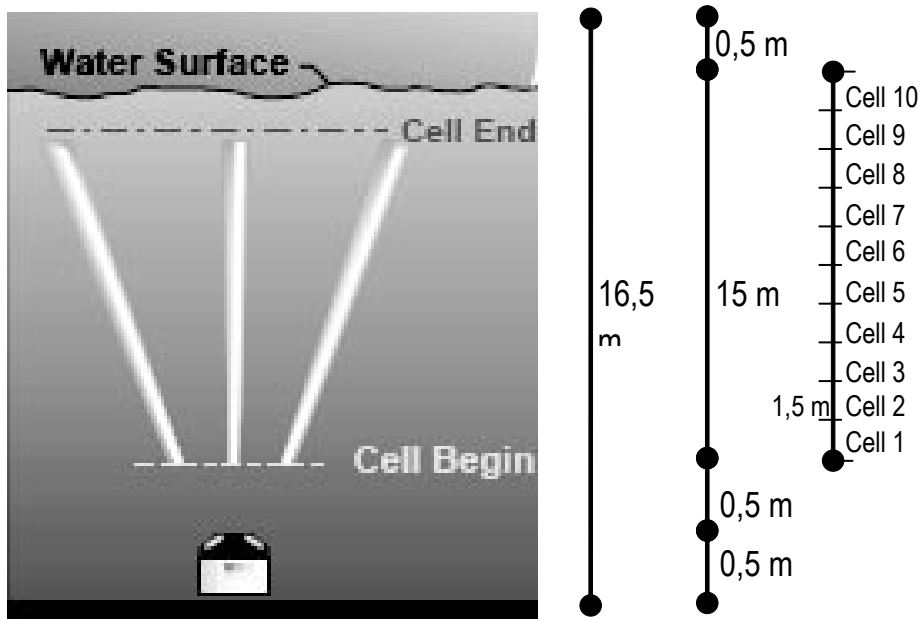
Metode pengambilan data gelombang dengan menggunakan metode perekaman pencatat gelombang atau recording waverider (Emery & Thomson, 1998). Pengukuran gelombang dilakukan dengan menggunakan Sontek Argonaut XR yang menggunakan prinsip Acoustic Doppler Current Profiler with a vertical pointing transducer and pressure, dalam merekam data gelombang. Pengambilan data gelombang dilakukan selama 3 x 24 jam dengan interval waktu perekaman data setiap 10 menit. Data yang diperoleh meliputi tinggi dan periode gelombang.

Lokasi pengukuran berdasarkan koordinat dari GPS adalah : - 7° 37' 11,10" LS dan 113° 1' 54,20" BT dengan jarak dari garis pantai sekitar ± 3,5 Km (Gambar 2).

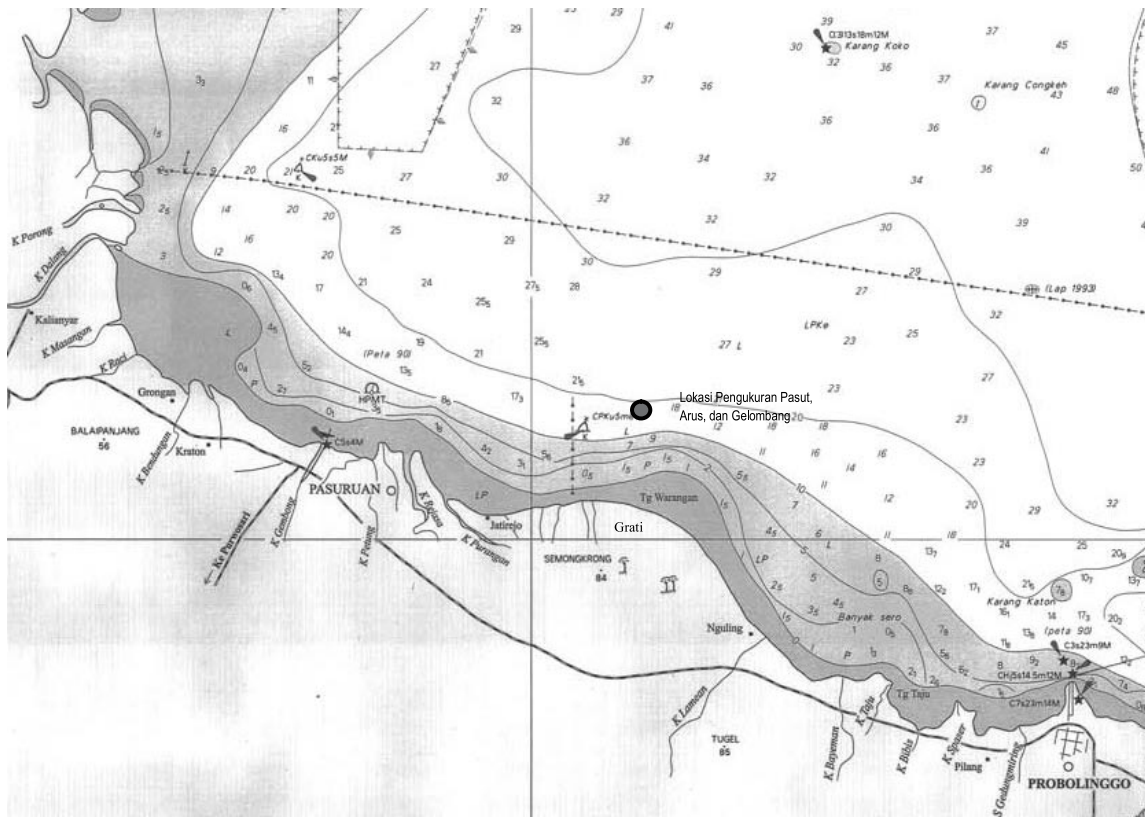
Hasil dan Pembahasan

Pasang Surut

Data pengukuran pasut pada lokasi perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur yang dilakukan selama 15 hari, tersaji pada Grafik pasut ditampilkan dalam Gambar 3. Data selanjutnya dianalisa dengan metode admiralty



Gambar 1. Ilustrasi Pengukuran (Perekaman Data) Kecepatan dan Arah Arus menggunakan Sontek Argonaut XR



Gambar 2. Lokasi Pengukuran Pasang Surut, Arus, dan Gelombang di Perairan Grati (Sumber : Peta Kedalaman Perairan, DISHIDROS TNI AL, 2006)

untuk mendapatkan karakteristik parameter pasang surut yang meliputi 9 (sembilan) konstanta harmonis pasut (M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, M4, MS4) dan tipe pasut, MSL, LLWL dan HHWL.

Analisa admiralty yang telah dilakukan, didapatkan nilai konstanta harmonik yang telah disajikan dalam Tabel 1. Nilai muka laut rerata MSL adalah 179,8 cm, LLWL atau muka laut rendah terendah 24,6 cm dan nilai muka laut tinggi tertinggi HHWL adalah 335,1 cm dengan tunggang pasut sekitar 278 cm saat purnama dan 125 cm saat perbani. Dari nilai bilangan Formzahl (Nilai F =0.80) maka dapat disimpulkan bahwa jenis pasut disekitar perairan pantai Grati, Pasuruan adalah tipe campuran condong ke harian ganda (mixed prevailing semi diurnal tide). Hal ini juga sesuai dengan studi dari Wyrтки (1961), dan Dishidros TNI-AL (2008)

Arus Laut

A.Kecepatan arus perata-rataan terhadap kedalaman (Average Speed)

Data kecepatan arus perata-ratan terhadap kedalaman merupakan arus rata-rata yang terjadi pada seluruh kolom air kedalaman perairan tersebut.

Komponen kecepatan rata-rata terhadap kedalaman dalam koordinat x dan y:

$$U = \frac{1}{H} \int_{z_b}^{z_b+H} u \, dz \quad V = \frac{1}{H} \int_{z_b}^{z_b+H} v \, dz$$

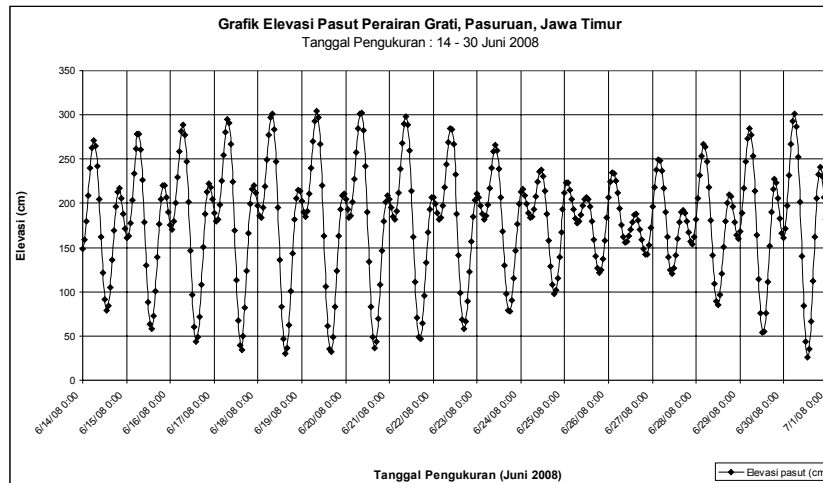
dengan H = kedalaman perairan
 u = kecepatan horizontal arah x
 z_b = elevasi dasar perairan
 v = kecepatan horizontal arah y
 z_b+ H = elevasi muka air

Berdasarkan hasil pengolahan data kecepatan dan arah arus seperti yang tersaji pada Gambar 4, tampak bahwa kecepatan arus berkisar antara 0,0025 - 0,2305 m/det. Arah rata-rata arus menuju ke timur - tenggara (arah 75° - 120°). Dari grafik terlihat, bahwa ketika kondisi muka laut pasang atau menuju pasang maka kecepatan arus kecil atau mencapai minimal dan sebagian arus bergerak ke selatan-barat daya (150° - 250°). Sedangkan ketika kondisi muka laut surut atau menuju surut maka kecepatan arus mencapai nilai lebih besar atau maksimal dan sebagian arus bergerak ke arah timur-tenggara (75° - 120°). Oleh karena tipe pasut perairan Grati adalah campuran condong ke harian ganda, maka pada saat fluktuasi muka laut menuju pasang yang kedua, arus bergerak kembali ke selatan-baratdaya dengan

kecepatan rata-rata 0,034 m/det – 0,125 m/det dan pada saat menuju surut yang kedua, arus bergerak ke arah timur- timur laut dengan kecepatan lemah yakni 0,032 m/det.

B. Kecepatan Arus pada kedalaman permukaan (cell 10 = 1,5 – 2 meter)

Kondisi kecepatan dan arah arus pada kedalaman permukaan (1,5 – 2 m) tersaji pada Gambar 5.

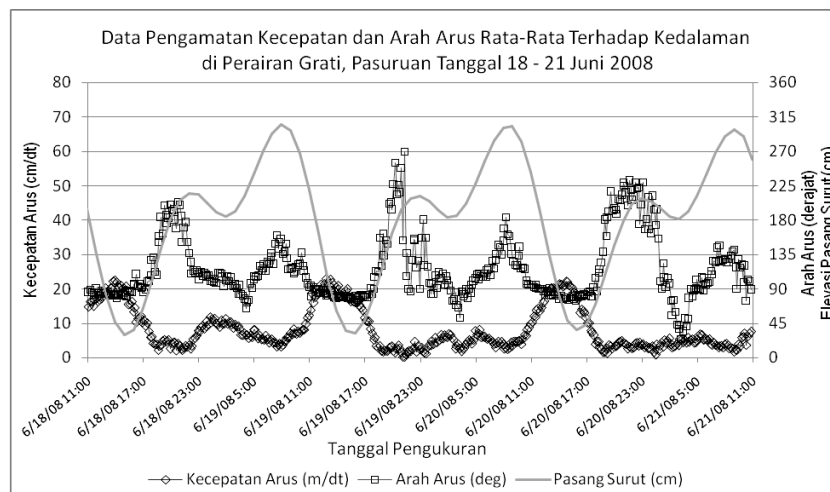


Gambar 3. Ketinggian Elevasi Pasang Surut Perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur

Tabel 1. Hasil pengolahan data pasut dengan metode admiralty perairan Grati, Pasuruan, Jawa Timur pada Bulan Juni 2008

Komponen	So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A (cm)	179,8	51,95	22,93	25,06	41,41	19,06	5,64	5,00	6,19	13,67

(Sumber : Pengolahan Data Lapangan, 2008)



Gambar 4. Kecepatan dan Arah Arus Perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur. Kecepatan Arus Rata-Rata Terhadap Kedalaman.

Nilai kecepatan berkisar antara 0,013 – 0,77 m/det dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,32 m/det. Frekuensi arah arus lebih dominan ke arah Barat-Baratlaut. Hal ini terkait dengan waktu pengambilan data yaitu pada saat musim timur dimana angin bertiup dari timur ke barat. Hal ini menunjukkan bahwa pola arus permukaan sangat dipengaruhi oleh pola angin musiman yang terjadi (Stewart, 2002). Selain itu apabila dilihat dari pola pasut yang terjadi, pola arah dan kecepatan arus juga mempunyai kecenderungan berfluktuasi yang hampir sama dengan pola pasang surut. Apabila pola arus di suatu perairan menunjukkan pola yang fluktuatif mengikuti pola pasut, maka dapat dikatakan bahwa arus pasang surut merupakan arus yang dominan di perairan tersebut (Thurmann, 2007).

C. Kecepatan Arus pada Kedalaman Tengah (cell 6 = 7,5 – 8 meter)

Kondisi kecepatan dan arah arus pada kedalaman tengah (7,5 – 8 m) disajikan pada Gambar 6. Nilai kecepatan berkisar antara 0,001 – 0,32 m/det dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,10 m/det. Frekuensi arah arus lebih dominan ke arah Timur-Tenggara. Hal ini berbeda dengan pola arus di kedalaman permukaan, dimana pada kedalaman tengah ini pola angin musiman tidak terlihat berpengaruh. Waktu pengamatan merupakan Musim Tenggara namun pola arus dominan justru ke arah Timur-Tenggara (dominan ke arah 50° – 150°). Hal ini menunjukkan bahwa pola arus tengah tidak terlalu dipengaruhi oleh pola angin musiman yang terjadi (Thurmann, 2007). Selain itu apabila dilihat dari pola pasut yang terjadi, pola arah dan kecepatan arus juga mempunyai kecenderungan berfluktuasi yang seperti pola pasang surut. Fenomena lain yang terlihat bahwa besarnya kecepatan arus lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan arus permukaan. D. Kecepatan Arus pada Kedalaman Dasar (cell 1 = 15,5 – 16 meter)

Kondisi kecepatan dan arah arus pada kedalaman dasar (15,5 – 16 m) tersaji pada Gambar 7. Nilai kecepatan berkisar antara 0,00 – 0,29 m/det dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,076 m/det. Frekuensi arah arus lebih dominan ke arah Timur-Tenggara-Selatan. Pola yang terjadi hampir sama dengan pola arus di kedalaman tengah, dimana pada kedalaman dasar ini pola angin musiman tidak terlihat berpengaruh. Pola arus bervariasi ke arah Timur-Tenggara-Selatan-Baratdaya (dominan ke arah 50° – 250°). Hal ini juga menunjukkan bahwa pola arus dasar tidak dipengaruhi oleh pola angin musiman yang terjadi. Fenomena yang terlihat bahwa pola arus yang terjadi cenderung mempunyai fluktuasi seperti pola pasang surut. Besarnya kecepatan arus lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan arus tengah yang mempunyai rata-rata 0,10 m/det.

Program World Current Versi 1.03 digunakan untuk membantu analisis arus, apakah dominan arus pasang surut atau arus non pasang surut. Gambar 8 menunjukkan grafik plot arus pasut dengan menggunakan Perangkat World Current selama 3 hari. Dari analisis data selama pengamatan di lapangan, keluar tampilan grafik arus dan residu arus selama 1 hari. Grafik 1-day plot menunjukkan data arus yang diamati, prediksi, sisa/pengurangan arus memberikan sebuah grafik yang fluktuatif dalam bentuk gelombang yang menunjukkan model harmonik pasut sesuai dengan data tersebut. Gambar 8 menunjukkan bahwa pola kecepatan arus di lokasi kajian dipengaruhi oleh pasang surut, dimana fluktuasi kecepatan arus berdasarkan data lapangan (arus total) mempunyai pola yang hampir sama dengan data model astronomik (arus pasang surut). Sedangkan nilai residu (arus non pasang surut) yang merupakan selisih dari arus total dan arus pasut mempunyai nilai fluktuasi yang relatif kecil dan berada pada kisaran 0 – 0,05 m/det. Dari analisis tersebut cenderung menguatkan analisis-analisis sebelumnya dimana dominansi arus di perairan wilayah kajian lebih didominasi oleh pengaruh pasang surut.

Gelombang Laut

Tinggi dan periode gelombang yang didapatkan dipengaruhi oleh angin yang datang dari arah Timur-Tenggara. Secara umum berdasarkan hasil pengamatan tinggi dan periode gelombang di perairan Grati relatif sedang, rata – rata ketinggian gelombang adalah 0,11 cm dan rata – rata periode gelombang adalah 4,76 detik. Gelombang tertinggi sebesar 0,21 meter dengan periode 5,5 detik.

Untuk mengetahui klasifikasi gelombang, maka digunakan persamaan (Triatmojo, 1999) :

$$L = 1,56 T^2 = 1,56 \times (4,76)^2 = 35,34 \text{ meter.}$$

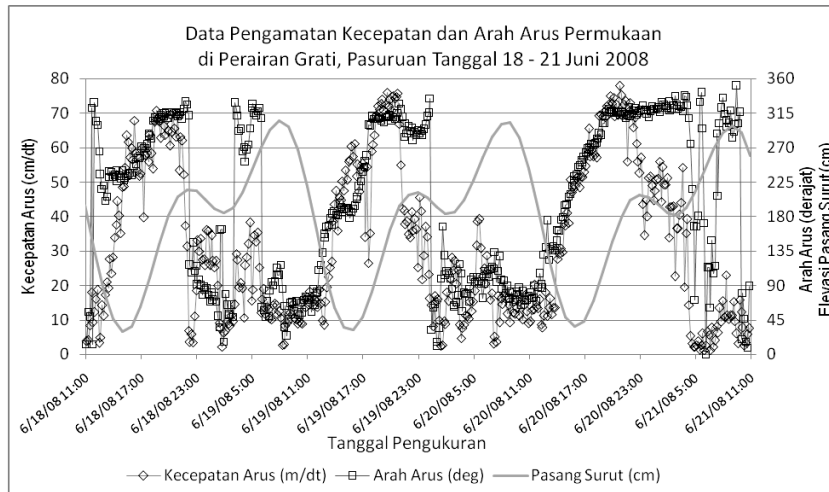
(L = panjang gelombang, T = periode gel)
 Kedalaman pengukuran (d) = 16,5 m,
 maka d/L = 0,47.

Oleh karena nilai d/L adalah diantara $1/20 < d/L < 1/2$, maka klasifikasi gelombang menurut kedalaman relatif termasuk gelombang laut transisi.

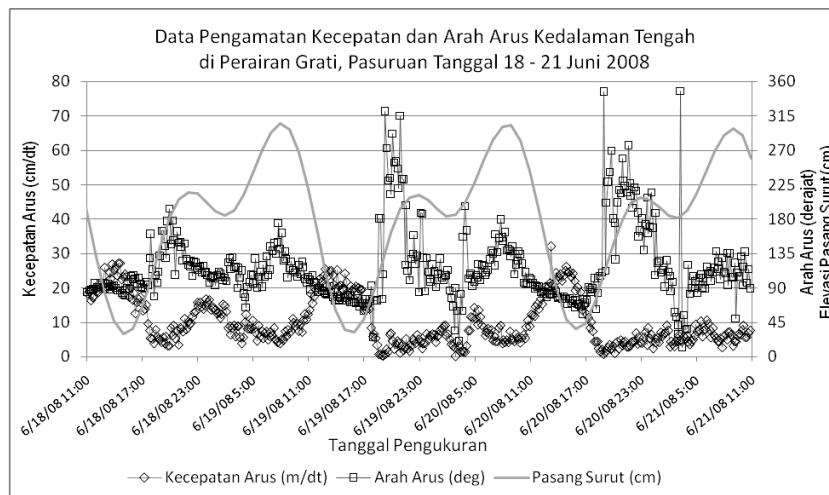
Untuk melihat profil kecepatan partikel gelombang maka dilakukan analisis sebagai berikut :

Gambar 12 menunjukkan bahwa profil vertikal kecepatan orbital gelombang pada puncak gelombang (wave crest) 0,13 m/det dan lembah gelombang (wave trough) adalah -0,13 m/det dan masih mempengaruhi dasar perairan, artinya bahwa mekanisme tersebut dapat menyebabkan terjadinya resuspensi sedimen dasar yang akan berpengaruh terhadap pola transpor sedimen di wilayah tersebut (Horikawa, 1988)

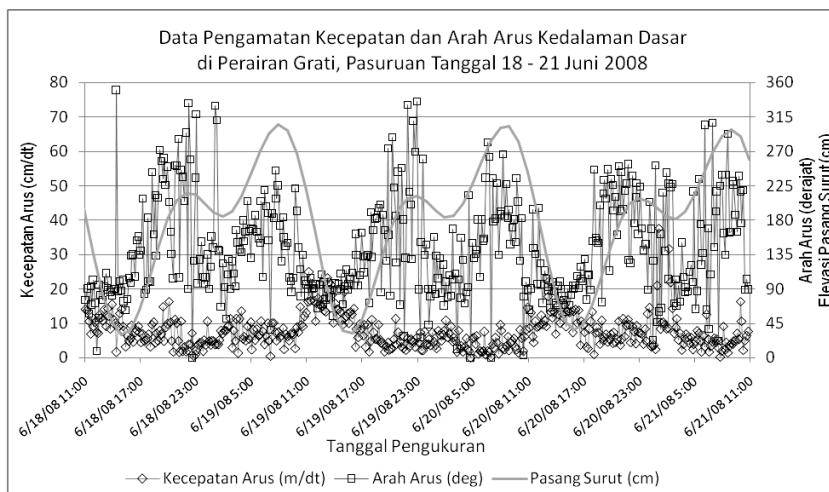
Secara umum hasil yang diperoleh dari data pengamatan lapangan belum bisa menggambarkan



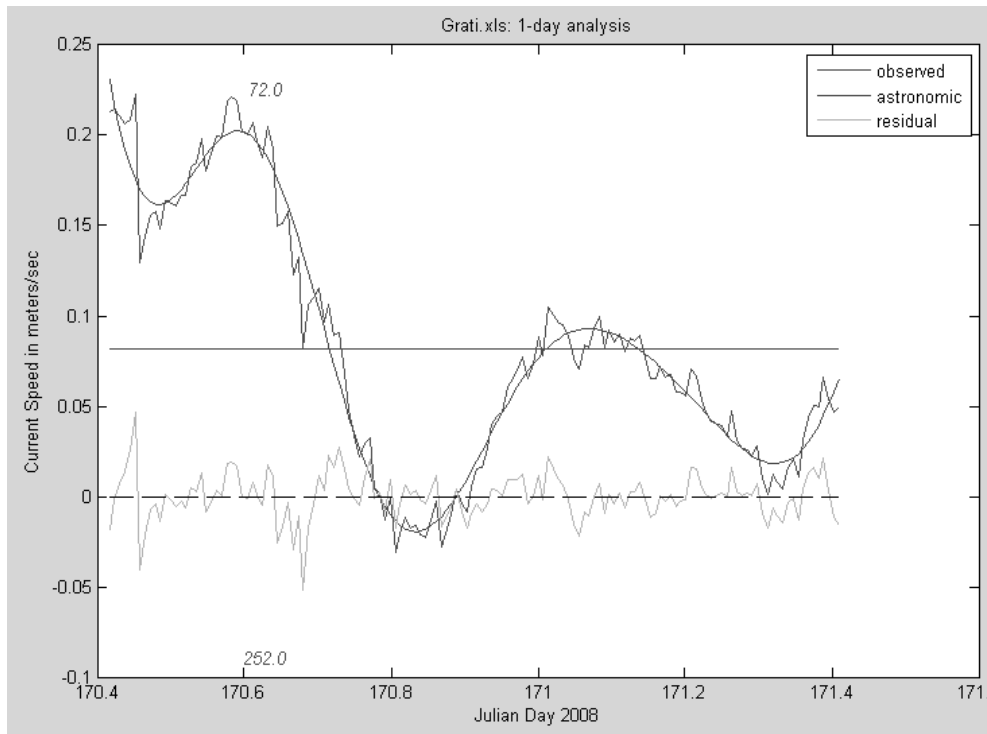
Gambar 5. Kecepatan Arus Perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur. Kedalaman Permukaan (1,5 – 2 meter)



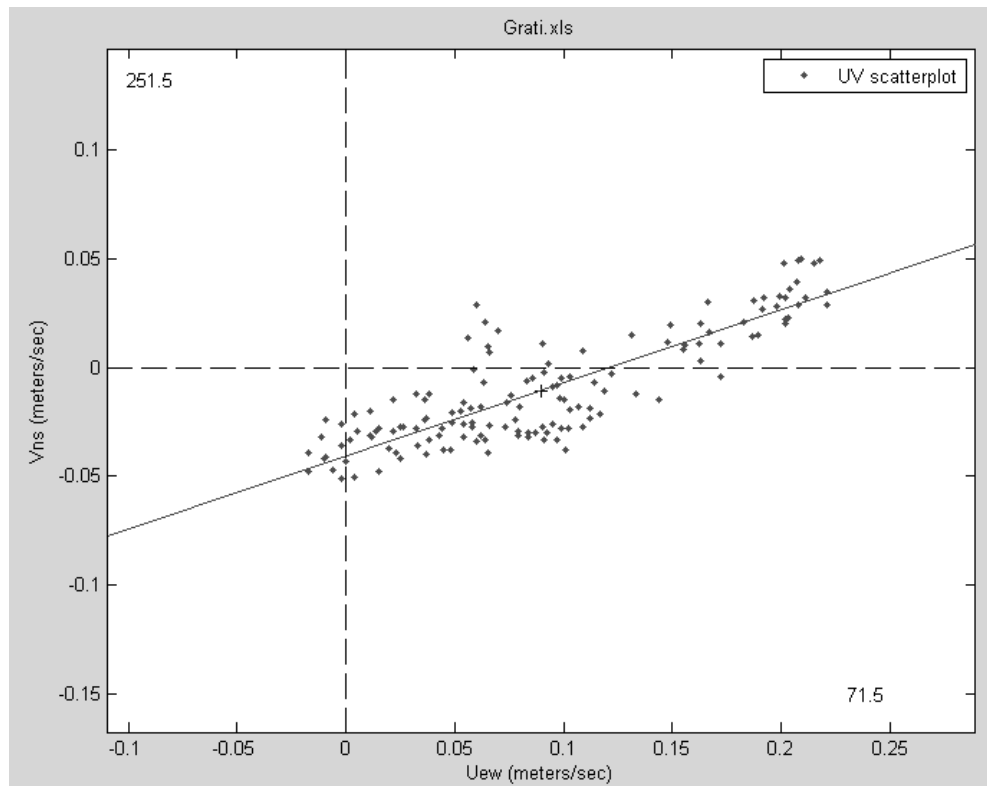
Gambar 6. Kecepatan Arus Perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur. Kedalaman Tengah (7,5 – 8 meter).



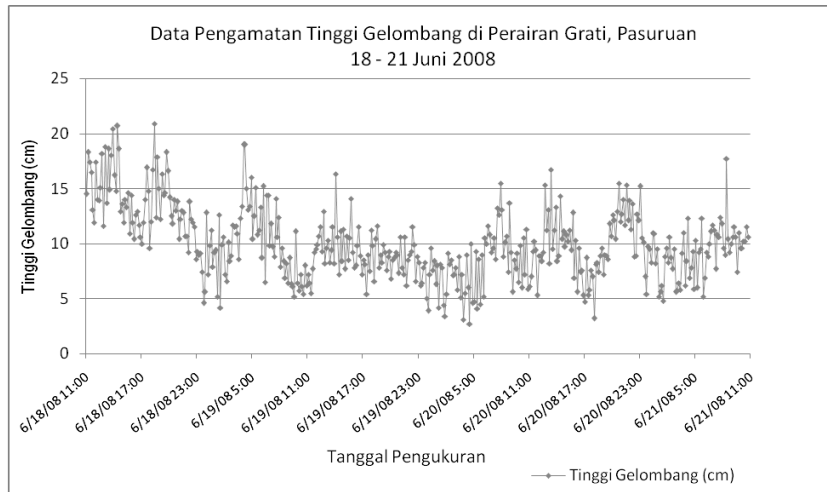
Gambar 7. Kecepatan Arus Perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur. Kedalaman Dasar (15,5 – 16 meter).



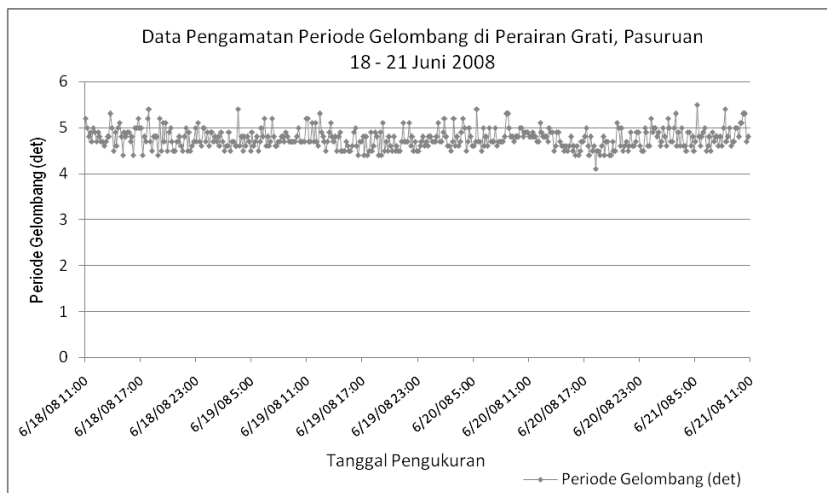
Gambar 8. Analisis Pola Kecepatan dan Arah Arus Total (Observed), Arus Pasut (Astronomic), dan Arus Non-Pasut (Residual) dengan Perangkat Lunak World Current Versi 1.03.



Gambar 9. Analisis Scatter Plot Pola Kecepatan dan Arah Arus dengan Perangkat Lunak World Current Versi 1.03.



Gambar 10. Data Tinggi Gelombang di Perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur



Gambar 11. Data Periode Gelombang di Perairan Grati Pasuruan, Jawa Timur

Tabel 2. Tinggi (H) dan Periode (T) Gelombang Harian (18 – 21 Juni 2008) di Perairan Grati.

Tanggal	Hmax (cm)	Tmax (dt)	Hmin (cm)	Tmin (dt)	Hs (cm)	Ts (dt)
18-Jun-08	20.90	5.40	4.60	4.40	17.10	5.08
19-Jun-08	19.00	5.40	4.20	4.50	12.49	4.94
20-Jun-08	16.70	5.40	2.70	4.40	12.80	5.00
21-Jun-08	17.70	5.50	2.80	4.50	10.56	5.02

(Sumber : Pengolahan Data Lapangan, 2008)

kondisi gelombang secara keseluruhan berdasarkan kondisi musim, hal ini disebabkan oleh pengaruh musim dan angin yang bertiup pada saat pengukuran yang dilakukan hanya satu musim, yaitu musim timur. Namun berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari hasil ramalan Stasiun Meteorologi Maritim Perak Surabaya tahun 2008 menyatakan bahwa ketinggian gelombang berkisar antara 0,3 - 2 meter. Sedangkan berdasarkan pendekatan peramalan gelombang, diperoleh hasil untuk simulasi kecepatan angin yang relatif besar (13 - 16 m/det) dari Barat-Baratlaut selama bulan Januari dan Februari diperoleh tinggi gelombang maksimal antara 1,9 - 2,1 meter. Gelombang yang lebih tinggi terjadi pada simulasi angin dari Timur-Tenggara (bulan Agustus-September), dimana tinggi gelombang maksimal mencapai 2,0 - 2,3 meter (untuk periode kala ulang 10 tahunan).

Kesimpulan

Tipe pasang surut disekitar perairan Grati, Pasuruan adalah tipe campuran condong ke harian ganda (mixed prevealing semi diurnal tide). Secara umum pola arus didominasi oleh arus pasang surut, kecuali arus permukaan yang masih dipengaruhi oleh angin. Ketika kondisi muka laut pasang atau menuju pasang maka kecepatan arus kecil atau mencapai minimal dan sebagian arus bergerak ke selatan-baratdaya (150° - 250°). Sedangkan ketika kondisi muka laut surut atau menuju surut maka kecepatan arus mencapai nilai lebih besar atau maksimal dan

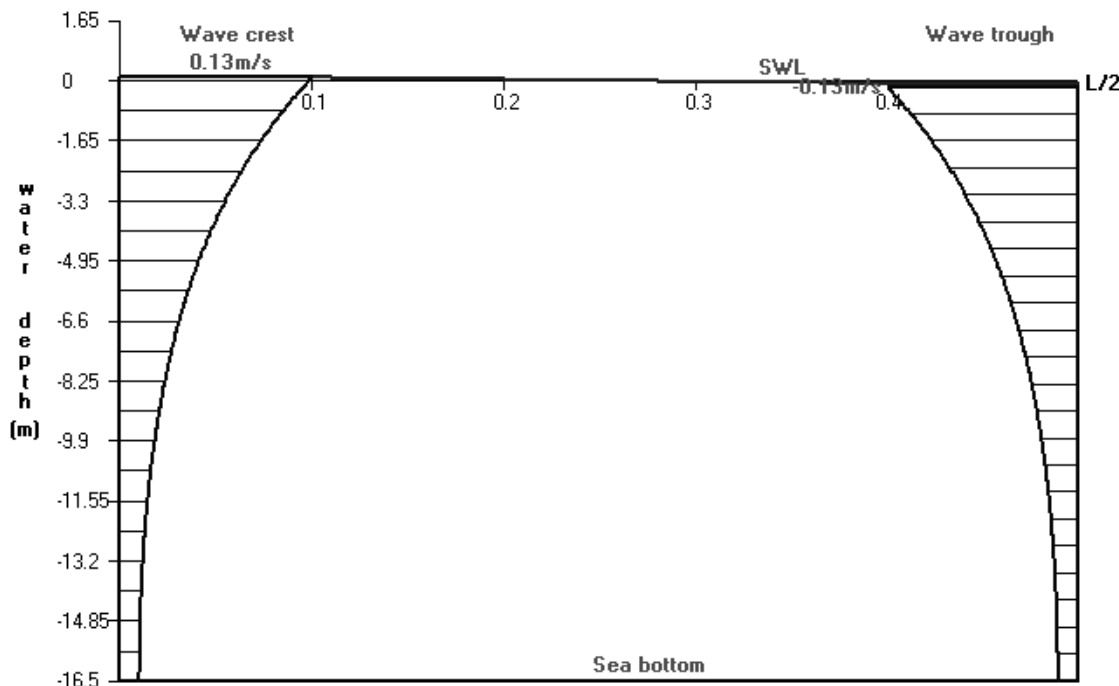
sebagian arus bergerak ke arah ke arah timur-tenggara (75° - 120°). Kecepatan arus permukaan berkisar 0,013 - 0,77 m/det, arus kedalaman tengah 0,001 - 0,32 m/det, dan kedalaman dasar 0,00 - 0,29 m/det. Berdasarkan hasil pengukuran, tinggi dan periode gelombang di perairan Grati relatif sedang. Tinggi gelombang rata-rata 0,11 cm dan periode gelombang rata - rata 4,76 detik. Gelombang tertinggi sebesar 0,21 meter dengan periode 5,5 detik. Berdasarkan hasil peramalan pada saat musim barat mencapai 1,9 - 2,1 m dan musim timur 2,0 - 2,3 m. Adapun klasifikasi berdasarkan kedalaman gelombang termasuk gelombang perairan transisi dan profil vertikal kecepatan orbital gelombang pada puncak gelombang 0,13 m/det dan lembah gelombang -0,13 m/det dan masih mempengaruhi dasar perairan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada PPSML UI (Universitas Indonesia) dan Santos atas fasilitas serta sarana dan prasarana yang diberikan selama penelitian ini berlangsung, serta tim reviewer IJMS atas termuatnya artikel ini.

Daftar Pustaka

Cruz, Joao., 2008. Ocean Wave Energy : Current Status and Future Perspectives. Springer-Verlag Berlin Heidelberg German. 427 pp.
 Dijkstra, Henk A., 2008. Dynamical Oceanography.



Gambar 12. Profil kecepatan orbital gelombang di Perairan Grati, Kab. Pasuruan.

- Springer-Verlag Berlin Heidelberg German. 405 pp.
- Dishodros TNI-AL, 2008. Buku Pasut. 105 hal
- Emery, William J. & Thomson, Richard, E., 1998. Data Analysis Methods In Physical Oceanography. Pergamon Elsevier Science Ltd. USA. p : 42 - 116.
- Horikawa, Kiyoshi., 1988. Nearshore Dynamics and Coastal Processes. University of Tokyo Press, Japan. p : 11 - 128.
- Park, Dave dalam The Open University, 2006. Waves, Tides and Shallow Water Processes. The Open University, Walton Hall England. p : 12-47
- Stewart, Robert, 2002. Introduction to Physical Oceanography. Department of Oceanography, Texas A&M University
- Thurmann, Harold V., 2007. Introductory Oceanography. Bell and Howell Company Columbus Ohio. p : 183 - 273.
- Triadmodjo, Bambang. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset: Yogyakarta. Hal : 11 - 24
- Trujillo, Alan P. and Thurman, Harold V., 2008. Essentials of Oceanography. Pearson Prentice Hall, Pearson Education Inc. New Jersey. 534 pp.
- Wyrki, Klaus. 1961. Physical Oceanography of the Southeast Asian Water. The University of California: California.