

PEMODELAN POLA ARUS LAUT PERMUKAAN DI PERAIRAN INDONESIA MENGGUNAKAN DATA SATELIT ALTIMETRI JASON-1

Rahma Widyastuti¹, Eko Yuli Handoko¹, Suntoyo²

¹ Program Studi Teknik Geomatika FTSP-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111

² Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111

Email : widyastuti005@yahoo.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya terdiri dari perairan. Namun, luasnya perairan Indonesia yang kaya akan berbagai potensi ini tidak diimbangi dengan penelitian yang terkait dengan kondisi perairan Indonesia itu sendiri. Salah satunya adalah arus laut permukaan yang merupakan gerakan massa air yang disebabkan oleh angin yang berhembus di permukaan laut pada kedalaman kurang dari 200 m yang berpindah dari satu tempat yang bertekanan udara tinggi ke tempat lain yang bertekanan udara rendah yang sangat luas dan terjadi pada seluruh lautan di dunia. Dengan adanya pengembangan dari sistem satelit altimetri Jason-1 yang beberapa diantaranya memiliki misi yakni penentuan kecepatan angin di atas permukaan laut dan penentuan karakteristik arus, sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk pembuatan suatu model pola arus laut permukaan di perairan Indonesia yang disebabkan oleh adanya angin yang berhembus pada permukaan air laut yang diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat dan juga bermanfaat bagi penelitian-penelitian selanjutnya. Data dari satelit Altimetri Jason-1 diolah dengan menggunakan software MATLAB 8.0. Pemodelan pola arus laut ini dilakukan setiap cycle dalam kurun waktu tahun 2002-2009.

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa pada kisaran bulan Desember – Februari arah pergerakan arus laut teratur dari barat menuju arah timur, begitu pula sebaliknya pada kisaran bulan Juni – Agustus arah pergerakan arus laut teratur dari timur menuju arah barat. Saat terjadi masa peralihan pergerakan angin yakni pada bulan Maret – Mei dan September – Nopember, arah pergerakan arus dalam 1 cycle cenderung terbagi menjadi dua arah yakni dari Asia menuju Australia dan dari Australia menuju Asia. Selama delapan tahun, wilayah perairan Indonesia yang di setiap cycle rata-rata memiliki arus kuat yakni di Laut Maluku dan Selat Karimata dengan kecepatan 800 cm/s hingga >1200 cm/s. Sedangkan daerah yang di setiap cycle rata-rata berarus lemah yakni di Laut Jawa, perairan selatan Pulau Jawa dan Laut Sulawesi dengan kisaran kecepatan arus laut kecil yakni sebesar 0 – 400 cm/s. Pada saat masa peralihan, pergerakan arus laut di perairan Indonesia tidak teratur dengan kecepatan berkisar antara 0-400 cm/s.

Kata kunci : Arus Laut Permukaan, Jason-1, MATLAB 8.0

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya terdiri dari daerah perairan. Dewasa ini arus laut banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan yang menunjang kehidupan manusia. Akan tetapi, penelitian tentang arus laut itu sendiri masih sedikit dilakukan terutama di wilayah perairan Indonesia yang memiliki luas perairan 6,1 km² (BAKOSURTANAL, 2006).

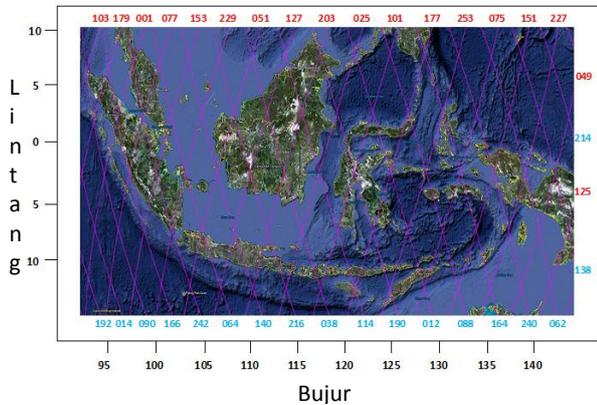
Arus merupakan gerakan yang sangat luas yang terjadi pada seluruh lautan di dunia. Arus permukaan dibangkitkan terutama oleh angin yang berhembus di permukaan laut. selain itu topografi muka air laut juga turut mempengaruhi

gerakan arus permukaan. Angin dan topografi laut saat ini dapat diamati dengan menggunakan satelit Altimetri Jason1. Dengan bantuan data dari satelit ini, maka dapat dipetakan pola dari pergerakan arus laut permukaan secara global.

Pemodelan Pola Arus Laut adalah arus laut permukaan di wilayah perairan Indonesia. Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data hasil ukuran satelit altimetri Jason-1 dalam format biner GDR yang diproduksi oleh PODAAC dan AVISO dengan lama pengamatan delapan tahun yaitu tahun 2002-2009 dan data RADS.

Lokasi penelitian ini mengambil daerah studi di wilayah perairan Indonesia yang terletak pada koordinat geografis antara 6°08' LU - 11°15' LS,

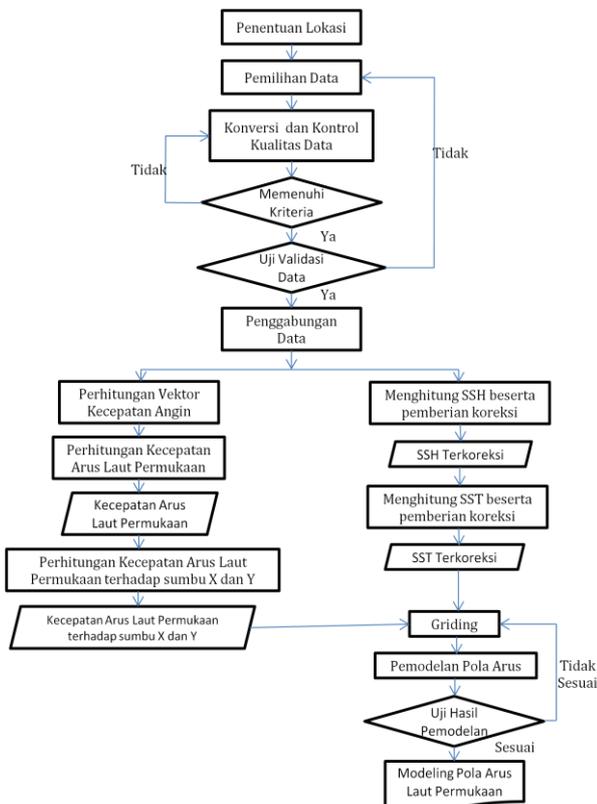
dan dari 94°45' BT - 141°05' BT dan dilintasi oleh 36 pass satelit Jason-1. Lokasi penelitian dapat diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Earth, 2010)

METODOLOGI PENELITIAN

Peralatan yang digunakan yaitu *Hardware* berupa *Notebook Acer* seri *Aspire 4520 AMD Turion X2* 2,0 GHz, RAM 2 Gb dan *Canon IP 1980*. Serta *Software yang dipergunakan* Sistem Operasi *Windows 7*, *Software Matlab 8.0*, *Ms. Office 2007* dan *Windows Movie Maker*.



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

Selanjutnya dilakukan pemilihan data dari satelit Jason-1 dalam format biner GDR yang sesuai dengan lokasi penelitian.

Setelah itu proses konversi data yang dilakukan untuk mengubah data format biner GDR menjadi data format ASCII. Di dalam proses konversi data terdapat pula kontrol kualitas data.

Hasil dari konversi data tersebut, selanjutnya dilakukan uji validasi. Untuk validasi hasil konversi ini, diperlukan data RADS yang akan digunakan sebagai pembandingan dengan data ASCII hasil konversi dari MATLAB. Setelah itu penggabungan data setiap *pass*.

Selanjutnya melakukan proses perhitungan kecepatan arus laut permukaan dengan persamaan :

$$\bar{U} = \frac{T}{\sqrt{A_z \rho^2 f}} \quad \text{pers(1)}$$

dengan :

$$T = \rho_{udara} c W^2 \quad \text{pers(2)}$$

$$f = 2\Omega \sin \phi \quad \text{pers(3)}$$

dimana :

\bar{U} =kecepatan arus laut permukaan(cm/s)

T =tegangan angin

W =kecepatan angin (cm/s)

A_z =koef.viskositas eddy($1,3 \times 10^{-4} \text{kg/m s}$)

ϕ =Sudut Lintang ($^{\circ}$)

c =parameter yang bergantung kepada tingkat turbulensi fluida. Secara umum nilai $c = 2,6 \times 10^{-3}$

ρ =densitas air laut (1027kg/m^3)

ρ_{udara} =densitas udara ($1,25 \text{kg/m}^3$)

f =parameter Coriolis($f = 2 \Omega \sin \phi$)

Ω =besarnya kecepatan sudut rotasi bumi yang merupakan sudut yang ditempuh selama sehari atau 2π dibagi hari sideris 23 jam 56 menit atau 86160 s, sehingga :

$$\Omega = \frac{2\pi}{86160} = 7,29 \times 10^{-5} \text{rad/s} \quad \text{pers(4)}$$

Data hasil perhitungan kecepatan arus laut permukaan tersebut selanjutnya digunakan untuk membuat arah pergerakan arus laut permukaan.

Karena arah gerak arus laut permukaan dipengaruhi oleh arah gerak angin. Berikut persamaan untuk mendapatkan kecepatan arus laut permukaan terhadap sumbu X:

$$\frac{V_{Angin} (cm/s)}{u_{Angin} (cm/s)} = \frac{V_{Arus} (cm/s)}{u_{Arus} (cm/s)} \quad \text{pers(5)}$$

$$u_{Arus} (cm/s) = \frac{(V_{Arus} (cm/s) \times u_{Angin} (cm/s))}{V_{Angin} (cm/s)} \quad \text{pers(6)}$$

Sedangkan persamaan untuk mendapatkan kecepatan arus laut permukaan terhadap sumbu Y adalah :

$$\frac{V_{Angin} (cm/s)}{v_{Angin} (cm/s)} = \frac{V_{Arus} (cm/s)}{v_{Arus} (cm/s)} \quad \text{pers(7)}$$

$$v_{Arus} (cm/s) = \frac{(V_{Arus} (cm/s) \times v_{Angin} (cm/s))}{V_{Angin} (cm/s)}$$

pers(8)

dimana:

V_{Angin} : Kecepatan Angin dari satelit Jason-1
 u_{Angin} :Kecepatan Angin terhadap sumbu.X dari data satelit Jason-1

V_{Arus} : Kecepatan Arus hasil perhitungan

u_{Arus} : Kecepatan Arus terhadap sumbu.X

v_{Arus} : Kecepatan Arus terhadap sumbu.Y

dengan demikian maka akan didapatkan kecepatan arus laut permukaan terhadap sumbu X dan Y.

Perhitungan SSH dilakukan untuk mendapatkan SST sehingga didapatkan gambaran kondisi topografi yang ada di permukaan air laut. Berikut persamaan perhitungan SSH dan SST :

$$SSH = s - (a + W_{trop} + D_{trop} + I_{ono} + EMB)$$

$$SST = SSH - (N + OT + ET + LT + PT + Inv_Bar)$$

dimana :

SSH =tinggi permukaan laut diatas ellipsoid referensi WGS'84 (mm)

SST = topografi muka air laut (mm)

s =tinggi satelit diatas ellipsoid referensiWGS'84 (mm)

a =jarak dari antenna altimeter satelit ke permukaan laut sesaat (mm)

W_{trop} =koreksi troposfer basah (mm)

D_{trop} =koreksi troposfer kering (mm)

I_{ono} =koreksi ionosfer (mm)

EMB =*Electromagnetic bias* (mm)

N =undulasi geoid (mm)

OT =koreksi pasang surut laut (mm)

LT =koreksi pasut pembebanan (mm)

ET =koreksi pasut bumi padat (mm)

PT =koreksi pasut kutub (mm)

Inv_Bar =koreksi pasut atmosfer (mm)

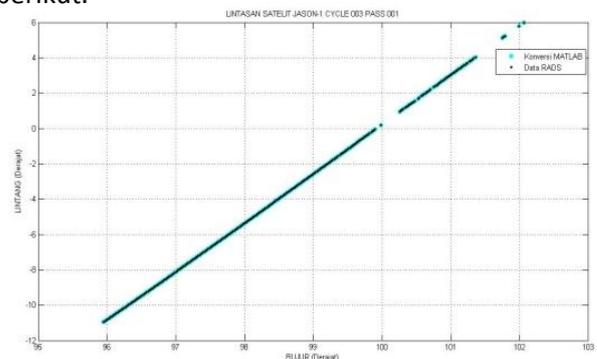
(Sumber : *PODAAC*, 2004)

Sebelum melakukan pemodelan pola arus laut permukaan, perlu dilakukan proses *gridding* metode *Inverse Distance Weighted*, yakni metode yang menghasilkan nilai interpolasi *grid* yang baik pada titik estimasi yang ada pada lingkup daerah pemodelan.Selanjutnya dibuat model pola arus laut permukaan menggunakanMATLAB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi Hasil Konversi Data

Proses validasi data hasil konversi dari MATLAB dilakukan dengan meng-*overlay*-kan gambar lintasan satelit altimetri Jason-1 yang ada pada data RADS (sebagai acuan) dengan lintasan satelit altimetri Jason-1 dari hasil konversi. Hasil dari *overlay* kedua lintasan tersebut adalah sebagai berikut.

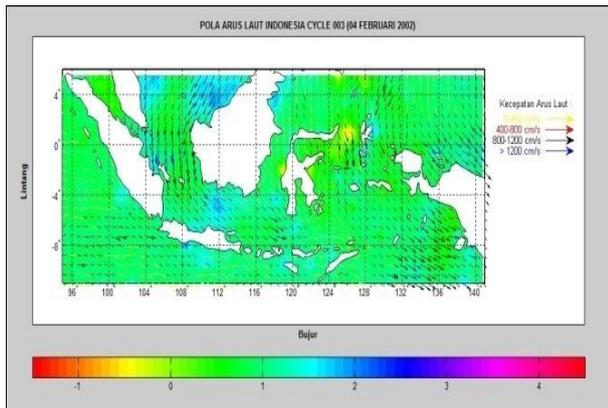


Gambar 2. Validasi Konversi Data MATLAB dan RADS Cycle 003 Pass 001

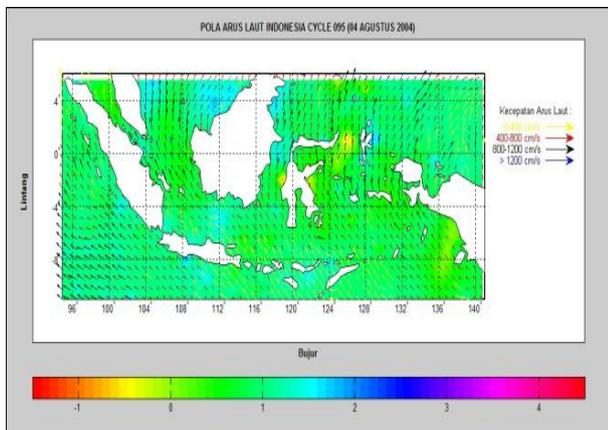
Dari hasil *overlay* kedua data tersebut diatas, dapat dilihat bahwa grafik lintasan satelit Altimetri Jason-1 hasil konversi berhimpit dengan data dari RADS. Dari validasi ini dapat disimpulkan bahwa program konversi data yang telah dihasilkan adalah benar.

Pemodelan Pola Arus Laut Permukaan

Dalam pemodelan ini dilakukan visualisasi 2D (dua dimensi) dan visualisasi dalam bentuk video. Pemodelan pola pergerakan arus laut permukaan ini dilakukan setiap *cycle* (satu kali satelit Jason-1 mengukur seluruh bumi). Berikut contoh model pola pergerakan pola arus laut permukaan:



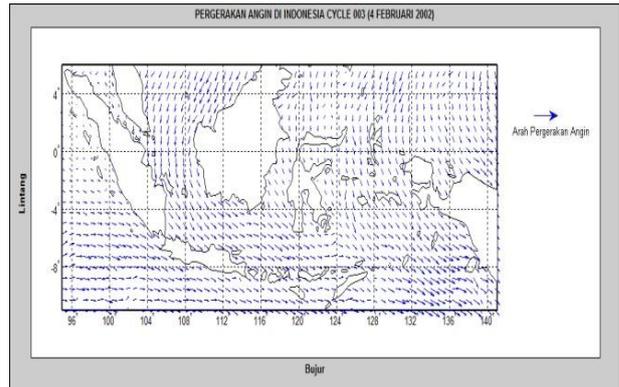
Gambar 3. Pola Pergerakan Arus Laut Permukaan pada cycle 003 (4 Februari 2002)



Gambar 4. Pola Pergerakan Arus Laut Permukaan pada cycle 095 (4 Agustus 2004)

Validasi Hasil Pemodelan Arus Laut Permukaan

Pemodelan arah pergerakan angin ini bertujuan untuk mengetahui hasil pemodelan pergerakan arus laut permukaan dari data olahan satelit Altimetri Jason-1 menggunakan MATLAB telah sesuai dengan arah pergerakan angin atau tidak. Hasil pemodelan arah pergerakan angin dari data satelit Altimetri Jason-1 adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Pola Pergerakan Angin Cycle 003 (4 Februari 2002)

Hasil pemodelan arah pergerakan angin tersebut jika dibandingkan dengan hasil pemodelan arah pergerakan arus laut, dapat dilihat bahwa arah pergerakan arus laut mengikuti arah pergerakan angin.

Tabel 1. Kecepatan Arus Laut Permukaan Maksimal dan Minimal Per-Tahun :

No	Tahun	Kec. Rata-rata Arus Laut (cm/s)	Kecepatan maksimal Arus Laut			Rata-rata Kec. maks arus (cm/s)	Kecepatan Minimal Arus Laut			Rata-rata Kec. min arus (cm/s)
			Lintang	Bujur	Kec. Arus (cm/s)		Lintang	Bujur	Kec. Arus (cm/s)	
			0	0			0	0		
1	2002	475,19	0.25	107,000	5963,14	3157,23	-5,75	131,75	4,18	22,86
2	2003	496,27	0.25	132,500	7523,52	3219,65	4,75	128,00	3,25	23,04
3	2004	481,35	0.25	95,750	12148,85	3388,35	-9,50	122,00	3,16	21,70
4	2005	468,48	0.25	129,500	6538,14	3642,90	-8,75	113,00	4,55	24,46
5	2006	553,17	0.25	95,750	6735,81	3781,71	1,00	126,50	4,53	44,93
6	2007	513,40	0.25	137,000	7684,44	3346,49	-11,00	102,50	3,10	24,39
7	2008	482,49	0.25	95,750	5657,30	3284,20	-7,25	137,00	4,98	28,18
8	2009	465,32	0.25	97,250	7167,48	3734,47	-7,25	98,75	4,70	27,21

Analisa Pola Pergerakan Arus Laut Permukaan

Dari hasil pemodelan arus laut permukaan dari tahun 2002-2009 diketahui bahwa arus yang bergerak dari Benua Asia menuju ke Benua Australia, dikarenakan pengaruh angin muson barat, rata-rata pola pergerakan arus ini terjadi pada kisaran bulan Desember-Februari. Arus yang bergerak dari Benua Australia menuju ke Benua Asia, dikarenakan pengaruh angin muson timur, rata-rata pola pergerakan arus ini terjadi pada kisaran bulan Juni-Agustus.

Di samping itu ada masa pancaroba yakni masa peralihan pergantian antara angin muson barat menuju angin muson timur ataupun sebaliknya.

Analisa Karakteristik Arus Laut Permukaan Perairan Indonesia

Dari tabel kecepatan arus laut diatas diketahui bahwa, kecepatan arus laut yang kuat rata-rata berada pada posisi lintang $0,25^{\circ}$ LU yakni di sekitar garis khatulistiwa. Sedangkan rata-rata kecepatan arus yang lemah berada di perairan yang jauh dari garis khatulistiwa.

Untuk tahun 2002 kecepatan arus rata-rata sebesar 475,2 cm/detik. Arus terkuat berada di perairan Selat Karimata, sedangkan kecepatan arus yang lemah berada di perairan sekitar sebelah selatan Irian Jaya. Pada tahun 2003, arus terkuat berada di Laut Maluku, arus terlemah berada di Sekitar Laut Sulawesi, sedangkan rata-rata kecepatan arusnya adalah 496,3 cm/detik . Tahun 2004, arus terkuat berada di sekitar sebelah barat pulau Sumatera yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia, arus terlemah di sekitar Laut Flores. Untuk rata-rata kecepatan arusnya adalah 481,4 cm/detik.

Untuk tahun 2005, arus terkuat terletak di Laut Maluku, terlemah berada di perairan sekitar Pulau Jawa, dan kecepatan rata-ratanya sebesar 468,5 cm/detik. Pada tahun 2006, arus terkuat berada di sekitar sebelah barat pulau Sumatera yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia, arus terlemah berada di Laut Sulawesi, dan rata-rata arusnya sebesar 553,2 cm/detik. Tahun 2007, rata-rata kecepatan arusnya sebesar 513,4 cm/detik, dengan arus terkuat adalah di sekitar sebelah utara Irian Jaya yang berbatasan langsung

dengan Samudera Pasifik bagian Utara. dan terlemah berada di perairan sekitar selatan Pulau Jawa. Pada tahun 2008, arus terkuat ada sekitar sebelah barat pulau Sumatera yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia, terlemah ada di perairan sekitar selatan Pulau Jawa, dengan rata-rata kecepatan arus tahun 2008 sebesar 482,5 cm/detik. Analisa pada tahun 2009, rata-rata kecepatan arus lautnya adalah 465,3 cm/detik, arus terkuat di sekitar sebelah barat pulau Sumatera yang berbatasan langsung dengan Samudera Hindia dan arus terlemah berada di Selat Sunda yakni sekitar sebelah barat laut Pulau Jawa.

Validasi Hasil Perhitungan Arus Laut

Berikut beberapa hasil validasi dari penelitian-penelitian sebelumnya. Berdasarkan hasil pemodelan, Selat Karimata merupakan salah satu daerah dengan kecepatan arus kuat. Hal ini sesuai dengan hasil riset yang dilakukan oleh Supangat.A, Ningsih.N dan Kunarso.

Arah pergerakan arus laut permukaan hasil pemodelan sesuai dengan pergerakan arus berdasarkan Atlas Sumberdaya Kelautan BAKOSURTANAL. Dari hasil perhitungan dan pemodelan didapatkan bahwa semakin besar nilai SST maka kecepatannya akan semakin lemah. Hal ini sesuai dengan Ekspidisi yang dilaksanakan pada tahun 2003-2005.

KESIMPULAN

Pemodelan pola arus laut permukaan di perairan Indonesia dari data satelit Altimetri Jason-1 dengan menggunakan software MATLAB 8.0 pada rentang waktu 2002-2009, memberikan hasil yang bervariasi baik dari segi arah maupun kecepatan arusnya, hal ini tak terlepas dari peran angin yang melewati permukaan air laut serta kondisi SST di perairan tersebut. Saat terjadi Angin Muson Barat, arus laut datang dari arah Asia menuju Australia. Begitu pula saat terjadi Angin Muson Timur, arus laut datang dari arah Australia menuju Asia. Sedangkan saat terjadi masa peralihan pergerakan angin, arah pergerakan arus cenderung terbagi menjadi dua arah yakni dari Asia menuju Australia dan dari Australia menuju

Asia namun kecepatan arusnya rata-rata adalah lemah di hampir seluruh perairan di Indonesia.

Selama kurun tahun 2002-2009, wilayah perairan Indonesia yang rata-rata memiliki arus kuat yakni di Laut Maluku dan Selat Karimata dengan kecepatan hingga >1200 cm/s. Hal ini dikarenakan Selat Karimata dan Laut Maluku merupakan perairan yang terletak dekat dengan garis khatulistiwa yang menyebabkan tekanan udara di perairan tersebut lebih tinggi daripada yang berada jauh garis khatulistiwa. Dan dari hasil perhitungan selama tahun 2002-2009 di dapatkan bahwa yang rata-rata memiliki arus lemah yakni di Laut Jawa, perairan selatan Pulau Jawa dan Laut Sulawesi dengan kisaran kecepatan arus laut yang kecil yakni sebesar 0–400 cm/s. Dari hasil perhitungan didapatkan rata-rata kecepatan arus laut permukaan di perairan Indonesia tahun 2002-2009 berada pada kisaran 450-550 cm/s.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. 2001. *Geodesi Satelit*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Arhami, Desiani. 2005. *Pemrograman MATLAB*. Yogyakarta : Penerbit Perpustakaan Nasional
- AVISO dan PODAAC. 2003. *User Handbook IGDR and GDR Products edition 2.0*. NASA dan CNES.
- BAKOSURTANAL. 2006. *Atlas Sumberdaya Kelautan*. Bogor. BAKOSURTANAL
- Benada, J.R. 1997. *Physical Oceanography Distributed Active Archive Center PO.DAAC Merged GDR (JASON 1/Poseidon)*.
- Budyanto, Eko. 2005. *Pemetaan Kontur dan Pemodelan Spasial 3 Dimensi Menggunakan Surfer*. Yogyakarta : ANDI.
- EKSPEDISI INSTANT. 2006. *Menguak Arus Lintas Indonesia*. Jakarta.
- ESA dan CNES. 2009. *Basic Radar Altimetry Toolbox v2.0 User Manual*
- GOOGLE EARTH. 2007. Track Indonesia from Altimetry Sattelite.
- Gross, M.G.1990.*Oceanography : A View of Earth*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliff . New Jersey
- Gunadi. 1999. *Pemrosesan Topografi Muka Air Laut Dari Data Satelit Altimetri TOPEX/Poseidon*. Bandung: Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan-ITB.
- PODAAC,2004.
<URL:<http://podaac.jpl.nasa.gov/cdrom/mgdrb/Document/HTML/uhsec07.htm>>. Dikunjungi pada tanggal 9 September 2009, pukul 19.00 BBWI.
- Poerbandono dan Eka Djunarsjah. 2005. *Survei Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama.
- Prijatna, Kosasih. 2007. *Pemantauan Anomaly Tinggi Muka Laut Perairan Indonesia*. Bandung : Jurusan Teknik Geodesi - ITB.
- Rhamo, A. 2009. *Pemodelan Topografi Muka Air Laut (Sea Surface Topography) Perairan Indonesia Dari Data Satelit Altimetri Jason-1 Menggunakan Software BRAT 2.0.0*. Surabaya: Prodi Teknik Geomatika-ITS.
- Stephen, Pond . 1983. *Introductory Dynamical Oceanography*.
- Steward,R. 2005. *Introduction to Physical Oceanography*.Texas : M.University
- Supangat,A,dkk. 2005. *Studi Karakteristik Kecepatan Arus Laut Di perairan Indonesia pada Kedalaman dan Fenomena Iklim yang Berbeda* . Jakarta. Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Tchernia. 1980. *Descriptive Regional Oceanography*. Oxford : Pergamon Press
- Triatmodjo,B. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Weihaupt, J.G., 1979. *Exploration of the Oceans* . New York : McMillan Publishing Co. Inc.