

**PEMANFAATAN DATA SATELIT ALTIMETRI UNTUK
IDENTIFIKASI DAERAH PENANGKAPAN IKAN
BERDASARKAN AREA UPWELLING
(STUDI KASUS DI PERAIRAN SELATAN BALI-JAWA)**

Eko Nuryasin Firmansyah¹, Ibnu Sofian², A. Rita Tisiana D K³, Widodo S Pranowo⁴

¹Mahasiswa Program Studi S1 Hidrografi, STTAL

²Peneliti dari Badan Informasi Geospasial, BIG

³Dosen Pengajar Prodi D-III Hidro-Oseanografi, STTAL

⁴Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi, STTAL

ABSTRAK

Indonesia adalah Negara kepulauan yang mempunyai keanekaragaman hayati terbesar, salah satunya adalah potensi perikanan. Kondisi tersebut menimbulkan maraknya kegiatan penangkapan ikan dalam jumlah besar di wilayah perairan Indonesia, khususnya perairan Selatan Jawa-Bali. Meningkatnya jumlah ikan yang berada di perairan Selatan Jawa-Bali disebabkan oleh beberapa factor, salah satunya adalah kondisi perairan yang menyebabkan terjadinya *upwelling* yaitu arus *eddies*. Arus *eddies* dapat diidentifikasi dengan memanfaatkan data dari satelit altimetri. Data tersebut berupa, data tinggi muka laut (SSH) dan data komponen arus permukaan u dan v . Pengolahan dan analisa data dengan menggunakan parameter oseanografi tersebut dapat digunakan untuk menentukan daerah potensi penangkapan ikan. Korelasi antara parameter oseanografi dengan posisi kapal penangkap ikan tersebut pada bulan Juni hingga Oktober. Dari hasil analisa data diperoleh bahwa parameter oseanografi *upwelling* terdapat korelasi yang baik dengan posisi kapal penangkapan ikan khususnya pada bulan Juni hingga Oktober.

Kata kunci : altimetri, daerah penangkapan ikan, *upwelling*, perairan Selatan Jawa-Bali, *eddies*, SSH.

ABSTRACT

Indonesian is known as an archipelago country with a large biodiversity and high potential for fish resources. The conditions make a large number fisheries activities, particularly in Eastern Indonesian Ocean (Known also as South Java Sea). Fish catch production increasing in South Java Sea can caused by several factors, one of the factory is eddies current. Eddies can be identified using altimetry data, i.e : Sea Surface Height (SSH) and Surface Velocity component (u,v). The result from data processing and analyses from those parameters is used to determined potential fishing ground. A good correlation between oceanography parameters and vessel can be shown in July to Oktober.

Keywords: *Altimetry, fishing ground area, upwelling, the southern seas of java-bali, eddies, SSH*

Latar Belakang.

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia karena memiliki luas laut dan jumlah pulau yang besar. Panjang garis pantai Indonesia mencapai 104.000 km dengan luas wilayah laut 5,8 juta km² (Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia No.112/PDSI/HM.310/VIII/2013). Potensi tersebut menempatkan Indonesia sebagai satu negara yang memiliki sumber daya kelautan yang besar termasuk kekayaan keanekaragaman hayati dan non hayati kelautan khususnya di perairan Selatan Jawa-Bali.

Perairan Selatan Jawa-Bali merupakan perairan yang menarik untuk dikaji karena perairan ini memiliki potensi perikanan yang tinggi. Selain itu, perairan ini juga dipengaruhi oleh beberapa fenomena oseanografi seperti, sistem arus permukaan, Arus Lintas Katulistiwa (Arlindo), ENSO, IOD dan pola pergerakan angin muson. Salah satu ciri-ciri fisik yang penting adalah *upwelling*. Menurut (Nontji) secara umum fenomena oseanografi tersebut mempengaruhi terjadinya *upwelling* dan *downwelling*. Selama musim Barat, *South Equator Current* bergeser ke lepas pantai dan *South Java Current* dari Barat Sumatera menuju ke Pulau Timor. Pada musim transisi (Mei dan Nopember), gelombang Kelvin dari Barat equator dan di Samudera Hindia bergeser ke Timur Selat Lombok. Arus yang dibentuk dari gelombang Kelvin di Selatan Jawa disebut juga sebagai *South Java Current*. Pada musim Timur, *South Equator Current* bergeser mendekati pantai di Selatan Jawa. Intensitas *upwelling* berada di daerah ini selama musim Timur.

Indonesian Troughflow dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia membawa air hangat dan dingin. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya *upwelling* di laut lepas pantai Selatan Jawa. Dalam kondisi normal, *upwelling* dimulai dari pantai Timur Jawa bergerak ke Barat Laut. Dari hasil pengamatan data tahun 1990 dan citra satelit tahun 1990 hingga 2002, (Purba) ditemukan *upwelling* yang kuat di bagian Selatan Jawa Timur, selama musim Timur (Juli-September) angin dan *Transport Ekman* cenderung lebih kuat di wilayah Jawa Barat sedangkan indikasi *upwelling* lebih intensif di bagian Jawa Timur. Dari segi keanekaragaman hayati, potensi terbesar adalah potensi perikanan laut, kondisi ini didukung dengan potensi sumber daya ikan yang relatif sangat besar. Kondisi tersebut melahirkan tantangan lain yang timbul yaitu maraknya kegiatan penangkapan ikan oleh kapal-kapal ikan dalam negeri maupun kapal ikan asing sehingga berdampak pada kegiatan

pencurian ikan di perairan Indonesia khususnya di perairan Selatan Jawa-Bali. Meningkatnya jumlah ikan berkaitan dengan adanya faktor-faktor lingkungan di perairan. Salah satu kondisi tersebut adalah sirkulasi arus laut yang menyebabkan terjadinya fenomena *upwelling*.

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh salah satunya adalah menggunakan satelit altimetri yang berfungsi untuk memantau topografi permukaan laut secara global, satelit altimetri dapat memberikan informasi berupa data-data seperti : tinggi muka laut /SSH, arus geostropik, angin dipermukaan laut dan gelombang laut. Analisa data tersebut dapat mengidentifikasi fenomena *upwelling*, area *upwelling* tersebut dapat mendeteksi daerah yang berpotensi untuk daerah penangkapan ikan.

Dengan mengetahui daerah yang berpotensi sebagai daerah penangkapan ikan yang mana diduga terdapat banyak pelaku penangkapan ikan baik yang secara legal maupun illegal, maka informasi tersebut dapat dijadikan salah satu pertimbangan dalam kegiatan operasi. Penentuan waktu dan tempat untuk melakukan kegiatan operasi keamanan laut oleh kapal-kapal patroli yang dimiliki TNI AL nantinya menjadi lebih efektif dan efisien.

Maksud dan Tujuan.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi daerah potensi penangkapan ikan guna menentukan arah pengawasan operasi pengamanan laut di perairan Selatan Jawa-Bali.

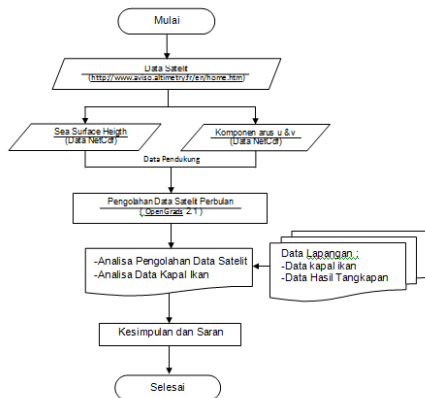
Tujuan penelitian ini adalah melakukan pengolahan terhadap data satelit Altimetri untuk menganalisa tinggi muka air laut / SSH, arus permukaan dan intensitas EKE dengan arah ke penentuan area *upwelling* sebagai daerah potensi penangkapan ikan yang rawan terjadi kejahatan dan mengaplikasikan teknologi penginderaan jauh untuk kebutuhan arah operasi TNI AL yang efektif.

Ruang Lingkup.

Penulisan penelitian ini dibatasi pada area perairan Selatan Jawa-Bali. Pengolahan data satelit altimetri menggunakan software OpenGrads. Data satelit yang digunakan untuk pengolahan dari bulan Januari 2011 sampai dengan Desember 2013 berupa : data tinggi muka laut /SSH dan arus permukaan u dan v. Hasil Analisa data tersebut menghasilkan gambaran daerah *upwelling* yang lokasinya benar-benar berpotensi untuk

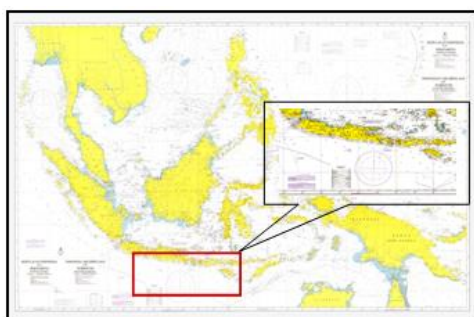
daerah penangkapan ikan (*fishing ground*). Lokasi tersebut dapat dijadikan sebagai referensi dalam menentukan daerah pengawasan Operasi Keamanan Laut di perairan Selatan Jawa-Bali.

Alur Pikir Penelitian.



BAHAN dan METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan Juli sampai bulan Desember 2014. Daerah penelitian yang akan dikaji Perairan Samudera Hindia Selatan Jawa-Bali pada posisi geografis 06° 00' 00" LS - 15° 00' 00" LS dan 105° 00' 00" BT - 120° 00' 00" BT. Data koordinat kapal penangkap ikan dan hasil tangkapan dari Loka Penelitian Perikanan Tuna Benoa-Bali, Kementerian Kelautan dan Perikanan tahun 2011-2013. Data tinggi muka laut / SSH, arus permukaan komponen *u* dan *v* dari satelit Altimetri, data diunduh (download) dari <http://aviso.altimetry.fr/> bulan Januari 2011 hingga Desember 2013.



Gambar 3.1 Peta Area Penelitian

Pengolahan data arus komponen *u* dan *v* dengan data input *NetCDF* menggunakan *OpenGrads*, dengan menggunakan persamaan : $EKE = \frac{1}{2} (u^2 + v^2)$. Pengolahan tinggi permukaan laut dengan data input *NetCDF* menggunakan *OpenGrads* setiap bulan. Data distribusi spasial tiap bulan ditampilkan dalam bentuk *color plot*. Hasil distribusi jumlah tangkapan ikan dikerjakan

dengan menggunakan perangkat lunak *ArcGis*,

Data komponen arus *u* dan *v* digunakan untuk analisa *Eddies Kinetic Energy* (EKE) skala meso di perairan Selatan Jawa. Aktivitas *mesoscale eddies* yang memberikan informasi terjadinya *cyclonic mesoscale eddies* diamati berdasarkan seberapa besar kecepatan arus permukaan yang terjadi disetiap bulan dan hubungannya dengan data tinggi muka laut dapat diketahui titik mana yang terjadi *cyclonic mesoscale eddies*.

Analisa penurunan tinggi muka laut, untuk mengetahui tempat dimana terjadinya arus eddies akibat dari pergerakan distribusi arus permukaan dengan pola arus siklonik (searah jarum jam) yang diindikasikan sebagai area upwelling.

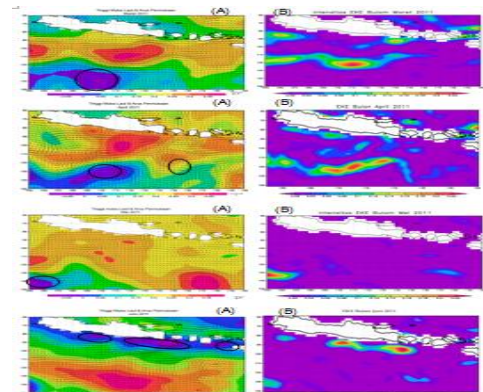
Analisa data posisi tangkapan ikan selama periode Januari 2011 hingga Desember 2013 digunakan untuk mengetahui apakah data posisi kapal ikan sesuai dengan kondisi parameter oseanografi akibat dari fenomena terjadinya *upwelling* di lokasi penelitian.

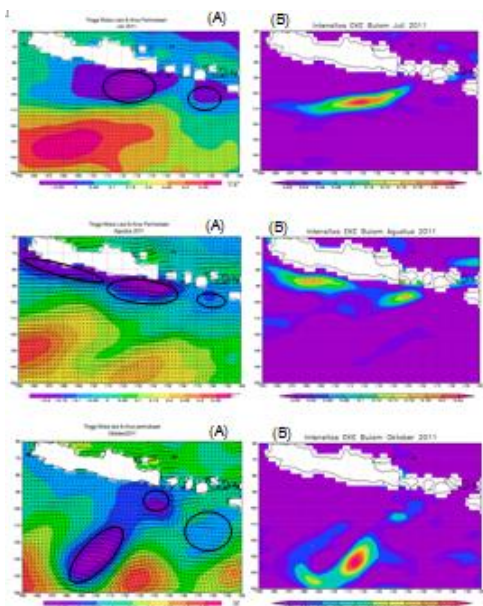
Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan dan visualisasi data model tinggi muka laut (SSH) dan distribusi arus permukaan komponen arus *u* dan *v*, dalam skala bulanan dapat diketahui dalam kurun waktu 2011 hingga 2013 terjadi fenomena arus *eddies* siklonik (searah jarum jam) dan anti siklonik (berlawanan arah jarum jam) di perairan Selatan Jawa-Bali.

A.1 Dinamika Oseanografi Dan Data Kapal Ikan Tahun 2011

Data oseanografi yang diolah secara bulanan selama tahun 2011 adalah bulan (Maret, April, Mei, Juni, Juli, Agustus dan Oktober) disesuaikan dengan data kapal tangkapan ikan. Daerah penangkapan ikan berada di perairan ZEEI Samudera Hindia Selatan Jawa-Bali,(gambar 1):





Gambar 1 (A) Arus eddies siklonik (vektor panah), tinggi muka laut (shaded color) dan (B) Intensitas EKE (bulan Maret, April, Mei, Juni, Juli, Agustus dan Oktober) tahun 2011

Lingkaran hitam (Gambar 1) menunjukkan arus eddies dengan putaran searah jarum jam (siklonik). Di belahan bumi Selatan, jika eddies bergerak searah jarum jam akan menyebabkan *upwelling* dan bergerak berlawanan arah jarum jam menyebabkan *downwelling* (Stewart, 2002a). Siklonik eddies ini mempunyai diameter yang berbeda-beda dan mempunyai intensitas EKE lebih besar dari pada dipusat lingkaran eddies.

a. Sebaran Tinggi Muka Laut.

Data tinggi permukaan laut selama bulan Maret, April, Mei yang terdapat siklonik eddies hampir menunjukkan pola yang sama (gambar 4.1), lebih rendah di laut lepas mencapai (0 hingga -0.05 cm) di sekitar 13°LS sampai 14°LS dan 105°BT sampai 111°BT. Di bulan Maret tinggi muka laut yang terdapat pusaran eddies mengalami penurunan antara 0 hingga -0.05 meter. Bulan April penurunan muka laut di sekitar 13°LS - 110°BT antara 0 hingga 0.05 meter dan di sekitar 12°LS - 115.5°BT antara 0.15 hingga 0.2 meter. Sedangkan di bulan Mei penurunan tinggi muka laut -0.05 hingga -0.1 meter.

Data tinggi permukaan laut selama bulan Juni, Juli, Agustus, yang terdapat siklonik eddies hampir menunjukkan pola yang sama (gambar 4.1), lebih rendah di laut lepas mencapai (0 hingga -0.05 cm) di sekitar pantai Selatan Jawa-Bali, antara 8°LS sampai 10°LS dan 108°BT sampai 118°BT. Di bulan Juni tinggi muka laut yang terdapat pusaran eddies mengalami penurunan antara -0.1 hingga -0.05 meter. Bulan Juli penurunan tinggi muka

laut di sekitar 9°LS - 112°BT antara -0.05 hingga 0 meter dan di sekitar 9°LS - 118°BT antara 0.15 hingga 0.2 meter. Sedangkan di bulan Agustus penurunan tinggi muka laut disepanjang Selatan pantai Jawa-Bali antara -0.02 hingga -0.15 meter.

b. Sebaran Arus Permukaan dan Eddies.

Arus permukaan yang terlihat pada peningkatan intensitas EKE karena adanya sistem aliran arus yang disebabkan oleh *South Equator Current* mengalami peningkatan dan arus musiman bergerak kearah Timur. Pada bulan Maret titik pusat eddies siklonik di sekitar 14°LS - 110°BT. Bulan April terdapat dua pusaran eddies siklonik, titik pusat eddies di sekitar 13°LS - 110°BT dan 12°LS - 115.5°BT. Pada bulan Mei titik pusat eddies siklonik di sekitar 14,5° - 105°BT.

Arus permukaan yang terlihat pada peningkatan intensitas EKE karena adanya sistem aliran arus yang disebabkan oleh *South Java Current* mengalami peningkatan dan arus musiman bergerak kearah Barat. Aliran *Indonesian Troughflow* pada bulan ini lebih kuat yang melewati Selat Lombok bertemu dengan SJC.

Pada bulan Juni eddies siklonik terjadi disekitar pantai Selatan Jawa Tengah hingga Nusa Tenggara Barat. Bulan Juli titik pusat eddies berada pada 9.5°LS-112.5°BT dan 10°LS dan 118°BT. Di bulan Agustus eddies terjadi di selatan sepanjang pantai Jawa Timur-Bali namun juga terjadi di sekitar 13.5°LS dan 119.5°BT. Pada bulan Oktober titik pusat eddies siklonik terbesar berada di sekitar 13°LS dan 110°BT.

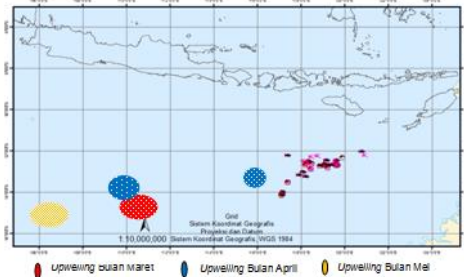
A.2 Verifikasi Eddies dengan Data Kapal Ikan

Dari data ikan yang mempunyai nilai ekonomis tinggi pada tahun ini dengan komposisi hasil tangkapan terdiri dari 4 (empat) spesies yaitu: albakor(tuna albacore), madidihang(tuna sirip kuning), bigeye(tuna mata besar) dan bluefin(tuna sirip biru), seperti pada tabel 1:

Tabel 1. Jenis dan jumlah tangkapan ikan tuna Tahun 2011

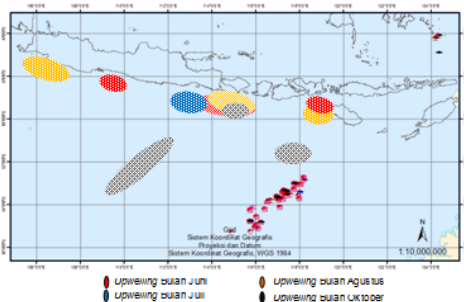
No	Jenis Ikan	Tahun 2011							Jumlah
		Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	Oktober	
1	Albakora	89-95 cm	90-121 cm	90-105 cm	0-90 cm	88-115 cm	95-101 cm	0-95 cm	272 ekor
2	Mata Besar	0-150 cm	45-150 cm	90-135 cm	0-110 cm	82-130 cm	0-80 cm	134-150 cm	137 ekor
3	Madidihang	120-140 cm	-	90-125 cm	86-126 cm	63-140 cm	50-130 cm	73-104 cm	71 ekor
4	Sirip Biru	-	-	-	-	-	-	0-100 cm	1 ekor
5	Jumlah	13 ekor	175 ekor	49 ekor	13 ekor	104 ekor	25 ekor	22 ekor	481 ekor

Pengaruh *eddies* yang mengakibatkan terjadinya *upwelling* dan aktivitas penangkapan ikan pada bulan Maret, April dan Mei tahun 2011 berada pada posisi antara 12°LS hingga 14°LS dan 117°BT hingga 120°BT . Lokasi penangkapan ikan berada jauh dengan tempat terjadinya *upwelling*, seperti pada gambar 4.2 :



Gambar 4.2 Peta Posisi kapal ikan dan aktivitas *upwelling* bulan Maet, April, Mei tahun 2011

Aktifitas penangkapan ikan pada bulan Juni, Juli, Agustus dan Oktober tahun 2011 posisi kapal berada di sekitar 12°LS hingga 14°LS dan 116°BT hingga 180°BT. Pusaran *eddies* di bulan ini tidak berada pada area tangkapan ikan, namun pada bulan Oktober terlihat pusaran *eddies* di sekitar area tangkapan ikan, (gambar 4.3) :

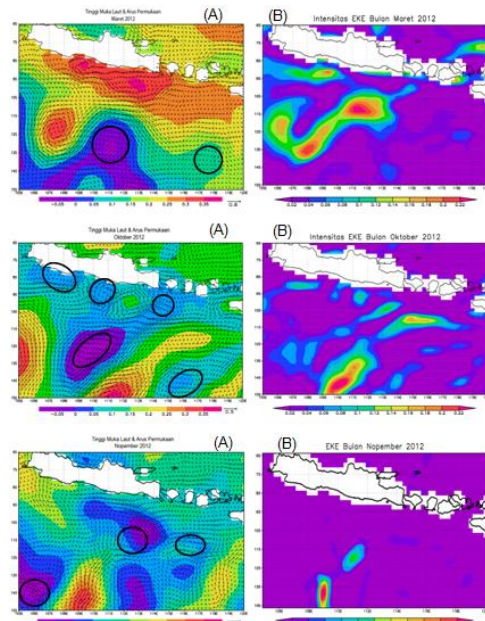


Gambar 4.3 Peta posisi kapal ikan dan aktivitas upwellig bulan Juni, Juli, Agustus, Oktober tahun 2011

Pengamatan dilaksanakan dengan metode statik menggunakan satu *receiver* GPS di titik-titik yang telah direncanakan dengan lama pengamatan berdasarkan tabel berikut ini.

B.1 Dinamika Oseanografi Dan Data Kapal Ikan Tahun 2012

Hasil visualisasi data di tahun 2012 hanya mengolah data pada bulan Maret, Oktober dan Nopember karena disesuaikan dengan data hasil tangkapan kapal ikan dibulan tersebut.



Gambar 4.4 (A) Arus *eddies* siklonik (vektor panah), tinggi muka laut (shaded color) dan (B) Intensitas EKE (bulan Maret, Oktober, Nopember) tahun 2012

Lingkaran hitam adalah arus *eddies* dengan arah putaran searah jarum jam (siklonik). Pada daerah yang mengalami *eddies* (siklonik) merupakan daerah *upwelling*.

a. Sebaran Tinggi Permukaan Laut

Data tinggi permukaan laut selama bulan Maret, Oktober, Nopember, yang terdapat siklonik *eddies* (gambar 4.4), lebih rendah di laut lepas mencapai (0.05 hingga -0.01cm) di sekitar pantai Selatan Jawa-Bali, antara 9°LS sampai 14°LS dan 105°BT sampai 117°BT.

Di bulan Maret tahun 2012 tinggi muka laut yang terdapat pusaran *eddies* mengalami penurunan antara 0.05 hingga -0.01 meter. Bulan Oktober penurunan tinggi muka laut di sekitar 8°LS - 105°BT antara 0.15 hingga 0.05 meter, di sekitar 9°LS - 110°BT antara 0.1 hingga 0.05 meter dan di sekitar 14°LS - 116°BT antara 0.1 hingga 0.05 meter, sedangkan di bulan Nopember penurunan tinggi muka laut antara 0.05 hingga 0 meter.

b. Sebaran Arus Permukaan dan *Eddies*.

Arus *eddies* yang terbentuk (gambar 4.4) pada bulan Maret tahun 2012 memiliki titik pusat disekitar 13°LS-111°BT, bulan Oktober arus *eddies* memiliki titik pusat di sekitar 12.5°LS-109.5°BT, 8°LS-107°BT, 9°LS-110°BT dan 13°LS-119°BT. Sedangkan pada bulan Nopember titik pusat arus *eddies* terjadi pada lintang 14°LS-105.5°BT, 11°LS-113°BT dan 11°LS-117°BT.

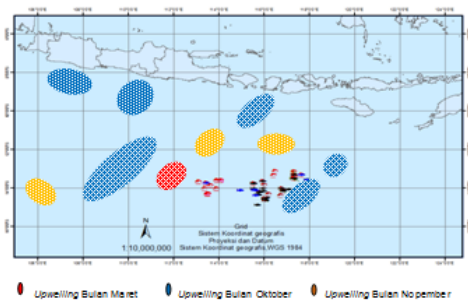
B.2 Verifikasi *Eddies* dengan Data Kapal Ikan

Dari data ikan yang mempunyai nilai ekonomis tinggi pada tahun ini dengan komposisi hasil tangkapan terdiri dari 4 (empat) spesies yaitu: albakora(tuna albacore), madidihang(tuna sirip kuning), bigeye(tuna mata besar) dan bluefin(tuna sirip biru), seperti pada tabel 4.2:

Tabel 4.2 Jenis dan jumlah tangkapan ikan tuna Tahun 2012

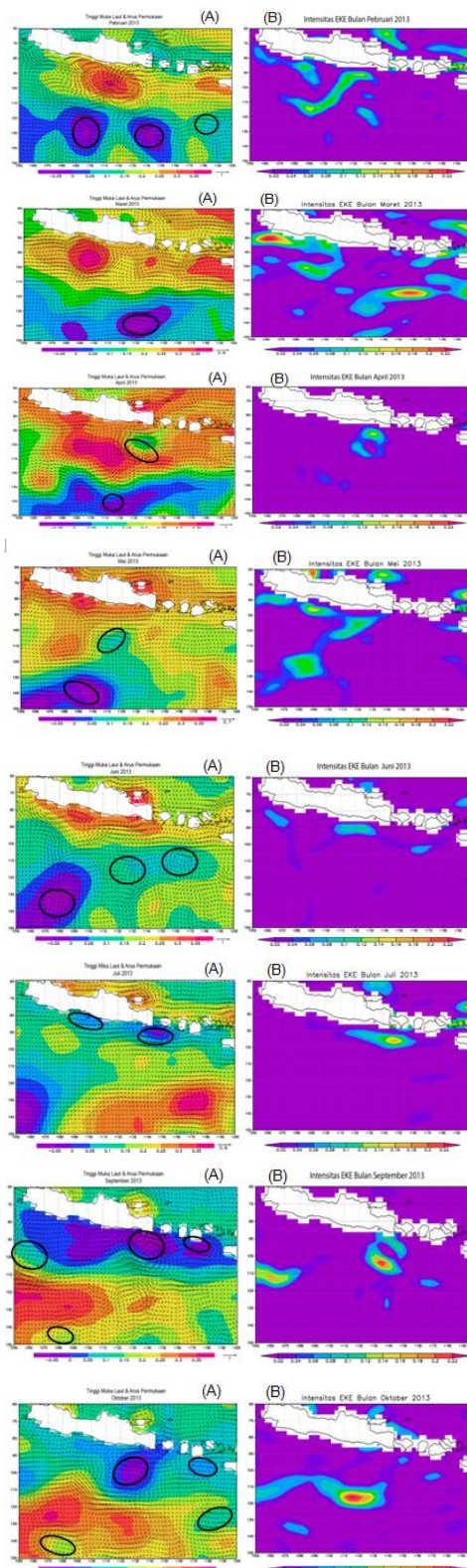
No	Jenis Ikan	Tahun 2012			Jumlah
		Maret	Oktober	Nopember	
1	Albakora	96-118 cm	40-190 cm	42-111 cm	75 ekor
2	Mata Besar	0-61 cm	52-177 cm	95-132 cm	213 ekor
3	Madidihang	113-152 cm	39-158 cm	76-172 cm	77 ekor
4	Sirip Biru	65-171 cm	165-205 cm	174-184 cm	16 ekor
5	Jumlah	40 ekor	244 ekor	97 ekor	381 ekor

Pengaruh *eddies* yang mengakibatkan terjadinya *upwelling* dan aktifitas penangkapan ikan pada bulan Maret, Oktober dan Nopember tahun 2012 berada pada posisi antara 13°LS hingga 15°LS dan 113°BT hingga 118°BT (gambar 4.5) terjadi peningkatan di bulan Oktober hal ini di karenakan kondisi *eddies* berada di sekitar area tangkapan.



Gambar 4.5 Peta posisi kapak ikan dan aktivitas *upwelling* bulan Maret, Oktober, Nopember tahun 2012

C.1 Dinamika Oseanografi Bulan Pebruari, Maret, April, Mei, Juni, Juli, September, Oktober Tahun 2013



Gambar 4.6 Arus *eddies* siklonik (vektor panah) dan Tinggi muka laut (shaded color), (B) Intensitas EKE (bulan Pebruari, Maret, April, Mei, Juni, Juli, September, Oktober tahun 2013

Lingkaran hitam adalah arus eddies dengan arah putaran searah jarum jam (siklonik). Pada daerah yang mengalami

eddies (siklonik) merupakan daerah upwelling.

a. Sebaran Tinggi Permukaan Laut

Data tinggi permukaan laut selama bulan Pebruari terdapat dua siklonik eddies yang menjauhi pantai Selatan Jawa-Bali. Pada bulan Maret, Oktober, Nopember, siklonik eddies (gambar 4.6) tinggi permukaan laut lebih rendah di laut lepas mencapai (0.05 hingga -0.01cm) di sekitar pantai Selatan Jawa-Bali, antara 10°LS sampai 14°LS dan 109°BT sampai 118°BT. Pada bulan Pebruari tinggi muka laut yang terdapat pusaran eddies mengalami penurunan paras laut di sekitar 13°LS-109°BT antara 0.05 hingga -0.05 meter, 13.5°LS-113.5°BT (0.1 hingga -0.05) dan 12.5°LS-118°BT (0.15 hingga 0.1) meter. Bulan Maret penurunan tinggi muka laut di sekitar 14°LS-113°BT (-0.15 hingga 0.01) meter. Di bulan April penurunan tinggi muka laut di sekitar 10°LS dan 113°BT antara 0.2 hingga 0.01 meter. Pada bulan Mei penurunan tinggi muka laut di sekitar 14°LS-109°BT antara 0 hingga -0.05 meter, 11°LS-111°BT dan 11°LS-116°BT penurunan tinggi muka laut antara (0.15 hingga 0.5) meter dan (0.2 hingga 0.15) meter

Data tinggi permukaan laut selama bulan Juni, Juli, September, Oktober terdapat lebih dari satu siklonik eddies. Pada bulan Juni, September, Oktober, (gambar 4.6) tinggi permukaan laut lebih rendah di laut lepas mencapai (0.15 hingga -0.05cm). Pada bulan Juli tinggi permukaan laut antara 0.1 cm hingga 0.05 cm. Eddies tersebut di sekitar Selatan Jawa-Bali, antara 8°LS sampai 14.5°LS dan 106°BT sampai 119°BT.

Di bulan Juni tahun 2013 tinggi muka laut yang terdapat pusaran eddies sekitar 13.5°LS-107°BT, 11.5°LS-112°BT dan 11°LS-116°BT mengalami penurunan tinggi muka laut antara (0.05 hingga -0.01) meter, (0.15 hingga 0.01) meter, (0.01 hingga 0.0) meter. Bulan Juli penurunan tinggi muka laut di sekitar 8°LS - 105°BT antara 0.15 hingga 0.05 meter, di sekitar 8°LS - 110°BT antara 0.05 hingga 0 meter dan di sekitar 9°LS - 114°BT penurunan tinggi muka laut antara 0.05 hingga -0.05 meter dan di sekitar 14°LS - 105°BT antara 0 hingga -0.05 meter. Sedangkan di bulan September sekitar 10°LS-106°BT, 14.5°LS-108.5°BT, 12.5°LS-117.5°BT dan 9.5°LS-114°BT penurunan tinggi muka laut antara (0.02 hingga 0.15) meter, (0.2 hingga 0.15) meter, (0 hingga -0.05) meter dan (0.2 hingga 0.15) meter

b. Sebaran Arus Permukaan dan Eddies.

Pada bulan Pebruari terdapat tiga kejadian eddies siklonik disekitar 13°LS-109°BT, 13.5°LS-113.5°BT dan 9.5°LS-112.5°BT Bulan Maret titik pusat eddies

berada pada 14°LS-113°BT. Di bulan April titik pusat eddies terjadi di sekitar 14°LS-112°BT dan 10°LS-113°BT. Pada bulan Mei titik pusat eddies di sekitar 14°LS-110°BT, 11°LS-111°BT dan 10.5°LS-116°BT (gambar 4.6).

Pada bulan Juni terdapat tiga kejadian eddies siklonik disekitar 13.5°LS-107°BT, 11.5°LS-112°BT dan 11°LS-116°BT. Bulan Juli titik pusat eddies berada pada 9°LS-114°BT Di bulan September titik pusat eddies terjadi di sekitar 10°LS-106°BT, 14.5°LS-108.5°BT, 12.5°LS-117.5°BT dan 9.5°LS-114°BT. Pada bulan Oktober titik pusat eddies di sekitar 14.5°LS-108°BT, 10°LS-112°BT dan 14°LS-114°BT, 14°LS-119°BT dan 9.5°LS-117.5°BT

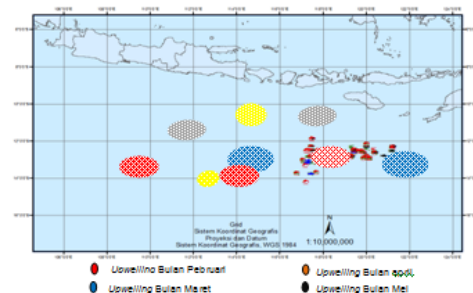
C.2 Verifikasi Eddies dengan Data Kapal Ikan

Data oseanografi yang diolah secara bulanan selama tahun 2013 adalah bulan (Pebruari, Maret, April, dan Mei) sama dengan tahun sebelumnya bahwa sepanjang tahun 2013 aktivitas eddies terjadi di setiap bulannya. Data tangkapan ikan yang memiliki nilai ekonomis tinggi pada tahun ini sesuai hasil tangkapan terdapat 4 (empat) spesies jenis tuna yaitu, tersaji dalam tabel 4.3:

Tabel 4.3 Jenis dan jumlah tangkapan ikan tuna Tahun 2013

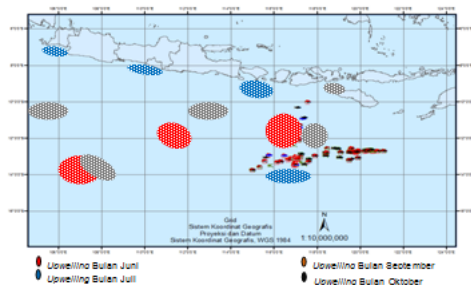
		Tahun 2013							
No	Jenis ikan	Pebruari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	September	Oktober
1	Makara	94-98 cm	99-104 cm	95-105 cm	98-107 cm	95-108 cm	89-111 cm	89-147 cm	94-108 cm
2	Mak Besar	-	94-112 cm	116-138 cm	99-140 cm	45-168 cm	82-152 cm	76-152 cm	83-163 cm
3	Makdihang	91-127 cm	91-138 cm	45-173 cm	81-155 cm	95-170 cm	87-140 cm	94-182 cm	41-138 cm
4	Krupu	-	88-108 cm	-	-	-	-	149-203 cm	146-172 cm
5	Jumlah	Takor	87 ekor	15 ekor	355 ekor	44 ekor	292 ekor	110 ekor	67 ekor

Pengaruh eddies yang mengakibatkan terjadinya upwelling dan aktifitas tangkapan ikan, pada bulan ini posisi kapal berada di sekitar 12°LS hingga 14°LS dan 116°BT hingga 200°BT (gambar 4.7). Sebagai daerah yang berpotensi sebagai daerah tangkapan ikan.



Gambar 4.7 Peta posisi kapal ikan dan aktivitas upwelling bulan Pebruari, Maret, April, Mei tahun 2013

Pada bulan ini *eddies* dan posisi kapal berada di sekitar 11°LS hingga 14°LS dan 116°BT hingga 120°BT. Aktivitas kapal penangkap ikan pada bulan juni hingga oktober arus *eddies* mengalami peningkatan di sekitar area tangkapan. , (gambar 4.8) :



Gambar 4.8 Peta posisi kapal ikan dan aktivitas *upwelling* bulan Juni, Juli, September , Oktober 2013

D. Distribusi Arus *eddies* di Perairan Selatan Jawa-Bali

Arus *eddies* yang terbentuk di perairan Selatan Jawa-Bali berdasarkan pengamatan visualisasi data selama tahun 2011 hingga 2013 dalam skala bulanan dapat diketahui bahwa arus *eddies* dapat terjadi di setiap bulan. Tabel 4.4 :

Tabel 4.4 Kejadian arus *eddies* siklonik di perairan Selatan Jawa-Bali

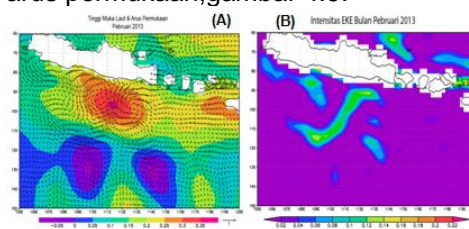
Bulan	Tahun			Jumlah
	2011	2012	2013	
Januari	-	-	-	-
Pebruari	-	-	3	3
Maret	1	2	1	4
April	2	-	2	4
Mei	1	-	2	3
Juni	3	-	3	6
Juli	2	-	2	4
Agustus	2	-	-	2
September	-	-	4	4
Oktober	2	4	4	10
Nopember	-	3	-	3
Desember	-	-	-	-
jumlah	12	8	21	41

Dinamika pergerakan air di perairan selatan Jawa-Bali dipengaruhi oleh berbagai factor, antara lain system muson, fenomena *El Nino Southern Oscillation* (ENSO), dipole mode, Arus Katulistiwa (AKS) dan arus dari Pantai Barat Sumatra, dan juga dipengaruhi oleh masa air Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). Arus *eddies* yang terbentuk di perairan Selatan Jawa-Bali ini juga dapat dianalisa berdasarkan musiman dari tahun 2011 hingga 2013 sebagai berikut :

a. Musim Barat

Pada Musim Barat yaitu sekitar bulan Desember hingga Pebruari, arus *eddies* cenderung terbentuk di bawah Lintang 9°LS baik arah putarannya searah jarum jam (siklonik) maupun berlawanan arah jarum jam (antisiklonik). (Stewart, 2008) dibelahan bumi selatan, jika *eddies* bergerak searah jarum jam

maka akan menyebabkan *upwelling*, sebaliknya jika *eddies* bergerak berlawanan jarum jam akan menyebabkan *downwelling*. Keberadaan arus *eddies* pada bulan Pebruari tahun 2013 dapat dilihat berdasarkan distribusi arus permukaan, gambar 4.9:

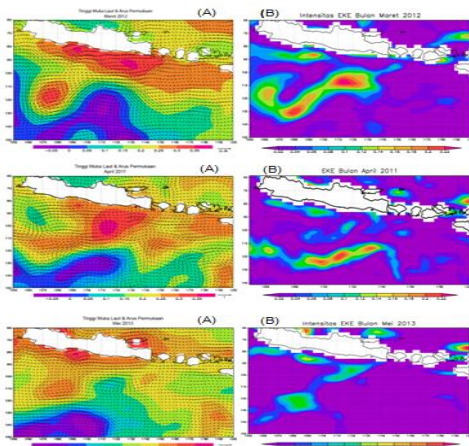


Gambar 4.9 (A) arus *eddies* siklonik (vektor panah) dan Tinggi muka laut (shaded color), (B) Intensitas EKE bulan Pebruari tahun 2013

Dari gambar 4.9 dapat dilihat sirkulasi arus permukaan dipengaruhi oleh angin pada musim Barat di Selatan Jawa bergerak maksimum dari Barat menuju ke Benua Australia, sirkulasi tersebut berperan penting dalam pembentukan arus permukaan (Wyrkti,1961). Intensitas EKE pada bulan ini cukup rendah terjadi pada lintang 9°LS hingga 12°LS berkisar antara 0.14m²/s² sampai 0.1m²/s². Ketika musim Barat, arus *South Java Current* (SJC) berada pada kondisi maksimum dan bergerak hingga ujung Timur Pulau Jawa (Priyono, 2013). Aliran *Indonesian Trough Flow* (ITF) yang mengalir melewati Selat Lombok di bulan Pebruari memiliki kecepatan arus yang tidak besar dan bergerak kearah Selatan. Berdasarkan sistem arus selama musim barat mempengaruhi intensitas EKE yang terjadi, pola arus permukaan menunjukkan adanya pusaran siklonik pada lintang 9.5°LS-112.5°BT, 13°LS-109°BT dan 13.5°LS-113.5°BT. Pusaran tersebut terjadi karena adanya pertemuan arus *Shouth Equator Current* (SEC) dari Timor bergerak mengalir hingga ke Barat dengan *Shouth Java Current* (SJC) . Daerah siklonik ditandai dengan rendahnya tinggi muka laut (gambar 4.9) antara -0.05 sampai -0.1 meter.

b. Musim Peralihan I

Pada Musim peralihan I yaitu sekitar bulan Maret, April dan Mei arus *eddies* juga terbentuk di atas Lintang 10°LS, seperti gambar 4.10 :

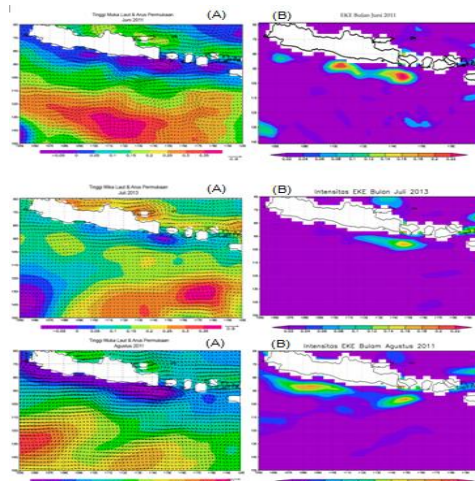


Gambar 4.10 Arus *eddies* siklonik (vektor panah) dan Tinggi muka laut (shaded color), (B) Intensitas EKE bulan Maret, April, Mei tahun 2011-2013

Arus permukaan mengalami penguatan intensitas EKE pada bulan Maret-April $0.18 \text{ m}^2/\text{s}^2$ hingga $0.22 \text{ m}^2/\text{s}^2$ yang disebabkan oleh South Equator Current dan arus musiman yang bergerak ke arah Timur masih terlihat. Pada bulan Mei distribusi arus permukaan yang dipengaruhi angin musiman sudah mulai ada pembelokan bergerak dari arah Timur ke Barat. Pertemuan arus *South Equator Current* dengan *Indonesian Trough Flow* melalui Timor menyebabkan siklonik *eddies* dibawah lintang 10°LS . Pada penelitian ini, lokasi *upwelling* terbanyak ditemukan antara bujur 110°BT hingga 120°BT .

c. Musim Timur

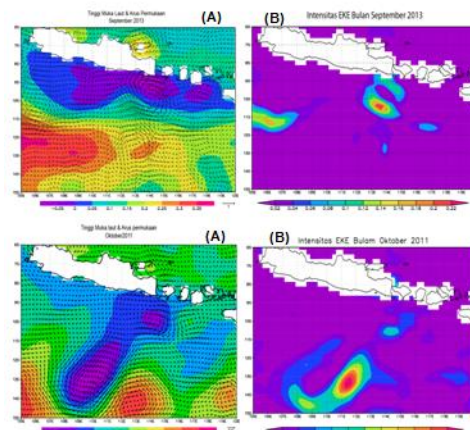
Selama musim timur pada bulan Juni, Juli, Agustus rata-rata siklonik *eddies* terjadi di sepanjang selatan pantai Selatan Jawa-Bali. Sehingga *upwelling* terjadi di sekitar perairan pantai. Arus *eddies* yang terjadi diduga akibat pergerakan arus yang dipengaruhi oleh angin, kejadian tersebut disebabkan oleh arus katulistiwa selatan yang bergerak ke arah Barat bertemu dengan ARLINDO, Intensitas EKE yang terjadi lebih besar dibandingkan pada musim Barat yaitu antara $0.2 \text{ m}^2/\text{s}^2$ hingga $0.22 \text{ m}^2/\text{s}^2$ di sepanjang area pantai seperti gambar 4.11.



Gambar 4.11 Arus *eddies* siklonik (vektor panah) dan Tinggi muka laut (shaded color), (B) Intensitas EKE bulan Juni, Juli, Agustus tahun 2011-2013

d. Musim Peralihan II

Pada musim peralihan II di bulan September, Oktober, Nopember arus *eddies* yang terbentuk akibat dari arus *South Java Current* bergerak ke arah barat dan *Indonesian Trough Flow* bergerak ke arah daya. Pertemuan arus tersebut menyebabkan terbentuknya *eddies* siklonik lintang 10°LS dan 13°LS , Intensitas EKE terjadi penguatan terbesar pada bulan Oktober antara $0.1 \text{ m}^2/\text{s}^2$ hingga $0.22 \text{ m}^2/\text{s}^2$ dan memiliki diameter *eddies* cukup besar, seperti gambar 4.12:



Gambar 4.12 Arus *eddies* siklonik (vektor panah) dan Tinggi muka laut (shaded color), (B) Intensitas EKE bulan September-Oktober tahun 2011-2013

E. Arah Operasi Keamanan Laut Berdasarkan Parameter Oseanografi dan Data Tangkapan Ikan Tahun 2011-2013

Masalah keamanan laut Indonesia sangat beragam. Mulai dari keselamatan, penyelundupan, perompakan, illegal fishing, illegal logging sampai pencemaran. Dalam penelitian ini kegiatan operasi keamanan laut mengarah pada kegiatan operasi yang memanfaatkan data satelit untuk menganalisa data oseanografi dari fenomena *upwelling* yang terjadi di perairan Samudera Hindia

tepatnya perairan Selatan Jawa-Bali dari tindakan pencurian ikan.

Dari hasil pengamatan data oseanografi dan data tangkapan ikan yang terjadi selama tahun 2011 hingga tahun 2013, secara langsung dapat dimanfaatkan untuk melakukan analisa dan perencanaan awal dalam menentukan arah pelaksanaan operasi keamana laut. Dengan didukung data yang akurat seara spasial maka arah operasi akan lebih efektif dan efisien berdasarkan persentase, seperti pada tabel 4.5:

Tabel 4.5 Prosentase *Upwelling* selama Tahun 2011 hingga Tahun 2013

	MUSIM											
	Barat			Peralihan I			Timur			Peralihan II		
	Desember	Januari	Februari	Marat	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November
Tahun 2011				8,30%	20%	0%	25%	20%	20%		25%	
Tahun 2012				25%							50%	37,50%
Tahun 2013			14%	4,40%	0%	0%	14%	9%		19%	19%	

Berdasarkan tabel 4.5 diatas Fenomena oseanografi hasil pengolahan dapat menunjukkan aktivitas arus *eddies* yang mengakibatkan *upwelling* di sekitar area tangkapan sebagai daerah potensi penangkapan ikan menunjukkan pada bulan Juni hingga Oktober merupakan waktu-waktu yang berpotensi untuk melakukan kegiatan operasi keamanan dari kegitan pencurian ikan di wilayah laut Indonesia. Khususnya pada bulan Oktober di musim peralihan I adanya peningkatan jumlah tangkapan antara 19% sampai 50%. Aktivitas *eddies* yang terjadi setiap bulannya pada posisi di atas lintang 10°LS sampai 15°LS dan 114°BT sampai 120°BT di perairan Selatan Jawa-Bali adalah tempat yang sangat potensial dalam melakukan kegiatan operasi.

Kesimpulan.

Dinamika *eddies* yang mengakibatkan *upwelling* selama periode tahun 2011-2013 yang memiliki intensitas EKE tertinggi antara 0.2 m²/s² hingga 0.22 m²/s², pada area penelitian sebagai indikasi tempat terjadinya *upwelling* di selatan Jawa-Bali terjadi setiap bulannya. Di sepanjang pantai Selatan Jawa-Bali terdapat pada musim Timur rata-rata bulan Juni, Juli dan Agustus Sedangkan pada musim lainnya rata-rata *upwelling* berada di lepas pantai antara lintang 9°LS hingga 14°LS. Berdasarkan verifikasi data tangkapan ikan dan hasil pengolahan data satelit antara bulan Juni hingga Oktober sangat potensial dalam melakukan aktivitas tangkapan karena sesuai dengan kondisi

upwelling. Khususnya pada bulan Oktober hasil tangkapan meningkat antara 19% hingga 50%. Dengan adanya informasi pola waktu dan lokasi parameter oseanografi pada penelitian ini, diharapkan kegiatan operasi keamanan laut lebih terarah sampai pada perencanaan operasi dan dukungan logistik disesuaikan dengan kekuatan pangkalan serta kapal-kapal patroli yang ada terhadap *illegal fishing*.

Daftar Pustaka

- Buranapratheprat. A, Penchan Laongmanee, Natinee Sukramongkol, Ritthiromh Promnas, Sayan Promjinda, Tetsuo Yanagi, 2010, *Upwelling Induced by mesoscale cyclonic eddies in the Andaman Sea*. Journal Costal Marine Science Spesical Section Oceanography.
- Duta. R. A, 2012, *Pemanfaatan Data Satelit Altimetri dan Suhu Laut untuk Penentuan Daerah Penangkapan Optimum Tuna Mata Besar (Thunnus Obesus) di Perairan Selatan Jawa*, Tugas Akhir, Oseanografi, ITB, Bandung
- Edy, I, 2009 *Pengenalan Operasi Laut*, Diktat Pelajaran Diklapa KOBANGDIKAL Surabaya.
- Fan Jia, Lixin Wu, Bo Qiu, 2011, *Sesonal Modulation of Eddy Kinetic Energy and Its Form Mechanism in the Southeast Indian Ocean*, Journal of Physical Oceanography.
- Ferrari, R, Carl Wunsch, 2009, *The Distribution Of Eddy Kinetic And Potential Energies In The Global Ocean*, Department of Earth, Amospheric and Planetary Sciences, Massachuset Institue of Technology, Cambridge, MA 02139,US
- Gaol, J. L, Bisma Nababan, 2010, *Deteksi Mesoscale Eddies dari Satelit dan Hubungannya dengan Hasil Tangkapan Ikan Tuna Mata Besar di Perairan Sealtan Jawa*, Jurnal Ilmu Kelautan UNDIP
- Iskandar. I, Sasaki. H, Sasai. H, Masumoto. Y, Mizuno. K, 2010, *Numerical Investigation of Eddy – Induced Chlorophyll bloom In The Southeastern Tropical Indian Ocean*

- During Indian Ocean Dipole – 2006, Springer-Verlag 2010
- <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.pressure.htm>
- Kartadikaria. A.R, Miyazawa. Y, Nadaoka. K, Watanabe. A, 2011, Existence of eddies at crossroad of the Indonesian seas, Springer-Verlag 2011
- <http://www.bom.gov.au/> - Bureau of Meteorology National Climate Centre, Climate Analysis Section.
- Kunarso, 2005, Kajian Penentuan Lokasi-lokasi Upwelling di Perairan Indonesia dan Sekitarnya serta Kaitannya dengan Fishing Ground Tuna, Tesis Magister, Pasca Sarjana ITB, Bandung.
- <http://fishbase.org>
- <http://www.avisioceanobs.com>
- <http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov>
- Martono. 2009. Karakteristik dan Variabilitas Bulanan Angin Permukaan di Perairan Samudera Hindia. Makara Sains Vol. 13 No. 2, hal 157-162.
- Nontji, A Supangat, (1977), Pelagic Environment in The Western Part of Jakarta Bay. Mar. Res. Indonesian
- PERKASAL/32/v/2009 Tanggal 4 Mei 2009 Tentang Protap Penegakan Hukum dan Penjagaan Keamanan di Wilayah Laut Yuridiksi Nasional oleh TNI-AL
- Sartono dan Teguh Prayogo, 2014. Analisa Arus Geostropik Permukaan Laut Berdasarkan Data Satelit Altimetri. Seminar Nasional Penginderaan Jauh, hal 561-567.
- Siswanto dan Suratno, 2008, Seasonal Pattern of Wind Induced Upwelling Over Java -Bali Sea waters and Surrounding Area, LAPAN online Journal vol.5
- Stevens. D, Peter D. Killworth, 1992, The Distribution of Kinetic Energy in Southern Ocean: a Comparison Between Observation and an Eddy Resolving General Circulation Model, the Royal Society and author.
- Stewart, R. H. 2002. Introduction to Physical Oceanography. Dept. of Oceanography Texas A & M University.
- Sofian I, 2014, Bimbingan tesis pribadi
- Wyrkti, K. 1961, Physical Oceanography of Southeast Asian Water, Naga Report. Vol 2, The University of California La Jolla, California.

