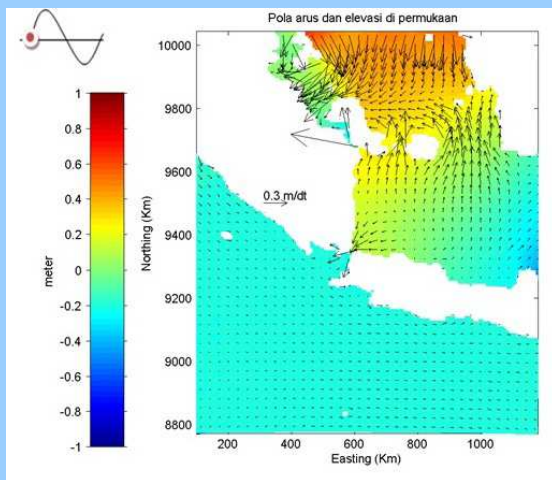


# Jurnal Segara



Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir  
Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan  
Kementerian Kelautan dan Perikanan

ISSN 1907-0659



Pola arus dan elevasi di permukaan saat surut menuju pasang purnama.

## PEMETAAN SPASIAL JALUR PENANGKAPAN IKAN DI WPP-NRI 713 DAN WPP-NRI 716 DALAM RANGKA PENGELOLAAN SUMBER DAYA KELAUTAN DAN PERIKANAN

Ifan Ridlo Suhelmi, Rizki Anggoro Adi, Hari Prihatno & Hariyanto Triwibowo

## PENENTUAN SIKLUS GLASIAL – INTERGLASIAL TERAKHIR PADA SEDIMEN DASAR LAUT KAWASAN LEPAS PANTAI PALABUHANRATU

Rina Zuraida, Rainer A. Troa, Marfasran Hendrizan, Eko Triarso, Luli Gustiantini, Nazar Nurdin, Wahyu S. Hantoro & Shengfa Liu

## SUHU PERMUKAAN LAUT PERAIRAN INDONESIA DAN HUBUNGANNYA DENGAN PEMANASAN GLOBAL

M. Djazim Syaifullah

## KARAKTERISTIK ARUS PASANG SURUT DI SELAT BADUNG, BALI

Tonny Adam Theoyana, Widodo S. Pranowo, Anastasia R.T.D.K & Purwanto

## VARIABILITAS POLA ARUS DAN GELOMBANG DI SELAT KARIMATA

Aida Heriati, Eva Mustikasari & M. Al Azhar

## STRUKTUR GEOLOGI PULAU NANGKA, KABUPATEN BELITUNG TIMUR DAN PEMANFAATAN RUANG KEPULAUAN DAN PERAIRAN SEKITARNYA SEBAGAI SENTRA WISATA DAN MARITIM

Fajar Yudi Prabawa

## STRUKTUR DAN KEPADATAN VEGETASI MANGROVE DI TELUK KUPANG

Rusydi, Ihwan & Suaedin

## SKENARIO TSUNAMI MENGGUNAKAN DATA PARAMETER GEMPABUMI BERDASARKAN KONDISI BATIMETRI

(STUDI KASUS : GEMPABUMI MALUKU 28 JANUARI 2004 )

Robby Wallansha & Wiko Setyonegoro

J. Segara	Volume 11	Nomor 2	Hal. 85 - 168	Jakarta Desember 2015	ISSN 1907-0659
-----------	-----------	---------	---------------	--------------------------	-------------------

# Jurnal Segara

## VOLUME 11 NO.2 DESEMBER 2015

Nomor Akreditasi: 559/AU2/P2MI-LIPI/09/2013  
(Periode Oktober 2013 - Oktober 2016)

Jurnal SEGARA adalah Jurnal yang diasuh oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan – KKP, dengan tujuan menyebarluaskan informasi tentang perkembangan ilmiah bidang kelautan di Indonesia, seperti: oseanografi, akustik dan instrumentasi, inderaja, kewilayahan sumberdaya nonhayati, energi, arkeologi bawah air dan lingkungan. Naskah yang dimuat dalam jurnal ini terutama berasal dari hasil penelitian maupun kajian konseptual yang berkaitan dengan kelautan Indonesia, yang dilakukan oleh para peneliti, akademisi, mahasiswa, maupun pemerhati permasalahan kelautan baik dari dalam dan luar negeri. Terbit pertama kali tahun 2005 dengan frekuensi terbit dua kali dalam satu tahun.

### Pimpinan Redaksi/Penanggung Jawab

Dr. Budi Sulistiyo

### Pemimpin Pengelola Redaktur

Prof. Dr. Ngurah N. Wiadnyana (Oseanografi) - KKP

### Dewan Editor

Dr. Sugiarta Wirasantosa (Kebumian) - KKP  
Dr. I Wayan Nurjaya (Oseanografi) - IPB  
Dr. Poempida Hidayatulloh, B.Eng. Ph.D, DIC (Teknik Instrumentasi) - Universitas Mercu Buana  
Dr.-Ing. Widodo Setiyo Pranowo (Oseanografi) - KKP  
Dr. Irsan S. Brodjonegoro (Teknik Kelautan) - ITB  
Prof. Dr.rer.nat. Edvin Aldrian (Meteorologi Klimatologi) - BMKG  
Dr. Andreas A. Hutahean, M.Sc. (Biogeokimia Laut & Oseanografi Kimia) - KKP  
Dr. Khairul Amri (Sumberdaya dan Lingkungan) - KKP

### Redaksi Pelaksana

Triyono, MT. (Geografi) - KKP  
Agus Hermawan, S.Sos. (Ekonomi) - KKP  
Lestari Cendikia Dewi, M.Si. (Geologi & Geofisika) - KKP

### Sekretariat Redaksi

Peter Mangindaan, M.Si (Sumber Daya Pesisir) - KKP  
Joko Subandriyo, S.T (Teknik Elektro) - KKP

### Design Grafis

Dani Saepuloh, A.Md. (Teknik Informatika) - KKP

### Mitra Bestari Edisi ini

Prof. Dr. Ir. Bangun Mulyo Sukojo (Geodesi, Geomatika, Remote Sensing, GIS) - ITS  
Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc. (Oseanografi Fisika) - UNSRI  
Dr.rer.nat. Rina Zurida (Paleoklimat, Paleoseanografi, Paleoenvironment) - KESDM  
Dr. rer. nat. Mutiara Rachmat Putri (Oseanografi Fisika) - ITB

Redaksi Jurnal Ilmiah Segara bertempat di Kantor Pusat Balitbang Kelautan dan Perikanan

Alamat : JL. Pasir Putih I Ancol Timur Jakarta Utara 14430

Telpon : 021 - 6471-1583

Faksimili : 021 - 6471-1654

E-mail : jurnal.segara@gmail.com

Website : <http://p3sdlp.litbang.kkp.go.id>

Jurnal Segara Volume 11 No. 2 Desember 2015 diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir Tahun Anggaran 2015

# Jurnal Segara

## VOLUME 11 NO.2 DESEMBER 2015

### Mitra Bestari

- Dr.-Ing. Widjo Kongko, M.Eng. (Teknik Pantai, Teknik Gempa/Tsunami) - BPPT  
 Dr. Haryadi Permana (Geologi-Tektonik) - LIPI  
 Ir. Suhari, M.Sc (Pusat Sumberdaya Air Tanah dan Lingkungan) - KESDM  
 Dr. I. Nyoman Radiarta (Lingkungan, SIG dan Remote Sensing) - KKP  
 Dr. Makhfud Efendy (Teknologi Kelautan) - UNIVERSITAS TRUNOJOYO  
 Dr. Ir. Munasik, M.Sc (Oseanografi Biologi) - UNDIP  
 Dr. rer. nat. Mutiara Rachmat Putri (Oseanografi Fisika) - ITB  
 Dr. Ivonne M. Radjawane, M.Si., Ph.D. (Oseanografi Pemodelan) - ITB  
 Dr. Ir. Ario Damar, M.Si. (Ekologi Laut) - IPB  
 Prof. Dr. Rosmawaty Peranginangin (Pasca Panen Perikanan) - KKP  
 Prof. Dr. Safwan Hadi (Oseanografi) - ITB  
 Prof. Dr. Hasanuddin Z. Abiddin (Geodesi dan Geomatika) - ITB  
 Dr. Ir. Yan Rizal R., Dipl. Geol. (Geologi Lingkungan) - ITB  
 Ir. Tjoek Aziz Soeprapto, M.Sc (Geologi) - KESDM  
 Lili Sarmili, M.Sc. (Geologi Kelautan) - KESDM  
 Dr. Nani Hendiarti (Penginderaan Jauh Kelautan dan Pesisir) - BPPT  
 Prof. Dr. Cecep Kusmana (Ekologi dan Silvikultur Mangrove) - IPB  
 Dr. Agus Supangat, DEA (Oseanografi) - DNPI  
 Dr. Wahyu Widodo Pandoe (Oseanografi) - BPPT  
 Dr. Hamzah Latief (Tsunami) - ITB  
 Dr. Herryal Zoelkarnaen Anwar, M.Eng. (Manajemen Resiko Bencana) - LIPI  
 Dr. Ir. Sam Wouthuyzen, M.Sc. (Oseanografi Perikanan) - LIPI  
 Prof. Dr. Wahyoe S. Hantoro (Geologi Kelautan, Geoteknologi) - LIPI  
 Dr. rer.nat. Rokhis Khamarudin (Penginderaan Jauh Kelautan) - LAPAN  
 Yudhicara, M.Sc. (Sedimentologi Kelautan) - KESDM  
 Noir Primadona Purba, M.Si. (Oseanografi) - UNPAD  
 Dr. Fadli Syamsudin (Oseanografi) - BPPT  
 Prof. Dr. Ir. Bangun Mulyo Sukojo (Geodesi, Geomatika, Remote Sensing, GIS) - ITS  
 Dr.rer.nat. Rina Zurida (Paleoklimat, Paleoseanografi, Paleoenvironment) - KESDM  
 Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc. (Oseanografi Fisika) - UNSRI

Redaksi Jurnal Ilmiah Segara bertempat di Kantor Pusat Balitbang Kelautan dan Perikanan

Alamat : JL. Pasir Putih I Ancol Timur Jakarta Utara 14430

Telpon : 021 - 6471-1583

Faksimili : 021 - 6471-1654

E-mail : jurnal.segara@gmail.com

Website : <http://p3sdlp.litbang.kkp.go.id>

Jurnal Segara Volume 11 No. 2 Desember 2015 diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir Tahun Anggaran 2015

# Jurnal Segara

**Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir  
Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan  
Kementerian Kelautan dan Perikanan**

Volume 11 Nomor 2 Desember 2015  
Hal. 85 - 168

---

**PEMETAAN SPASIAL JALUR PENANGKAPAN IKAN DI WPP-NRI 713 DAN WPP-NRI 716 DALAM RANGKA PENGELOLAAN SUMBER DAYA KELAUTAN DAN PERIKANAN**

Ifan Ridlo Suhelmi, Rizki Anggoro Adi, Hari Prihatno & Hariyanto Triwibowo

**PENENTUAN SIKLUS GLASIAL – INTERGLASIAL TERAKHIR PADA SEDIMEN DASAR LAUT KAWASAN LEPAS PANTAI PALABUHANRATU**

Rina Zuraida, Rainer A. Troa, Marfasran Hendrizan, Eko Triarso, Luli Gustiantini, Nazar Nurdin, Wahyu S. Hantoro & Shengfa Liu

**SUHU PERMUKAAN LAUT PERAIRAN INDONESIA DAN HUBUNGANNYA DENGAN PEMANASAN GLOBAL**

M. Djazim Syaifullah

**KARAKTERISTIK ARUS PASANG SURUT DI SELAT BADUNG, BALI**

Tonny Adam Theoyana, Widodo S. Pranowo, Anastasia R.T.D.K & Purwanto

**VARIABILITAS POLAARUS DAN GELOMBANG DI SELAT KARIMATA**

Aida Heriati, Eva Mustikasari & M. Al Azhar

**STRUKTUR GEOLOGI PULAU NANGKA, KABUPATEN BELITUNG TIMUR DAN PEMANFAATAN RUANG KEPULAUAN DAN PERAIRAN SEKITARNYA SEBAGAI SENTRA WISATA DAN MARITIM**

Fajar Yudi Prabawa

**STRUKTUR DAN KEPADATAN VEGETASI MANGROVE DI TELUK KUPANG**

Rusydi, Ihwan & Suaedin

**SKENARIO TSUNAMI MENGGUNAKAN DATA PARAMETER GEMPABUMI BERDASARKAN KONDISI BATIMETRI**

**(STUDI KASUS : GEMPABUMI MALUKU 28 JANUARI 2004 )**

Robby Wallansha & Wiko Setyonegoro

## **PENGANTAR REDAKSI**

Jurnal Segara adalah jurnal yang diterbitkan dan didanai oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan.

Jurnal Segara Volume 11 No. 2 Desember 2015 merupakan terbitan ke dua Tahun Anggaran 2015. Naskah yang dimuat dalam Jurnal Segara berasal dari hasil penelitian maupun kajian konseptual yang berkaitan dengan kelautan Indonesia, yang dilakukan oleh para peneliti, akademis, mahasiswa, maupun pemerhati permasalahan kelautan dari dalam dan luar negeri.

Pada nomor ke dua 2015, jurnal ini menampilkan 8 artikel ilmiah hasil penelitian tentang: Pemetaan Spasial Jalur Penangkapan Ikan di WPP-NRI 713 dan WPP-NRI 716 dalam Rangka Pengelolaan Sumber Daya Kelautan dan Perikanan; Penentuan Siklus Glasial – Interglasial Terakhir Pada Sedimen Dasar Laut Kawasan Lepas Pantai Palabuhanratu; Suhu Permukaan Laut Perairan Indonesia dan Hubungannya dengan Pemanasan Global; Karakteristik Arus Pasang Surut di Selat Badung, Bali; Variabilitas Pola Arus dan Gelombang di Selat Karimata; Struktur Geologi Pulau Nangka, Kabupaten Belitung Timur dan Pemanfaatan Ruang Kepulauan dan Perairan Sekitarnya Sebagai Sentra Wisata dan Maritim; Struktur dan Kepadatan Vegetasi Mangrove di Teluk Kupang; Skenario Tsunami Menggunakan Data Parameter Gempabumi Berdasarkan Kondisi Batimetri (Studi Kasus : Gempabumi Maluku 28 Januari 2004).

Diharapkan karya tulis ilmiah tersebut dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang kelautan Indonesia. Akhir kata, Redaksi mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga atas partisipasi aktif peneliti dalam mengisi jurnal ini.

REDAKSI

# Jurnal Segara

**Volume 11 Nomor 2 DESEMBER 2015**

DAFTAR ISI	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
LEMBAR ABSTRAK .....	iii-vii
 Pemetaan Spasial Jalur Penangkapan Ikan di WPP-NRI 713 dan WPP-NRI 716 dalam Rangka Pengelolaan Sumber Daya Kelautan dan Perikanan Ifan Ridlo Suhelmi, Rizki Anggoro Adi, Hari Prihatno & Hariyanto Triwibowo .....	85-92
 Penentuan Siklus Glasial – Interglasial Terakhir Pada Sedimen Dasar Laut Kawasan Lepas Pantai Palabuhanratu Rina Zuraida, Rainer A. Troa, Marfasran Hendrizan, Eko Triarso, Luli Gustiantini, Nazar Nurdin, Wahyu S. Hantoro & Shengfa Liu .....	93-101
 Suhu Permukaan Laut Perairan Indonesia dan Hubungannya dengan Pemanasan Global M. Djazim Syaifullah .....	103-113
 Karakteristik Arus Pasang Surut di Selat Badung, Bali Tonny Adam Theoyana, Widodo S. Pranowo, Anastasia R.T.D.K & Purwanto .....	115-123
 Variabilitas Pola Arus dan Gelombang di Selat Karimata Aida Heriati, Eva Mustikasari & M. Al Azhar .....	125-136
 Struktur Geologi Pulau Nangka, Kabupaten Belitung Timur dan Pemanfaatan Ruang Kepu- lauan dan Perairan Sekitarnya Sebagai Sentra Wisata dan Maritim Fajar Yudi Prabawa .....	137-146
 Struktur dan Kepadatan Vegetasi Mangrove di Teluk Kupang Rusydi, Ihwan & Suaedin .....	147-157
 Skenario Tsunami Menggunakan Data Parameter Gempabumi Berdasarkan Kondisi Batimetri (Studi Kasus : Gempabumi Maluku 28 Januari 2004) Robby Wallansha & Wiko Setyonegoro .....	159-168

**PEMETAAN SPASIAL JALUR PENANGKAPAN IKAN  
DI WPP-NRI 713 DAN WPP-NRI 716 DALAM RANGKA  
PENGELOLAAN SUMBER DAYA KELAUTAN DAN PERIKANAN**

**FISHING LINE OF SPATIAL MAPPING  
AT WPP-NRI 713 AND 716 IN ORDER  
MARINE RESOURCE MANAGEMENT AND FISHERIES**

Ifan Ridlo Suhelmi, Rizki Anggoro Adi, Hari Prihatno & Hariyanto Triwibowo

**ABSTRAK**

Jalur penangkapan ikan adalah wilayah perairan yang merupakan bagian dari WPP-NRI untuk pengaturan dan pengelolaan kegiatan penangkapan yang menggunakan alat penangkapan ikan yang diperbolehkan dan/atau yang dilarang. Penentuan jalur penangkapan ikan memerlukan berbagai data yang mendukung antara lain data garis pantai, data wilayah konservasi, data daerah buangan amunisi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan batas-batas jalur penangkapan ikan berdasarkan Kepmen KP Nomor 2 Tahun 2011. Metode penarikan batas kewenangan menggunakan Sistem Informasi Geografi dengan cara *buffering* garis pantai. Selain metode *buffering* juga digunakan metode analisis tumpang susun peta. Berdasarkan hasil kajian dengan mempertimbangkan berbagai aspek penentu penarikan jalur penangkapan, diperoleh suatu peta yang menunjukkan batas-batas jalur penangkapan. Batas-batas ini memiliki posisi koordinat geografi tertentu.

**Kata kunci:** Sistem informasi geografi, jalur penangkapan ikan, pengelolaan sumberdaya ikan

**ABSTRACT**

*Fishing areas are the waters zone of the WPP-NRI for the regulation and management of fishing activities using fishing allowed and/or prohibited. Determination of fishing zone requires a variety of data such as the coastline, conservation data areas, waste ammunition blood data. The purpose of this study was to determine the boundaries of the fishing zone according to Ministry Regulation Number 2 in 2011. Geographical Information System was used to buffer the coastline. Overlay method used is to analyze the boundaries that resulted by buffering coastline. The result shows that by considering many aspects obtained a map showing the boundaries of the fishing zone. These limits of fishing zone have specific geographic coordinates.*

**Keywords:** Geographic information system, fishing zone, fishing management

---

**PENENTUAN SIKLUS GLASIAL – INTERGLASIAL TERAKHIR  
PADA SEDIMEN DASAR LAUT KAWASAN LEPAS PANTAI PALABUHANRATU**

**THE LAST GLACIAL AND INTERGLACIAL CYCLE IDENTIFICATION  
OF SEAFLOOR SEDIMENT OFFSHORE OF PALABUHANRATU**

Rina Zuraida, Rainer A. Troa, Marfasran Hendrizan, Eko Triarso, Luli Gustiantini,  
Nazar Nurdin, Wahyu S. Hantoro & Shengfa Liu

**ABSTRAK**

Kawasan Lepas Pantai Palabuhanratu yang terletak di wilayah Jawa Barat bagian selatan dipengaruhi oleh dinamika laut Selat Sunda dan Samudera Hindia bagian timur. Kondisi ini terekam dalam sedimen dasar laut dan tersimpan sebagai informasi berbagai proses yang terjadi di perairan tersebut pada rentang waktu geologi tertentu. Penelitian ini menggunakan contoh inti sedimen dasar laut SO184-10043 (7°18,57' LS dan 105° 3,45' BT, kedalaman 2.166 m, panjang 360 cm) yang diambil pada saat *cruise* PABESIA dengan menggunakan kapal riset Sonne di Selat Sunda pada 2005. Metode penelitian yang digunakan adalah penarikan umur (*dating*) radiokarbon ( $^{14}\text{C}$ ) dan analisis isotop oksigen ( $\delta^{18}\text{O}$ ) pada foraminifera plankton *Globigerinoides ruber*. Hasil penarikan umur isotop  $^{14}\text{C}$  terhadap 16 cuplikan contoh menunjukkan bahwa contoh inti SO184-10.043 merekam Siklus Glasial Terakhir hingga 35.000 tahun yang lalu. Hasil pengukuran  $\delta^{18}\text{O}$  memberikan nilai Deglasiasi yang lebih besar dari daerah sekelilingnya yang diduga akibat terhubungnya Laut Jawa yang memungkinkan mengalirnya air dari Laut Cina Selatan dengan salinitas dan suhu yang lebih rendah menuju Samudera Hindia melalui daerah penelitian. Rekonstruksi suhu permukaan laut dari data isotop  $\delta^{18}\text{O}$  memberikan nilai suhu deglasiasi yang jauh lebih tinggi yang diduga akibat faktor lokal yang mempengaruhi nilai salinitas di daerah penelitian.

**Kata kunci:** sedimen dasar laut, penarikan umur radiokarbon,  $\delta^{18}\text{O}$ , Selat Sunda, Siklus Glasial – Interglasial Terakhir, Deglasiasi

**ABSTRACT**

*Palabuhanratu waters in the southern part of West Java are affected by sea waters dynamics of Sunda Strait and Eastern Indian Ocean. These waters dynamic was recorded in marine sediments and stored as information of various processes occurring in the area in particular geological timescales. This study used marine sediment of core SO184-10043 (7°18,57' S and 105° 3,45' E, 2166 m water depth, 360 cm long) acquired during PABESIA cruise onboard RV Sonne in 2005. The methods applied in this study were radiocarbon ( $^{14}\text{C}$ ) dating and oxygene isotope ( $\delta^{18}\text{O}$ ) analysis on planktonic foraminifer *Globigerinoides ruber*. The result of radiocarbon dating on 16 subsamples shows that the core covered the Last Glacial Cycle up to 35,000 years ago. Oxygene isotope record indicates higher isotope values compared to surrounding waters that might be caused by connectivity of Java Sea which allows low salinity and cooler seawater of South China Sea flowing to the Indian Ocean through the study area. Reconstruction of sea surface temperatures from  $\delta^{18}\text{O}$  exhibits warmer Deglaciation temperature that might be related to local factors impacting salinity in Palabuhanratu waters.*

**Keywords:** seafloor sediment, radiocarbon dating,  $\delta^{18}\text{O}$ , Sunda Strait, Last Glacial – Interglacial Cycle, Deglaciation



# SUHU PERMUKAAN LAUT PERAIRAN INDONESIA DAN HUBUNGANNYA DENGAN PEMANASAN GLOBAL

## SEA SURFACE TEMPERATURE ANALYSIS OVER INDONESIAN WATERS AND ITS RELATION TO GLOBAL WARMING

M. Djazim Syaifullah

### ABSTRAK

Analisis suhu permukaan laut/SPL (*Sea Surface Temperature* – SST) telah dilakukan di perairan Indonesia untuk melihat hubungannya dengan pemanasan global. Data yang digunakan adalah data suhu permukaan laut (sumber: *National Centers for Environmental Prediction, National Weather Service, NOAA*) dalam bentuk grid format ASCII selama 32 tahun (1982 – 2014), dengan skala spasial  $1^\circ \times 1^\circ$  geografis dan skala temporal mingguan. Analisis dilakukan dengan dua cara yaitu analisis temporal dan spasial. Analisis temporal untuk melihat *trend* dari anomali suhu permukaan laut rerata beberapa wilayah tertentu, sedangkan analisis spasial untuk melihat wilayah yang mengalami kenaikan suhu permukaan laut dan sebaliknya. Hasil analisis menunjukkan bahwa selama lebih 32 tahun telah terjadi peningkatan suhu permukaan Lautan di wilayah Indonesia yang bervariasi. Kenaikan suhu permukaan laut (SPL) yang paling besar terjadi di Lautan Pasifik Barat di sebelah utara Papua. Secara umum dapat dilihat bahwa anomali SPL di wilayah Indonesia terbagi menjadi anomali positif dan negatif yang terpisah di belahan bumi bagian selatan dan belahan bumi bagian utara.

**Kata kunci:** Anomali suhu permukaan laut, perairan Indonesia, analisis spasial, pemanasan global

### ABSTRACT

Analysis of the sea surface temperatures was done in Indonesian waters to investigate its relation to the global warming. Data in the form of grid the format have 32 years long with scales spatial  $1^\circ \times 1^\circ$  geographic and temporal scale weekly are used. Analysis is conducted by two ways namely temporal and spatial analysis. The temporal analysis is to see the trend of mean temperature anomaly of the sea in some certain regions, while spatial analysis is to see which area experiencing a rise in sea surface temperature and which ones are otherwise. The result of analysis shows that in over 32 years there has been increasing sea surface temperature being varied. The highest increasing of sea surface temperature occurs in marine the western pacific to the North of Papua. In general it can be seen that the sea surface temperature anomaly in the Indonesia waters was divided into negative and positive anomaly separate in Southern hemisphere and the Northern hemisphere.

**Keywords:** Sea surface temperature anomaly, Indonesian waters, spacial analysis, global warming

---

## KARAKTERISTIK ARUS PASANG SURUT DI SELAT BADUNG, BALI

### OCEAN CURRENT CHARACTERISTICS IN BADUNG STRAIT, BALI

Tonny Adam Theoyana, Widodo S. Pranowo, Anastasia R.T.D.K & Purwanto

### ABSTRAK

Selat Badung merupakan percabangan outlet dari Selat Lombok yang berada di antara Pulau Bali dan Pulau Nusa Penida. Kajian arus di lokasi ini diperlukan untuk mengetahui pola dan karakteristik arus berdasarkan komponen harmonik pasang surut. Pengukuran data di perairan lokasi penelitian dilaksanakan pada 20 Juni 2014 - 5 Juli 2014 dengan interval perekaman 30 menit. Berdasarkan hasil perekaman, kecepatan arus di Selat Badung berkisar dari 0,2 cm/s - 204,3 cm/s. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis harmonik dengan menggunakan toolbox *t\_tide* dalam software Matlab yang dapat memisahkan data arus perekaman menjadi data arus harmonik dan non-harmonik dengan mengeluarkan komponen pasang surut yang berpengaruh terhadap keberlangsungan arus harmoniknya. Berdasarkan hasil penelitian, pola arus didominasi oleh arus non harmonik ke arah tenggara. Komponen harmonik yang berpengaruh besar pada lokasi tersebut adalah M2 dan S2.

**Kata kunci:** Selat badung, Arus Laut, Pola dan Karakteristik, Komponen Harmonik, *t\_tide*

### ABSTRACT

Badung Strait is a branch outlet of the Lombok Strait which located between Bali Island and Nusa Penida Island. The aim of this study is to determine ocean current characteristic based on tidal harmonic component. Data acquisition using ADCP was held on June 20th, 2014 – July 5th, 2014 with 30 minutes of interval record. Based on that recording, current velocities at Badung Strait are between 0,2 cm/s and 204,3 cm/s. Harmonic analysis method was used in this study with *T\_tide* toolbox in Matlab language were used to separate the time series data into harmonic and non-harmonic. Based on the research results, the current pattern is dominated by non-harmonic currents to the southeast direction. The Harmonic components which dominantly appears on the site are Principal lunar semidiurnal (M2) and Principal solar semidiurnal (S2).

**Keywords:** Badung Strait, Ocean current, Pattern and Characteristic, Harmonic Component, *t\_tide*



---

**VARIABILITAS POLA ARUS DAN GELOMBANG DI SELAT KARIMATA**  
**THE VARIABILITY OF CURRENT AND WAVE PATTERN IN KARIMATA STRAIT**

Aida Heriati, Eva Mustikasari & M. Al Azhar

**ABSTRAK**

Tulisan ini membahas mengenai kondisi parameter fisik di daerah perairan Selat Karimata, yaitu kondisi angin, kondisi pasang surut, kondisi gelombang dan kondisi arus hasil dari pemodelan oseanografi. Data yang digunakan untuk pengolahan adalah data angin dari hasil pengamatan, data pasang surut dari *Tide Model Driver* (TMD) dan data batimetri dari GEBCO. Kejadian angin paling dominan terjadi adalah dari arah selatan dengan persentase kejadian sebanyak 7,4%, tenggara 6,8% dan timur 6,5% dan hasil pemodelan gelombang menggunakan metode Sverdrup-Munk-Bretschneider memperlihatkan kondisi gelombang dengan arah gelombang dominan adalah arah tenggara dengan jumlah persentase kejadian sebesar 6,76 %, dengan persentase yang paling tinggi adalah pada kejadian gelombang dengan ketinggian 0,1 – 1 m. Pasang surut yang terjadi di Selat Karimata adalah pasang surut tipe tunggal (*diurnal tides*). Kondisi arus hasil pemodelan di perairan Selat Karimata menunjukkan bahwa arus yang kuat terjadi pada saat kondisi pasang dengan kecepatan maksimum arus yang terjadi adalah sebesar 0,6 m/det yang terjadi pada kondisi pasang menuju surut purnama.

**Kata kunci:** arus, gelombang, Selat Karimata, pasang surut

**ABSTRACT**

*This paper discusses about the physical parameters condition in Karimata Strait, namely wind conditions, tidal conditions, wave conditions and current conditions from oceanographic modeling. The ten-year wind data derived from field observation, tidal data from Tide Model Driver (TMD) and bathymetric data from GEBCO are used for the analysis. The result shows that the most dominant wind occurs through south about 7.4%, southeast 6.8% and east 6.5%. Wave modeling using Sverdrup-Munk-Bretschneider method shows the result that dominant wave direction is toward southeast within the percentage of 6.76 %, the highest percentage occurs in the wave height between 0.1 to 1 m. Type of tides in Karimata strait is categorized as diurnal tides. Current conditions modelling shows the strong currents occur in tidal conditions within a maximum speed of 0.6 m/sec occurred at the tide to the low tide in full moon conditions.*

**Keywords:** currents, waves, Karimata Strait, tides

---

**STRUKTUR GEOLOGI PULAU NANGKA, KABUPATEN BELITUNG TIMUR  
DAN PEMANFAATAN RUANG KEPULAUAN DAN PERAIRAN  
SEKITARNYA SEBAGAI SENTRA WISATA DAN MARITIM**

**GEOLOGICAL STRUCTURE OF NANGKA ISLAND, EAST BELITUNG REGENCY  
AND UTILIZATION OF THE ISLAND'S SPATIAL AND IT'S ADJACENT  
FOR A CENTER OF TOURISM AND MARITIME**

Fajar Yudi Prabawa

**ABSTRAK**

Pulau Nangka terletak di Selat Karimata di perairan kawasan timur Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Bangka Belitung Indonesia. Pulau ini terbesar di antara 141 pulau di perairan ini dan strategis lokasinya. Pulau ini mempunyai potensi untuk mendukung kegiatan kelautan dan perikanan di sekitar perairan Karimata. Kondisi geologi Pulau Nangka amat menarik, karena berbeda litologi dengan umumnya pulau di sekitarnya dan pulau gunung batu tersebut dipenuhi patahan dan rekahan sehingga memberikan keunikan tersendiri. Telaah struktur geologi berdasarkan data lapangan menunjukkan adanya indikasi sesar geser mengiri pada bagian tengah pulau Nangka. Namun, penerusannya ke arah laut pada kedua ujung sesar tersebut tidak diketahui. Kondisi alam pulau Nangka dan pulau-pulau di sekitarnya sangat menarik sehingga dapat dimanfaatkan untuk wisata laut dan pantai, untuk tujuan penyelaman, snorkling maupun wisata di hutan mangrove. Arus laut di sekitar lokasi ini umumnya lemah, namun didapati di beberapa bagian arus kencang, sementara kondisi karangnya bagus. Model pemanfaatan dan pengelolaan ruang Pulau Nangka sebagai kawasan wisata pulau dibahas dalam makalah ini, kemudian hasilnya diintegrasikan dengan prinsip Penanggulangan Bencana (PB).

**Kata kunci:** Pulau Nangka Belitung Timur, Struktur geologi pulau batuan beku, rezim geologi Karimata, pemanfaatan ruang pulau.

**ABSTRACT**

*The Nangka Island is located in the Karimata Strait in the waters of Eastern Biliton Regency, the Province of Bangka Belitung Indonesia. This island is the largest among the 141 islands within the area and its location is considered strategic. This island is potential to support marine and fisheries activities in the Karimata waters. Geologic condition of the Nangka island is interesting because its lithology is different from that of the other islands in the surrounding area and the rocky island shows some faults and joints that makes the island unique. Field study and data on the geologic structure indicate a sinistral fault in the middle of the island. However, its continuation towards the sea of both ends is not obvious. The nature condition of the Nangka island and its surrounding islands are enjoyable and can be utilized for marine and coastal tourism, diving, snorkling and mangrove related tourism. Sea current in the location is weak, except at some part of the island having strong current. the other side its coral condition is good. Utilization and spatial management model of the Nangka island for tourism purposes is discussed in this paper, and then the result would be integrated to the system of Disaster Mitigation.*

**Keywords:** Nangka Island Province of Bangka Belitung, geology structure of igneous rock island, Karimata geology region.

---

## STRUKTUR DAN KEPADATAN VEGETASI MANGROVE DI TELUK KUPANG

### DENSITY AND STRUCTURE OF MANGROVE VEGETATION IN KUPANG BAY

Rusydi, Ihwan & Suaedin

#### ABSTRAK

Vegetasi mangrove merupakan komunitas tumbuhan yang hidup di zona pasang surut di sepanjang garis pantai dan dipengaruhi oleh kualitas lingkungan. Meningkatnya kebutuhan manusia menyebabkan banyaknya hutan mangrove yang ditebang, diubah untuk berbagai kepentingan seperti pertambakan, pemukiman dan fasilitas-fasilitas pelabuhan. Teluk Kupang memiliki wilayah pesisir yang cukup kaya sumber daya, salah satunya adalah hutan mangrove. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis dan nilai kerapatan, frekwensi, dominansi dan INP mangrove di Teluk Kupang. Pengambilan data menggunakan metode Petak Contoh (*Transect Line Plot*) dengan menghitung jumlah spesies (pohon, anakan dan semai), jumlah individu masing-masing spesies, persentase tutupan, lingkaran batang dan menganalisis untuk mendapatkan nilai kerapatan, frekwensi, dominansi dan INP (Indeks Nilai Penting). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada 4 (empat) lokasi pengamatan, ditemukan sebanyak 11 jenis mangrove. Adapun 11 jenis mangrove yang ditemukan adalah; *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Burquiera gymnorhiza*, *Osbornia octodonta*, *Avicennia officinalis*, *Avicennia marina*, *Scyphiphora hydrophyllaceae*, *Lumnitzera racemosa*, *Sonneratia alba* dan *Aegiceras corniculatum*. Jenis mangrove yang memiliki indeks nilai penting tertinggi untuk tingkatan pohon yaitu *Rhizophora mucronata* (INP :299,6) dan terendah adalah *Rhizophora stylosa* (INP : 18,5), untuk tingkatan pancang/anakan jenis mangrove yang memiliki indeks nilai penting tertinggi sekaligus terendah adalah *Rhizophora apiculata* (INP : 202 dan 39,62). Sedangkan untuk tingkatan semai, jenis yang memiliki indeks nilai penting tertinggi yaitu *Sonneratia alba* (INP : 174) dan terendah adalah *Burquiera gymnorhiza* dan *Scyphiphora hydrophyllaceae* (INP : 11,80).

**Kata kunci:** Struktur, Kepadatan, Vegetasi mangrove, Teluk Kupang

#### ABSTRACT

Mangrove vegetation is plant communities of tidal zone along the coastline and affected by the quality of the environment. Increased human needs caused many mangrove forests felled, made for various purposes such as aquaculture, settlement and port facilities. Kupang Bay has a fairly rich coastal areas of resources, one of which is a mangrove forest. The purpose of this research is to know the type and the value of the density, frequency, dominance and Important Value Index (IVI) mangroves in Kupang Bay. Retrieving data are using Transect Line Plot method, by counting the number of species (trees, saplings and seedlings), the number of individuals of each species, percent cover, trunk circumference and analyzed to obtain the value of density, frequency, dominance and IVI. The results show that the 4 (four) where observation, found as many as 11 species. These results are in contrast to previous studies there are 14 types. The 11 mangrove species found are; *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Burquiera gymnorhiza*, *Osbornia octodonta*, *Avicennia officinalis*, *Avicennia marina*, *Scyphiphora hydrophyllaceae*, *Lumnitzera racemosa*, *Sonneratia alba* and *Aegiceras corniculatum*. Mangrove species that have an index value of the highest importance to the level of the tree that is *Rhizophora mucronata* (IVI: 299,6) and the lowest *Rhizophora stylosa* (IVI : 18,5), for stake levels / seedlings types of mangrove that had the highest importance value index is the lowest at the same time *Rhizophora apiculata* (IVI : 202 and 39,62). As for the seedling stage, the kind that has the highest importance value index is *Sonneratia alba* (IVI : 174) and the lowest are *Burquiera gymnorhiza* and *Scyphiphora hydrophyllaceae* (IVI : 11,80).

**Keywords:** Structure, Density, Mangrove Vegetation, Kupang Bay

---

## SKENARIO TSUNAMI MENGGUNAKAN DATA PARAMETER GEMPABUMI

### BERDASARKAN KONDISI BATIMETRI (STUDI KASUS : GEMPABUMI MALUKU 28 JANUARI 2004 )

#### TSUNAMI SCENARIOS USING PARAMETER DATA OF EARTHQUAKE BASED ON BATHYMETRY STRUCTURE (CASE STUDY : MALUKU EARTHQUAKE ON JANUARY 28, 2004)

Robby Wallansha & Wiko Setyonegoro

#### ABSTRAK

Wilayah Maluku merupakan salah satu daerah di timur Indonesia yang memiliki potensi tsunami yang cukup tinggi, ini dibuktikan dengan lebih dari 25 kejadian tsunami yang terekam di daerah Maluku dari tahun 1629 – 2006 (katalog database tsunami online Gusiakov (2005), Puspito (2007) dan Katalog Gempa Merusak dan Tsunami BMKG), tsunami yang terbesar terjadi pada 17 Februari 1674 yang menewaskan lebih dari 2900 orang dengan *run-up* hingga mencapai 80 meter menghancurkan kota Ambon dan juga pada 12 Oktober 1899 yang menenggelamkan kota Amahai di Pulau Seram dengan korban tewas mencapai 4.000 orang. Oleh karena itu perlu dilakukan pembuatan skenario tsunami untuk mendapatkan kemungkinan tinggi *run-up* yang bersumber di daerah perairan Maluku dengan menggunakan software Tsunami L-2008. Berdasarkan Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821 – 2009 yang dikeluarkan BMKG, bahwa pada tanggal 28 Januari 2004 telah terjadi gempabumi di Maluku mengakibatkan tsunami yang terobservasi di Namlea, dengan epicenter 3,110

#### ABSTRACT

Moluccas is one region in eastern Indonesia which has a high potential for tsunami, this is evidence by more 25 events of tsunami that record in Maluku from year 1629 – 2006 (katalog database tsunami online Gusiakov (2005), Puspito (2007) dan Katalog Gempa Merusak dan Tsunami BMKG). The largest tsunami occurred in 1674 that killed more 2900 people with *run-up* until 80 meter and destroyed Ambon and at October 12 1899, tsunami submerge Amahai in Ceram Island that killed 4.000 people. Therefore needs to create the scenarios for get a possible *run-up* Source in Maluku with software it Tsunami L-2008. Based on Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821 – 2009 by BMKG, at January 28, 2004 had an earthquake in Molucas an resulted tsunami observed in Namlea, the epicenter 3.110 LS – 127.300 BT with magnitude Mw = 6.6 SR, with 16.8 depth. To create the scenarios of tsunami in this research by change the magnitude of earthquake (Mw=7.0 SR, Mw=7.5 SR, Mw=8.0 SR) based on reference and then use the empirical formula from Hanks and Kanamori to get slip (m) at once create the tsunami

LS – 127,300 BT dengan kekuatan  $M_w = 6,6$  dengan kedalaman 16.8 m. Dalam pembuatan skenario tsunami dalam penelitian ini dengan merubah nilai magnituda gempabumi ( $M_w=7,0$  SR,  $M_w=7,5$  SR,  $M_w=8,0$  SR) berdasarkan referensi setelah itu menggunakan hubungan sebuah rumusan empiris untuk mendapatkan nilai *slip* (m) sekaligus membuat beberapa kombinasi skenario tsunami dengan mempertahankan nilai momen seismik dan merubah nilai luas fault dan *slip* (m), untuk momen seismik didapatkan berdasarkan rumusan empiris dari Wells & Coppersmith (1994) sedangkan untuk luas fault berdasarkan rumusan empiris dengan mengasumsikan bahwa luas fault berbentuk persegi panjang. Dari sebelas skenario tsunami yang dibuat dari setiap magnituda gempabumi diperoleh tinggi *run-up* tertinggi untuk  $M_w=7,0$  SR yaitu dengan tinggi 0,59 m di daerah Huamual sedangkan terendah di daerah Latuhalat dengan tinggi *run-up* 0,09 m, untuk  $M_w = 7,5$  SR diperoleh tinggi *run-up* tertinggi mencapai 2,73 m di Huamual dan terendah 0,36 di Latuhalat, dan untuk  $M_w = 8,0$  SR didapatkan tinggi *run-up* tertinggi hingga 8,19 m di Huamual dan terendah di Latuhalat dengan tinggi *run-up* 0,94 m.

**Kata kunci:** gempabumi Maluku, skenario tsunami, *run-up* tsunami

*scenarios combination and defend the value of moment seismic and change the fault area value and slip (m) value, for moment seismic value obtain based on empirical formula and fault area based on empirical formula with assumed the area fault is rectangular. By eleven of scenarios of tsunami that create from every magnitude of earthquake obtained the highest run-up for  $M_w = 7.0$  SR with 0.59 m in Huamual while the lowest Latuhalat with run-up 0.09 m, For  $M_w = 7.5$  SR get the highest run-up until 2.73 m in Huamula and the lowest is Latuhalat with 0.36 m and for  $M_w = 8.0$  SR obtain the highest run-up until 8.19 m in Huamual and Latuhalat is the lowest wiyh run-up 0.94.*

**Keywords:** Moluccas Earthquake , scenario of tsunami, tsunami run-up

## PEMETAAN SPASIAL JALUR PENANGKAPAN IKAN DI WPP-NRI 713 DAN WPP-NRI 716 DALAM RANGKA PENGELOLAAN SUMBER DAYA KELAUTAN DAN PERIKANAN

Ifan Ridlo Suhelmi<sup>1)</sup>, Rizki Anggoro Adi<sup>1)</sup>, Hari Prihatno<sup>1)</sup> & Hariyanto Triwibowo<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir, Balitbang-KP, KKP

Diterima tanggal: 15 Juli 2015; Diterima setelah perbaikan: 18 September 2015; Disetujui terbit tanggal 21 Oktober 2015

### ABSTRAK

Jalur penangkapan ikan adalah wilayah perairan yang merupakan bagian dari WPP-NRI untuk pengaturan dan pengelolaan kegiatan penangkapan yang menggunakan alat penangkapan ikan yang diperbolehkan dan/atau yang dilarang. Penentuan jalur penangkapan ikan memerlukan berbagai data yang mendukung antara lain data garis pantai, data wilayah konservasi, data daerah buangan amunisi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan batas-batas jalur penangkapan ikan berdasarkan Kepmen KP Nomor 2 Tahun 2011. Metode penarikan batas kewenangan menggunakan Sistem Informasi Geografi dengan cara *buffering* garis pantai. Selain metode *buffering* juga digunakan metode analisis tumpang susun peta. Berdasarkan hasil kajian dengan mempertimbangkan berbagai aspek penentu penarikan jalur penangkapan, diperoleh suatu peta yang menunjukkan batas-batas jalur penangkapan. Batas-batas ini memiliki posisi koordinat geografi tertentu.

**Kata kunci:** Sistem informasi geografi, jalur penangkapan ikan, pengelolaan sumberdaya ikan

### ABSTRACT

*Fishing areas are the waters zone of the WPP-NRI for the regulation and management of fishing activities using fishing allowed and/or prohibited. Determination of fishing zone requires a variety of data such as the coastline, conservation data areas, waste ammunition blood data. The purpose of this study was to determine the boundaries of the fishing zone according to Ministry Regulation Number 2 in 2011. Geographical Information System was used to buffer the coastline. Overlay method used is to analyze the boundaries that resulted by buffering coastline. The result shows that by considering many aspects obtained a map showing the boundaries of the fishing zone. These limits of fishing zone have specific geographic coordinates.*

**Keywords:** Geographic information system, fishing zone, fishing management

### PENDAHULUAN

Kelautan dan perikanan merupakan salah satu sektor pembangunan yang dipandang menjadi penting untuk masa depan bangsa ini. Masa depan bangsa ini ada di laut namun demikian sektor ini belum dikelola secara maksimal. Kelautan dan perikanan dapat menjadi salah satu sumber pertumbuhan ekonomi penting karena berbagai hal antara lain dikarenakan kapasitas suplai sangat besar, sementara permintaan terus meningkat. Selain hal tersebut, pada umumnya produk yang dihasilkan merupakan produk yang dapat diekspor, sedangkan bahan mentah berasal dari sumber daya lokal, sehingga memiliki nilai tambah yang tinggi. Sektor ini juga dapat membangkitkan industri hulu dan hilir yang besar, sehingga menyerap tenaga kerja cukup banyak. Fokus pembangunan sektor kelautan dan perikanan umumnya berlangsung di daerah, sehingga memberikan pemerataan pembangunan yang lebih baik. Dan hal yang tak kalah penting bahwa industri perikanan, bioteknologi dan pariwisata bahari bersifat dapat diperbarui, sehingga mendukung pelaksanaan pembangunan berkelanjutan (Bappenas, 2007).

Dalam memanfaatkan dan mengelola sumber daya kelautan dan perikanan perlu diperhatikan daya dukung dan kemampuan asimilasi wilayah laut, pesisir

dan daratan dalam hubungan ekologis, ekonomis, dan sosial. Ketersediaan sumber daya ini merupakan kunci dalam pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya kelautan dan perikanan. Oleh karena itu, Fiedheim (2000) dalam Bappenas (2007) mengingatkan agar semua negara mampu mengembangkan suatu pola pemanfaatan yang berkelanjutan dan mempelajari bagaimana mengimplementasikan prinsip pengelolaan kelautan.

Fauzi & Anna (2005) mengemukakan bahwa konsep pembangunan perikanan berkelanjutan paling tidak mengandung 4 (empat) aspek. Aspek pertama adalah *Ecological sustainability* (keberlanjutan ekologi), dalam pandangan ini memelihara keberlanjutan biomasa, sehingga tidak melewati daya dukungnya, serta meningkatkan kapasitas dan kualitas dari ekosistem menjadi perhatian utama. Aspek ke dua berupa *Socioeconomic sustainability* (keberlanjutan sosio-ekonomi), dalam konsep ini mengandung makna bahwa pembangunan perikanan harus memperhatikan keberlanjutan dari kesejahteraan pelaku perikanan pada tingkat individu.

Dengan kata lain, mempertahankan atau mencapai tingkat kesejahteraan masyarakat yang lebih tinggi merupakan perhatian dalam kerangka keberlanjutan ini. Aspek ke tiga adalah *Community*



*sustainability*, mengandung makna bahwa keberlanjutan kesejahteraan dari sisi komunitas atau masyarakat haruslah menjadi perhatian membangun perikanan yang berkelanjutan. Aspek ke empat adalah *Institutional sustainability* (keberlanjutan kelembagaan), dalam kerangka ini aspek menyangkut finansial dan administrasi yang sehat merupakan prasyarat dari ketiga pembangunan keberlanjutan di atas.

Pemberian ijin penangkapan ikan merupakan salah satu aspek dalam pengelolaan perikanan berkelanjutan. Pengaturan jenis kapal yang beroperasi disesuaikan dengan kewenangan yang diberikan undang-undang. Oleh karena itu diperlukan pewilayahan laut agar dapat memberikan gambaran batas-batas pengelolaan sesuai dengan kewenangan masing-masing pemerintah pusat dan pemerintah daerah.

Salah satu sarana untuk mendukung keberlanjutan pengelolaan adalah tersedianya data dan basis data yang digunakan dalam pengelolaan. Dengan adanya data dasar maka pengelolaan dapat dilakukan dengan baik. Salah satu sarana untuk membantu dalam pengelolaan adalah Sistem Informasi Geografis (SIG).

Penelitian ini dilakukan untuk mengimplementasikan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 2 Tahun 2011 mengenai jalur penangkapan ikan. Penarikan garis dan batas-batas koordinat mengikuti aturan perundangan yang telah ditetapkan seperti UU No 34 Tahun 2004 mengenai pemerintah daerah, Peraturan Menteri Dalam Negeri No 1 Tahun 2006 mengenai penegasan batas daerah.

## METODE PENELITIAN

Kajian dilakukan di WPP-NRI 713 yang meliputi perairan Selat Makassar, Teluk Bone, Laut Flores, dan Laut Bali dan WPP-NRI 716 meliputi perairan Laut Sulawesi dan sebelah Utara Pulau Halmahera seperti terlihat pada Gambar 1. Kedua WPP-NRI tersebut merupakan 2 (dua) di antara 11 WPP-NRI yang telah ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 18 Tahun 2014.

Data yang diperlukan dalam kajian merupakan data sekunder. Kajian mengenai peraturan perundangan yang terkait dengan batas wilayah, jalur penangkapan ikan, perijinan usaha penangkapan ikan menjadi landasan dilakukannya kajian ini. Aspek teknis pemetaan spasial dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai data yang ada antara lain:

- Peta garis pantai wilayah penelitian
- Peta sebaran kawasan konservasi perairan
- Peta sebaran sumber daya pesisir (mangrove, lamun)
- Peta sebaran buangan amunisi

Metode penarikan batas wilayah kewenangan dilakukan dengan menggunakan teknik analisis *buffer* garis pantai sejauh 12 mil laut. Teknik *buffer* merupakan salah satu teknik dalam SIG untuk membatasi suatu wilayah dengan jarak tertentu dari suatu titik, garis atau area tertentu. Penarikan batas 12 mil laut mengikuti ketentuan yang berlaku pada Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2006 tentang pedoman penegasan batas daerah. Dengan teknik *buffer* ini akan diperoleh wilayah yang berjarak 12 mil laut dari garis pantai yang merupakan kewenangan pemerintah



Gambar 1. Lokasi Penelitian.

daerah. Sedangkan wilayah yang lebih jauh dari 12 mil laut dari garis pantai merupakan wilayah kewenangan Pemerintah Pusat (Gambar 1).

Setelah diperoleh peta batas 12 mil laut selanjutnya dilakukan analisis tumpang susun. Tumpang susun dimaksudkan untuk memperoleh wilayah-wilayah yang telah ditentukan sebagai pemanfaatan yang spesifik, dalam hal ini adalah kawasan konservasi perairan dan daerah buangan amunisi. Selain aspek tersebut, dapat pula ditumpang susunkan dengan faktor lain seperti sebaran karang, koridor ALKI dan data lainnya.

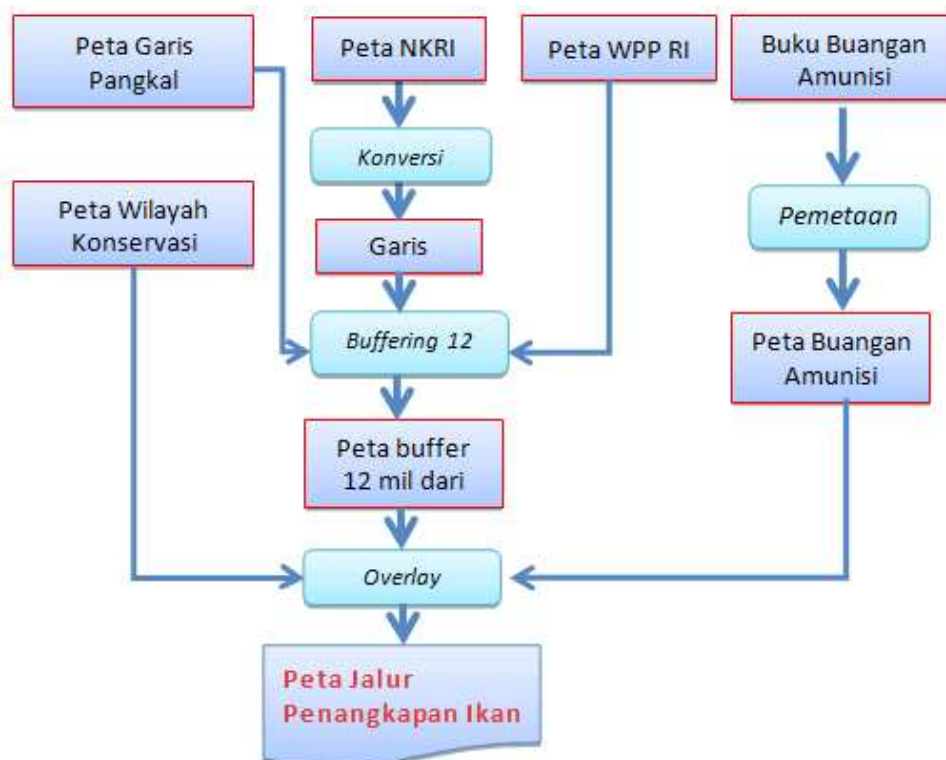
Untuk membantu deskripsi masing-masing jalur yang diperoleh dilakukan penentuan batas-batas dengan mempertimbangkan wilayah-wilayah yang menjadi lokasi konservasi perairan dan daerah berbahaya buangan amunisi. Alur pikir penelitian dapat digambarkan seperti terlihat pada Gambar 2.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kajian ini berupa peta kewilayahan yang menggambarkan batas kewenangan Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah. Kewenangan ini dapat digambarkan manakala basis penarikan berupa garis pantai telah ditetapkan. Garis pantai merupakan garis pertemuan antara daratan dengan lautan yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut (UU No. 4

Tahun 2011). Sesuai dengan UU No 4 Tahun 2011 mengenai Informasi Geospasial, garis pantai terdiri atas 3 (tiga) jenis yaitu (a) garis pantai surut terendah, (b) garis pantai pasang tertinggi, dan (c) garis pantai tinggi muka air laut rata-rata. Adapun penggunaan berbagai tipe garis pantai tersebut diatur bahwa pada Peta Rupabumi Indonesia, garis pantai ditetapkan berdasarkan garis kedudukan muka air laut rata-rata. Sedangkan pada Peta Lingkungan Pantai Indonesia dan Peta Lingkungan Laut Nasional, garis pantai ditetapkan berdasarkan kedudukan muka air laut surut terendah (UU No. 4 Tahun 2011). Masing-masing penentuan garis pantai memiliki tingkat kesulitan tertentu seperti diungkapkan oleh Suhelmi *et al.* (2013).

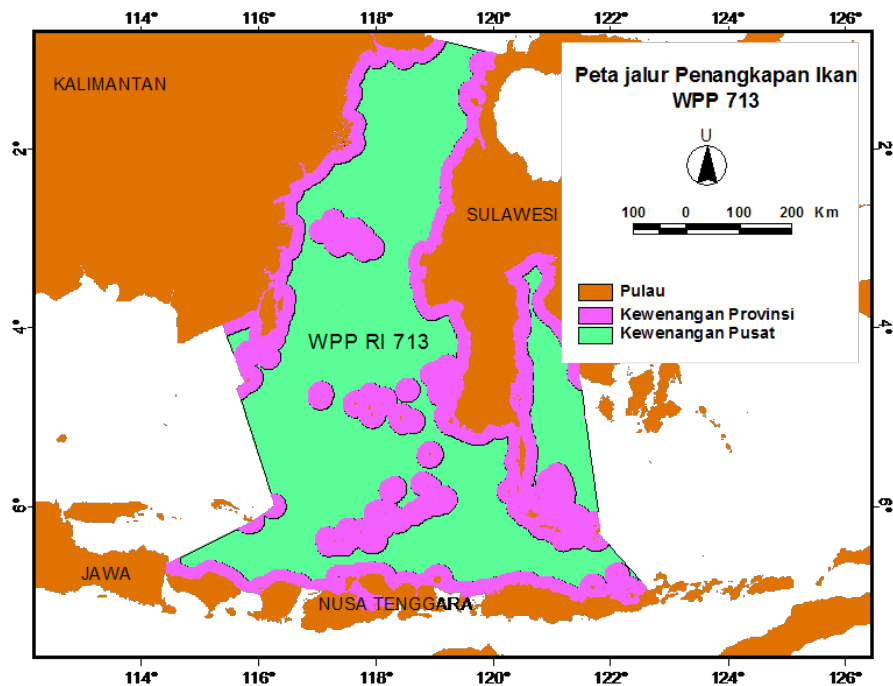
Pada kajian ini, karena keterbatasan data, garis pantai yang digunakan tidak seluruhnya berdasarkan garis pantai Lingkungan Laut Indonesia, beberapa segmen digabungkan dengan garis pantai berdasarkan peta rupa bumi yang menggunakan pasang surut rata-rata. Hal tersebut kurang tepat karena dalam UU No. 32 Tahun 2004 mengenai Pemerintah Daerah dan Permendagri No.1 Tahun 2006 mengenai Pedoman Penegasan Batas Daerah, garis surut terendah yang digunakan sebagai garis dasar untuk penarikan batas. *Buffering* dilakukan menggunakan garis pantai sejauh 12 mil ke arah laut. Berdasarkan data tersebut maka dapat dilakukan analisis kewilayahan yang dapat digunakan sebagai penataan ruang laut.



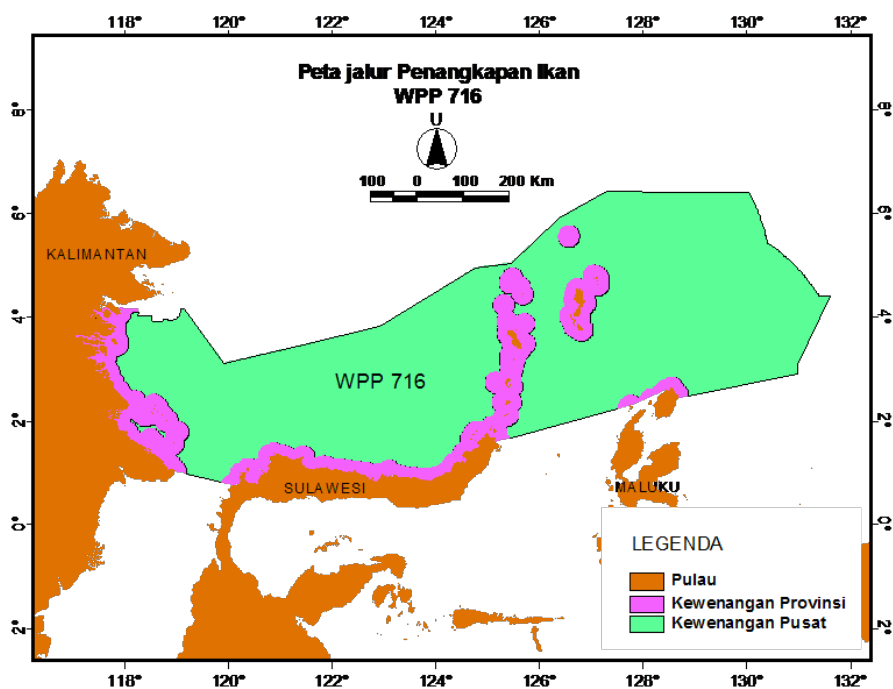
Gambar 2. Alur pikir pemetaan jalur penangkapan ikan.

Tata ruang laut sebagai salah satu aspek dari kadaster laut menjadi penting dilakukan. Tumpang tindih aturan dan pengawasan menjadi salah satu kendala dalam pengelolaan laut. Karakteristik Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar memiliki tantangan tersendiri dalam pengelolaannya. Salah satu aspek pengaturan yang sampai saat ini belum diimplementasikan dengan baik adalah pengaturan

kewenangan dalam pengelolaan. Sinergitas antar kewenangan belum dilakukan dengan baik. Gambar 3 dan Gambar 4 memberikan gambaran batas pengelolaan pemda dan Pemerintah Pusat. Studi kasus menggambarkan distribusi spasial jalur penangkapan ikan di WPP-NRI 713 dan WPP-NRI 716 pada Gambar 4.



Gambar 3. Jalur penangkapan Ikan WPP-NRI RI 713.



Gambar 4. Jalur penangkapan Ikan WPP-NRI RI 716.



Pada wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil memiliki ruang laut yang memungkinkan adanya pemanfaatan ruang lebih dari satu peruntukan sehingga kondisi ini menuntut adanya pengaturan pemanfaatan ruang laut yang tegas. Lahirnya Undang-Undang No.27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil yang telah diubah menjadi UU No. 1 Tahun 2014 merupakan payung hukum bagi semua *stakeholder* yang memanfaatkan kawasan perairan pesisir dan pulau-pulau kecil agar terhindar dari konflik pemanfaatan.

Dalam rangka pengaturan pengelolaan wilayah pesisir dan laut, maka diatur pembagian kewenangan antara Pemerintah Pusat, Pemerintah Propinsi dan Pemerintah Kabupaten/Kota. Pasal 18 Ayat 4 UU No. 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah mengatur bahwa kewenangan untuk mengelola sumber daya di wilayah laut sebagaimana dimaksud pada ayat (3) paling jauh 12 (dua belas) mil laut diukur dari garis pantai ke arah laut lepas dan/atau ke arah perairan kepulauan untuk propinsi dan 1/3 (sepertiga) dari wilayah kewenangan propinsi untuk kabupaten/kota (UU 32 Tahun 2004).

Sejalan dengan UU 32 Tahun 2004 tersebut, pengaturan jalur penangkapan ikan diatur dengan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 2 Tahun 2011. Dalam Pasal 4 Permen KP No 2 Tahun 2011 tentang Jalur Penangkapan Ikan dan Penempatan Alat Penangkapan Ikan di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia disebutkan terdapat 4 (empat) jalur penangkapan ikan yaitu:

1. Jalur penangkapan ikan IA, meliputi perairan pantai sampai dengan 2 (dua) mil laut yang diukur dari permukaan air laut pada surut terendah.
2. Jalur penangkapan ikan IB, meliputi perairan pantai di luar 2 (dua) mil laut sampai dengan 4 (empat) mil laut.
3. Jalur Penangkapan Ikan II sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf b, meliputi perairan di luar jalur penangkapan ikan I sampai dengan 12 (dua belas) mil laut diukur dari permukaan air laut pada surut terendah.
4. Jalur Penangkapan Ikan III sebagaimana

dimaksud dalam Pasal 3 huruf c, meliputi ZEEI dan perairan di luar jalur penangkapan ikan II.

Hasil kajian ini merupakan salah satu aspek pewayah jalur penangkapan ikan yang ada di WPP-NRI 713 dan WPP-NRI 716. Berdasarkan analisis terhadap peta hasil penarikan batas diperoleh luas masing-masing jalur penangkapan ikan seperti terlihat dalam Tabel 1.

Pada kajian ini lebih ditekankan pada pembagian jalur penangkapan di luar 12 mil laut, atau yang menjadi kewenangan Pemerintah Pusat dalam pengelolaan sumber daya kelautan. Jalur Penangkapan Ikan III sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf c dalam Permen KP No.2 Tahun 2011 meliputi ZEEI dan perairan di luar jalur penangkapan ikan II.

Untuk memetakan jalur penangkapan ikan mempertimbangkan beberapa hal. Pertimbangan pertama adalah garis pantai, Garis pantai yang digunakan di sini merupakan garis pantai yang diperoleh dari Bakosurtanal (BIG), belum seluruhnya menggunakan peta lingkungan laut, masih menggunakan garis pantai rata-rata. Seharusnya garis pantai yang digunakan adalah garis pantai surut terendah, sesuai dengan Permendagri No. 1 Tahun 2006. Kedua, berdasarkan garis pantai tersebut, selanjutnya dilakukan *buffering* sejauh 12 mil laut ke arah laut. *Buffering* dilakukan secara langsung mengingat untuk wilayah di dalam negeri tidak diperlukan penentuan garis pangkal normal. Aspek selanjutnya adalah wilayah konservasi, selain pembagian batas wilayah, dipertimbangkan pula daerah-daerah konservasi yang terdapat di suatu wilayah WPP-NRI. Hal ini dilakukan karena ijin atau jalur penangkapan ikan seharusnya memperhatikan wilayah-wilayah yang dilindungi. Dan pertimbangan ke empat adalah daerah buangan amunisi. Hal ini perlu diperhatikan mengingat untuk keamanan pelayaran wilayah tersebut telah diumumkan. Penerbit lokasi buangan amunisi adalah Dishidros TNI AL.

Berdasarkan berbagai pertimbangan di atas, maka disusun peta jalur penangkapan ikan di luar

Tabel 1. Luas kewenangan pemerintah pusat dan pemerintah daerah

No	Kewenangan	WPP-NRI 713 Luas (km <sup>2</sup> )	Persen	WPP-NRI 716 Luas (km <sup>2</sup> )	Persen
1	Pusat ( > 12 mil)	411.564,9	62,8	731.903,7	86,0
2	Kewenangan daerah (Pemprov dan Pemda/Pemkot < 12 mil)	244.300,2	37,2	119.189,8	14,0
	JUMLAH	655.865,0	100,0	851.093,5	100,0

Sumber: Perhitungan (2014)

wilayah 12 mil laut. Wilayah ini merupakan wilayah yang pengelolaannya menjadi kewenangan Pemerintah Pusat. Peta jalur penangkapan ikan di WPP-NRI 713 dapat dilihat pada Gambar 3.

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa jalur penangkapan ikan untuk WPP-NRI 713 terdapat kluster-kluster yang menjadi kewenangan propinsi. Pada gugusan Pulau Lumulumu yang terdapat di Selat Makassar menjadi kluster pengelolaan, demikian pula untuk Kepulauan Sebalana dan Kepulauan Tenga menjadi kluster tersendiri. Adapun pulau-pulau di sebelah selatan Pulau Sulawesi, seperti Pulau Selayar menjadi satu dengan pesisir Sulawesi karena jarak antar pulau tidak lebih dari 24 mil.

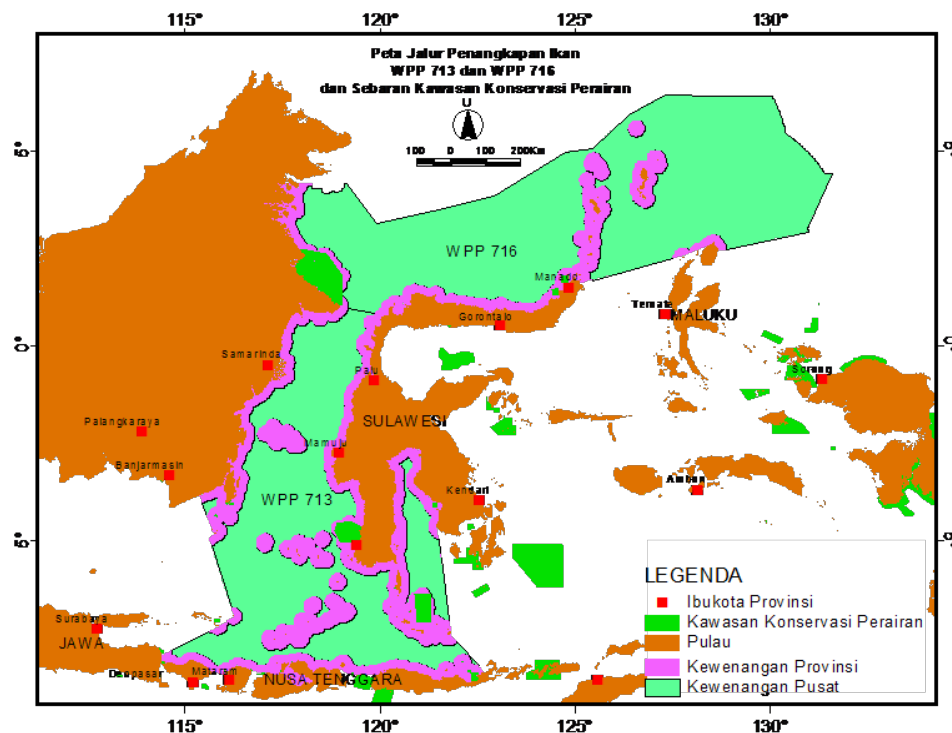
Dengan metode yang sama dilakukan analisis spasial untuk WPP-NRI 716 akan diperoleh jalur penangkapan di luar 12 mil seperti terlihat pada Gambar 4. Secara garis besar diperoleh dua kluster wilayah pengelolaan di bawah 12 mil, yaitu untuk Pulau Kalimantan dan Pulau Sulawesi.

Pada WPP-NRI 716, sebagaimana terlihat pada Gambar 4, terlihat untuk Kepulauan Derawan membentuk kluster kewenangan pusat di antara wilayah pengelolaan propinsi. Hal ini disebabkan oleh jarak antara Kepulauan Derawan dengan daratan Kalimantan ada yang lebih dari 24 mil, sehingga membentuk kantong tersendiri. Untuk wilayah Sulawesi, batas pengelolaan propinsi memanjang, menelusuri sepanjang pantai Pulau Sulawesi sampai Kepulauan

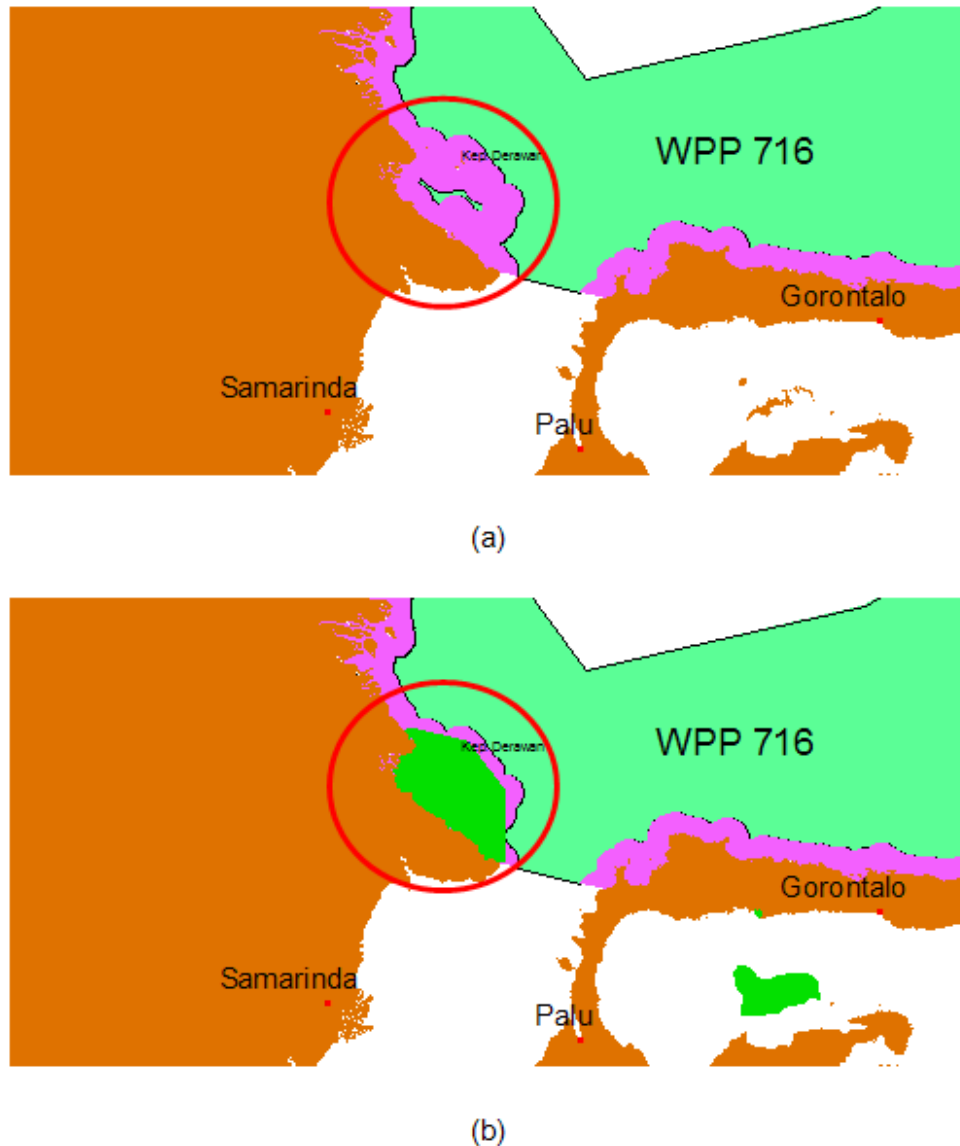
Sangihe. Untuk Kepulauan Talaud membentuk kluster tersendiri, karena jarak antara Kepulauan Sangihe dan Kepulauan Talaud lebih dari 24 mil laut. Hal yang sama terjadi pada Pulau Miangas, yang terpisah dan memiliki jarak lebih dari 24 mil laut membentuk kluster pengelolaan propinsi tersendiri.

Selain mempertimbangkan jarak sejauh 12 mil laut, dipertimbangkan pula wilayah konservasi yang telah ditetapkan, baik oleh Pemerintah Pusat melalui Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dan Kementerian Kelautan dan Perikanan maupun yang ditetapkan oleh pemerintah daerah. Dengan mempertimbangkan hal tersebut maka dapat disusun jalur penangkapan ikan seperti terlihat pada Gambar 5.

Dengan hanya mempertimbangkan jarak *buffer* sejauh 12 mil laut maka terjadi kluster pengelolaan Pemerintah Pusat yang dikelilingi oleh kewenangan pemerintah daerah seperti terlihat pada Gambar 6(a). Untuk memudahkan pengelolaan, maka hal yang seperti tersebut di atas dapat dihilangkan. Namun bila dimasukkan aspek konservasi, akan diperoleh hal yang berbeda. Wilayah pesisir Kepulauan Derawan telah ditetapkan sebagai kawasan konservasi, sehingga pada wilayah tersebut tidak ada jalur penangkapan ikan yang menjadi kewenangan Pemerintah Pusat karena telah dilindungi, hal ini dapat dilihat pada Gambar 6 (b). Dengan demikian, penetapan batas harus dilakukan secara menyeluruh dengan mempertimbangkan semua faktor yang terkait antara lain wilayah konservasi, daerah larangan, daerah buangan amunisi



Gambar 5. Peta jalur penangkapan ikan di luar 12 mil dan kawasan konservasi perairan.



Gambar 6. Kluster pengelolaan pemerintah pusat (a) dan wilayah konservasi (b).

sehingga tidak terjadi tumpang tindih kewenangan dan pengelolaan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan di atas, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Teknik *buffering* yang digunakan dalam Sistem Informasi Geografi dapat digunakan sebagai salah satu teknik dalam analisa kewilayahan jalur penangkapan ikan. Distribusi spasial jalur penangkapan ikan dapat dipetakan dengan tepat berdasar koordinat tertentu. Implikasi dari hal tersebut adalah memudahkan dalam pengelolaan dan pengawasan sumber daya kelautan dan perikanan.
2. Dalam penarikan jalur penangkapan ikan, tidak hanya aspek spasial batas 12 mil, namun memerlukan pertimbangan aspek lain seperti

kawasan konservasi perairan, buangan amunisi, daerah larangan sehingga jalur yang diperoleh akan lebih ikomprehensif dan menghindari tumpang tindih kewenangan dalam pengelolaan dan pengawasan.

## PERSANTUNAN

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan pada Tahun 2010. Penyusun mengucapkan terimakasih kepada Dr. Budi Sulistiyo selaku Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Balitbang KP-KKP dan seluruh pihak yang berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Bappenas. (2007). Strategi Pengelolaan dan Pemanfaatan Sumberdaya Kelautan dan Perikanan. Eksekutif Summary Kajian Strategi Pengelolaan dan Pemanfaatan Sumberdaya Kelautan dan Perikanan. Direktorat Kelautan dan Perikanan Deputi Bidang Sumberdaya Alam dan Lingkungan Hidup Bappenas.
- Fauzi, A. & Anna, S. (2005). Pemodelan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan Untuk Analisis Kebijakan. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama. 343 hlm.
- Permen KP No 1 Tahun 2009 tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia
- Permendagri No 1 Tahun 2006 tentang Pedoman Penegasan Batas Daerah
- Permen KP No 2 Tahun 2011 tentang Jalur Penangkapan Ikan dan Penempatan Penangkapan Ikan di Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia
- Suhelmi, I., R., Ati, R., N., A., & Prihatno, H. (2013). Penentuan Garis Pantai Berdasarkan Undang-Undang Informasi Geospasial Dalam Mendukung Pengelolaan Pesisir dan Laut. Jurnal Geomatika Volume No Tahun 2013
- Undang-undang Nomer 45 Tahun 2009 tentang Perikanan
- Undang-undang Nomor 32 tahun 2004 tentang Pemerintah Daerah
- Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2014 yang merupakan perubahan atas Undang-Undang 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil
- UU No 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial

## PENENTUAN SIKLUS GLASIAL – INTERGLASIAL TERAKHIR PADA SEDIMEN DASAR LAUT KAWASAN LEPAS PANTAI PALABUHANRATU

Rina Zuraida<sup>1)</sup>, Rainer A. Troa<sup>2)</sup>, Marfasran Hendrizaran<sup>3)</sup>, Eko Triarso<sup>2)</sup>, Luli Gustiantini<sup>1)</sup>, Nazar Nurdin<sup>1)</sup>,  
Wahyu S. Hantoro<sup>3)</sup> & Shengfa Liu<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Badan Litbang ESDM, Kementerian ESDM

<sup>2)</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir, Balitbang-KP, KKP

<sup>3)</sup>Pusat Penelitian Geoteknologi, LIPI

<sup>4)</sup>Marine Geology and Geophysics Division of the First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration

Diterima tanggal: 20 Juni 2015; Diterima setelah perbaikan: 20 September 2015; Disetujui terbit tanggal 23 Oktober 2015

### ABSTRAK

Kawasan Lepas Pantai Palabuhanratu yang terletak di wilayah Jawa Barat bagian selatan dipengaruhi oleh dinamika laut Selat Sunda dan Samudera Hindia bagian timur. Kondisi ini terekam dalam sedimen dasar laut dan tersimpan sebagai informasi berbagai proses yang terjadi di perairan tersebut pada rentang waktu geologi tertentu. Penelitian ini menggunakan contoh inti sedimen dasar laut SO184-10043 (7°18,57' LS dan 105° 3,45' BT, kedalaman 2.166 m, panjang 360 cm) yang diambil pada saat *cruise* PABESIA dengan menggunakan kapal riset Sonne di Selat Sunda pada 2005. Metode penelitian yang digunakan adalah pentarikan umur (*dating*) radiokarbon (<sup>14</sup>C) dan analisis isotop oksigen ( $\delta^{18}\text{O}$ ) pada foraminifera plankton *Globigerinoides ruber*. Hasil pentarikan umur isotop <sup>14</sup>C terhadap 16 cuplikan contoh menunjukkan bahwa contoh inti SO184-10.043 merekam Siklus Glasial Terakhir hingga 35.000 tahun yang lalu. Hasil pengukuran  $\delta^{18}\text{O}$  memberikan nilai Deglasiasi yang lebih besar dari daerah sekelilingnya yang diduga akibat terhubungnya Laut Jawa yang memungkinkan mengalirnya air dari Laut Cina Selatan dengan salinitas dan suhu yang lebih rendah menuju Samudera Hindia melalui daerah penelitian. Rekonstruksi suhu permukaan laut dari data isotop  $\delta^{18}\text{O}$  memberikan nilai suhu deglasiasi yang jauh lebih tinggi yang diduga akibat faktor lokal yang mempengaruhi nilai salinitas di daerah penelitian.

**Kata kunci:** sedimen dasar laut, pentarikan umur radiokarbon,  $\delta^{18}\text{O}$ , Selat Sunda, Siklus Glasial – Interglasial Terakhir, Deglasiasi

### ABSTRACT

*Palabuhanratu waters in the southern part of West Java are affected by sea waters dynamics of Sunda Strait and Eastern Indian Ocean. These waters dynamic was recorded in marine sediments and stored as information of various processes occurring in the area in particular geological timescales. This study used marine sediment of core SO184-10043 (7°18,57' S and 105° 3,45' E, 2166 m water depth, 360 cm long) acquired during PABESIA cruise onboard RV Sonne in 2005. The methods applied in this study were radiocarbon (<sup>14</sup>C) dating and oxygene isotope ( $\delta^{18}\text{O}$ ) analysis on planktonic foraminifer *Globigerinoides ruber*. The result of radiocarbon dating on 16 subsamples shows that the core covered the Last Glacial Cycle up to 35,000 years ago. Oxygene isotope record indicates higher isotope values compared to surrounding waters that might be caused by connectivity of Java Sea which allows low salinity and cooler seawater of South China Sea flowing to the Indian Ocean through the study area. Reconstruction of sea surface temperatures from  $\delta^{18}\text{O}$  exhibits warmer Deglaciation temperature that might be related to local factors impacting salinity in Palabuhanratu waters.*

**Keywords:** seafloor sediment, radiocarbon dating,  $\delta^{18}\text{O}$ , Sunda Strait, Last Glacial – Interglacial Cycle, Deglaciation

### PENDAHULUAN

Kawasan perairan Selat Sunda dan lepas pantai Palabuhanratu merupakan perairan yang berperan penting dalam oseanografi perairan Indonesia karena menghubungkan Laut Cina Selatan dengan Samudera Hindia. Saat permukaan laut surut pada Zaman Es Terakhir (*Last Glacial Maximum* atau LGM), Paparan Sunda yang tersingkap ke permukaan akan menghambat aliran air laut dari Laut Cina Selatan ke Samudera Hindia melalui Selat Sunda (Xu *et al.*, 2010) sehingga mengurangi pasokan air laut bersalinitas rendah ke Samudera Hindia. Terhubungnya Laut Cina Selatan dengan Laut Jawa pada saat muka laut mencapai ketinggian antara 30 dan 40 m di bawah muka laut sekarang pada 9.000 tahun yang lalu (Xu *et al.*, 2008) menyebabkan mengalirnya massa air yang

relatif lebih tawar dari Laut Jawa ke Samudera Hindia. Intrusi massa air dari Laut Jawa ini diperkirakan akan menyebabkan terjadinya pengadukan massa air di Selat Sunda dan menghasilkan lapisan homogen yang tipis dan konsentrasi oksigen terlarut yang tinggi di lapisan bawah permukaan (Yuliananingrum & Putri, 2012).

Rekonstruksi kondisi laut dan juga iklim yang disebabkan oleh perubahan muka laut ini memerlukan umur absolut contoh inti yang digunakan. Sejauh ini, data umur yang terbit dari contoh inti yang diambil di sekitar daerah penelitian adalah contoh inti dari perairan Bengkulu (Mohtadi *et al.*, 2010) namun belum ada yang membahas mengenai umur sedimen dari perairan Palabuhanratu. Tulisan ini memaparkan hasil pemodelan umur dan analisis proksi iklim dari contoh

Korespondensi Penulis:

Jl. Pasir Putih I Ancol Timur, Jakarta Utara 14430. Email: rina@mgi.esdm.go.id



inti sedimen dasar laut untuk penentuan siklus Glasial dan Interglasial Terakhir dan rekonstruksi suhu permukaan laut masa lalu. Pemodelan umur (Hughen, 2007) merupakan salah satu tahapan terpenting dalam penelitian paleoseanografi dan paleoklimat. Pemodelan umumnya dilakukan terhadap hasil pentarikan umur (*radiocarbon dating*), yaitu melalui pengukuran kandungan isotop  $^{14}\text{C}$  dalam cangkang karbonat (Hughen, 2007) dari fosil organisme yang dulunya pernah hidup di lokasi penelitian. Selain pada cangkang, pentarikan umur radiokarbon juga dapat dilakukan terhadap sisa bahan organik seperti kayu atau daun yang terbawa dari darat ke kawasan perairan. Pentarikan umur dengan metode selain radiokarbon juga dapat dilakukan pada endapan abu gunung api (*tefra*), jika endapan tersebut didapatkan dalam contoh inti sedimen dasar laut.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

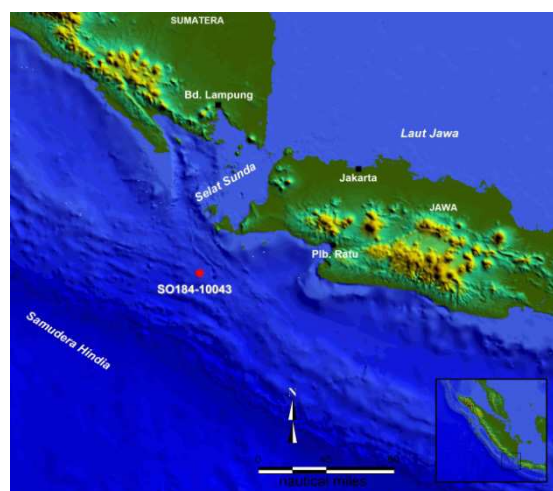
Pada 2014, dilakukan analisis laboratorium terhadap contoh inti ini dalam kerangka kegiatan *Joint Study Benthic Records of Marine Environment, Climate, and Ecosystem in the Eastern Indian Ocean since the Last Deglaciation* (BENTHIC) Fase I pada 2014, sebuah kolaborasi dan kerja sama riset antara Puslitbang Sumberdaya Laut dan Pesisir (P3SDLP), Badan Litbang Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan dengan *Marine Geology and Geophysics Division of the First Institute of Oceanography (FIO), State Oceanic Administration (SOA)*, Tiongkok. Mitra kolaborasi BENTHIC juga melibatkan institusi kelautan dalam negeri, yaitu Puslitbang Geologi Kelautan (P3GL), KESDM dan Puslit Geoteknologi LIPI (P2G LIPI).

Contoh inti sedimen SO184-10043 ( $7^{\circ}18,57'$  LS,  $105^{\circ}3,45'$  BT, kedalaman 2.166 m dan panjang 360

cm) diambil pada 2005 dari dasar laut kawasan lepas pantai Palabuhanratu di ujung selatan Selat Sunda menggunakan Kapal Riset Sonne dalam rangka pelayaran ilmiah PABESIA (Hebbeln *et al.*, 2006; Gambar 1). Contoh inti sedimen tersebut kemudian disimpan di *cold storage* Laboratorium Contoh Inti milik Puslitbang Geologi Kelautan (P3GL), KESDM di Cirebon, Jawa Barat.

Contoh inti sedimen SO184-10043 telah dipotong menjadi empat bagian dengan panjang 1 m atau kurang dan kemudian dibelah menjadi dua bagian. Satu bagian digunakan untuk keperluan analisis dan bagian lainnya digunakan sebagai arsip yang disimpan di Laboratorium Contoh Inti P3GL, KESDM di Cirebon. Deskripsi contoh inti sedimen, merujuk pada hasil deskripsi yang telah dilakukan selama *cruise* berlangsung (Hebbeln *et al.*, 2006).

Penentuan titik kedalaman cuplikan contoh yang digunakan untuk pentarikan dilakukan dengan melihat hasil pengukuran oksigen isotop ( $\delta^{18}\text{O}$ ) dari foraminifera planktonik *Globigerinoides ruber*. Pencuplikan contoh untuk  $\delta^{18}\text{O}$  dilakukan dengan interval 5 cm sepanjang contoh inti. Preparasi contoh untuk foraminifera meliputi pencucian dan pemisahan contoh dengan pengayakan (*sieving*) dengan menggunakan ayakan berukuran 230 mesh untuk memisahkan contoh berukuran butir pasir yang mengandung foraminifera dari material berukuran lanau dan lempung. Setelah pengayakan, dilanjutkan dengan pengeringan contoh pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$  -  $60^{\circ}\text{C}$  selama semalam (Montaggioni & Vénec Peyré, 1993; Vilela & Maslin, 1997; Ding *et al.*, 2013). Contoh yang sudah kering diayak kembali untuk memisahkan contoh menjadi 3 bagian sesuai ukurannya, yaitu  $< 250\ \mu\text{m}$ ,  $250 - 350\ \mu\text{m}$ , dan  $> 350\ \mu\text{m}$ . Penjentikan *Globigerinoides ruber* untuk isotop  $\delta^{18}\text{O}$  dilakukan pada fraksi  $250 - 350\ \mu\text{m}$  dan penjentikan foraminifera planktonik untuk  $^{14}\text{C}$  dilakukan pada fraksi  $250 - 350\ \mu\text{m}$  dan  $> 350\ \mu\text{m}$ .



Gambar 1. Lokasi contoh inti sedimen (*gravity core sediment sample*) SO184-10043.

Kedua fraksi tersebut dipilih untuk menghindari variasi intra dan antar spesies.

Sebanyak 63 cuplikan contoh digunakan untuk analisis  $\delta^{18}\text{O}$ . Penjentikan dilakukan untuk mendapat *Globigerinoides ruber* dengan jumlah individu antara 9 dan 20 dari fraksi 250 – 350  $\mu\text{m}$ . *Globigerinoides ruber* hasil penjentikan dipecahkan kemudian dicuci dengan metanol dan air deionisasi. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *Finnigan MAT 252 mass spectrometer* dari *State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University* di Shanghai, Tiongkok. Pentarikhan dilakukan terhadap 16 cuplikan contoh yang diambil antara kedalaman 25 dan 351 cm dengan jumlah individu berkisar 350 – 1100. Foraminifera planktonik yang digunakan umumnya adalah *Globigerinoides ruber* sebanyak sekitar 10 mg yang setara dengan sekitar 600 – 1000 individu berukuran > 250  $\mu\text{m}$ . Jika jumlahnya tidak mencukupi maka contoh ditambah dengan *Globigerinoides sacculifer*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides immaturus* dan *Globigerinoides bulloides*. Keempat spesies tambahan tersebut dipilih karena memiliki bahan pembentuk dan hidup di kedalaman kolom air yang hampir sama dengan *Globigerinoides ruber* sehingga memperkecil pengaruh kedalaman terhadap penyerapan  $^{14}\text{C}$  oleh foraminifera planktonik tersebut. Pentarikhan umur dilakukan dengan *accelerated mass spectrometry* (AMS) dan perhitungan umur konvensional mengikuti Stuiver & Polach (1977). Umur kalender yang diperoleh, disajikan dengan format sebagai berikut: “tahun yang lalu” atau “yr BP” dengan menggunakan 1950 sebagai umur 0 untuk penghitungan umur kalender (Stuiver & Polach, 1977).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pemodelan Umur

Untuk menentukan siklus Glasial dan Interglasial Terakhir dan rekonstruksi suhu permukaan laut masa lalu telah dilakukan pemodelan umur. Hasil Pentarikhan  $^{14}\text{C}$  terhadap 16 cuplikan contoh memperlihatkan umur yang semakin tua ke bawah (Gambar 2-A) dengan umur radiokarbon konvensional berkisar  $2.100 \pm 25$  tahun yang lalu hingga  $27.700 \pm 310$  tahun yang lalu. Umur radiokarbon konvensional cuplikan contoh dari kedalaman 170 cm memberikan hasil yang lebih muda dari contoh di atasnya (165 cm) – yang diperkirakan akibat dari aktivitas penggalian (*burrowing*) oleh organisme yang mengganggu sedimen pada kedalaman ini. Oleh karena itu, umur radiokarbon yang didapatkan dari cuplikan contoh 170 cm diabaikan dalam pemodelan umur tersebut. Kecepatan sedimentasi rata-rata dari umur  $^{14}\text{C}$  konvensional adalah 25 cm/1.000 tahun (kyr) dengan kecepatan sedimentasi terendah adalah 5 cm/kyr dan kecepatan tertinggi 100 cm/kyr. Umur konvensional menunjukkan

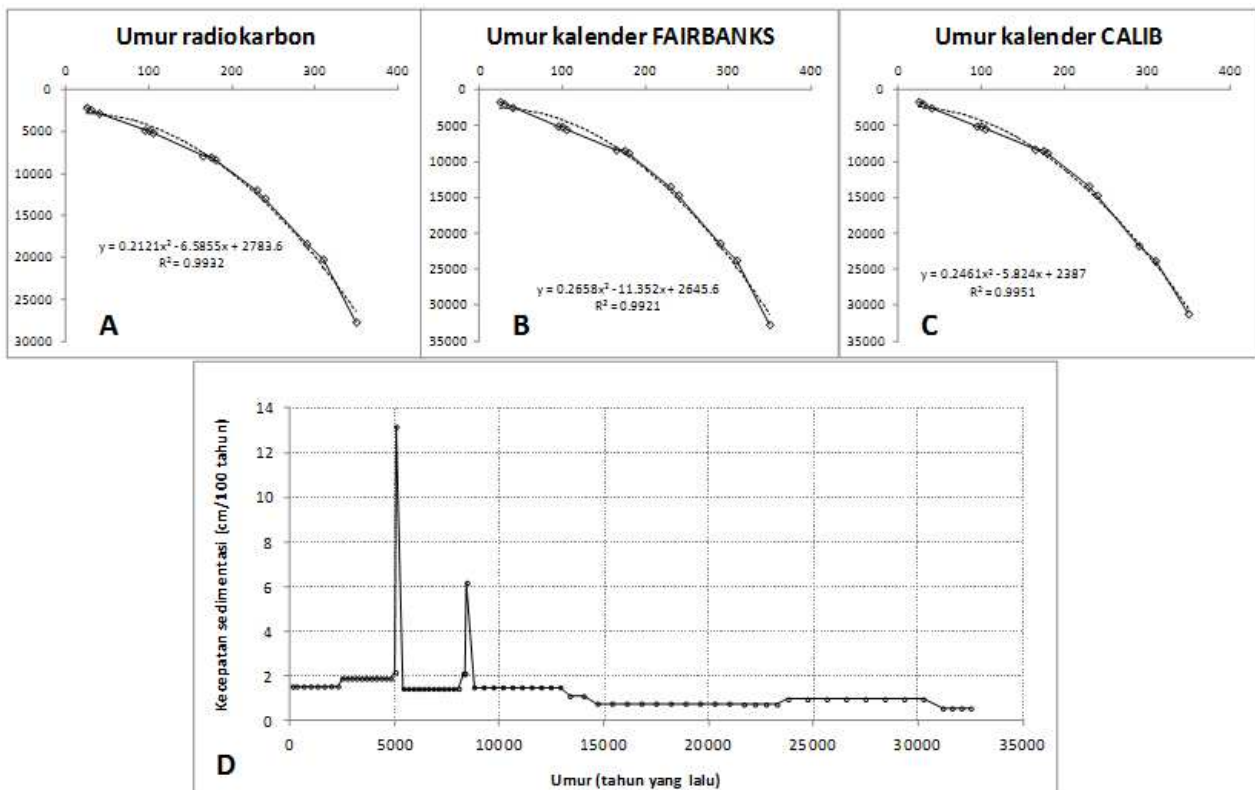
hubungan polinomial  $y = 0,2121x^2 - 6,5855x + 2783,6$  dengan nilai korelasi yang sangat baik ( $R^2 = 0,9932$ ).

Umur  $^{14}\text{C}$  konvensional dikalibrasi untuk mendapatkan umur kalender. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan dua perangkat lunak untuk kalibrasi umur  $^{14}\text{C}$ , yaitu FAIRBANKS (Gambar 2-B) dan CALIB (Gambar 2-C), dengan dua umur reservoir meliputi umur reservoir global (400 tahun) (Stuiver & Braziunas, 1993; Bradley, 1999) dan umur reservoir dari data terdekat lepas pantai Palabuhanratu sebesar 462 tahun (Southon et al., 2002). Hasil kalibrasi menggunakan FAIRBANKS dengan umur reservoir 462 tahun menghasilkan umur kalender yang berkisar 1.649 tahun yang lalu hingga 32.666 tahun yang lalu (Gambar 2-B). Umur kalender tersebut menunjukkan hubungan polinomial  $y = 0,2658x^2 - 11,352x + 2.645,6$  dan  $R^2 = 0,9921$ . Sedangkan hasil kalibrasi menggunakan CALIB dengan umur reservoir yang sama (462 tahun), memberikan umur kalender berkisar 1.639 tahun yang lalu hingga 31.174 tahun yang lalu. Umur kalender tersebut menunjukkan hubungan polinomial  $y = 0,2461x^2 - 5,824x + 2.387$  dan  $R^2 = 0,9951$  (Gambar 2-C). Kecepatan sedimentasi hasil dari kalibrasi FAIRBANKS rata-rata 23 cm/kyr, kecepatan tertinggi 114 cm/kyr dan terendah 4 cm/kyr (Gambar 2-D). Kecepatan ini lebih rendah dibandingkan kecepatan sedimentasi yang dihasilkan dari kalibrasi menggunakan CALIB, yaitu rata-rata 25 cm/kyr dengan kecepatan tertinggi 132 cm/kyr dan terendah 5 cm/kyr (Gambar 2-D). Meskipun hanya terdapat sedikit perbedaan hasil kalibrasi pada kedua metode tersebut, dalam penelitian ini digunakan kalibrasi dengan perangkat lunak CALIB karena nilai  $R^2$  yang didapatkan lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan FAIRBANKS.

Hasil kalibrasi umur kalender tersebut telah menunjukkan bahwa contoh inti sedimen SO184-10043 diendapkan dalam rentang waktu antara 32.510 tahun yang lalu hingga saat ini atau sejak *Marine Isotope Stage* (MIS) 3 hingga Holosen (Lisiecki & Raymo, 2005). Kecepatan sedimentasi dari MIS 3 hingga Jaman Es Terakhir (*Last Glacial Maximum*/LGM) atau 29.000 – 14.000 tahun yang lalu (Lisiecki & Raymo, 2005) adalah < 10 cm/kyr dan semakin meningkat menjadi 15 cm/kyr pada 14.000 – 8.800 tahun yang lalu. Kecepatan sedimentasi meningkat 400% antara 8.800 dan 8.000 tahun yang lalu, sebelum kembali lagi ke 15 cm/kyr pada 5.429 tahun yang lalu. Terjadi lonjakan besar kecepatan sedimentasi hingga mencapai 132 cm/kyr pada 5.078 tahun yang lalu, sebelum turun kembali hingga 15 – 20 cm/kyr dan bertahan hingga saat ini (Gambar 2-D).

Lonjakan besar kecepatan sedimentasi yang teramati pada kedalaman 100 cm dan 175 cm tidak diiringi dengan perubahan nilai  $\delta^{18}\text{O}$  maupun isotop  $^{14}\text{C}$ .





Gambar 2. Pemodelan umur dari data 14C berdasarkan: A) Umur konvensional (belum dikonversi ke umur kalender); B) Umur kalender dengan menggunakan konversi FAIRBANKS; C) Umur kalender dengan menggunakan konversi CALIB; kedua umur kalender dikonversi dengan menggunakan umur reservoir 462 tahun dari data Southon *et al.* (2002); D) Kecepatan sedimentasi di lokasi penelitian dalam satuan cm/1.000 tahun (cm/kyr).

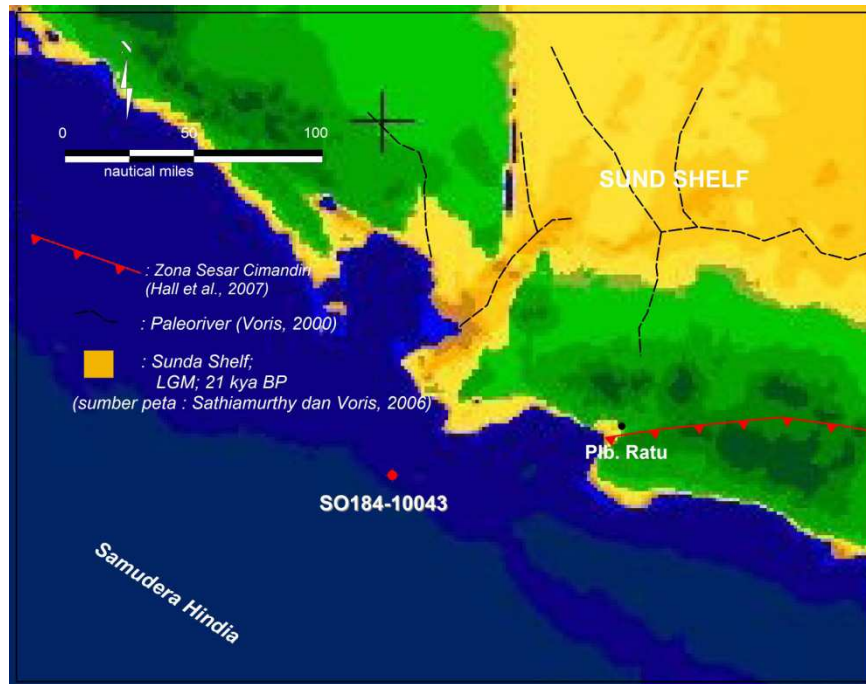
Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan sedimentasi tidak terkait dengan perubahan iklim. Hasil pengamatan megaskopis terhadap contoh inti (Hebbeln *et al.*, 2006), juga tidak menunjukkan adanya perubahan mekanisme sedimentasi, seperti arus turbidit maupun vulkanisme pada kedalaman tersebut. Peningkatan kecepatan sedimentasi diduga dipengaruhi oleh penggunaan *piston core* dalam pengambilan contoh inti sedimen, sehingga lonjakan kecepatan sedimentasi yang terjadi kemungkinan besar bukan disebabkan oleh fenomena alam. Hal yang sama pernah teramati pada penelitian di Laut Timor (Holbourn *et al.*, 2005).

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa kecepatan sedimentasi rata-rata daerah penelitian pada kurun waktu 35.000 tahun terakhir lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan sedimentasi dari Laut Timor (19 cm/kyr; dalam Holbourn *et al.*, 2005) tetapi lebih rendah dari perairan selatan Jawa (37 cm/kyr; dalam Mohtadi *et al.*, 2011), namun jauh lebih tinggi daripada lepas pantai Bengkulu (8,5 cm/kyr, Mohtadi *et al.*, 2010). Perbedaan kecepatan sedimentasi antara daerah penelitian

dengan contoh inti sedimen dari lepas pantai Bengkulu, diduga disebabkan lokasi contoh SO184-10043 yang terletak di bagian hilir dari alur sungai bawah laut purba yang berhulu di daratan bagian selatan Sumatera yang menerus ke Selat Sunda dengan aliran berarah timur laut barat daya (Voris, 2000) dan diduga mengangkut material sedimen asal daratan dan bermuara ke perairan lepas pantai Palabuhanratu (Gambar 3). Selain berasal dari sungai purba, material sedimen asal darat juga diduga berasal dari sekitar Palabuhanratu yang dipotong oleh Sesar Cimandiri (Hall *et al.*, 2007) sepanjang S. Cimandiri yang mengalir ke baratdaya membawa batuan rombakan sepanjang jalur sesar yang hancur akibat aktivitas Sesar Cimandiri. Sumber sedimen lainnya dapat berasal dari sekitar aliran S. Cisolok sekarang (Banten selatan) atau S. Ciletuh di selatan S. Cimandiri. Material asal darat yang terangkut ke lereng di lepas pantai Palabuhanratu diperkirakan terangkut hingga ke lokasi contoh.

### Isotop oksigen

Hasil pengukuran  $\delta^{18}\text{O}$  tertera dalam Gambar 4



Gambar 3. Contoh inti sedimen SO184-10043 yang terletak di bagian hilir dari alur sungai bawah laut purba (*paleochannel*) yang berhulu di daratan bagian selatan Sumatera yang menerus ke Selat Sunda dengan aliran berarah timur laut barat daya (Voris, 2000) dan diduga mengangkut material sedimen asal daratan dan bermuara ke perairan lepas pantai Palabuhanratu (sumber peta: Sathiamurthy & Voris, 2006). Garis merah menunjukkan zona Sesar Cimandiri yang memotong Palabuhanratu (Hall et al., 2007).

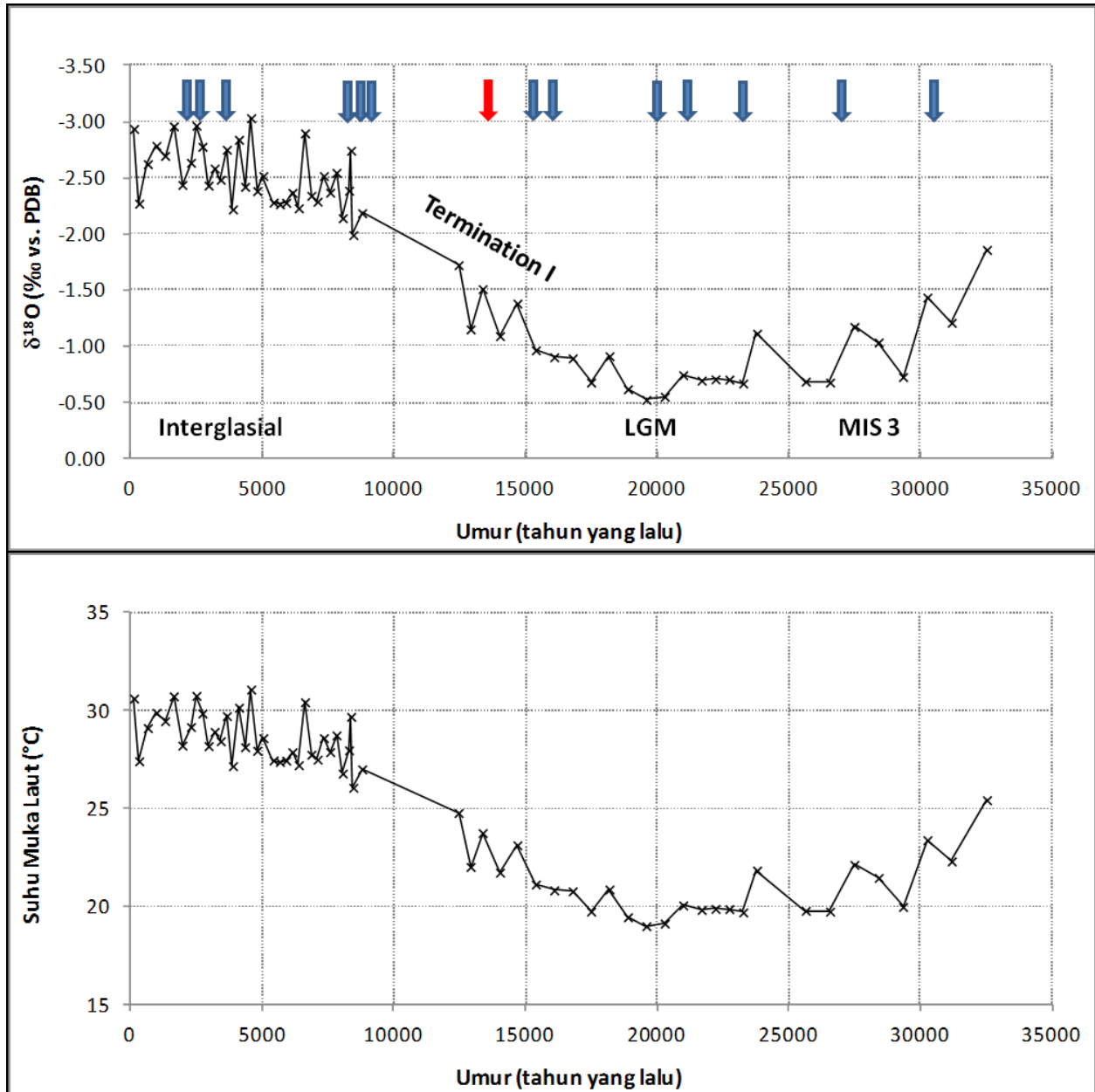
yang menunjukkan Siklus Glasial – Interglasial yang terdiri atas *Marine Isotope Stage 3* (MIS 3), Periode Jaman Es, Deglasiasi dan Periode Interglasial. *Marine Isotope Stage 3* seharusnya merupakan periode Interglasial (hangat), namun karena fluktuasi intensitas sirkulasi termohalin global akibat masuknya air tawar dari lapisan es yang mencair di sekitar Atlantik Utara menyebabkan periode ini menjadi periode yang cukup dingin.

Pengukuran isotop oksigen tersebut telah memberikan nilai rata-rata  $\delta^{18}\text{O}$  contoh inti SO184-10043 sebesar  $-1,86\text{‰}$  dengan nilai terendah  $-3,03\text{‰}$  dan nilai tertinggi  $-0,52\text{‰}$ . Isotop oksigen bertambah berat dari  $-1,86\text{‰}$  pada 32.510 tahun yang lalu hingga mencapai nilai terberat yaitu  $-0,52\text{‰}$  pada 19.581 tahun yang lalu. Pada saat Deglasiasi (Termination I), terjadi perubahan yang besar pada nilai isotop oksigen, dari  $-0,52\text{‰}$  pada 19.581 tahun yang lalu menjadi  $-3,03\text{‰}$  pada 4.578 tahun yang lalu. Isotop oksigen tidak banyak berubah dari 4.578 tahun yang lalu hingga sekarang dan berfluktuasi di sekitar  $-2,68\text{‰}$ . Nilai isotop oksigen pada saat LGM yang terdeteksi pada *G. ruber* dari daerah penelitian merupakan nilai isotop oksigen terendah yang dijumpai di sekitar perairan Indonesia. Hasil penelitian terdahulu memberikan nilai isotop oksigen *G. ruber* pada saat LGM di lepas pantai Bengkulu  $-1,1\text{‰}$  (Mohtadi et al., 2010), sedangkan di

Laut Timor  $\sim 0,9\text{‰}$  (Xu et al., 2008) dan di Laut Banda  $>1\text{‰}$  (Spooner et al., 2005).

Gambar 4 Hasil analisis  $\delta^{18}\text{O}$  contoh inti sedimen SO184-10043 yang menunjukkan Siklus Glasial – Interglasial. Termination I dikenal juga sebagai Deglasiasi. Tanda panah menunjukkan cuplikan contoh yang digunakan untuk pentarikan radiokarbon, sedangkan tanda panah merah menunjukkan hasil pentarikan yang tidak digunakan dalam pemodelan umur; (bawah): Suhu permukaan laut yang didapatkan dari perhitungan menggunakan persamaan Shackleton & Opdyke (1973).

Perbedaan nilai isotop oksigen saat deglasiasi juga memberikan nilai tertinggi yaitu sebesar  $\sim 2,5\text{‰}$  jika dibandingkan dengan Laut Timor yang bernilai  $\sim 2\text{‰}$  (Xu et al., 2008), lepas pantai Bengkulu yang bernilai  $\sim 2,2\text{‰}$  (Mohtadi et al., 2010), dan Laut Banda dengan nilai  $\sim 1,6\text{‰}$  (Spooner et al., 2005). Perbedaan isotop oksigen saat deglasiasi tersebut menunjukkan pengaruh perubahan volume es ( $1 - 1,1\text{‰}$ ) sehingga jika dikoreksi terhadap volume es, perbedaan nilai isotop oksigen daerah penelitian saat deglasiasi adalah  $1,4 - 1,5\text{‰}$ . Perbedaan isotop oksigen deglasiasi yang sudah dikoreksi terhadap volume es ini nilainya masih jauh lebih besar dari yang diamati oleh Spooner et al. (2005) di Laut Banda yaitu bernilai



Gambar 4. Hasil analisis  $\delta^{18}\text{O}$  contoh inti sedimen SO184-10043 yang menunjukkan Siklus Glasial – Interglasial. *Termination I* dikenal juga sebagai Deglasiasi. Tanda panah menunjukkan cuplikan contoh yang digunakan untuk pentarikan radiokarbon, sedangkan tanda panah merah menunjukkan hasil pentarikan yang tidak digunakan dalam pemodelan umur; (bawah): Suhu permukaan laut yang didapatkan dari perhitungan menggunakan persamaan Shackleton & Opdyke (1973).

0,4‰. Perbedaan tersebut diduga dipengaruhi oleh kenaikan salinitas permukaan laut meskipun data dari lepas pantai Bengkulu tidak menunjukkan adanya perubahan salinitas saat deglasiasi yang berkaitan dengan fluktuasi curah hujan (Mohtadi *et al.*, 2010). Selain fluktuasi curah hujan, proses terhubungnya Laut Jawa dengan Samudera Hindia saat deglasiasi (Voriss, 2000) diduga juga memberikan pengaruh terhadap nilai isotop oksigen di daerah penelitian sebesar ~0,3‰ jika dibandingkan dengan contoh inti sedimen

dari lepas pantai Bengkulu yang tidak dipengaruhi oleh terhubungnya Laut Jawa tersebut.

#### Suhu Permukaan Laut

Perhitungan suhu permukaan laut umumnya didapatkan melalui pengukuran Mg/Ca dari cangkang *G. ruber* untuk melengkapi data oksigen isotop yang sudah ada. Pada penelitian ini, jumlah contoh untuk pengukuran kurang memadai sehingga tidak

dapat dilakukan pengukuran Mg/Ca dari cangkang *Globigerinoides ruber*. Meskipun demikian, perhitungan suhu permukaan laut masa lampau masih dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa asumsi sebagai berikut: 1) Perbedaan oksigen isotop air laut ( $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$ ) Glasial – Interglasial adalah 0,4‰ (Emiliani, 1955 dalam Shackleton & Opdyke, 1973) dan nilai  $\delta^{18}\text{O}_{\text{sw}}$  tidak banyak berubah sejak Holosen Akhir hingga saat ini. Dengan menggunakan kedua asumsi tersebut, maka suhu permukaan laut antara 0 dan 35.000 tahun yang lalu dapat dihitung dengan persamaan:  $T = 16,9 - 4,3*(\delta^{18}\text{O}) + 0,4*(\delta^{18}\text{O})^2$  (Shackleton & Opdyke, 1973), sehingga didapatkan hasil seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4 bagian bawah.

Suhu permukaan laut daerah penelitian pada saat MIS 3 sekitar 25°C dan perlahan turun hingga mencapai suhu terendah 19°C pada saat LGM (~19.581 tahun yang lalu). Suhu pada saat LGM berfluktuasi di sekitar 20°C, sebelum naik perlahan pada saat deglasiasi hingga mencapai suhu tertinggi 31°C pada 4.578 tahun yang lalu. Selama akhir Holosen, suhu permukaan laut berfluktuasi di sekitar 29°C yang merupakan suhu rata-rata muka laut di perairan Indonesia (Schlitzer, 2013). Hasil rekonstruksi suhu permukaan laut selama 35.000 tahun terakhir di Laut Timor memberikan nilai 24°C pada saat LGM dan ~29°C pada saat Holosen Akhir (Xu *et al.*, 2008). Di lepas pantai Bengkulu, suhu permukaan laut pada saat LGM berkisar di 24°C dan pada saat Holosen Akhir berkisar 26°C (Mohtadi *et al.*, 2010). Di Laut Banda ~3°C lebih dingin dari kondisi saat ini (Spooner *et al.*, 2005). Perbedaan nilai hasil rekonstruksi suhu dalam penelitian sebelumnya, dapat disebabkan oleh perbedaan metode rekonstruksi suhu yang digunakan dan proses lokal yang terjadi di daerah penelitian. Pada penelitian ini, rekonstruksi suhu dilakukan dengan data  $\delta^{18}\text{O}$ , sedangkan rekonstruksi suhu penelitian terdahulu dari Laut Timor dan lepas pantai Bengkulu, didasarkan dari hasil pengukuran Mg/Ca dan pengukuran suhu di Laut Banda sendiri, digunakan metoda *transfer function*.

Perbedaan suhu deglasiasi di daerah penelitian sekitar ~9°C yang nilainya dua hingga tiga kali lebih besar dari perbedaan suhu yang diamati oleh ketiga peneliti terdahulu tersebut diduga menunjukkan pengaruh curah hujan terhadap salinitas permukaan laut daerah penelitian seperti yang terlihat pada data  $\delta^{18}\text{O}$ . Ketika Paparan Sunda tersingkap saat LGM, aliran air dari Laut Cina Selatan dengan salinitas yang lebih rendah dan melalui Selat Karimata terhenti dan terjadi lagi sekitar 9.500 tahun yang lalu (Xu *et al.*, 2008) saat muka laut mencapai kedalaman 30 – 40 meter di bawah permukaan laut sekarang (Lambeck & Chappell, 2001). Selain itu, data  $\delta^{18}\text{O}$  dari daerah penelitian menunjukkan masih harus dikoreksi terhadap efek salinitas. Dalam hal ini, koreksi tidak dapat dilakukan karena pengukuran Mg/Ca untuk mengetahui suhu

air laut di daerah penelitian juga tidak dilakukan. Oleh sebab itu, rekonstruksi suhu di daerah penelitian tidak dapat dilakukan hanya dengan mengandalkan data  $\delta^{18}\text{O}$  tetapi mesti dilengkapi dengan data Mg/Ca.

## KESIMPULAN

Hasil pentarikan umur isotop karbon-14 ( $^{14}\text{C}$ ) dari lokasi penelitian di lepas pantai Palabuhanratu menunjukkan bahwa sedimen telah terendapkan sejak 35.000 tahun yang lalu. Tidak ada perbedaan berarti yang didapatkan dari hasil konversi umur konvensional menjadi umur kalender, baik dengan menggunakan metoda FAIRBANKS ataupun CALIB selama konversi tersebut dilakukan dengan menggunakan umur reservoir yang sama. Lonjakan kecepatan sedimentasi pada contoh yang dianalisis dengan tidak diiringi oleh perubahan mekanisme pengendapannya menunjukkan bahwa lonjakan ini lebih disebabkan pengaruh metode pengambilan contoh yang menggunakan piston corer.

Hasil pengukuran  $\delta^{18}\text{O}$  yang digunakan untuk melakukan rekonstruksi suhu permukaan laut menggunakan persamaan Shackleton & Opdyke (1973) menunjukkan adanya Siklus Glasial – Interglasial pada contoh inti SO184-10043. Periode Interglasial yang dikenali adalah Interglasial terakhir dan MIS 3 (*Marine Isotope Stage 3*). MIS 3 seharusnya merupakan periode Interglasial namun mengalami perubahan iklim akibat fluktuasi intensitas sirkulasi termohalin global sehingga periode ini menjadi periode yang cukup dingin. Periode ini diikuti oleh Periode Jaman Es Terakhir dengan kondisi terdingin yang dikenal dengan *Last Glacial Maximum* (LGM) terjadi pada ~19.581 tahun yang lalu. Setelah LGM, terjadi kenaikan suhu permukaan laut secara perlahan yang dikenal dengan periode Deglasiasi (~17.400 hingga 8.000 tahun yang lalu) yang kemudian diikuti oleh Periode Interglasial Terakhir yang terjadi sejak sekitar ~ 8.000 tahun yang lalu hingga saat ini.

Rekonstruksi suhu permukaan laut dari data  $\delta^{18}\text{O}$  telah menunjukkan suhu deglasiasi jauh lebih tinggi dari daerah lainnya yang diduga karena faktor lokal yang mempengaruhi salinitas. Karena itu, rekonstruksi suhu permukaan laut daerah penelitian tidak dapat dilakukan hanya dengan menggunakan data isotop oksigen, tetapi memerlukan data lainnya seperti data Mg/Ca ataupun kumpulan foraminifera. Meskipun tidak bisa dipakai langsung untuk rekonstruksi suhu permukaan laut masa lalu secara kuantitatif, tetapi pola perubahan suhu yang dicerminkan oleh data  $\delta^{18}\text{O}$  tersebut secara kualitatif masih dapat dijadikan acuan.

## PERSANTUNAN

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr. Budi Sulistiyo selaku Kepala Puslitbang Sumberdaya Laut



dan Pesisir, Badan Litbang Kelautan dan Perikanan-KKP; Dr. Susilohadi selaku Kepala Puslitbang Geologi Kelautan, Badan Litbang ESDM-KESDM; dan Dr. Haryadi Permana selaku Kepala Puslit Geoteknologi-LIPI; serta Prof. Xuefa Shi selaku Direktur *Marine Geology and Geophysics Division of the First Institute of Oceanography* (FIO); yang telah mendukung terlaksananya kegiatan kolaborasi dan kerja sama riset kelautan ini. Sebagian besar data yang digunakan dalam tulisan ini telah dibiayai oleh dana hibah proyek kerja sama riset BENTHIC antara Badan Litbang Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Indonesia dengan *The First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Tiongkok*. Contoh inti sedimen dan deskripsinya yang diacu sebagai data awal adalah hasil pelayaran ilmiah PABESIA tahun 2005 yang merupakan kerja sama riset kelautan antara Indonesia – Jerman.

Kepada seluruh rekan teknisi laboratorium dari berbagai institusi yang terlibat langsung dalam penelitian ini (P3SDL, P3GL, P2G LIPI, FIO, Tongji University) dan telah membantu mempersiapkan preparasi contoh hingga pengukuran geokimia dan pentarikan umur, diucapkan terimakasih atas peran sertanya tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bradley, R. S. (1999). Paleoclimatology. Reconstructing climates of the Quaternary. Second edition. Dalam R. Dmowska, & J. R. Holton (Editor), International Geophysics series, Vol. 64. Harcourt/Academic Press. 200 Wheeler Road, Burlington, MA 01803.
- Ding, X., Bassinot, F., Guichard, F., & Fang, N. Q., (2013). Indonesian Throughflow and monsoon activity records in the Timor Sea since the last glacial maximum, *Marine Micropaleontology*, Vol 101, 115–126.
- Hall, Robert., B. Clements, H.R. Smyh. & Cottam, M. A. (2007). A New Interpretation of Java Structure. Proceedings 31st Annual Convention and Exhibition of Indonesia Petroleum Association, IPA07-G-035.
- Hebbeln, D., T. Jennerjahn, M. Mohtadi, H. Andruleit, A. Baumgart, M. Birkicht, C. Chiessi, A. Damar, B. Donner, N. Fadly, M. Gröning, W.S. Hantoro, C. Hayn, U.R. Kadarwati, K. Kamija, T.L. Kepel, N. Krück, F. Lamy, J. Langer, H.A. Mai, T. Mehring, B. Meyer-Schack, G. Mollenhauer, O. Morisse, A. Müller, A.K. Permana, W.S. Pranowo, D.A.S. Ranawijaya, O. Romero, G. Ruhland, J. Scholten, J. Smit, C. Spliethoff, S. Steinke, R. Thomas, C. Wienberg & Yurnaldi, D. (2006). Report and Preliminary Results of RV Sonne Cruise SO-184, PABESIA, Durban (South Africa) – Cilacap (Indonesia) – Darwin (Australia), July 8 – September 13, 2005. *Berichte, Fachbereiche Geowissenschaften, Universität Bremen*, No. 246. Bremen, 142 p.
- Holbourn, A., Kuhnt, W., Kawamura, H., Jian, Z., Grootes, P., Erlenkeuser, H. & Xu, J. (2005). Orbitally paced paleoproductivity variations on the Timor Sea and Indonesian Throughflow variability during the last 460 kyr. *Paleoceanography*, vol. 20, PA3002, doi: 10.1029/2004PA001094.
- Hughen, K.A. (2007). Radiocarbon Dating of Deep-Sea Sediments. Dalam C. Hillaire-Marcel dan A. De Vernal (Editor), *Proxies in Late Cenozoic Paleoclimatology, Development in Marine Geology Vol 1.*, 201-210. Elsevier. Amsterdam.
- Lambeck, K. & Chappell, J. (2001). Sea level change through the last glacial cycle. *Science*, 292, 679–686, doi:10.1126/science.1059549.
- Lisiecki, L.E. & Raymo, M.E. (2005). A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}\text{O}$  records. *Paleoceanography*,. 20, PA1003, doi:10.1029/2004PA001071.
- Mohtadi, M., Oppo, D.W., Steinke, S., Stuut, J-B.W., De Pol-Holz, R., Hebbeln, D. & Lückge, A. (2011). Glacial to Holocene swings of the Australian–Indonesian monsoon. *Nature Geoscience*, 4, 540-544, DOI: 10.1038/NGEO1209.
- Mohtadi, M., Steinke, S., Lückge, A., Groeneveld, J. & Hathorne, E.C. (2010). Glacial to Holocene surface hydrography of the tropical eastern Indian Ocean. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 292, 89–97, doi:10.1016/j.epsl.2010.01.024.
- Montaggioni, L., F. & Vénec-Peyré, M. T. (1993). Shallow-water foraminiferal taphocoenoses at site 821: Implications for the pleistocene evolution of the central Great barrier reef shelf, northeastern Australia. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, Vol. 133, 365 – 378.
- Sathiamurthy, E. & Voris, H.K. (2006). Maps of Holocene Sea Level Transgression and Submerged Lakes on the Sunda Shelf. *The Natural History Journal of Chulalongkorn University, Supplement 2*, 1-44.
- Schlitzer, R. (2013). Ocean Data View, <http://odv.awi.de>. Diakses pada tanggal 2 Februari 2014.
- Shackleton, N.J. & Opdyke, N.D. (1973). Oxygen Isotope and Palaeomagnetic Stratigraphy of Equatorial Pacific Core V28-238: Oxygen Isotope

Temperatures and Ice Volumes on a 105 Year and 106 Year Scale. *Quarter. Res.*, 3, 39-55.

Southon, J., M. Kashgarian, M. Fontugne, B. Metivier, & Yim, W.W.-S. (2002). Marine reservoir corrections for the Indian Ocean and Southeast Asia. *Radiocarbon* 44, 167–180.

Spooner, M. I., T. T. Barrows, P. De Deckker & Paterne, M. (2005). Palaeoceanography of the Banda Sea, and late Pleistocene initiation of the northwest monsoon. *Global Planet. Change*, 49, 28–46, doi:10.1016/j.gloplacha.2005.05.002.

Stuiver, M. & Polach, H. A. (1977). Discussion: Reporting of <sup>14</sup>C data. *Radiocarbon*, 19, 355-363.

Stuiver, M. & Braziunas, T., F. (1993). <sup>14</sup>C ages of marine samples to 10,000 BC. *Radiocarbon*, 35 (1), 137-189.

Vilela, C. G. & Maslin, M. (1997). Benthic and planktonic foraminifers, and stable isotopic analysis Of mass-flow sediments in the amazon fan. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, Vol. 155, 335 – 351.

Voris, K. (2000). Maps of Pleistocene sea levels in Southeast Asia: shorelines, river systems and time durations. *Journal of Biogeography*, 27, 1153–1167.

Xu, J., W. Kuhnt, A. Holbourn, M. Regenberg & Andersen, N. (2010). Indo-Pacific Warm Pool variability during the Holocene and Last Glacial Maximum. *Paleoceanography*, 25, PA4230, doi:10.1029/2010PA001934.

Xu, J., A. Holbourn, W. Kuhnt, Z. Jian & Kawamura, H. (2008). Changes in the thermocline structure of the Indonesian outflow during terminations I and II. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 273, 152 – 162, doi:10.1016/j.epsl.2008.06.029.

Yuliananingrum, T. L. P. & Putri, M. R. (2012). Kondisi Oseanografi di Selat Sunda dan selatan Jawa Barat pada Monsun Barat 2012. *Prosiding: Seminar Nasional Kelautan POSEIDON ITB 2012*, Institut Teknologi Bandung, v. 1.

## SUHU PERMUKAAN LAUT PERAIRAN INDONESIA DAN HUBUNGANNYA DENGAN PEMANASAN GLOBAL

M. Djazim Syaifullah<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Peneliti UPT Hujan Buatan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Diterima tanggal: 25 Januari 2015; Diterima setelah perbaikan: 30 April 2015; Disetujui terbit tanggal 26 Oktober 2015

### ABSTRAK

Analisis suhu permukaan laut/SPL (*Sea Surface Temperature* – SST) telah dilakukan di perairan Indonesia untuk melihat hubungannya dengan pemanasan global. Data yang digunakan adalah data suhu permukaan laut (sumber: *National Centers for Environmental Prediction, National Weather Service, NOAA*) dalam bentuk grid format ASCII selama 32 tahun (1982 – 2014), dengan skala spasial  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  geografis dan skala temporal mingguan. Analisis dilakukan dengan dua cara yaitu analisis temporal dan spasial. Analisis temporal untuk melihat *trend* dari anomali suhu permukaan laut rerata beberapa wilayah tertentu, sedangkan analisis spasial untuk melihat wilayah yang mengalami kenaikan suhu permukaan laut dan sebaliknya. Hasil analisis menunjukkan bahwa selama lebih 32 tahun telah terjadi peningkatan suhu permukaan Lautan di wilayah Indonesia yang bervariasi. Kenaikan suhu permukaan laut (SPL) yang paling besar terjadi di Lautan Pasifik Barat di sebelah utara Papua. Secara umum dapat dilihat bahwa anomali SPL di wilayah Indonesia terbagi menjadi anomali positif dan negatif yang terpisah di belahan bumi bagian selatan dan belahan bumi bagian utara.

**Kata kunci:** Anomali suhu permukaan laut, perairan Indonesia, analisis spasial, pemanasan global

### ABSTRACT

*Analysis of the sea surface temperatures was done in Indonesian waters to investigate its relation to the global warming. Data in the form of grid the format have 32 years long with scales spatial  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  geographic and temporal scale weekly are used. Analysis is conducted by two ways namely temporal and spatial analysis. The temporal analysis is to see the trend of mean temperature anomaly of the sea in some certain regions, while spatial analysis is to see which area experiencing a rise in sea surface temperature and which ones are otherwise. The result of analysis shows that in over 32 years there has been increasing sea surface temperature being varied. The highest increasing of sea surface temperature occurs in marine the western pacific to the North of Papua. In general it can be seen that the sea surface temperature anomaly in the Indonesia waters was divided into negative and positive anomaly separate in Southern hemisphere and the Northern hemisphere.*

**Keywords:** Sea surface temperature anomaly, Indonesian waters, spacial analysis, global warming

### PENDAHULUAN

Pemanasan Global atau Global Warming adalah suatu istilah yang menunjukkan pada peningkatan suhu rata-rata di atas permukaan bumi. Suhu udara rata-rata permukaan bumi meningkat sekitar  $0,74^{\circ}\text{C}$  dalam 100 tahun terakhir. Banyak ahli memperkirakan bahwa suhu rata-rata akan naik bertambah dari  $1,4^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $5,8^{\circ}\text{C}$  sampai tahun 2100. Sedangkan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) memprediksi bahwa suhu global cenderung meningkat sebesar  $1,1^{\circ}\text{C}$  sampai  $6,4^{\circ}\text{C}$  dalam 90 tahun ke depan (IPCC dalam Masters, 2012).

Sumber energi utama dari semua kehidupan di bumi adalah matahari yang memancarkan radiasinya menembus lapisan atmosfer bumi dalam bentuk gelombang pendek. Radiasi tersebut akan dipantulkan kembali ke angkasa dalam bentuk gelombang panjang, sebagian gelombang tersebut diserap oleh gas rumah kaca, yaitu  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFCs dan  $\text{SF}_4$  yang berada di atmosfer. Akibatnya gelombang panjang yang bersifat panas tersebut terperangkap di dalam atmosfer bumi. Peristiwa ini terjadi berulang - ulang, sehingga menyebabkan suhu rata-rata di permukaan bumi meningkat. Peristiwa

ini yang disebut dengan pemanasan global.

Rata-rata peningkatan suhu akan lebih cepat bila dibandingkan dengan waktu lampau. Para ilmuwan mencemaskan bahwa apakah masyarakat dunia dan ekosistem alam dapat beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan iklim yang terjadi.

Beberapa aktivitas manusia yang ditengarai dapat menyebabkan pemanasan global misalnya perambahan yang mengakibatkan kerusakan hutan. Salah satu fungsi tumbuhan yaitu menyerap karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), yang merupakan salah satu dari gas rumah kaca, dan mengubahnya menjadi oksigen ( $\text{O}_2$ ). Kemudian, sampah menghasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ). Diperkirakan 1 ton sampah padat menghasilkan 50 kg gas metana (Sudarman, 2010). Dengan meningkatnya jumlah penduduk dunia, diperkirakan pada 2020 sampah yang dihasilkan mencapai 500 juta kg/hari atau 190 ribu ton/tahun. Dengan jumlah ini maka sampah akan mengemisikan gas metana sebesar 9.500 ton/tahun. Sektor pertanian dan peternakan juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca melalui pemanfaatan pupuk serta praktek pertanian, pembakaran sisa-sisa tanaman, dan pembusukan



sis-sisa pertanian, serta pembusukan kotoran ternak. Dari sektor ini gas rumah kaca yang dihasilkan berupa gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan gas dinitro oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Di Indonesia, sektor pertanian dan peternakan menyumbang emisi gas rumah kaca sebesar 8,05% dari total gas rumah kaca yang diemisikan ke atmosfer.

Dampak yang paling nyata dari pemanasan global sampai saat ini adalah perubahan iklim. Pemanasan global telah meningkatkan terjadinya kekeringan secara global, gelombang panas, dan frekuensi terjadinya badai tropis. Kenaikan suhu global akan menyebabkan mencairnya es di kutub utara dan selatan, sehingga mengakibatkan terjadinya pemuaian massa air laut, dan kenaikan permukaan air laut. Pemanasan global juga akan menyebabkan pergeseran musim sebagai akibat dari adanya perubahan pola curah hujan. Perubahan iklim mengakibatkan intensitas hujan yang tinggi pada periode yang singkat serta musim kemarau yang panjang. Kedua peristiwa tersebut akan menimbulkan dampak pada beberapa sektor. Pada akhirnya perubahan iklim berakibat pada pergeseran musim dan perubahan pola curah hujan dan akan mempengaruhi ketahanan pangan nasional.

Beberapa tulisan mengenai suhu permukaan laut sudah banyak dilakukan diantaranya Aldrian *et al.* (2003), mengidentifikasi wilayah hujan yang dominan di Indonesia dan hubungannya dengan SPL. Awaluddin (2010) melakukan kajian perbedaan SPL di wilayah Indonesia. Emiyati *et al.* (2010) melakukan analisis multitemporal SPL dengan menggunakan teknik penginderaan jauh. Syaifullah (2010) melakukan penelitian SPL di selatan Jawa dan pengaruhnya terhadap curah hujan DAS Citarum.

Febriani *et al.* (2014) meneliti pengaruh SPL terhadap distribusi curah hujan di Sulawesi Utara. Tetapi analisis spasial secara luas mencakup seluruh perairan wilayah Indonesia dan secara temporal dalam waktu yang panjang belum banyak dilakukan terutama tren kenaikan/penurunan suhu permukaan laut. Tulisan ini bertujuan melihat seberapa besar kenaikan/penurunan suhu permukaan laut (SPL) khususnya di perairan Indonesia dengan data pengamatan *time series* selama beberapa dekade ke belakang. Analisis pemanasan global dari SPL dilakukan secara temporal maupun spasial. Selain itu juga analisis spasial dilakukan dari nilai *slope* anomali SPL untuk melihat seberapa besar kenaikannya di perairan Indonesia dihubungkan dengan pemanasan global.

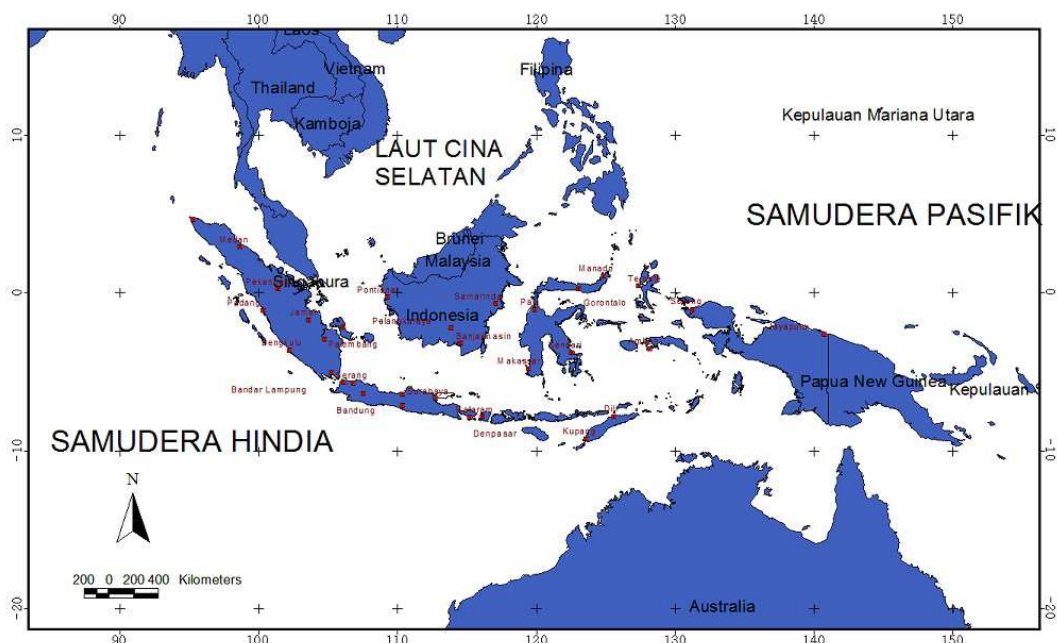
## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian seluruh perairan Indonesia meliputi Samudera Hindia, Laut Cina Selatan, Samudera Pasifik Bagian Barat dan lautan pedalaman. Secara geografis lokasi penelitian berada pada posisi  $10^\circ\text{LU}$ - $15^\circ\text{LS}$  dan  $090^\circ\text{BT}$ - $150^\circ\text{BT}$  (Gambar 1). Luas daerah penelitian  $6.771 \times 2.886 \text{ km}^2$ . atau sekitar 19,54 juta  $\text{km}^2$ . Analisis lebih detil difokuskan pada perairan yang lebih luas yaitu Samudera Hindia, Samudera Pasifik bagian barat dan Laut Cina Selatan, mengingat perubahan SPL untuk wilayah ini akan memberikan pengaruh yang besar bagi wilayah sekitarnya.

### Bahan

Suhu Permukaan Laut (SPL) adalah suhu air



Gambar 1. Peta daerah penelitian yang mencakup seluruh perairan Indonesia.

yang berada di permukaan laut diukur pada kedalaman 1 mm s.d 20 m. Pengukuran dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara langsung menggunakan thermometer dan pengukuran tidak langsung menggunakan sensor satelit (citra satelit). Citra satelit diunduh dari situs : <http://rda.ucar.edu/datasets/ds277.0/> dalam bentuk grid format ASCII time series selama rentang 32 tahun (1982 – 2014) dengan skala spasial 1° x 1° geografis dan skala temporal mingguan. Sebanyak 1.586 buah grid digunakan dalam penelitian ini (Tabel 1) yang mencakup seluruh perairan Indonesia.

Data SPL ini merupakan hasil analisis *optimum interpolation Sea Surface Temperature* (OISST) setiap minggunya. Analisis dilakukan terhadap pengamatan satelit *in situ* ditambah dengan simulasi SPL terhadap tutupan es. Sebelum analisis dihitung, data satelit disesuaikan terhadap bias dengan menggunakan metode Reynolds (Reynolds, 1988; Reynolds & Marsico, 1993; Reynolds *et al.*, 2002). Dalam penelitian ini digunakan versi 2 dengan nama filenya adalah: oisst.{yyyymmdd}, dimana {yyyymmdd} adalah tahun, bulan dan tanggal pertengahan minggu. Bentuk *file* terkompres dalam bentuk tar. *File-file* tersebut ditulis dalam standar biner IEEE (*big-endian*). Setiap *file* berisi empat record yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

- *record 1* : tanggal dan versi data / OIV2 (8 kata *integer 4-byte*).
- *record 2* : nilai SST di setiap grid o geografi (360 x 180, 4 *byte real words*)
- *record 3* : *error varians* yang ternormalisasi (360 x 180 , 4 *byte real words*)
- *record 4* : es konsentrasi di setiap gridnya (360 x 180 , 1 *byte integer words*)

Tidak ada analisis terhadap permukaan tanah (daerah daratan). Nilai di permukaan tanah dikosongkan dengan interpolasi Cressman (Cressman, 1959) untuk menghasilkan *grid* menyeluruh terhadap masing-masing *grid*. Daerah lautan dan daratan ditentukan dengan sebuah *land sea mask*, yang isinya nilai numerik 1 untuk daerah lautan dan nilai numerik 0 untuk daerah daratan.

Program standar dalam bahasa Fortran disediakan untuk membaca format data tersebut dengan metode akses sekuensial (*fortran sequential access*). Secara teknis masing-masing *record* dalam *file* tersebut (yang berisi parameter) dipisahkan dengan data kontrol 4 *byte* di awal nilai parameter tersebut yang mengindikasikan jumlah *byte* dalam masing-masing *record*. Tabel 1 berikut memberi informasi spesifikasi data SPL yang digunakan dalam penelitian ini.

### Pengolahan Data

Suhu permukaan laut diasosiasikan sebagai indeks banyaknya uap air pembentuk awan di atmosfer. Jika suhu permukaan laut panas maka uap air di atmosfer banyak akibat proses konveksi atau penguapan. Sebaliknya, jika suhu permukaan laut dingin maka uap air di atmosfer menjadi berkurang akibat kurangnya penguapan. Suhu permukaan laut di wilayah Indonesia mempunyai kisaran yang cukup lebar yaitu 26,0°C hingga 31,5°C.

Untuk melihat pengaruh pemanasan global diamati dari anomali suhu permukaan laut. Anomali SPL didefinisikan sebagai penyimpangan suhu permukaan laut pada saat tertentu terhadap nilai normal/historisnya. Nilai normal dihitung dari rerata SPL dari data yang cukup panjang.

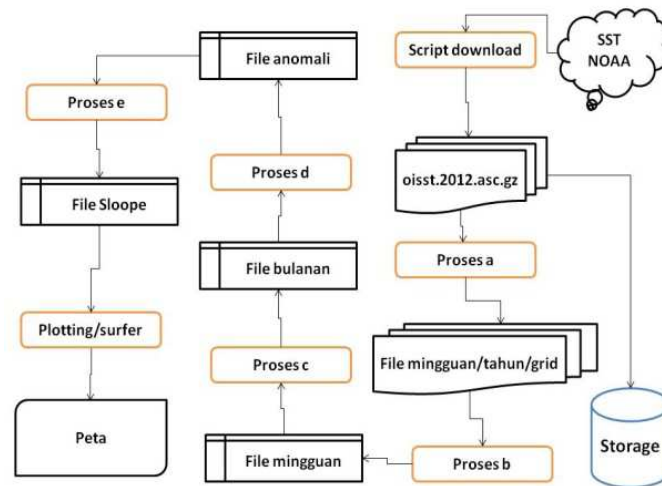
$$Anomali = [sst_i - \overline{sst}] \dots\dots\dots 1)$$

$$\overline{sst} = \frac{\sum_{i=1}^n sst_i}{n} \dots\dots\dots 2)$$

Untuk melakukan pemrosesan data yang sangat besar diperlukan beberapa tahapan (Gambar 2). Masing-masing tahapan pekerjaan dibuatkan suatu *script* pemrograman. *Script* dan program berguna membantu meringankan pekerjaan dalam mengunduh, mengolah dan memproses data sehingga analisis

Tabel 1. Spesifikasi data SPL yang digunakan dalam penelitian ini

Parameter	Keterangan
Jenis data	Sea Surface Temperature/SST/SPL
Sumber data	N O A A
Resolusi spasial	1° X 1° Geographic
Resolusi temporal	Mingguan
Metode interpolasi	Optimum Interpolation
Jml <i>grid</i> bujur	61 buah (90BT ~ 150BT)
Jml <i>grid</i> lintang	26 buah (15LS ~ 10LU)
Total jumlah <i>grid</i>	1.586 buah



Gambar 2. Flow chart pengolahan data SPL mulai dari pengunduhan file sampai mencari nilai *slope* dan menampilkannya ke dalam peta spasial.

dapat dilakukan dengan lebih efisien dan efektif. Jumlah *grid* yang dianalisis adalah 61 buah *grid* bujur x 26 buah *grid* lintang (1.586 buah *grid*).

Script pengunduhan file SPL (*script download*) digunakan untuk mengunduh secara otomatis dan melakukan *updating* data secara rutin setiap minggunya. Program Fortran telah dikembangkan dari Moin (2012) untuk membaca file SPL mingguan perairan Indonesia secara spasial setiap *grid*-nya, secara temporal selama 32 tahun setiap minggu selama 53 minggu (*proses a*). Program Turbo Pascal untuk menggabungkan data SPL mingguan menjadi satu file untuk masing-masing *grid*. Karena masing-masing *grid* dan tahun berupa file terpisah maka diperlukan program untuk menggabungkan file mingguan selama 32 tahun menjadi satu file untuk setiap *grid*-nya (*proses b*). Program Turbo Pascal untuk membaca file mingguan menjadi data bulanan (*proses c*). Setelah satu *grid* mempunyai satu file (mingguan) maka dibuat file bulanan dari data mingguan (rerata). Script pengunduhan SPL dari NOAA ditulis dengan c-shell di sistem operasi linux. Sebelum menjalankan script ini perlu ada aplikasi unduh otomatis bernama *wget*.

File SPL berupa satu file untuk setiap tahunnya sehingga program Fortran akan membuat sekitar 50.750 buah file (1.586 *grid* x 32 tahun). Prosesnya adalah, pertama menggabungkan data SPL mingguan menjadi satu file. Setelah file mingguan dibuat, kemudian dibuat data bulanan dengan melakukan rerata bulanan untuk masing-masing *grid* selama 32 tahun. Setelah diperoleh data bulanan kemudian dibuat anomali dengan cara dikurangi terhadap nilai historisnya (*proses d*). Nilai historis dihitung dari rerata selama 32 tahun. Setelah diperoleh nilai anomali

bulanan untuk setiap *grid*-nya, kemudian dihitung nilai kemiringan (*slope*) untuk setiap *grid* (*proses e*). Perhitungan *slope* dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Slope = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2} \dots\dots\dots 3)$$

Hasil pemrosesan ditampilkan dengan perangkat lunak Golden Software SURFER versi 11, setelah merubah format nilai *slope* sesuai dengan format surfer. Pengolahan berikutnya dilakukan menggunakan perangkat Microsoft Excel untuk menyusun *time series* anomali SPL dan melihat tren atau kecenderungannya.

### Analisis Data

Analisis dilakukan dengan dua cara yaitu analisis temporal dan analisis spasial. Analisis temporal untuk melihat tren dari anomali suhu permukaan laut rerata beberapa wilayah tertentu. Analisis spasial dilakukan pada nilai anomali suhu permukaan laut bulanan dan nilai *slope*-nya. Analisis spasial anomali suhu permukaan laut bulanan untuk melihat wilayah mana saja yang mempunyai nilai anomali positif maupun negatif. Sementara, analisis spasial dari nilai *slope* anomali suhu permukaan laut akan mendapatkan wilayah yang mengalami kenaikan suhu permukaan laut (*slope* positif) dan yang tidak.

### Analisis Temporal Anomali SPL

Analisis temporal dilakukan di empat wilayah perairan di Indonesia dengan asumsi keempat wilayah tersebut memiliki karakteristik suhu permukaan laut yang mempengaruhi kondisi cuaca dan iklim di beberapa tempat di wilayah Indonesia. Keempat

wilayah tersebut adalah perairan Selatan Jawa, perairan Barat Sumatera, Laut Cina Selatan dan perairan Utara Papua seperti pada Gambar 3.

Analisis temporal tersebut dilakukan terhadap empat rerata triwulan yaitu, September - Oktober - November (SON), Desember - Januari - Februari (DJF), Maret - April - Mei (MAM) dan Juni - Juli - Agustus (JJA). Hasil rerata keempat triwulan tersebut kemudian di plot secara *time series* dan dicari

persamaan linear dari garis tren-nya (*trendline*). Persamaan linear dibuat untuk menentukan nilai koefisien regresi dari *time series* data suhu permukaan laut. Apabila nilai koefisien regresi tersebut adalah positif maka mengindikasikan adanya tren kenaikan suhu permukaan laut. Sebaliknya jika nilai koefisien regresi tersebut negatif maka mengindikasikan adanya tren penurunan nilai suhu permukaan laut. Semakin besar nilai koefisien regresi semakin kuat tren peningkatan /penurunan suhu permukaan laut.



Gambar 3. Empat lokasi pengamatan temporal anomali suhu permukaan laut (daerah yang diarsir).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perairan Selatan Jawa

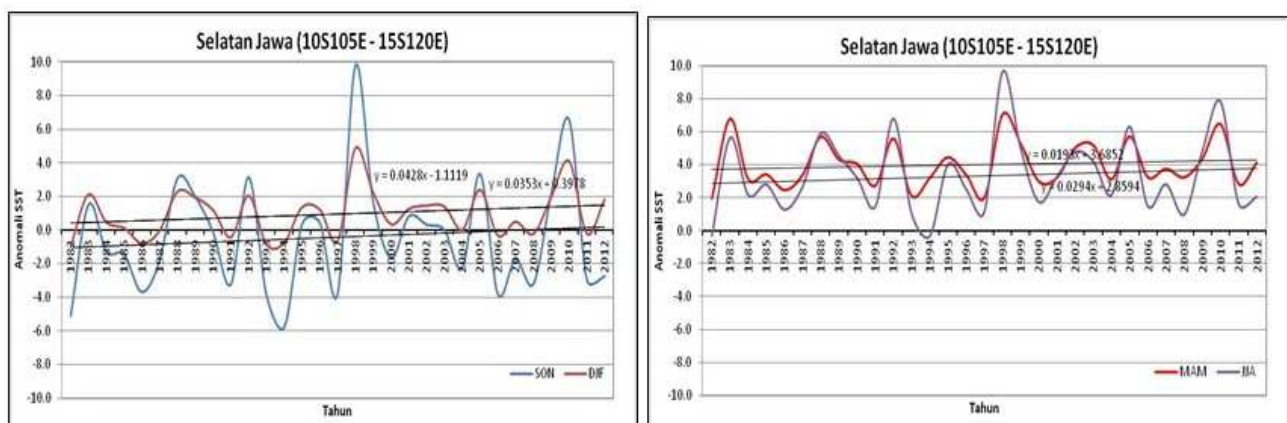
Perairan selatan Jawa dalam studi kasus ini adalah bagian timur Samudera Hindia dibatasi koordinat  $15^{\circ}$  LS  $\sim 10^{\circ}$  LU dan  $105^{\circ} \sim 120^{\circ}$  BT. Hasilnya disajikan pada Gambar 4. Hasil analisis daerah tersebut menunjukkan untuk bulan-bulan SON mempunyai nilai *slope*  $=+0,0428$ , DJF *slope*  $=+0,0353$ , MAM *slope*  $=+0,0193$  dan JJA *slope*  $=+0,0294$ . Secara umum wilayah ini mengalami peningkatan SPL selama lebih dari 32 tahun terakhir. Pada musim basah (SON dan DJF) nilai peningkatan SPL relatif lebih besar dibandingkan pada musim kering (MAM dan JJA).

### Perairan Barat Sumatera

Perairan barat Sumatera yang juga merupakan bagian Samudera Hindia dibatasi oleh koordinat Ekuator  $\sim 08^{\circ}$  LS dan  $90^{\circ} \sim 100^{\circ}$  BT. Hasilnya disajikan pada Gambar 5. Hasil analisis daerah tersebut menunjukkan untuk bulan-bulan SON mempunyai nilai *slope*  $=+0,0736$ , DJF dengan *slope*  $=+0,0321$ , MAM dengan *slope*  $=+0,0406$  dan JJA dengan *slope*  $=+0,0058$ . Secara umum, wilayah ini mengalami peningkatan SPL selama lebih dari 32 tahun terakhir.

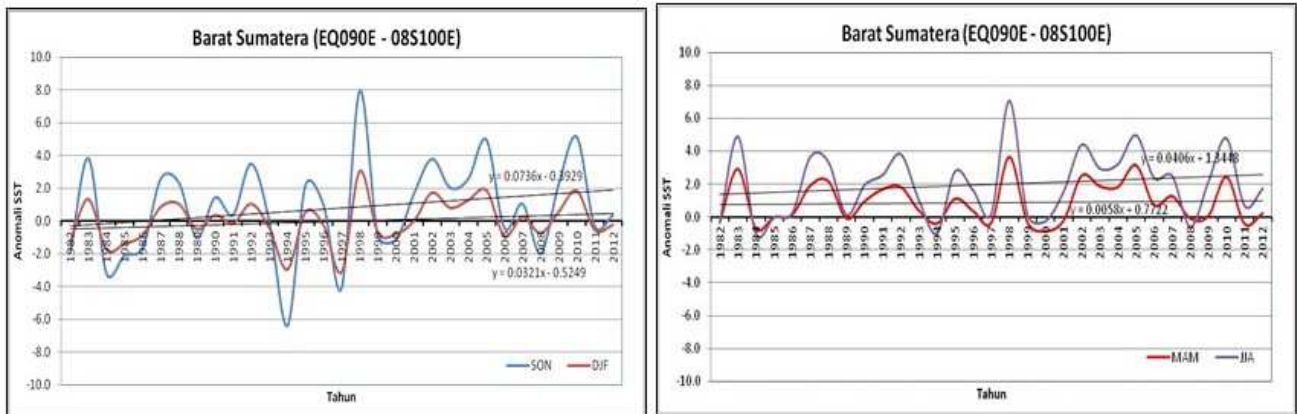
### Laut Cina Selatan

Perairan Laut Cina Selatan dibatasi oleh



Gambar 4. Analisis *slope* untuk perairan selatan Jawa pada bulan-bulan SON, DJF, MAM dan JJA.





Gambar 5. Analisis *slope* untuk perairan selatan Jawa pada bulan-bulan SON, DJF, MAM dan JJA.

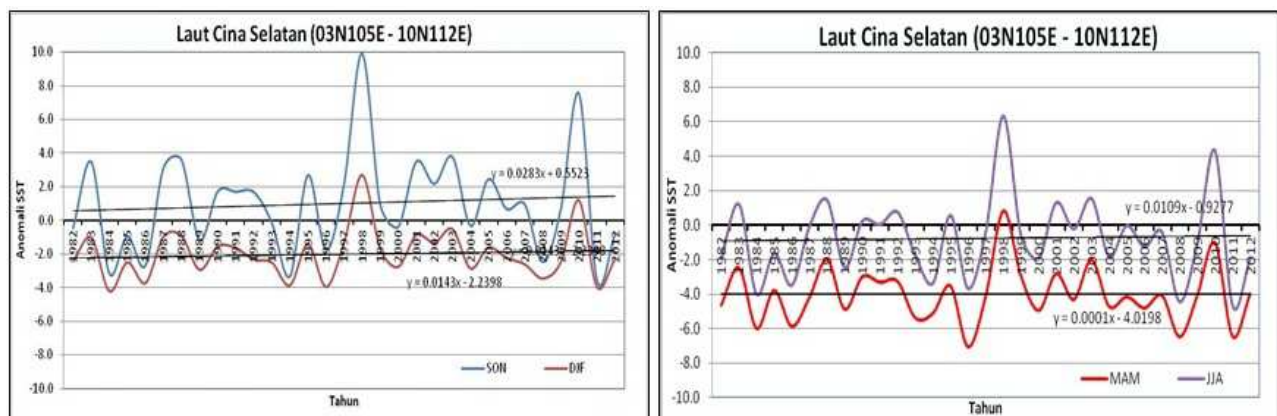
koordinat  $15^{\circ}$  LS  $\sim 10^{\circ}$  LU dan  $105^{\circ} \sim 120^{\circ}$  BT. Hasilnya disajikan pada Gambar 6. Hasil analisis untuk wilayah Laut Cina Selatan menunjukkan untuk bulan-bulan SON mempunyai nilai *slope*  $=+0,0283$ , DJF dengan *slope*  $=+0,0143$ , MAM dengan *slope*  $=+0,0109$  dan JJA dengan *slope*  $=+0,0001$ . Secara umum wilayah ini mengalami peningkatan SPL yang lebih rendah dibandingkan dua wilayah sebelumnya. Pada musim basah (SON dan DJF) nilai peningkatan SPL relatif lebih besar dibandingkan pada musim kering (MAM dan JJA) yang hampir tidak mengalami peningkatan.

### Laut Utara Papua

Perairan utara Papua adalah bagian wilayah Samudera Pasifik Barat dibatasi oleh koordinat  $0^{\circ}$  (ekuator)  $\sim 13^{\circ}$  LU dan  $130^{\circ} \sim 150^{\circ}$  BT. Wilayah

ini termasuk Samudera Pasifik sebelah barat yang letaknya berdekatan dengan daerah maritim kontinen. Hasil analisis seperti terlihat pada Gambar 7 untuk wilayah ini menunjukkan bulan-bulan SON mempunyai nilai *slope*  $=+0,1788$ , DJF dengan *slope*  $=+0,0957$ , MAM dengan *slope*  $=+0,1305$  dan JJA dengan *slope*  $=+0,0891$ . Secara umum wilayah ini mengalami peningkatan SPL yang paling besar dibandingkan dengan wilayah lain yang dijadikan studi kasus.

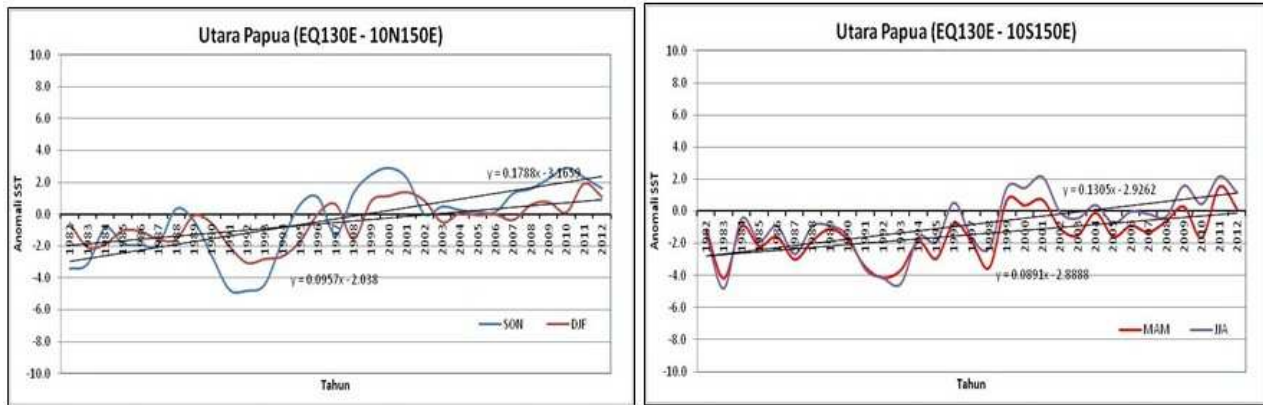
Nilai *slope* di wilayah ini adalah nilai *slope* yang tertinggi dibandingkan dengan wilayah lain. Dengan kondisi bahwa perairan sebelah Utara Papua adalah bagian lautan luas (samudera) sehingga mempunyai jumlah kapasitas panas yang lebih besar, maka kenaikan nilai *slope* ini diperkirakan akan mempengaruhi kondisi iklim di wilayah Indonesia terutama bagian timur. Nilai



Gambar 6. Analisis *slope* untuk perairan Laut Cina Selatan pada bulan-bulan SON, DJF, MAM dan JJA.

Tabel 2. Nilai *slope* untuk masing-masing perairan selama empat triwulan

Wilayah	SON	DJF	MAM	JJA
Selatan Jawa	+0,0428	+0,0353	+0,0193	+0,0294
Barat Sumatera	+0,0736	+0,0321	+0,0406	+0,0058
Laut Cina Selatan	+0,0283	+0,0143	+0,0109	+0,0001
Utara Papua	+0,1788	+0,0957	+0,1305	+0,0891



Gambar 7. Analisis *slope* untuk perairan Laut di sebelah Utara Papua pada bulan-bulan SON, DJF, MAM dan JJA.

*slope* masing masing wilayah untuk keempat triwulan disajikan dalam Tabel 2. Dari Tabel 2 terlihat bahwa semua daerah studi kasus mempunyai nilai *slope* yang positif dengan nilai yang bervariasi.

Hal ini memberi pengertian bahwa selama lebih 32 tahun telah terjadi peningkatan SPL di wilayah Indonesia yang bervariasi. Kenaikan suhu permukaan laut yang paling besar terjadi di perairan Pasifik Barat di sebelah utara Papua.

### Analisis Spasial Anomali SPL

Setelah proses rerata bulanan, dilakukan nilai SPL dibuat historis bulanan selama 32 tahun pengamatan untuk setiap *grid*-nya. Nilai historis ini digunakan untuk membuat anomali SPL bulanan masing-masing *grid*-nya dengan cara mengurangi nilai aktual SPL terhadap nilai historisnya. Perhitungan anomali SPL setiap *grid*-nya dilakukan setiap minggu mulai minggu pertama Januari sampai dengan minggu ke-4 Desember. Analisis untuk tahun 2012 dilakukan setiap minggu dengan membuat peta anomali SPL dari minggu pertama Januari 2012 sampai minggu ke empat Desember 2012.

Gambar 8. adalah contoh peta anomali SPL wilayah Indonesia pada minggu pertama Januari 2012 dan minggu kedua Januari 2012. Warna merah menunjukkan nilai anomali positif yang artinya suhu permukaan laut saat itu lebih tinggi (panas) dibandingkan dengan suhu reratanya (*historis*), sedangkan warna biru menunjukkan sebaliknya (anomali negatif).

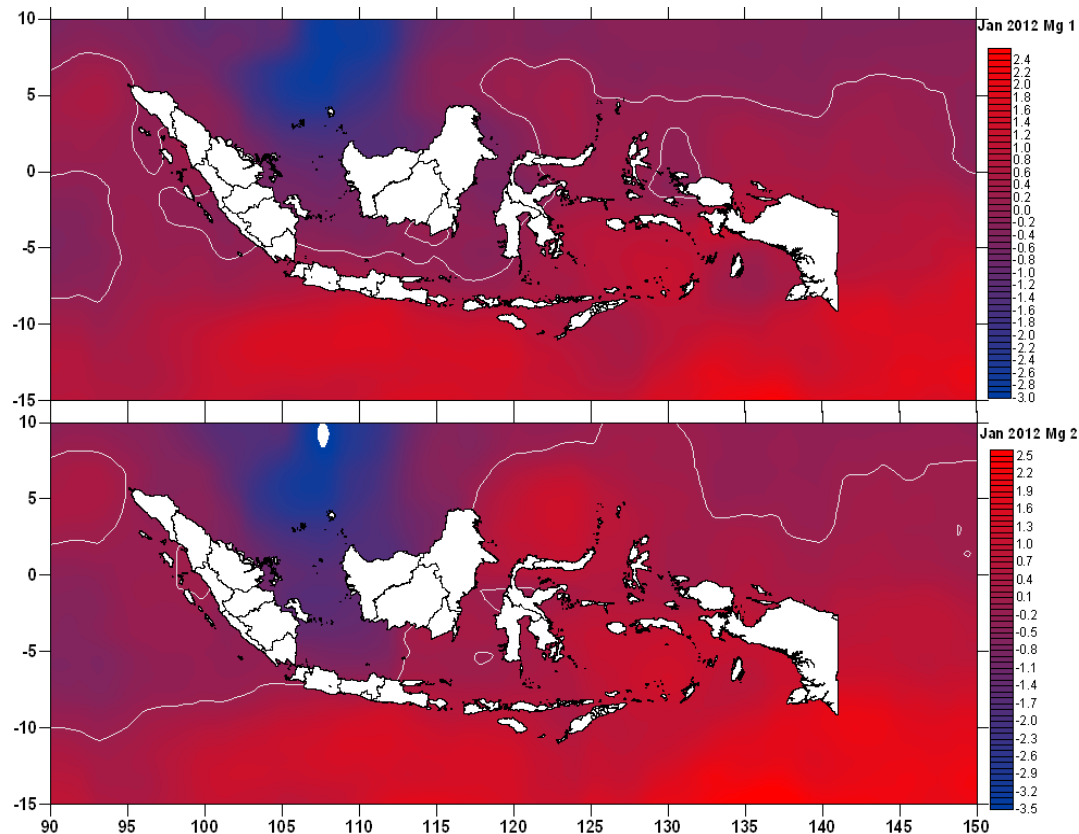
Secara umum dapat dilihat bahwa anomali suhu permukaan laut (SPL) di wilayah Indonesia terbagi menjadi anomali positif dan anomali negatif yang terpisah di belahan bumi bagian selatan dan belahan bumi bagian utara. Pada musim hujan maupun musim kering nampak terjadi perbedaan anomali SPL yang

sangat signifikan antara wilayah bagian utara dengan wilayah bagian selatan. Pada Januari (Gambar 8) yang merupakan bulan basah, anomali SPL perairan selatan mulai dari selatan Pulau Sumatera, selatan Pulau Jawa sampai Kepulauan Nusa Tenggara Timur bernilai positif yang cukup signifikan (+2,5°C). Sedangkan, di wilayah utara, terutama di Laut Cina Selatan, anomali SPL bernilai negatif secara signifikan (-3,0°C). Hal ini menyebabkan wilayah Indonesia terutama di Pulau Sumatera dan Pulau Jawa banyak mendapatkan *supplay* awan sehingga banyak terjadi hujan.

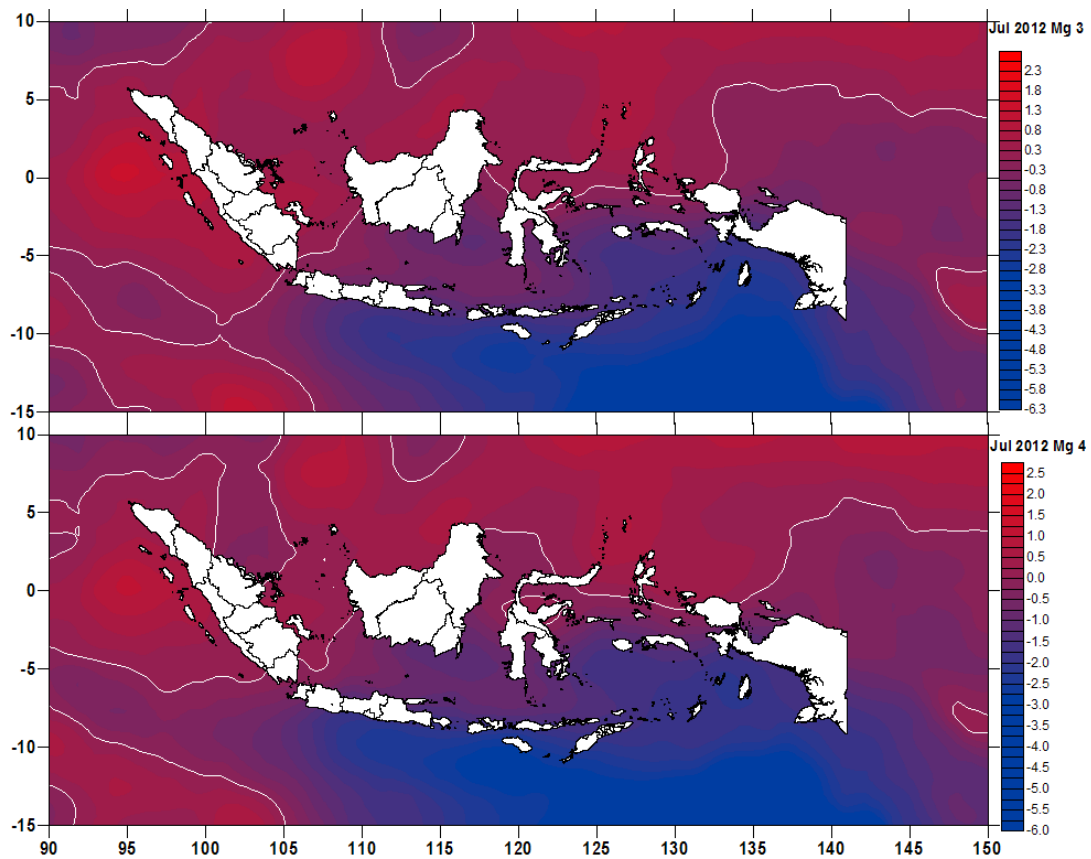
Pada Juli (Gambar 9) yang merupakan musim kering, anomali SPL di perairan selatan Jawa ke timur sampai Nusa Tenggara Timur dan selatan Papua bernilai negatif yang cukup signifikan (-6,0°C). Sedangkan di wilayah utara, nilai anomali SPL bertanda positif (+2,5°C). Hal ini menyebabkan wilayah Indonesia bagian Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat sampai Nusa Tenggara Timur sangat kering sehingga sulit terjadi hujan. Pada musim-musim transisi seperti Maret dan April, perbedaan antara anomali positif dengan anomali negatif tidak begitu besar (+2,0°C sampai -1,5°C) sehingga pada bulan-bulan tersebut masih ada peluang pertumbuhan awan di beberapa wilayah di Indonesia.

### Analisis Spasial Slope SPL

Setelah analisis temporal suhu permukaan laut dilakukan dengan menghitung nilai *slope* dari set data SPL untuk masing-masing *grid*-nya, maka dibuat peta spasial nilai *slope* dibuat sehingga diketahui nilai sebarannya. Analisis spasial *slope* SPL dilakukan untuk melihat daerah-daerah yang mempunyai tren peningkatan SPL dan daerah-daerah yang mempunyai tren penurunan. Pembuatan peta spasial nilai *slope* dilakukan untuk September, Oktober dan November (SON), Desember, Januari dan Februari (DJF), Maret, April dan Mei (MAM) dan Juni, Juli dan Agustus (JJA). Keempat peta spasial nilai *slope* masing-masing

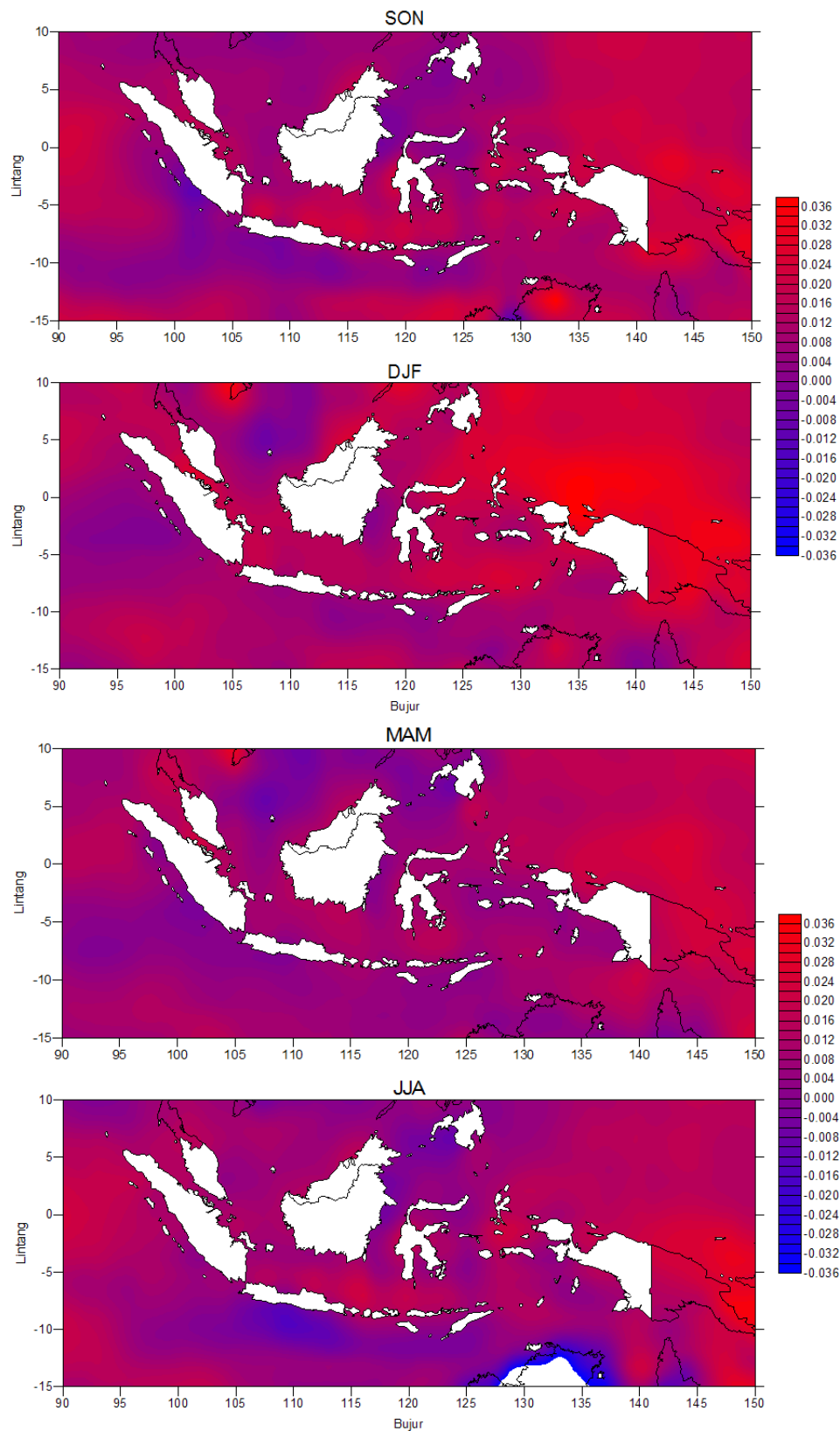


Gambar 8. Peta Anomali SPL Bulan Januari 2012 (minggu ke-1 (atas) dan minggu ke-2 (bawah)).



Gambar 9. Peta Anomali SPL Bulan Juli 2012 (minggu ke-3 (atas) dan minggu ke-4 (bawah)).





Gambar 10. Citra analisis *slope* nilai SPL perairan Indonesia Maret-April-Mei (MAM) dan Juni-Juli-Agustus (JJA), (atas) dan untuk September-Oktober-November (SON) dan Desember-Januari-Februari (DJF) (bawah), Cat Warna merah adalah *slope* positif sebaliknya warna biru adalah *slope* negatif.

triwulan dapat dilihat pada Gambar 10.

Dari Gambar 10, terlihat adanya variasi spasial nilai *slope* positif dan negatif. Secara umum, wilayah yang mengalami peningkatan SPL dengan nilai *slope* positif adalah perairan sebelah utara Papua, Samudera Hindia sebelah Barat Sumatera sebagian Laut Jawa, dan di sekitar Laut Banda. Sedangkan di Laut Cina Selatan, perairan selatan Jawa relatif konstan dan cenderung mengalami penurunan SPL meskipun sangat kecil. Dilihat dari nilai *slope*-nya perairan Samudera Pasifik di utara Papua merupakan wilayah yang tertinggi dibandingkan dengan wilayah lain.

Pengamatan yang secara spasial menunjukkan daerah-daerah dimana terjadi penurunan SPL (nilai *slope* negatif) meskipun sangat kecil, terutama di wilayah Laut Cina Selatan dan perairan Selatan Jawa. Hal ini tidak terlihat secara nyata pada analisis temporal anomali SPL karena dalam analisis tersebut dilakukan pererataan wilayah dari daerah yang dianalisis.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai *slope* yang dianalisis untuk keempat wilayah adalah positif. Nilai *slope* di wilayah Utara Papua merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan wilayah lain.
2. Secara spasial, selama 32 tahun telah terjadi peningkatan suhu permukaan laut di wilayah Indonesia yang bervariasi.
3. Secara umum dapat dilihat bahwa anomali SPL di wilayah Indonesia terbagi menjadi anomali positif dan negatif yang terpisah di belahan bumi bagian selatan dan belahan bumi bagian utara.

## PERSANTUNAN

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Unit Pelaksana Teknis Hujan Buatan (UPTHB) Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), juga kepada rekan peneliti UPTHB atas kerjasamanya dalam melakukan proses data yang sangat besar di dalam server.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian E & Susanto R. D. (2003). Identifikasi tentang tiga wilayah hujan yang dominan di Indonesia dan hubungannya dengan suhu permukaan laut, *Jurnal Internasional tentang iklim*, Vol. 23, No 12, pp.1435-1452, doi 10.1002/joc.950
- Awaluddin, M.Y., J. Kaempf & Ewenz, C. (2010). Perbedaan suhu permukaan laut di lautan

Indonesia: hasil Awal /Pendahuluan. AMOS 17Th Konferensi Presentasi Poster. ANU Canberra.

Cressman, G. P. (1959). An operational objective analysis system. *Mon. Wea. Rev.*, 87, 367-374

Emiyati, Setiawan, K. T., Manopo, A. KS., Budhiman, S & Hasyim, B. (2010) Analisis Multitemporal Sebaran Suhu Permukaan Laut di Perairan Lombok Menggunakan Data Penginderaan Jauh Modis, Seminar Nasional Penginderaan Jauh LAPAN.

Febriani, F.R., Seni, H.J.T. & Wandayantolis. (2014). Analisis Spasial Pengaruh Dinamika Suhu Muka Laut Terhadap Distribusi Curah Hujan di Sulawesi Utara, *Jurnal MIPA Unsrat*, (<http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo>), diakses Januari 2015.

Masters, J. The Landmark 2007 IPCC Report on Climate Change, (<http://www.wunderground.com/resources/climate/ipcc2007.asp?MR=1>), diakses 12 November 2012.

Moin, P. Mathematical and Computational Methods for Engineer, Fortran 77 Tutorial, Course outline, ([http://www.stanford.edu/class/me200c/tutorial\\_77/](http://www.stanford.edu/class/me200c/tutorial_77/)), diakses 23 November 2012.

National Centers for Environmental Prediction, National Weather Service, NOAA, NCEP Version 2.0 OI Global SST and NCDC Version 3.0 Extended Reconstructed SST Analyses. (<http://rda.ucar.edu/datasets/ds277.0/>), diakses 7 Desember 2012.

Reylods, R. W. (1988). A Real-time Global Sea Surface Temperature Analysis, *J. Climate*, 1, 75-86.

Reynolds, R.W. & Marsico, D.C. (1993). An Improved Real-time Global Sea Surface Temperature Analysis, *J. Climate*, 6, 114-119.

Reynolds, R.W., N.A. Rayner, T.M. Smith, D.C. Stokes, & Wang, W. (2002). An Improved In Situ and Satellite SST Analysis for Climate. *J. Climate*, 11, 3320-3323.

Surfer 11 Powerful Contouring, Gridding, and 3D Surface Mapping Software for Scientists and Engineers. (2013). (<http://www.goldensoftware.com/products/surfer>), diakses Januari 2013.

Sudarman. (2010). Meminimalkan Daya Dukung Sampah Terhadap Pemanasan Global Profesional, Vol.8, No.1, Mei 2010, ISSN 1693-3745

Syaifullah, D. (2010). Analisis Suhu permukaan laut

Selatan Jawa dan Pengaruhnya terhadap Curah Hujan DAS Citarum. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca (JSTMC)* Vol. 11 No. 2 Desember 2010

## KARAKTERISTIK ARUS PASANG SURUT DI SELAT BADUNG, BALI

Tonny Adam Theoyana<sup>1)</sup>, Widodo S. Pranowo<sup>1)</sup>, Anastasia R.T.D.K<sup>1)</sup> & Purwanto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Data Laut dan Pesisir, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir, Balitbang-KP, KKP

<sup>2)</sup>Program Studi Oseanografi, Universitas Diponegoro, Semarang

Diterima tanggal: 12 Januari 2015; Diterima setelah perbaikan: 10 Juni 2015; Disetujui terbit tanggal 2 Nopember 2015

### ABSTRAK

Selat Badung merupakan percabangan outlet dari Selat Lombok yang berada di antara Pulau Bali dan Pulau Nusa Penida. Kajian arus di lokasi ini diperlukan untuk mengetahui pola dan karakteristik arus berdasarkan komponen harmonik pasang surut. Pengukuran data di perairan lokasi penelitian dilaksanakan pada 20 Juni 2014 - 5 Juli 2014 dengan interval perekaman 30 menit. Berdasarkan hasil perekaman, kecepatan arus di Selat Badung berkisar dari 0,2 cm/s - 204,3 cm/s. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis harmonik dengan menggunakan toolbox *t\_tide* dalam software Matlab yang dapat memisahkan data arus perekaman menjadi data arus harmonik dan non-harmonik dengan mengeluarkan komponen pasang surut yang berpengaruh terhadap keberlangsungan arus harmoniknya. Berdasarkan hasil penelitian, pola arus didominasi oleh arus non harmonik ke arah tenggara. Komponen harmonik yang berpengaruh besar pada lokasi tersebut adalah M2 dan S2.

**Kata kunci:** Selat badung, Arus Laut, Pola dan Karakteristik, Komponen Harmonik, *t\_tide*

### ABSTRACT

*Badung Strait is a branch outlet of the Lombok Strait which located between Bali Island and Nusa Penida Island. The aim of this study is to determine ocean current characteristic based on tidal harmonic component. Data acquisition using ADCP was held on June 20th, 2014 – July 5th, 2014 with 30 minutes of interval record. Based on that recording, current velocities at Badung Strait are between 0,2 cm/s and 204,3 cm/s. Harmonic analysis method was used in this study with *T\_tide* toolbox in Matlab language were used to separate the time series data into harmonic and non-harmonic. Based on the research results, the current pattern is dominated by non-harmonic currents to the southeast direction. The Harmonic components which dominantly appears on the site are Principal lunar semidiurnal (M2) and Principal solar semidiurnal (S2).*

**Keywords:** Badung Strait, Ocean current, Pattern and Characteristic, Harmonic Component, *t\_tide*

### PENDAHULUAN

Indonesia yang terletak di daerah tropis menjadikannya posisinya dilewati oleh arus yang bernama Arus Lintas Indonesia (Arlindo). Menurut Safitri *et al.* (2012), Arlindo membawa massa air dari Samudra Pasifik ke Samudra Hindia. Secara umum, Arlindo disebabkan oleh perbedaan tinggi muka air di Samudra Pasifik dan Samudra Hindia yaitu pada bagian tropik barat Samudra Pasifik yang lebih tinggi dibanding dengan bagian tropik timur Samudra Hindia sehingga menyebabkan adanya gradien tekanan. Gradien tekanan inilah yang menggerakkan aliran massa air dari Samudra Pasifik ke Samudra Hindia (Hasanudin, 1998). Arlindo masuk ke Indonesia melalui Laut Sulawesi dan juga Laut Banda dan keluar menuju Samudra Hindia melalui Selat Timor, Selat Alor dan juga Selat Lombok yang merupakan selat utama dengan salah satu cabangnya adalah Selat Badung (Fieux *et al.*, 1996).

Menurut Fieux *et al.* (1996), Selat Lombok, yang merupakan induk Selat Badung, merupakan salah satu jalur keluar Arlindo menuju Samudra Hindia. Hal ini menyebabkan pentingnya dilakukan suatu penelitian tentang aliran massa air Arlindo yang di dalamnya juga termasuk kajian karakteristik massa airnya. Menurut Wyrtki (1960), arlindo juga terjadi sepanjang musim di

Indonesia, namun transpor massanya yang berbeda, maksimum pada musim timur. Indonesia memiliki variasi musiman yang disebabkan karena bertiupnya angin muson sebanyak dua kali dalam setahun yaitu Angin Muson Tenggara dan Angin Muson Barat Laut. Angin muson ini mempengaruhi karakteristik perairan di Indonesia termasuk Selat Lombok, sehingga untuk mengetahui lebih rinci tentang pola dan karakteristik massa air di Selat Lombok perlu dilakukan penelitian di kedua musim tersebut mengingat Selat Lombok memainkan peran penting dalam sirkulasi perubahan iklim global dan sistem cuaca (Pranowo *et al.*, 2004).

Arus laut adalah gerakan massa air dari suatu tempat (posisi) ke tempat yang lain. Arus laut ini terjadi di segala tempat di lautan dunia dan pergerakannya saling mempengaruhi baik ke arah horizontal maupun vertikal (Azis, 2006). Arus sebagai gerakan mengalirnya suatu massa air dapat disebabkan oleh tiupan angin, atau karena perbedaan densitas air laut atau dapat juga disebabkan oleh tekanan air (Illahude, 1999).

Arus laut merupakan sistem yang kompleks yang terbentuk akibat berbagai sebab, sehingga data arus menunjukkan kondisi arus sebenarnya yang mencakup semua komponen arus. Dalam analisa arus laut, data yang diperoleh diuraikan

menjadi sejumlah komponen arus sesuai dengan penyebabnya. Penguraian arus laut tersebut sangat membantu dalam mengklasifikasikan sistem sirkulasi arus. Beberapa jenis arus yang umum dikenal adalah arus pasang surut, arus akibat gelombang (arus sejajar pantai), arus akibat tiupan angin, dan arus yang disebabkan perbedaan densitas air laut (Utami, 2006).

Menurut Hadi & Radjawane (2011), arus akan tetap terjadi meskipun faktor eksternal seperti angin yang menjadi penggerak massa air berhenti berhembus karena efek momentum. Hal ini didukung oleh Supangat & Susana (2007) yang menyatakan, bahwa aliran massa air di laut tidak akan berhenti tiba-tiba akibat adanya momentum dari sisa gaya angin dan juga gaya Coriolis yang tetap bekerja pada badan air tersebut. Gaya Coriolis terjadi karena perputaran bumi pada porosnya, sehingga gaya ini akan menjadi faktor penggerak massa air yang abadi. Arus yang terjadi di muka bumi ini dapat dikelompokkan menjadi empat arus utama yaitu (Gambar 1):

1. arus yang berhubungan dengan distribusi densitas
2. arus yang ditimbulkan oleh angin
3. arus yang ditimbulkan oleh gelombang laut, dan
4. arus yang disebabkan dari pasang surut

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di perairan Selat Badung, Provinsi Bali pada 20 Juni-5 Juli 2014. Materi dalam penelitian ini menggunakan data primer sebagai data utama dan data sekunder sebagai data pendukung. Data primer adalah data arus laut pada 6 layer kedalaman dengan interval 30 menit yang diambil secara insitu menggunakan ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) SonTek Argonaut – XR. Data sekunder yaitu peta laut DISHIDROS. Kegiatan penelitian meliputi perekaman data arus laut, pengumpulan data pendukung, pengolahan data, analisis data hasil

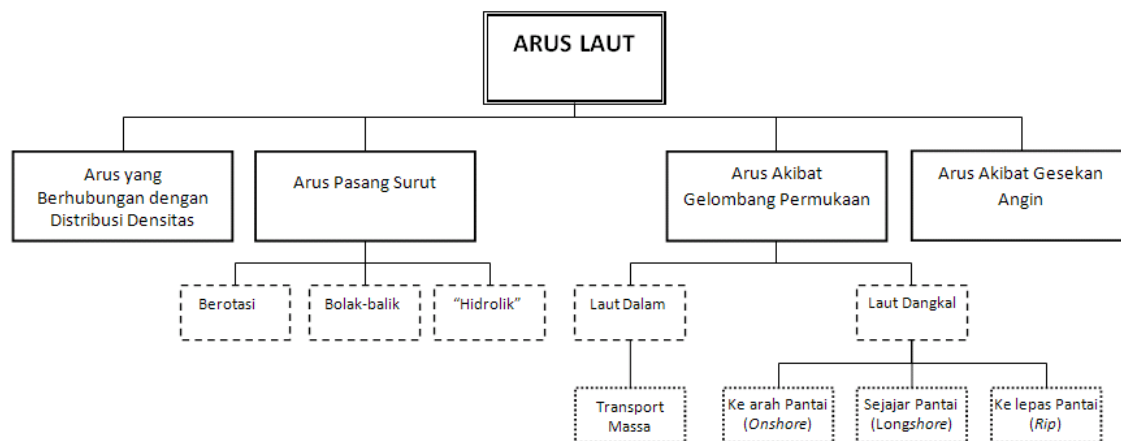
penelitian dan penyusunan laporan penelitian.

Penelitian ini menggunakan metode yang bersifat eksploratif. Eksploratif yaitu mencari tahu seberapa besar keadaan di lokasi penelitian yang berpengaruh terhadap suatu variabel terkait di lingkungan sekitarnya. Perekaman data menggunakan ADCP di lokasi penelitian termasuk menggunakan metode Eulerian berdasarkan Emery & Thompson (1998). Penentuan lokasi peletakan ADCP menggunakan pertimbangan teknis dari tim penelitian.

## Pemisahan Arus Harmonik dan Non-Harmonic

Pengukuran arus laut dilakukan selama 15 x 24 jam dengan interval perekaman setiap 30 menit. Pengukuran dilakukan menggunakan *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) SonTek Argonaut – XR dengan panjang gelombang sensor beam 750 kHz pada kedalaman 30 m dan datar. Pengukuran arus ini dibagi dalam beberapa kedalaman yaitu 3 m, 8 m, 13 m, 18 m, 23 m dan 28 m. Koordinat titik pengukuran berada di 8° 42' 37,86505" LS dan 115° 16' 18,74789" BT (segitiga merah, Gambar 2). Arus pengukuran yang didapat kemudian akan dipisahkan menjadi arus harmonik atau arus pasangsurut dan arus non-harmonik atau arus residu. Pemisahan ini bertujuan untuk mengetahui pola dan karakteristik arus laut di lokasi penelitian.

Pemisahan arus pengukuran menjadi arus pasangsurut dan arus residu menggunakan program Matlab dengan toolbox *t\_tide*. Selain dapat memisahkan arus, *t\_tide* juga dapat memunculkan komponen pasangsurut yang diprediksi mempengaruhi kondisi arus di lokasi penelitian. Melalui komponen harmonik pasang surut yang muncul ini akan dianalisis komponen apa yang paling berpengaruh membentuk kondisi arus harmonik di lokasi penelitian. Adapun batasan dalam penggunaan toolbox *t\_tide* menurut Pawlowicz (2002), *t\_tide* dapat bekerja dengan data inputan minimal



Gambar 1. Klasifikasi Arus Laut (Sumber : Hadi & Radjawane, 2009).





Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian.

14,77 hari dan interval perekaman maksimal 1 jam. Selain itu, inputan pada  $t_{\text{tide}}$  adalah komponen arah arus yaitu komponen  $u$  (timur-barat) dan komponen  $v$  (utara-selatan) bukan arus total dengan arahnya. Pawlowicz (2002) juga menyampaikan bahwa penggunaan inputan untuk data arus laut merupakan inputan bilangan kompleks, namun disana juga disampaikan bahwa lebih baik untuk memisahkan data menjadi 2 komponen seperti yang sudah dilakukan dalam penelitian ini. Masing-masing komponen diproses secara terpisah melalui  $t_{\text{tide}}$ , bukan digabung secara langsung yang merupakan data vektor, seperti yang dijelaskan di atas bahwa kedua komponen tersebut adalah komponen  $u$  dan komponen  $v$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pola dan Kecepatan Arus di Selat Badung

Kecepatan arus yang terekam oleh ADCP berkisar antara 0,2 cm/dtk sampai dengan 101,9 cm/dtk (Tabel 1). Dilihat dari Tabel 1, nilai rata-rata kecepatan arus berkurang seiring bertambahnya kedalaman perairan pengukuran. Kecepatan maksimal berada pada bagian permukaan yaitu kedalaman 3 meter.

Mawar arus disajikan untuk dapat melihat sebaran arah arus total yang telah direkam oleh ADCP. Dengan bantuan mawar arus, kita dapat melihat dominasi arah arus di lokasi penelitian dengan tingkat volume datanya. Masukan yang dibutuhkan dalam tampilan ini adalah kecepatan dan arah dari arus yang sudah direkam. Arus dibaca dari pusat menuju ke arah luar (arah mata angin).

### Arus Komponen Timur-Barat

Hasil plotting arus dalam hal ini arus komponen  $u$  (timur-barat) terhadap perubahan waktu disajikan

dalam Gambar 4 dan 5. Hasil ini merupakan hasil interpolasi dan perhitungan yang dilakukan oleh  $t_{\text{tide}}$  terhadap data yang dimasukkan. Warna biru menunjukan data arus pengukuran survei laut dan warna hijau menunjukan arus harmonik hasil interpolasi.

### Arus Komponen Utara-Selatan

Hasil plotting pemisahan arus dalam hal ini arus komponen  $v$  (utara-selatan) terhadap perubahan waktu disajikan dalam Gambar 6 dan 7.

Secara umum berdasarkan hasil analisis tersebut diatas, maka data arus di Selat Badung, pada setiap layer kedalamannya menunjukkan adanya pengurangan nilai kecepatan arus seiring dengan bertambahnya kedalaman. Ditinjau dari kecepatan arus maksimal dan arus rata-ratanya, kecepatan maksimal terbesar berada pada kolom perairan yang paling dekat dengan permukaan yaitu 3 meter dengan kecepatan 101,9 cm/dtk, kedalaman 8 meter dengan kecepatan 93,8 cm/dtk, dan seterusnya sampai kedalaman paling mendekati dasar, kedalaman 28 meter dengan kecepatan maksimal 52,9 cm/dtk (Tabel 1). Begitupun halnya dengan kecepatan rata-rata yang juga mengalami penurunan nilai kecepatan arusnya. Di kedalaman 3 meter kecepatan rata-ratanya 23,77 cm/dtk, pada kedalaman 8 meter kecepatan menurun 23,50 cm/dtk, kedalaman selanjutnya 23,20 cm/dtk, dan pada kedalaman 18 meter menurun 20,72 cm/dtk hingga di kedalaman 28 meter hanya 9,48 cm/dtk (Tabel 1). Hal ini terjadi karena adanya gaya gesek antar kolom perairan. Arus pada permukaan cenderung digerakan oleh faktor eksternal sebagai contohnya tenaga angin. Angin yang bertiup di permukaan laut sedikit demi sedikit menciptakan gaya gesek dan pada akhirnya akan menciptakan daya gerak terhadap perairan itu sendiri sehingga tercipta aliran massa air dipermukaan. Partikel air pada setiap kedalaman ini saling berhubungan sehingga terjadi gesekan

antara lapisan permukaan laut dengan lapisan yang berada di bawahnya. Gesekan ini membuat kecepatan arus di perairan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini disampaikan pula oleh Azis (2006) dalam jurnalnya. Berkurangnya nilai kecepatan arus terhadap kedalaman juga berkaitan dengan teori Ekman dan gaya Coriolis.

Mawar arus yang disajikan pada Gambar 3 adalah hasil dari pengolahan data arus perekaman ADCP di lokasi penelitian yang mengindikasikan bahwa arus yang bergerak dominan menuju arah timur dan tenggara. Hal ini berarti gerakan arus cenderung ke arah laut dari darat. Hal ini berkaitan dengan lokasi peletakan ADCP yang masih berada di daerah dekat pantai (< 2 Km) dan tidak jauh dari lokasi gelombang pecah (hanya beberapa ratus meter). Menurut Ippen (1996), arus gelombang terjadi di dekat pantai. Ada

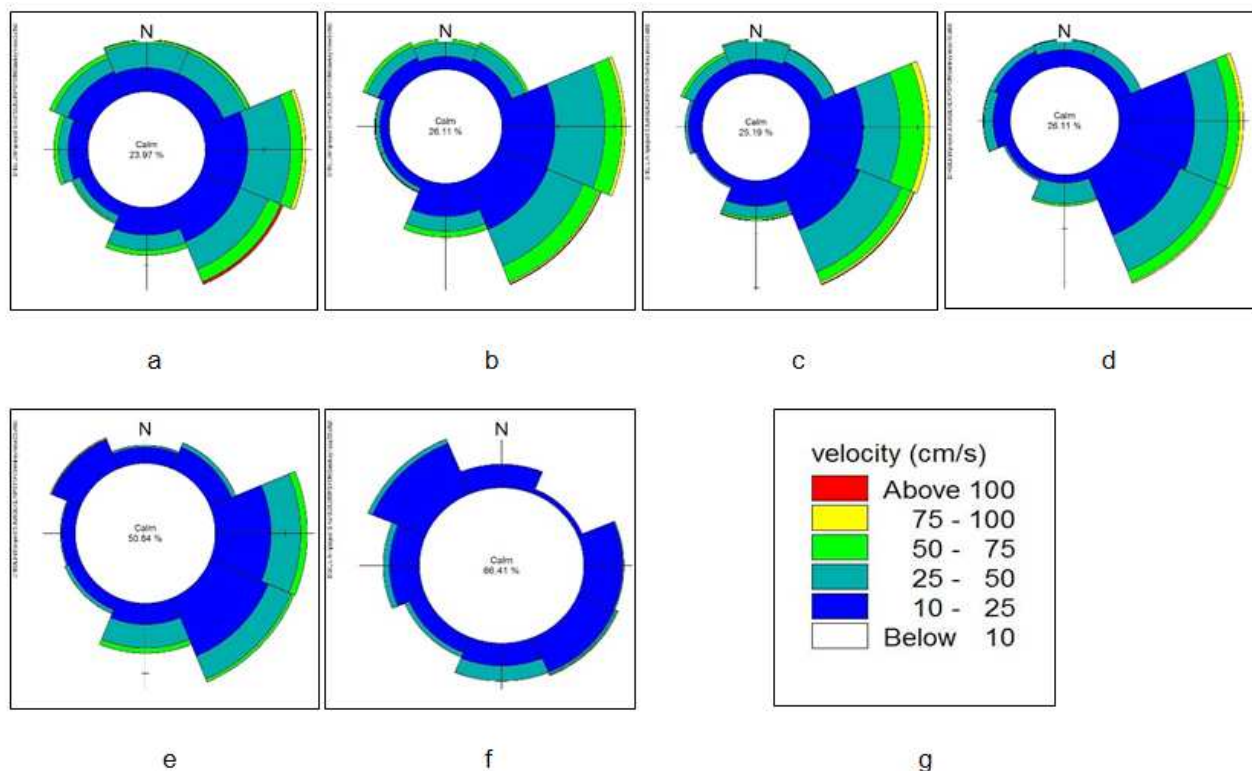
beberapa kemungkinan pergerakan arah arus di daerah dekat pantai tersebut. Pergerakan arah arus yang menuju ke tenggara ini diduga karena adanya pergerakan arus balik akibat gelombang dan arus dari inlet Selat Badung yang mengarah ke darat, daerah Sanur.

### Pola Arus Harmonik

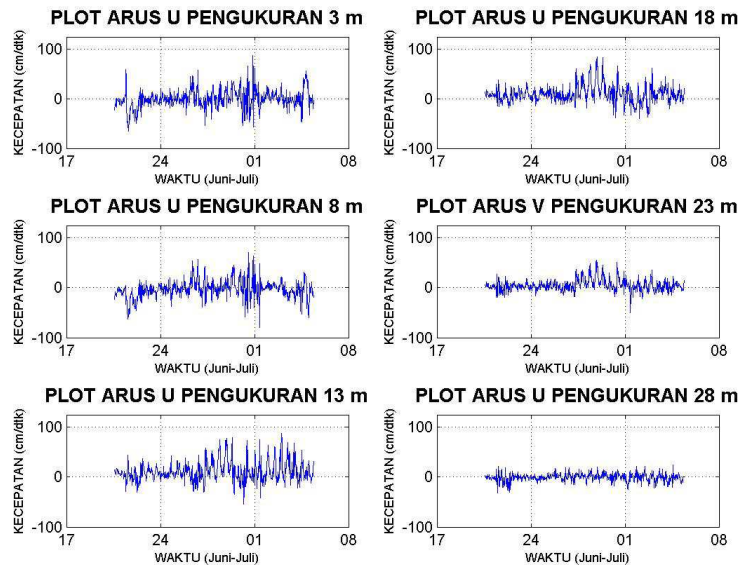
Scatter Plot membantu dalam menganalisa hasil sebaran data. Dalam kaitannya dengan arus laut, hasil sebaran yang membentuk elips merupakan tanda bahwa arus didominasi oleh pasang surut dan lengkungan elipsnya ini menunjukkan juga arah dominasi dari sebaran data. Data arus pasang surut atau arus harmonik hasil pemisahan juga disajikan dalam scatter plot dari Gambar 8. Hasil scatter plot merupakan output dari masukan komponen u dan v

Tabel 1. Data Kecepatan Arus Perekaman ADCP

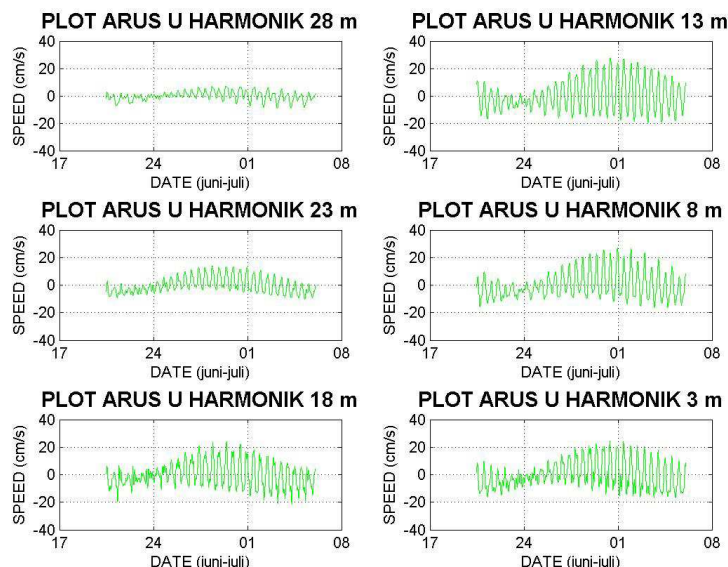
Layer Perekaman Data ADCP (cell)	Kedalaman (m)	Kecepatan Max (cm/dtk)	Kecepatan Min (cm/dtk)	Kecepatan Rata-rata (cm/dtk)
Cell 1	28	52,9	0,3	9,48
Cell 2	23	62,5	0,5	13,60
Cell 3	18	99,7	0,5	20,72
Cell 4	13	88	0,3	23,20
Cell 5	8	93,8	0,5	23,50
Cell 6	3	101,9	0,2	23,77



Gambar 3. Mawar Arus Berbagai Kedalaman. a) 3 meter. b) 8 meter. c) 13 meter. d) 18 meter. e) 23 meter. f) 28 meter. g) Legenda Kecepatan Arus.



Gambar 4. Grafik *Timeseries* Pemisahan Arus Komponen U.



Gambar 5. Grafik *Timeseries* Arus Harmonik Komponen U.

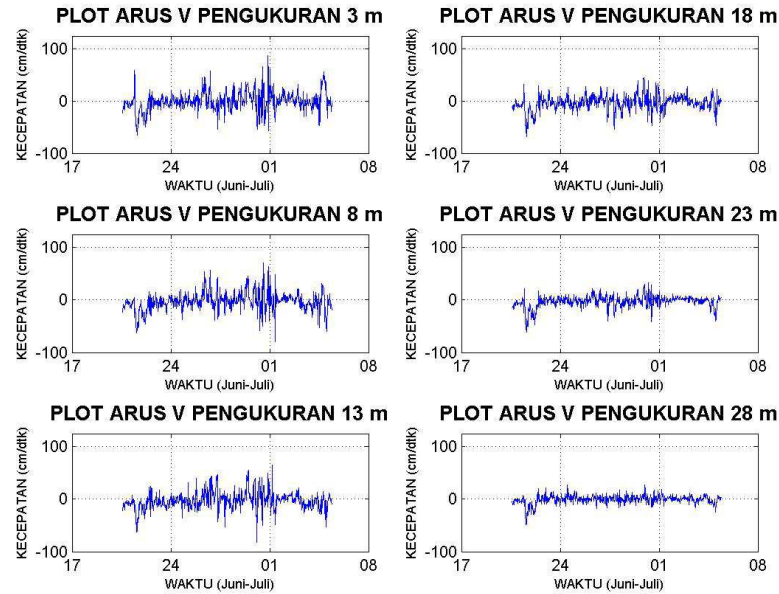
dari arus laut itu sendiri.

#### Karakteristik berdasarkan Komponen Harmonik Signifikan

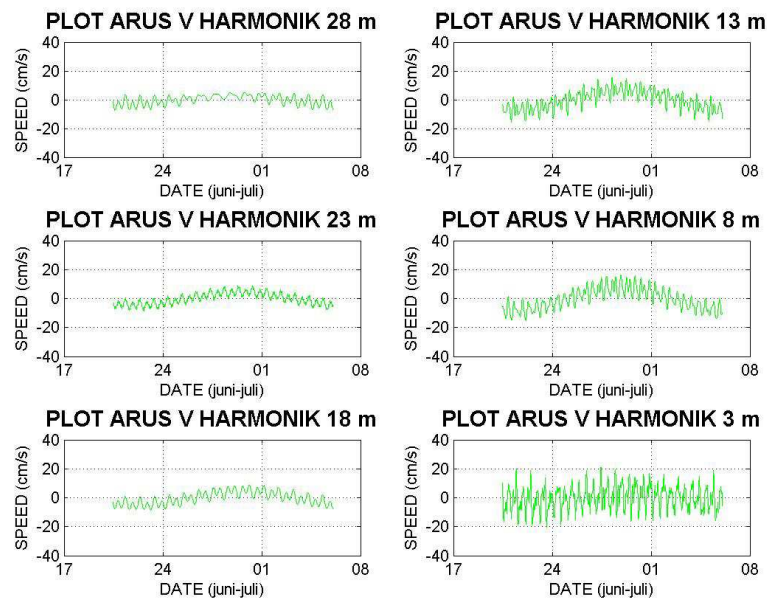
T<sub>tide</sub> mampu mengeluarkan komponen pasang surut yang mempengaruhi arus di lokasi penelitian secara signifikan. Tabel 2 menampilkan rangkuman komponen apa saja yang mempengaruhi keadaan arus pasang surut secara signifikan berdasarkan dari nilai SNR (*Signal to Noise Ratio*) lebih dari 3. Menurut Pawlowich (2002), SNR yang signifikan adalah lebih dari 1, tetapi dalam penelitian ini diambil SNR > 3 dengan alasan untuk lebih menyempitkan ruang

lingkup analisa. Semakin besar nilai SNR-nya, maka semakin kecil perbandingan errornya dengan data yang direkam. Pengambilan nilai SNR > 3 ini bertujuan untuk melihat komponen apa saja yang memiliki nilai error kecil. Peninjauan pengaruh komponen pasang surut didasarkan oleh pengolahan data menggunakan t<sub>tide</sub> toolbox.

Pawlowicz (2002) mengatakan bahwa, nilai komponen signifikan didapat dari hasil nilai SNR (*Signal to Noise Ratio*) yang lebih dari 1. Nilai SNR didapat dari perbandingan nilai amplitudo sinyal perekaman data dengan amplitudo sinyal perekaman error. Secara umum, ada 3 komponen yang mempengaruhi



Gambar 6. Grafik *Timeseries* Pemisahan Arus Komponen V.



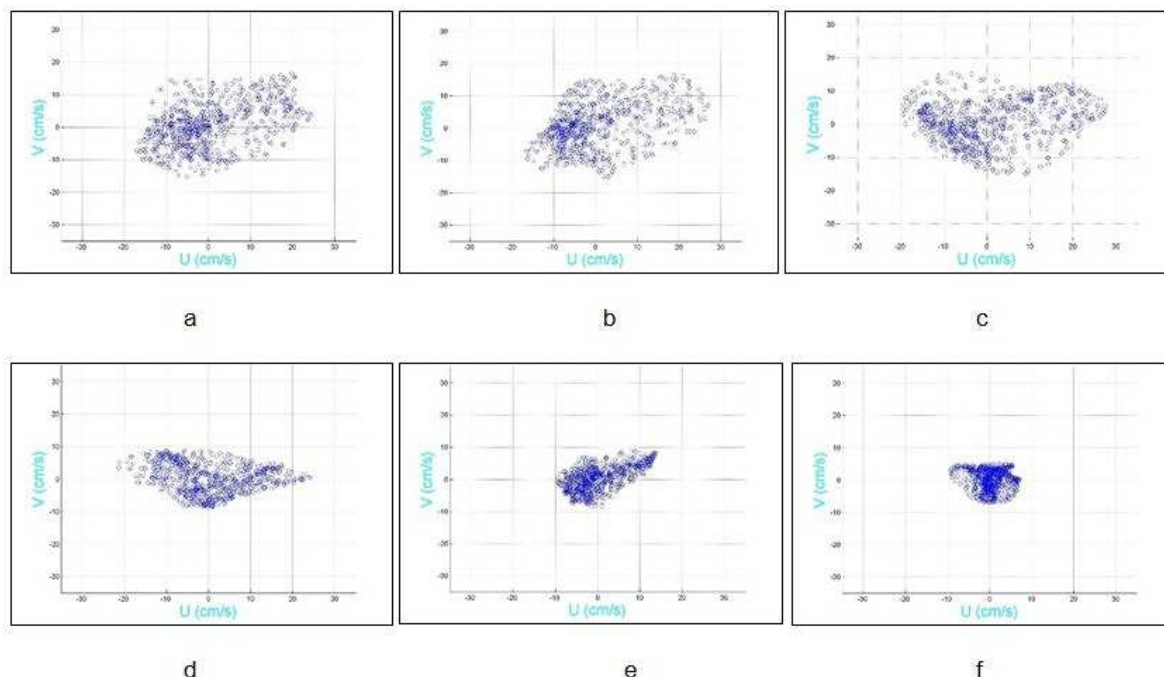
Gambar 7. Grafik *Timeseries* Arus Harmonik Komponen V.

terbentuknya arus laut di daerah tersebut. Yaitu  $M_{sf}$  (*Lunisolar Synodic Fortnightly*),  $M_2$  (*Lunar Semidiurnal*) dan  $S_2$  (*Principal Solar Semidiurnal*). Ketiga komponen ini memiliki nilai SNR lebih dari 3 hampir di tiap layer kedalaman untuk masing-masing komponen u dan v.  $M_{sf}$  memiliki frekuensi 1,015 dan periode 14,77 hari.  $M_2$  memiliki frekuensi 28,984 dan periode 12,42 jam.  $S_2$  memiliki frekuensi 30 dan periode 12 jam.

Penentuan nilai signifikan dalam komponen pasang surut menggunakan program *t\_tide* didasari oleh besarnya nilai SNR yang sudah dijelaskan diatas.

Penentuan nilai SNR sendiri adalah merupakan hasil perbandingan kuadrat dari nilai amplitudo dan amplitudo errornya. Pada dasarnya, setiap komponen pasangsurut bekerja dalam setiap keadaan laut dimuka bumi ini hanya saja nilai amplitudo dan fasenya yang berubah. Menurut hukum laplace yang berkata “gelombang komponen pasangsurut selama penjalarannya akan mendapat respon dari laut yang dilewatinya, sehingga amplitudonya mengalami perubahan dan fasenya mengalami keterlambatan namun frekuensi dan kecepatan sudut masing-masing adalah tetap”, maka hal ini membuat nilai amplitudo masing-masing





Gambar 8. Scatterplot Arus Harmonik Berbagai Kedalaman. a) 3 meter. b) 8 meter. c) 13 meter. d) 18 meter. e) 23 meter. f) 28 meter.

komponen u dan komponen v berbeda satu dengan yang lainnya yang selanjutnya akan mempengaruhi nilai SNR yang menjadi acuan penentuan komponen signifikan. Maka terkadang ditemukan bahwa suatu komponen signifikan di komponen u namun tidak di komponen v atau sebaliknya yang dikarenakan perbedaan nilai penalaran komponen u dan komponen v.

Besar nilai dari komponen v pada lokasi penelitian tidaklah lebih besar dibandingkan dengan besar nilai komponen u, hal ini terjadi karena memang pergerakan arus di lokasi penelitian cenderung ke arah timur-barat yakni dominan ke timur dan tenggara. Komponen arus v yang disajikan dalam Gambar 6 dan 7, dimana secara umum bentuk sinusoidal besar dari pasang surut yang terjadi selama 15 hari (20 Juni - 5 Juli 2014) tersaji pada Gambar 9. Hal ini menunjukkan bahwa komponen Msf yang memiliki periode 15 hari menjadi pembangkit yang sangat dominan. Dilihat dari hasil tabel komponen dominan yang tersaji dalam Tabel 2, pada kedalaman 8-23 m, Msf selalu muncul dan memiliki nilai SNR yang paling tinggi. Meskipun nilai Msf digambarkan menjadi komponen yang signifikan, pendapat Emery & Thompson (1998) mengatakan bahwa, untuk mengetahui nilai komponen Msf diperlukan data setidaknya 182,6 hari. Munculnya komponen Msf pada  $t_{\text{tide}}$  ini dikarenakan inputan data (15 hari) dalam penelitian ini sangat dekat dengan periodenya yakni 14,77 hari, maka dari itu,  $t_{\text{tide}}$  membacanya sebagai komponen yang berpengaruh. Nilai SNR yang besar dalam komponen Msf ini berkaitan erat dengan panjangnya data yang hampir sama panjang

dengan panjangnya periode Msf itu sendiri, sehingga tidak terjadi pengulangan perhitungan dalam periode-periode selanjutnya. Dikarenakan periode Msf hanya terjadi sekali dalam penelitian ini,  $t_{\text{tide}}$  membacanya sebagai komponen yang signifikan.

Berbeda dengan kedalaman 3 m yang mewakili permukaan dan kedalaman 28 m yang mewakili dasar perairan. Pada kedalaman 3 m, komponen Msf tidak muncul melainkan komponen S2 dan M4 yang menjadi dominasi komponen utama. S2 dengan periode 12 jam dan M4 dengan periode 6 jam. Komponen O1 (Tabel 2) pun muncul dikedalaman ini. Komponen ini berkaitan dengan gravitasi antara bumi dengan bulan. Karena jarak bumi dengan bulan terdekat terjadi pada tanggal akhir bulan, pengaruhnya semakin kuat pada tanggal 28-29 Juni. Pada tanggal tersebut, hanya terjadi 1 kali pasang dan 1 satu kali surut (Anugraha, 2012).

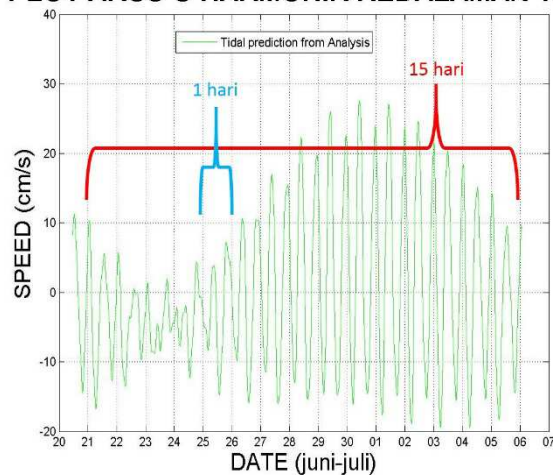
Nilai komponen u pada lokasi penelitian ini mendominasi dibanding dengan besar komponen v. Hal ini terlihat dari hasil scatter plot untuk komponen harmonik yang disajikan pada Gambar 8. Terlihat dari gambar tersebut, arah arus cenderung ke arah timur-barat. Jika dilihat secara umum, pada tiap kolom kedalaman, grafik tersebut membentuk satu siklus sinusoidal selama 15 hari dan mencapai nilai maksimal di kedalaman 13 m. Komponen M2 dan S2 selalu muncul sebagai komponen yang signifikan. Menurut Ongkosongo & Suyarso (1989), kedua komponen tersebut adalah komponen utama pasang surut ganda (Gambar 9).



Tabel 2. Komponen Pasang Surut yang Signifikan

vector	DEPTH	Tide	freq	amp	amp err	pha	pha err	Snr
u	28 m	*M2	0,0805	2,5067	0,734	43,9	16,41	12
		*S2	0,0833	2,2318	0,734	329,37	18,87	9,2
		*MSF	0,0028	2,2373	1,138	211,98	29,15	3,9
		*S4	0,1667	1,2628	0,673	104,13	30,6	3,5
	23 m	*MSF	0,0028	4,7848	1,404	216,37	16,81	12
		*M3	0,1208	1,0416	0,556	11,33	29,55	3,5
		*M2	0,0805	4,9878	2,895	60,16	32,53	3
	18 m	*MSF	0,0028	4,653	1,783	200,56	21,96	6,8
		*M2	0,0805	8,3514	4,84	51,88	32,48	3
	13 m	*M2	0,0805	10,9621	2,99	49,38	15,28	13
		*S2	0,0833	9,8937	2,99	323,72	17,34	11
		*MSF	0,0028	4,6736	1,666	262,52	20,43	7,9
	8 m	*M2	0,0805	9,3651	3,548	46,2	21,23	7
		*S2	0,0833	6,9239	3,548	321,64	29,4	3,8
		*MSF	0,0028	5,0114	2,823	242,83	32,28	3,2
	3 m	*M2	0,0805	8,8505	2,305	34,25	14,6	15
		*S2	0,0833	8,7541	2,305	317,8	15,11	14
		*MSF	0,0028	6,1202	1,964	224,23	18,39	9,7
v	28 m	*MSF	0,0028	2,7688	0,868	226,18	17,96	10
		*O1	0,0387	2,3316	0,868	251,02	23,75	7,2
		*M2	0,0805	2,1359	0,867	226,97	22,74	6,1
		*S2	0,0833	1,7932	0,867	250,68	27,73	4,3
	23 m	*MSF	0,0028	4,5228	1,13	238,11	14,32	16
	18 m	*MSF	0,0028	4,765	1,614	244,07	19,41	8,7
	13 m	*MSF	0,0028	6,9971	2,883	224,65	23,61	5,9
		*2MK5	0,2028	1,4974	0,829	240,34	32,32	3,3
	8 m	*MSF	0,0028	8,0521	2,457	220,92	17,48	11
	3 m	*S2	0,0833	8,0689	3,567	287,82	25,36	5,1
		*M4	0,1610	3,4734	1,952	208,36	30,81	3,2

PLOT ARUS U HARMONIK KEDALAMAN 13 m



Gambar 9. Contoh grafik sinusoidal arus harmonik hasil pengukuran survei selama 15 hari. Terdapat dua kali pasang dan surut dalam 1 hari.

## KESIMPULAN

Pola arus di Selat Badung pada lokasi penelitian, teridentifikasi di seluruh kedalaman pengukuran, didominasi oleh arus residu dan dominan ke arah timur dan tenggara. Komponen harmonik yang berperan secara signifikan, teridentifikasi di seluruh kedalaman pengukuran, adalah M2 (Lunar Semidiurnal), dan S2 (Principal Solar Semidiurnal).

## PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya survei dan penyusunan artikel ini. Artikel ini adalah bagian dari skripsi penulis pertama yang dibimbing oleh penulis kedua dan keempat. Survei laut di Selat Badung, yang dipimpin oleh penulis ketiga, didanai oleh DIPA APBN TA 2014 pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Kelautan dan Perikanan untuk kegiatan "Kajian Hidrodinamika Perairan Indonesia dan Dampaknya Terhadap Migrasi Musiman Ikan Pelagis dan Kajian Variabilitas Laut-Iklim dan Hidrodinamika di Perairan Indonesia". Tidak lupa diucapkan penghargaan setinggi-tingginya kepada para anggota Tim Survei Laut yang terdiri dari anggota peneliti Keltibang Kebijakan Perubahan Iklim (Dr. Devi Dwiyantri, SKM, M.Si, Hari Prihatno, M.Sc, Tri Nugraha, A.Md, Wida Hanayasashi, S.Kel, Muallimah Annisaa, S.Kel), para mahasiswa Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut Jurusan Teknik Hidro-Oseanografi (Mayor Laut. Janjan Rechar, Kapten Laut Eko Nuryasin, Lettu Laut Taryono, Serma Mar. Murjiyanto, Serka Mar. Baharuddin), dan rekan satu tim survei dari Universitas Diponegoro (Winona Abigail dan Novita Ayu Ryandhini).

## DAFTAR PUSTAKA

- Anugraha, R. (2012). Mekanika Benda Langit [internet]. [diunduh pada 2014 Juni 13] tersedia pada: <http://rinto.staff.ugm.ac.id/wp-content/uploads/Mekanika-benda-langit-Rinto-Anugraha.pdf>.
- Azis, M.F. (2006). "Gerak Air di Laut", J. Oseana., 31(4):9-21
- Emery, W.J. & Thompson, R.E. (1998). "Data Analysis Method in Physical Oceanography", Elsevier Science, Amsterdam.
- Fieux, M.C., E. Andrie, A.G. Charriaud, N. Ilahude, R. Metzl, Molcard & Swallow, J.C. (1996). "Hydrological and Chlorofluoromethane Measurements of The Indonesian Throughflow Entering The Indonesian Ocean", J. Of Geophysical Research., 101(C5):12433-12454.
- Hadi, S. & Radjawane, I. (2011). "Arus Laut", Institut Teknologi Bandung Press, Bandung.
- Hasanudin, M. (1998). "Arus Lintas Indonesia (ARLINDO)", J. Oseana., 23(2):1-9.
- Ilahude, A.G. (1999). "Pengantar Oseanografi Fisika", Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Ippen, A.T. (1996). "Estuary and Costaline Hydrodynamics", McGraw Hill Inc, New York.
- Ongkosongo, O.S.R. & Suyarso. (1989). "Pasang Surut", Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Pusat Pengembangan Oseanologi, Jakarta
- Pawlowicz, R., B. Beardsley, & Lentz, S. (2002). "Classical Tidal Harmonic Analysis Including Error Estimates in Matlab using T\_TIDE" J. Computer and Geoscience., 28(2002):929-937.
- Pranowo, W.S., A.R.T.D. Kuswardhani, T.L. Kepel, U.R. Kadarwati, S. Makarim & Husrin, S. (2004). "Menguak Arus Lintas Indonesia", Departemen Kelautan dan Perikanan, Jakarta.
- Safitri, M., S.Y. Cahyarini, & Putri, M.R. (2012). "Variasi Arus Arlindo dan Parameter Oseanografi di laut Timor sebagai Indikasi kejadian ENSO", Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis., 4(2):369-377.
- Supangat, A. & Susanna. (2007). "Pengantar Oseanografi", Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumber Non – Hayati, Jakarta.
- Utami, I.N. (2006). "Studi Karakteristik dan Aliran Massa Air pada Musim Barat dan Musim Timur di Selat Lombok", Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wyrtki, K. (1960). "The Thermohaline Circulation in Relation to The General Circulation in The Oceans", J. Deep Sea Research; 1(8):39-64.

## VARIABILITAS POLA ARUS DAN GELOMBANG DI SELAT KARIMATA

Aida Heriati<sup>1)</sup>, Eva Mustikasari<sup>1)</sup> & M. Al Azhar<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir, Balitbang-KP, KKP

<sup>2)</sup>Program Studi Oseanografi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

Diterima tanggal: 20 Maret 2015; Diterima setelah perbaikan: 29 Juli 2015; Disetujui terbit tanggal 4 Nopember 2015

### ABSTRAK

Tulisan ini membahas mengenai kondisi parameter fisik di daerah perairan Selat Karimata, yaitu kondisi angin, kondisi pasang surut, kondisi gelombang dan kondisi arus hasil dari pemodelan oseanografi. Data yang digunakan untuk pengolahan adalah data angin dari hasil pengamatan, data pasang surut dari *Tide Model Driver* (TMD) dan data batimetri dari GEBCO. Kejadian angin paling dominan terjadi adalah dari arah selatan dengan persentase kejadian sebanyak 7,4%, tenggara 6,8% dan timur 6,5% dan hasil pemodelan gelombang menggunakan metode Sverdrup-Munk-Bretschneider memperlihatkan kondisi gelombang dengan arah gelombang dominan adalah arah tenggara dengan jumlah persentase kejadian sebesar 6,76 %, dengan persentase yang paling tinggi adalah pada kejadian gelombang dengan ketinggian 0,1 – 1 m. Pasang surut yang terjadi di Selat Karimata adalah pasang surut tipe tunggal (*diurnal tides*). Kondisi arus hasil pemodelan di perairan Selat Karimata menunjukkan bahwa arus yang kuat terjadi pada saat kondisi pasang dengan kecepatan maksimum arus yang terjadi adalah sebesar 0,6 m/det yang terjadi pada kondisi pasang menuju surut purnama.

**Kata kunci:** arus, gelombang, Selat Karimata, pasang surut

### ABSTRACT

*This paper discusses about the physical parameters condition in Karimata Strait, namely wind conditions, tidal conditions, wave conditions and current conditions from oceanographic modeling. The ten-year wind data derived from field observation, tidal data from Tide Model Driver (TMD) and bathymetric data from GEBCO are used for the analysis. The result shows that the most dominant wind occurs through south about 7.4%, southeast 6.8% and east 6.5%. Wave modeling using Sverdrup-Munk-Bretschneider method shows the result that dominant wave direction is toward southeast within the percentage of 6.76 %, the highest percentage occurs in the wave height between 0.1 to 1 m. Type of tides in Karimata strait is categorized as diurnal tides. Current conditions modelling shows the strong currents occur in tidal conditions within a maximum speed of 0.6 m/sec occurred at the tide to the low tide in full moon conditions.*

**Keywords:** currents, waves, Karimata Strait, tides

### PENDAHULUAN

Setiap perairan memiliki karakteristik perairan yang berbeda, baik itu disebabkan letaknya secara lintang geografis maupun akibat pengaruh-pengaruh yang terjadi di skala regional dalam perairan tersebut, baik yang mempengaruhi parameter fisik, kimia maupun biologinya. Pemahaman mengenai karakteristik suatu perairan ini diperlukan untuk mengetahui potensi dari suatu perairan tersebut sehingga pemanfaatan secara optimal dapat dilakukan dalam mengolah sumber daya alam yang ada di laut itu sendiri. Harahap & Yanuarsyah (2012) menyebutkan bahwa Selat Karimata merupakan salah satu *fishing ground* yang sangat berpotensi.

Penelitian di Selat Karimata yang dilakukan oleh Prasetyo *et al.* (2014) melihat hubungan hasil tangkapan cumi-cumi terhadap variabel suhu permukaan laut dan klorofil-a menggunakan data satelit MODIS AQUA dan mendapatkan hasil bahwa tangkapan banyak terjadi pada musim peralihan II hingga musim barat dengan karakteristik suhu permukaan laut yang lebih tinggi pada musim barat dan sebaliknya untuk variabel klorofil-a dimana konsentrasi yang tinggi terjadi pada musim timur.

Pengaruh musiman terjadi di daerah ini dikarenakan adanya mass air laut yang masuk dari arah utara di sekitaran Selat Karimata dan Laut Jawa. Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Susanto *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa Selat Karimata memiliki konsentrasi klorofil-a yang tinggi pada Juli-Oktober berdasarkan data citra satelit SeaWiFS. Perairan Selat Karimata ini dipengaruhi oleh angin musiman dan massa air dari Samudera Hindia. (Susanto *et al.*, 2001)

Hasil pemodelan pola arus di perairan Indonesia yang dilakukan oleh Widyastuti *et al.* (2010) memperlihatkan bahwa *cycle* rata-rata yang memiliki arus kuat terjadi di Laut Maluku dan Selat Karimata dengan kecepatan berkisar antara 800-1200 cm/det. Pemodelan arus ini menggunakan data satelit Altimetri Jason-1 yang diolah menggunakan MATLAB 8.0 selama 8 tahun (2002-2009).

Makalah ini membahas mengenai parameter fisik di perairan Selat Karimata, mengingat letak Selat Karimata ini yang strategis menghubungkan Laut Cina Selatan dengan perairan Indonesia, sehingga diduga di daerah ini arus yang terjadi juga dipengaruhi oleh arus yang terjadi di Laut Cina Selatan yang membawa

Korespondensi Penulis:

Jl. Pasir Putih I Ancol Timur, Jakarta Utara 14430. Email: aidaheriati@yahoo.com

massa air dari perairan Laut Cina Selatan ke perairan Indonesia. Hasil penelitian Susanto *et al.* (2013) dari data ADCP Desember 2007 sampai November 2008 melaporkan bahwa terdapat aliran pergerakan Laut Cina Selatan melalui Selat Karimata dengan aliran yang kuat menuju selatan pada musim barat dan aliran dasar yang lebih lemah di musim kemarau. Parameter fisik yang dibahas dalam tulisan ini adalah kondisi pasang surut, gelombang dan arus di perairan Selat Karimata. Kondisi ini penting untuk dipelajari dan dipahami untuk pemanfaatan sumber daya alam yang ada di dalamnya, baik sebagai sumber energi di bidang kelautan maupun sebagai faktor yang mempengaruhi migrasi ikan dalam bidang perikanan, tentunya parameter-parameter lainnya sangat diperlukan untuk memperoleh hasil yang akurat, namun pada makalah ini hanya dibatasi dalam hal parameter fisik saja.

Pemodelan oseanografi digunakan dalam skala regional untuk memperoleh gambaran secara umum mengenai kondisi gelombang dan arus di perairan Selat Karimata mengingat sulitnya memperoleh data hasil survey lapangan secara *time series*. Beberapa pemanfaatan akan hasil pemodelan oseanografi telah dilakukan untuk mengetahui fenomena alam yang terjadi dan kaitannya dengan sumber daya yang ada seperti yang dilakukan oleh Jumarang & Ningsih (2013) menggunakan model numerik 3D Barotropik POM (*The Princeton Ocean Model*) untuk melakukan simulasi transport volume di Selat Sunda dan menghasilkan bahwa perubahan transpor volume di Selat Sunda sangat dipengaruhi oleh *monsoon* dibandingkan dengan pengaruh ENSO dan *Dipole Model*. Hal ini sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa Selat Karimata

yang posisinya dekat dengan Selat Sunda sangat dipengaruhi oleh monsoon.

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Daerah penelitian adalah perairan selat Karimata yang letaknya secara geografis menghubungkan Pulau Sumatera di sebelah barat dengan Pulau Kalimantan di sebelah timurnya. Posisi koordinat dari daerah simulasi model meliputi area  $101,25 - 111,3^{\circ}$  Bujur Timur dan  $11,11667^{\circ}$  Lintang Selatan sampai  $0,4833^{\circ}$  Lintang Utara. Gambaran posisi selat Karimata ini dapat dilihat pada Gambar 1.

### Data dan Analisis

Penelitian di perairan Selat Karimata ini menggunakan beberapa data seperti data angin yang digunakan sebagai data masukan bagi model gelombang, dan data pasang surut yang digunakan sebagai data verifikasi untuk hasil pemodelan hidrodinamika pola arus di perairan Selat Karimata.

### Data Angin

Data parameter angin selama sepuluh tahun (1998 – 2007) digunakan sebagai data inputan dalam model gelombang untuk memprediksi tinggi gelombang di perairan Selat Karimata. Model gelombang yang digunakan adalah model gelombang dengan metoda *Sverdrup-Munk-Bretschneider* (SMB), diolah menggunakan software *Fortran* versi 4.0.



Gambar 1. Posisi Selat Karimata di Perairan Indonesia (Sumber : [www.indonesia-ok.com](http://www.indonesia-ok.com)).

Berdasarkan data angin BMG Stasiun Meteorologi perairan Karimata dari tahun 1998 – 2007 (Tabel 1), kecepatan angin di perairan ini umumnya mencapai 4-8 knot dimana angin dari arah selatan sangat dominan, dengan persentase kejadian sebanyak 7,4 %. Sementara persentase minimum dicapai oleh angin dari arah barat daya dengan persentase kejadian sebanyak 1 % (Tabel 2).

### Data Pasang Surut

Kondisi pasang surut suatu perairan dapat diprediksi karena sifatnya yang periodik, dengan mengetahui amplitudo dan beda fasa dari masing-masing komponen pembentuk pasang surutnya. Dapat diketahui jenis pasang surutnya dengan melakukan perhitungan terhadap bilangan Form (F), bilangan Form ini diperoleh dari perhitungan :  $F = (AO1 + AK1) / (AM2 + AS2)$ . Nilai prediksi pasang surut ini diperoleh

dengan menggunakan *software Tide Model Driver* (TMD) versi 1.2. suatu model prediksi pasang surut global dan regional hasil kerja sama para peneliti di *Earth & Space Research* (ESR) dengan *Oregon State University* (OSU) (Padman & Erofeeva, 2003). Hasil pemodelan TMD menghasilkan nilai amplitudo dari konstanta komponen pembentuk pasang surutnya beserta tinggi muka air di perairan tersebut. Nilai Amplitudo dari masing-masing konstanta komponen pembentuk pasang surut dapat dilihat dalam Tabel 3 di bawah.

### Desain Model Arus

Model hidrodinamika digunakan untuk melihat pola arus yang terjadi di daerah perairan Selat Karimata. Model hidrodinamika yang digunakan adalah *Estuary and Coastal Ocean Model* (ECOM) yang telah mengakomodasi penggunaan grid kurvilinear. Model ini

Tabel 1. Jumlah Jam Kejadian Data Angin Keseluruhan Tahun 1998-2007 Stasiun Meteorologi Karimata

Arah	Kecepatan (Knot)					Jumlah
	1-4	4-8	8-12	12-16	>16	
Utara	100	397	241	61	12	811
Timur Laut	63	415	206	41	5	730
Timur	79	788	840	186	5	1.898
Tenggara	239	924	656	144	7	1.970
Selatan	567	1.449	117	6	3	2.142
Barat Daya	132	155	13	0	3	303
Barat	263	347	40	6	3	659
Barat Laut	188	386	84	6	0	664
Jumlah Jam berangin = 9.177						
Jumlah Jam tak berangin = 19.679						
Jumlah Jam tak tercatat = 256						
Jumlah Jam kejadian TOTAL = 29.112						

Tabel 2. Persentase Jam Kejadian Data Angin Keseluruhan Tahun 1998-2007 Stasiun Meteorologi Karimata

Arah	Kecepatan (Knot)					Jumlah (%)
	1-4	4-8	8-12	12-16	>16	
Utara	0,3	1,4	0,8	0,2	0,0	2,8
Timur Laut	0,2	1,4	0,7	0,1	0,0	2,5
Timur	0,3	2,7	2,9	0,6	0,0	6,5
Tenggara	0,8	3,2	2,3	0,5	0,0	6,8
Selatan	1,9	5,0	0,4	0,0	0,0	7,4
Barat Daya	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0
Barat	0,9	1,2	0,1	0,0	0,0	2,3
Barat Laut	0,6	1,3	0,3	0,0	0,0	2,3
Persentase Jam berangin = 31,5						
Persentase Jam tak berangin = 67,6						
Persentase Jam tak tercatat = 0,9						
Persentase Jam kejadian TOTAL = 100						



Tabel 3. Delapan Konstanta Pembangkit Pasang Surut di Perairan Selat Karimata

Latitude	Longitude	Parameter	Con	Ampl/MajAxis Phase(o,GMT)	MinAxis Incl(o,GMT)
-1,9168	107,8095	z(m)	m2	0,0341	330,34
-1,9168	107,8095	z(m)	s2	0,0331	102,94
-1,9168	107,8095	z(m)	k1	0,5658	30,77
-1,9168	107,8095	z(m)	o1	0,3968	331,87
-1,9168	107,8095	z(m)	n2	0,0113	235,21
-1,9168	107,8095	z(m)	p1	0,1747	27,24
-1,9168	107,8095	z(m)	k2	0,0056	196,90
-1,9168	107,8095	z(m)	q1	0,0712	317,70

dikembangkan oleh *HydroQual, Inc.*, (2002). Model ini telah banyak diterapkan di berbagai wilayah perairan, antara lain: *Georges Bank* (Chen & Frank, 1997), *Massachusetts Bay* (Signell *et al.*, 1996), *New York Bight and New York Harbor* (Blumberg *et al.*, 1999), & *Onondaga Lake* (Ahsan & Blumburg, 1999). Pada penelitian ini, model ECOM akan diaplikasikan di sekitar perairan Selat Karimata.

Daerah simulasi model meliputi area 101,25 – 111,3° Bujur Timur dan 11,11667° Lintang Selatan sampai 0,4833° Lintang Utara. Batimetri model diperoleh dari peta digital GEBCO dengan ketelitian 1 menit. Secara horizontal, daerah model tersebut dibagi menjadi grid-grid model dengan 151 grid dalam arah sumbu x dan 175 grid arah sumbu y dengan resolusi grid  $\Delta x = \Delta y = 7,4$  km. Dalam arah vertikal, sistem koordinat- $\sigma$  (sigma) dibagi menjadi 3 lapisan dimulai dari level 0,0 hingga 1,0 dengan rentang yang seragam sebesar 0,5. Langkah waktu simulasi yang digunakan sebesar 300 detik untuk mode internal dengan faktor pengali 30 antara penghitungan mode eksternal dan internal. Dalam simulasi ini temperatur dan salinitas masih dianggap konstan secara horizontal dan vertikal.

Daerah model terdiri dari 4 batas terbuka, yaitu batas model di bagian selatan, barat, utara dan timur dengan menggunakan metode syarat batas *modified Reid and Bodine* (Reid & Bodine, 1968). Elevasi pasang surut dan nilai temperatur dan salinitas yang konstan diberikan sebagai masukan di tiap batas model dalam mode diagnostik (Ezer & Mellor, 1994). Nilai konstan temperatur dan salinitas diperoleh dari nilai rata-rata Juli berdasarkan data *World Ocean Atlas* 1998 yang secara spasial dirata-ratakan untuk daerah cakupan model. Nilai temperatur dan salinitas tersebut dirata-ratakan terhadap kedalaman sehingga berkisar masing-masing antara 28 C dan 36 psu. Data pasang surut diberikan dengan memasukkan konstanta harmonik berupa amplitudo dan fasa 8 komponen pasang surut yang diperoleh dari pemodelan pasang surut menggunakan perangkat lunak *Tidal Model Driver* (TMD) (Padman & Erofeeva, 2003) yang mempunyai resolusi spasial 1/6 derajat (Table 3). Data konstanta harmonik pasang surut diberikan di setiap

titik batas terbuka model. Koefisien gesekan minimum (CD) diberikan sebesar  $3 \times 10^{-3}$  dan *Bottom roughness length* ( $Z_{ob}$ ) ditentukan sebesar 3 cm. Konstanta percampuran horizontal yang digunakan adalah 0,1 dan konstanta percampuran vertikal sebesar  $1,0 \times 10^{-6}$ . Konstanta ini dipilih untuk merepresentasikan percampuran horizontal dan vertikal di perairan dangkal seperti Selat Karimata (Blumberg & Krone, 2002).

Model hidrodinamika ini disimulasikan selama 15 hari, yaitu dari tanggal 12 hingga 26 Juli 2008 dengan mengasumsikan bahwa temperatur dan salinitas adalah konstan sehingga arus yang mengalir utamanya dipengaruhi oleh perbedaan elevasi pasang surut.

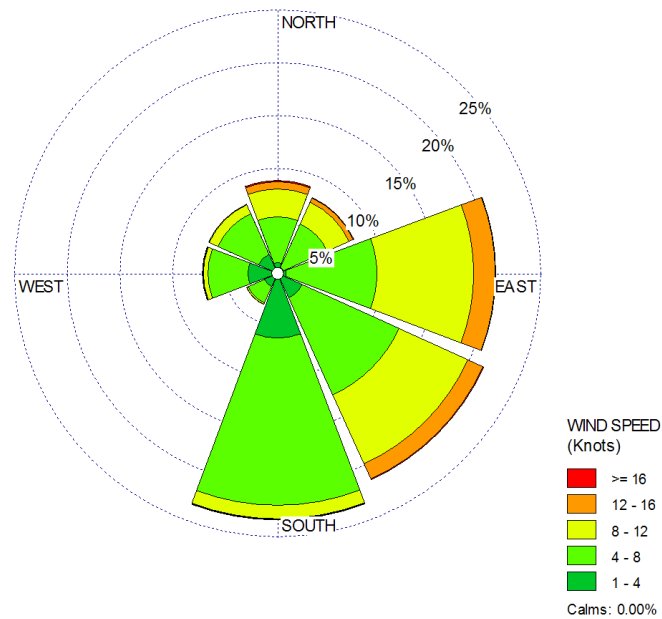
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Gelombang di Selat Karimata

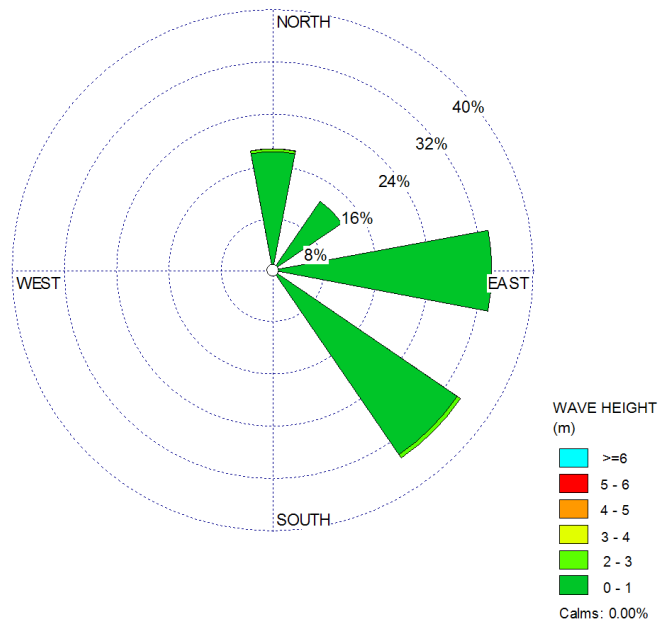
Data parameter angin selama sepuluh tahun (1998 – 2007) digunakan sebagai data *input* dalam model gelombang, dari hasil pemodelan diperoleh informasi kondisi gelombang di perairan ini relatif normal dengan ketinggian berkisar antara 0,1 – 2m. Gelombang yang paling sering terjadi adalah gelombang arah tenggara dengan jumlah persentase kejadian sebesar 6,76 %, Persentase yang paling tinggi adalah 6,64 % dengan ketinggian antara 0,1 – 1 m, sementara gelombang dengan ketinggian antara 1 – 2 m persentasenya sebesar 0,12% (Tabel 4). Persentase kejadian gelombang yang paling sedikit terjadi pada arah timur laut dengan persentase 2,51 %. Persentase kejadian angin dan gelombang dapat pula dilihat dari *windrose & waverose* pada Gambar 2 dan 3.

### Pasang Surut di Selat Karimata

Bilangan Form digunakan untuk mengetahui karakteristik pasang surut suatu perairan. Dari hasil perhitungan bilangan Form di perairan Selat Karimata diperoleh besar bilangan Form ( $F$ ) =  $14,3244 \approx 14$  untuk perairan Selat Karimata. Dari hasil bilangan Form tersebut karakteristik pasang surut di perairan selat Karimata secara umum adalah jenis pasang surut tipe tunggal (*diurnal tides*) yaitu nilai bilangan Form yang



Gambar 2. Persentase kejadian angin Tahun 1998-2007.



Gambar 3. Persentase prakiraan gelombang hasil model SMB Tahun 1998-2007.

diperoleh adalah  $F > 3$ .

Hal ini menunjukkan bahwa dalam satu hari terjadi 1 kali pasang dan 1 kali surut, fenomena ini dapat dilihat pada gambar hasil prediksi 24 jam di Selat Karimata (Gambar 4).

#### Verifikasi Hasil Pemodelan

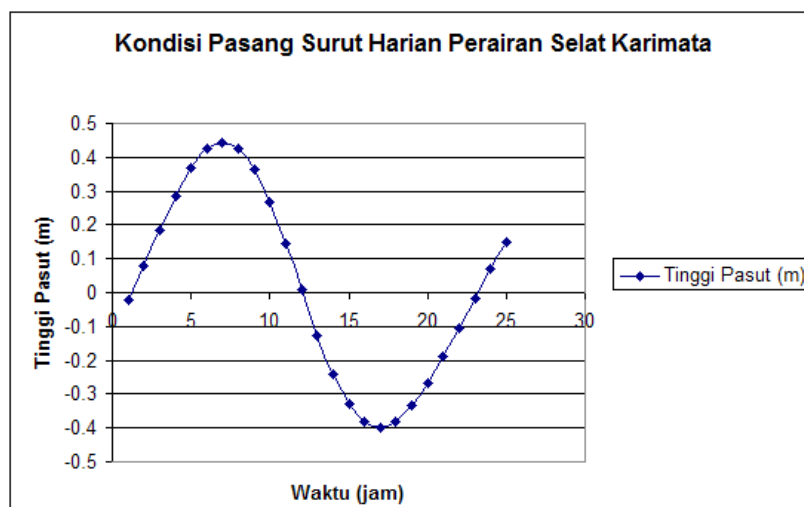
Dari hasil pemodelan hidrodinamika yang

dilakukan, verifikasi hasil simulasi elevasi muka air dilakukan terhadap data pasang surut global OSU tidal inversion pada 12 – 26 Juli 2008. Lokasi verifikasi berada di titik 104,87 BT dan 1,38 LS. Hasil verifikasi memperlihatkan bahwa elevasi hasil simulasi bersesuaian dengan data pasang surut global dengan koefisien korelasi sebesar 0,96 (Gambar 5), yang artinya korelasi sangat tinggi secara fase atau dapat pula diartikan bahwa tidak ada perbedaan fase antara pasang simulasi model ECOM dengan OSU. Kesalahan

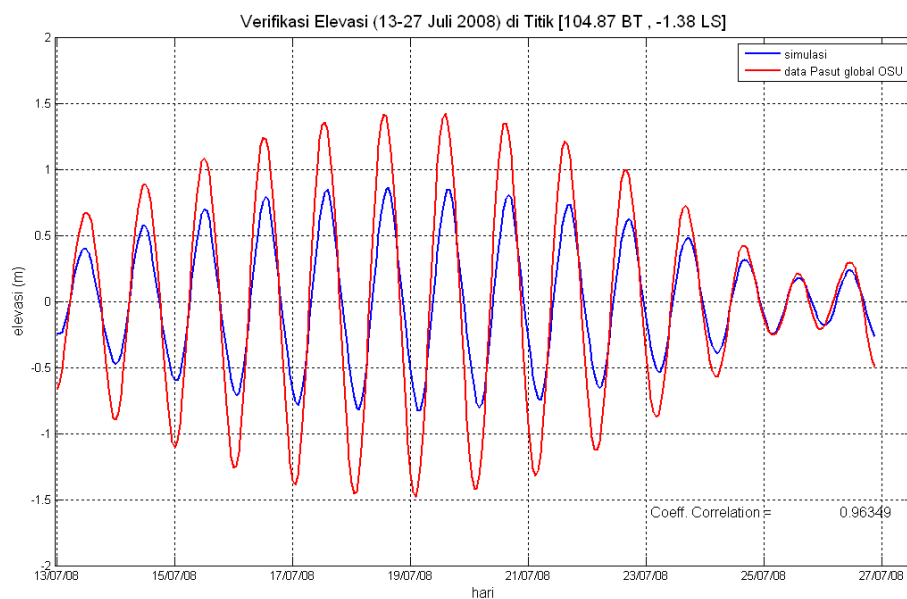
Tabel 4. Persentase Kejadian Gelombang hasil model SMB Secara Total Tahun 1998-2007 Stasiun Meteorologi Karimata

Arah	Tinggi Gelombang					Jumlah
	0,1 – 1,0	1,0 – 2,0	2,0 – 3,0	3,0 – 4,0	> 5,0	
Utara	3,53	0,08	0,00	0,00	0,01	3,62
Timur Laut	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,51
Timur	6,51	0,00	0,00	0,00	0,00	6,52
Tenggara	6,64	0,12	0,00	0,00	0,00	6,76
Jumlah						19,41

Persentase kejadian gelombang akibat angin : 19,41  
 Persentase kejadian tidak ada gelombang akibat angin : 80,59  
 Persentase kejadian tidak ada gelombang akibat angin : 0,00  
 Persentase kejadian total : 100,00



Gambar 4. Kondisi Pasang Surut Perairan Selat Karimata.



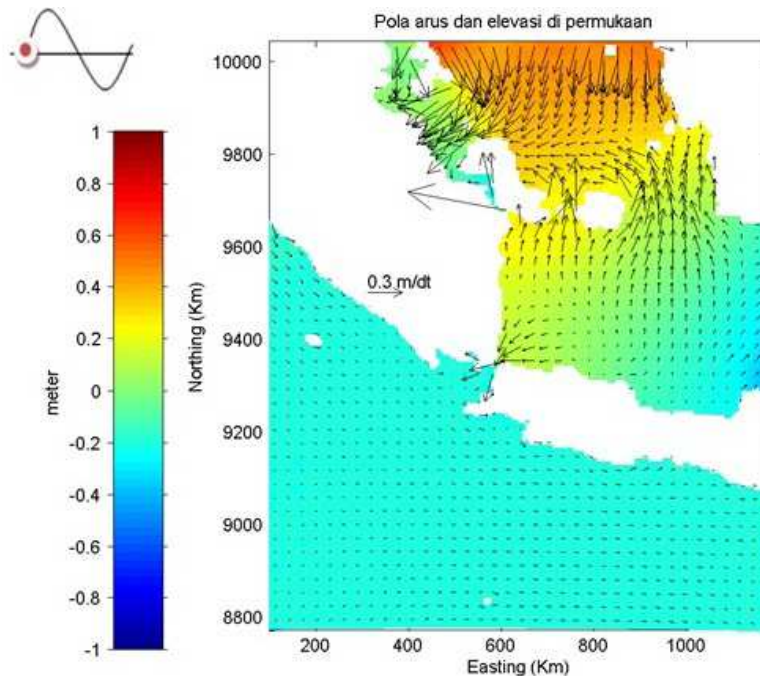
Gambar 5. Verifikasi elevasi hasil simulasi pada tanggal 13 – 27 Juli 2008.

model dihitung menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) dan diperoleh hasil sebesar 0,19 m, hal ini menunjukkan bahwa hasil model cukup baik dalam mensimulasikan pola elevasi pasang surut di Selat Karimata.

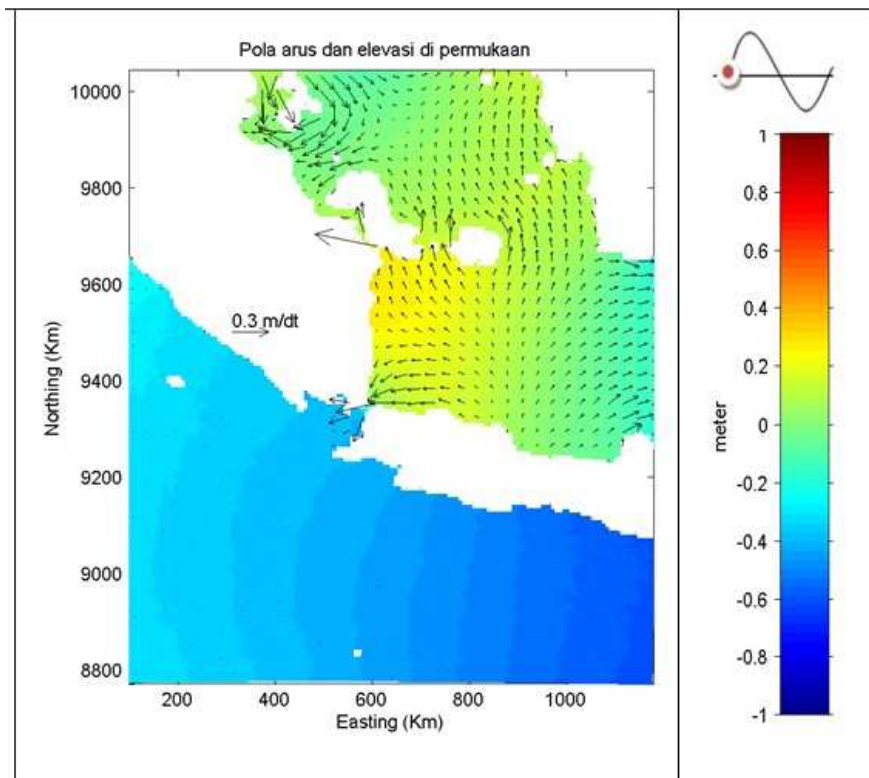
### Pola Arus di Selat Karimata

Hasil pemodelan hidrodinamika arus menunjukkan kondisi arus dan elevasi sebagai berikut:

- Pada Kondisi Surut menuju Pasang Purnama



Gambar 6. Pola arus dan elevasi di permukaan saat surut menuju pasang purnama.



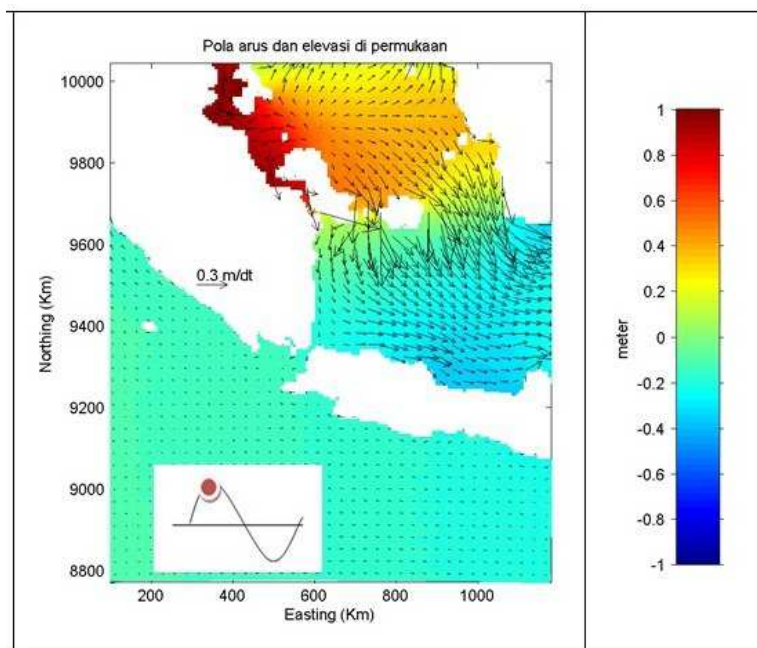
Gambar 7. Pola arus dan elevasi di permukaan saat surut menuju pasang perbani.

Kecepatan arus maksimum mencapai 0,5 m/det pada saat surut menuju pasang purnama (Gambar6) dan melemah pada saat pasang perbani menjadi sekitar 0,3 m/det (Gambar 7). Kecepatan maksimum terlihat di daerah-daerah dengan geometri yang sempit, yaitu di selat-selat kecil di sekitar Selat Karimata dan di Selat Sunda. Arus mengalir ke arah utara dari Laut Jawa memasuki Selat Karimata dan ke arah barat daya melewati Selat Sunda menuju ke Samudera Hindia , sedangkan dari Laut Cina Selatan arus juga bergerak ke arah selatan memasuki Selat Karimata, kondisi ini terjadi pada saat surut menuju pasang purnama, menurut Fang *et al* (2009) diperkirakan pada

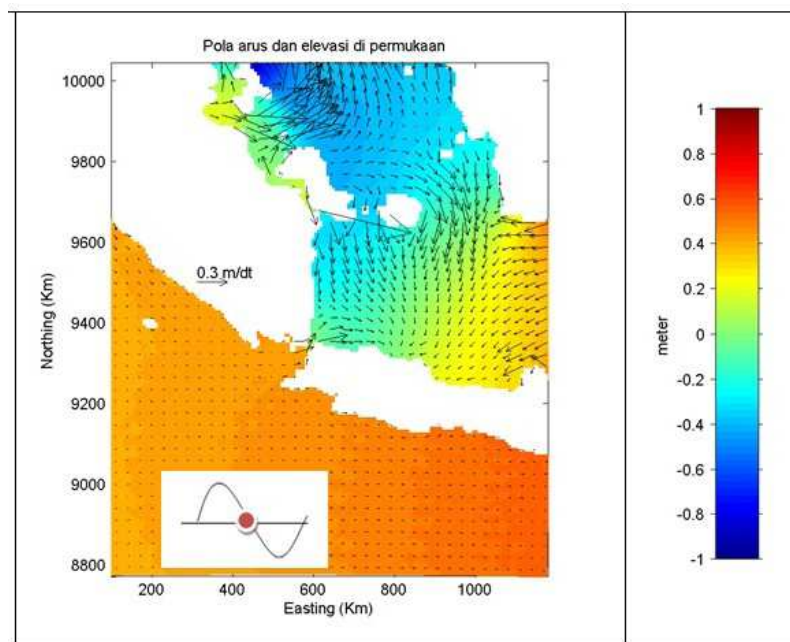
Juli ini terdapat sekitar 1.16Sv volume *transport* yang terbawa dari Selat Karimata menuju ke Laut Jawa dan bergabung dengan Arus Lintas Indonesia (ITF).

Pada saat surut menuju pasang perbani terlihat adanya pergerakan arus ke arah timur seperti yang terjadi di Laut Jawa dan adanya pergerakan arus yang masuk dari Laut Cina Selatan di sebelah barat perairan dan kembali ke bergerak ke arah Laut Cina Selatan di sebelah timur perairan Selat Karimata.

Elevasi pada kondisi surut menuju pasang purnama mencapai 0,6 m (Gambar 6) sedangkan



Gambar 8. Pola arus dan elevasi di permukaan saat pasang tertinggi purnama.



Gambar 9. Pola arus dan elevasi di permukaan saat pasang tertinggi perbani.



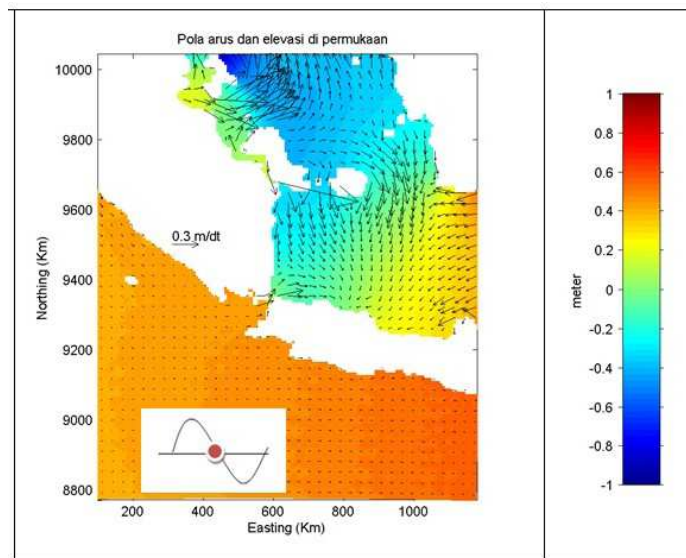
pada kondisi surut menuju pasang perbani elevasi maksimum hanya mencapai 0,3 m (Gambar 7). Kondisi umum elevasi di Selat Karimata lebih tinggi bila dibandingkan dengan elevasi di Samudera Hindia pada saat kondisi surut menuju pasang.

- Pada Kondisi Pasang tertinggi

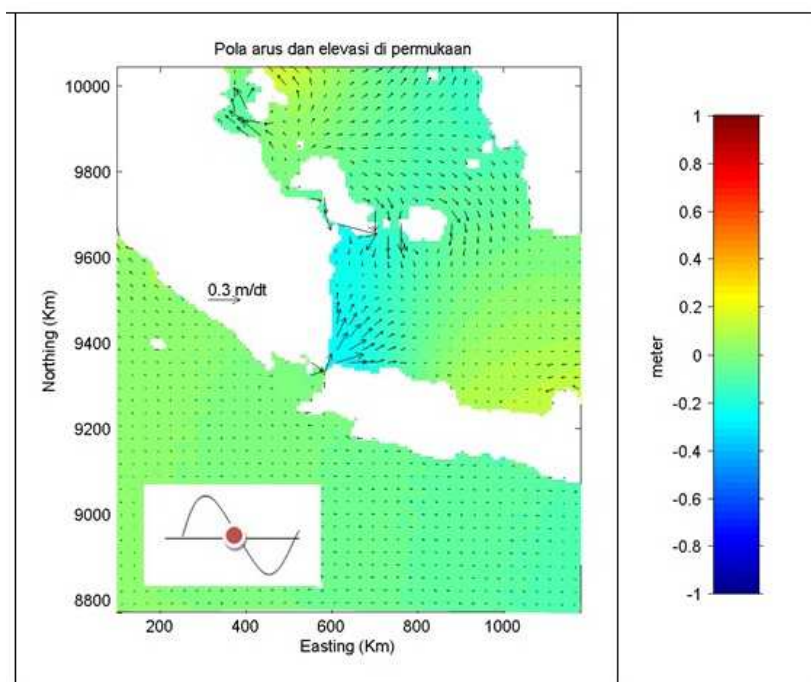
Arus maksimum mencapai 0,5 m/det pada saat pasang tertinggi purnama dan arus mengalir ke arah timur memasuki Laut Jawa dari Selat Karimata. Arus maksimum terlihat di sepanjang Selat Karimata dan Laut Jawa (Gambar 8). Pada kondisi pasang perbani, arus yang mengalir menjadi lebih kecil karena

perbedaan elevasi yang makin kecil pula (Gambar 9). Sedikit perbedaan yang terjadi pada kondisi purnama dan perbani adalah pada kondisi pasang tertinggi purnama arus bergerak ke arah timur laut memasuki Laut Cina Selatan, sedangkan pada kondisi pasang tertinggi perbani arus bergerak ke arah barat laut memasuki Laut Cina Selatan. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Fang *et al.* (2009) bahwa pada musim panas (Juli), sirkulasi interocean terlihat dengan adanya pergerakan arus dari Selat Karimata yang bergerak ke arah utara-timur laut menuju Selat Taiwan dan Selat Luzon.

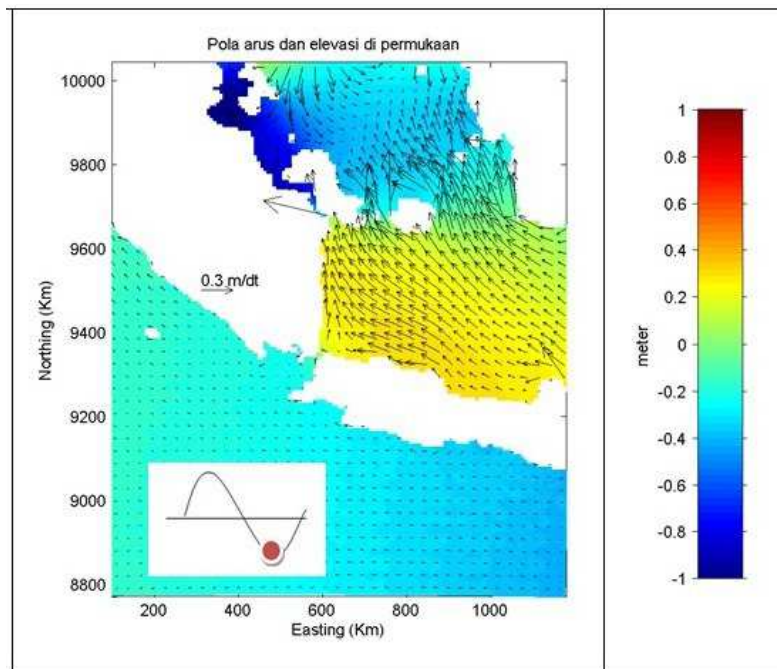
Elevasi maksimum saat pasang tertinggi



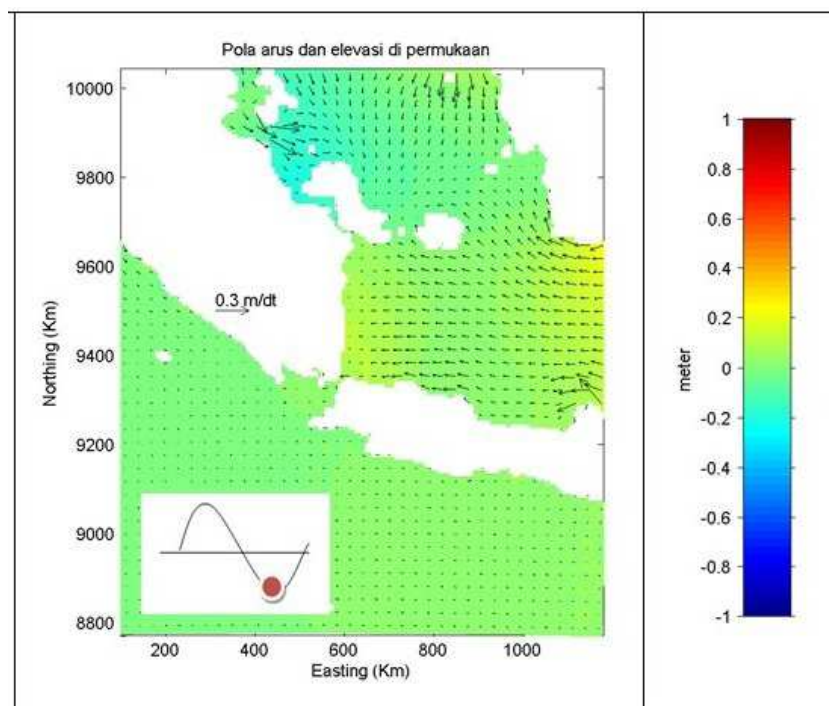
Gambar 10. Pola arus dan elevasi di permukaan saat pasang menuju surut purnama.



Gambar 11. Pola arus dan elevasi di permukaan saat pasang menuju surut perbani.



Gambar 12. Pola arus dan elevasi di permukaan saat surut terendah purnama.



Gambar 13. Pola arus dan elevasi di permukaan saat surut terendah purnama.

purnama mencapai 1 m yang terjadi di sebelah timur Selat Karimata yaitu di Selat Berhala (Gambar 8). Kondisi umum elevasi yang terjadi pada kondisi pasang tertinggi purnama adalah elevasi di perairan Samudera lebih rendah dibandingkan dengan elevasi permukaan di perairan Selat Karimata, sedangkan kejadian sebaliknya terjadi pada kondisi pasang tertinggi perbani (Gambar 9).

- Pada Kondisi Pasang menuju surut

Arus mengalir maksimum mencapai 0,6 m/det pada saat pasang menuju surut purnama dan mengalir berkebalikan dengan saat surut menuju pasang (Gambar 10). Pada kondisi pasang perbani, arus yang mengalir mengecil dengan arah yang sama seperti saat kondisi pasang purnama (Gambar 11). Arus di Selat Karimata bergerak menuju Laut Cina Selatan dan Laut Jawa dan terlihat pula pergerakan arus memasuki Selat Sunda menuju Laut Jawa pada kondisi pasang

menuju surut perbani terlihat arus dengan kecepatan yang besar di daerah-daerah dengan geometri sempit, yaitu daerah-daerah selat seperti Selat Sunda dan Selat Berhala. Penelitian dari Fang *et al.* (2012) menyebutkan bahwa mulai Juni terlihat pergerakan arus dari Selat Karimata menuju Laut Cina Selatan sampai garis pantai Vietnam (110N), aliran ini cukup kuat dan stabil.

Gambar 10 menunjukkan kondisi pasang menuju surut, dimana terlihat elevasi yang sangat bervariasi pada saat purnama dengan elevasi yang lebih tinggi di perairan Samudera Hindia dibandingkan perairan Selat Karimata dan Laut Jawa.

Elevasi maksimum terjadi di perairan sebelah timur model, yaitu mencapai 0,6 m di perairan Samudera Hindia dan 0,4 m di perairan Laut Jawa.

- Pada Kondisi Surut terendah

Kecepatan arus mengalir maksimum pada kondisi surut terendah saat pasang purnama mencapai 0,5 m/det dan umumnya mengalir dari Laut Jawa ke arah utara memasuki Selat Karimata dan memasuki Samudera Hindia melalui Selat Sunda (Gambar 12) terlihat pula adanya pergerakan arus yang memasuki Selat Karimata dari Laut Cina Selatan. Sedangkan, pada saat surut terendah perbani, arus menjadi lebih kecil dan mengalir sama dengan saat kondisi pasang purnama (Gambar 13). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Fang *et al.* (2009) dan Wyrki (1961) dimana *transport* di Selat Karimata bergerak ke arah selatan pada Oktober-Mei dan arah sebaliknya pada Juni-September. Qu *et al.* (2005) menyatakan bahwa aliran yang melalui Selat Karimata lebih besar dibandingkan dengan aliran *transport* di Selat Mindoro.

Hal ini menyatakan bahwa Selat Karimata ini memiliki peran yang besar dalam menghantarkan pengaruh dari Samudera Pasifik, namun bukan satu-satunya jalan.

Elevasi minimum mencapai 1 m di bawah permukaan air terlihat di perairan Selat Berhala dan secara umum kondisi elevasi di perairan Samudera Hindia lebih rendah dibandingkan elevasi di perairan Selat Karimata dan Laut Jawa. Perbedaan elevasi yang tinggi pada saat surut terendah purnama menyebabkan arus yang terjadi pada kondisi tersebut lebih besar dibandingkan arus yang terjadi pada saat kondisi surut terendah perbani.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data-data fisik di perairan Selat Karimata diperoleh bahwa dari data kondisi angin selama 10 tahun pengamatan, kejadian

angin paling dominan terjadi adalah dari arah selatan dengan persentase kejadian sebanyak 7,4%, tenggara 6,8% dan timur 6,5% dengan besar kecepatannya berkisar antara 4 - 8 knot.

- Hasil pemodelan gelombang memperlihatkan kondisi gelombang dengan kisaran tinggi gelombang sebesar 0,1-2 m dan arah penjalaran gelombang dominan adalah arah tenggara dengan jumlah persentase kejadian sebesar 6,76 %, dengan persentase yang paling tinggi adalah pada kejadian gelombang dengan ketinggian 0,1 – 1 m.
- Tipe pasang surut yang terjadi di Selat Karimata adalah tipe pasang surut tipe tunggal (diurnal tides) diperoleh dari hasil perhitungan bilangan Form dan dilihat pula dari hasil prediksi kejadian pasang surutnya selama satu siklus pasang surut.
- Kondisi arus hasil pemodelan di perairan Selat Karimata ini menunjukkan bahwa arus yang kuat terjadi pada saat kondisi pasang dengan kecepatan maksimum arus yang terjadi adalah sebesar 0,6 m/dtk yang terjadi pada kondisi pasang menuju surut purnama.
- Pengamatan lebih lanjut perlu dilakukan untuk memperoleh hasil yang akurat dari hasil pemodelan yang dilakukan dari penelitian ini. Validasi model dapat dilakukan dari data-data hasil survey yang telah dilakukan sehingga dapat memberikan kesesuaian dan koreksi terhadap hasil pemodelan.

## PERSANTUNAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan DIPA Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir (P3SDLP), Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2009, kemudian dilanjutkan dengan reanalisis data, pemodelan serta penyusunan artikel menggunakan DIPA P3SDLP Tahun 2015. Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Budi Sulistyono selaku Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir atas dukungannya dalam menyelesaikan tulisan ini serta pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahsan, A. K. M. Q. & Blumberg, A. F. (1999). Three-dimensional hydrothermal model of Onondaga Lake, New York. J. Hydr. Eng.,
- Blumberg, A. F. & Krone R. B. (2002). ECOMSED Manual[M]. New York : Academic Press.
- Blumberg, A.F., L.A. Khan & John, J.P. St. (1999). Three-dimensional hydrodynamic model of New York Harbor Region. J. Hydr. Engr. ASCE.

- Chen, C. & Franks, P. J. S. (1997). A Coupled Biological and Physical Model of Georges Bank. Report of the 2nd international GLOBEC modeling conference, Nantes, France, 1995.
- Ezer, T. & Mellor, G. L. (1994). Diagnostic and Prognostic Calculations of the North Atlantic Circulation and Sea Level using a Sigma Coordinate Ocean Model. *J. Geophys. Res.* (99): 14159– 14171.
- Fang, G., Wang, Y., Wei, Z., Fang, Y., Qiao, F., & Hu, X. (2009). Interocean Circulation and Heat and Freshwater Budgets of The South China Sea based on Numerical Model. *Dynamics of Atmospheres and Ocean* (47): 55-72. Elsevier.
- Fang, G., Wang, G., Fang, Y., & Fang, W. (2012). A review on The South China Sea Western Boundary Current. *Acta Oceanol. Sin.* 31(5):1-10.
- Harahap, S. A. & Yanuarsyah, I. (2012). Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Zonasi Jalur Penangkapan Ikan di Perairan Kalimantan Barat. *Jurnal Akuatika* 3(1):40-48.
- HydroQual, Inc. (2002). A water quality model for Jamaica Bay: Calibration of the Jamaica Bay Eutrophication Model (JEM). Prepared for the NYCDEP under subcontract to O'Brien and Gere Engineers, Inc. Mahwah, NJ.
- Jumarang, M. I. & Ningsih, N. S. (2013). Transpor Volume Massa Air di Selat Sunda Akibat Interaksi Enso, Monsun dan Dipole Mode. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. Lampung: 409-415.
- Padman, L. & Erofeeva, S. (2003). Tide Model Driver (TMD) Manual. *Earth & Space Research*
- Prasetyo, B. A., Hutabarat, S., & Hartoko, A. (2014). Sebaran Spasial Cumi-cumi (*Loligo Spp.*) dengan Variabel Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a Data Satelit Modis Aqua di Selat Karimata hingga Laut Jawa. *Diponegoro Journal of Maquares (Management of Aquatic Resources)* 3(1):51-60.
- Qu, T., Du, Y., Meyers, G., Ishida, A., & Wang, D. (2005). Connecting the Tropical Pacific with Indian Ocean through South China Sea. *Geophysical Research Letters* (32).
- Reid, R.O. & Bodine, B.R. (1968). Numerical model for storm surges in Galveston Bay: Reston, Virginia, National American Society of Civil Engineers, *Journal of the Waterways and Harbors Division*, v. 94, no. WWI.:33-57.
- Signell, R.P., Jenter, H. L. & Blumberg, A.F. (1996). Circulation and effluent dilution modeling in Massachusetts Bay: model implementation, verification and results. Open-File Report 96-015, U.S. Geological Survey.
- Susanto, R.D., Gordon, A.L. & Zeng. Q. (2001). Upwelling Along the Coasts of Java and Sumatera and its Relation to ENSO. *Geophysical Research Letters*. 28:1.559-1.602.
- Susanto, R.D., Moore II, T. S. & Marra. J. (2006). Ocean Color Variability in the Indonesian Sea During the Sea WiFS Era. *Geochem., Geophys., Geosyst.* 7 (5):1525-1541.
- Susanto, D., Wei, Z., Adi. T.R., Fan, B., Li, S., & Fang, G. (2013). Observation of the Karimata Strait throughflow from December 2007 to November 2008. *Acta Oceanol Sin.* 32(5):1-6.
- Widyastuti, R., Handoko, E.Y., & Suntoyo. (2010). Pemodelan Pola Arus Laut Permukaan di Perairan Indonesia Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-1. Tugas Akhir Program Studi Geomatika. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Wyrtki, K. (1961). *Physical Oceanography of Southeast Asian Waters*. Scripps Institute of Oceanography, Naga Re. 2, La Jolla, Calif.
- [http://www.indonesia-ok.com/images/peta%20indonesia\\_rel\\_2002.jpg](http://www.indonesia-ok.com/images/peta%20indonesia_rel_2002.jpg). Akses tanggal 20 Oktober 2005



## STRUKTUR GEOLOGI PULAU NANGKA, KABUPATEN BELITUNG TIMUR DAN PEMANFAATAN RUANG KEPULAUAN DAN PERAIRAN SEKITARNYA SEBAGAI SENTRA WISATA DAN MARITIM

Fajar Yudi Prabawa<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir, Balitbang-KP, KKP

Diterima tanggal: 22 Mei 2015; Diterima setelah perbaikan: 29 Juli 2015; Disetujui terbit tanggal 6 Nopember 2015

### ABSTRAK

Pulau Nangka terletak di Selat Karimata di perairan kawasan timur Kabupaten Belitung Timur, Provinsi Bangka Belitung Indonesia. Pulau ini terbesar di antara 141 pulau di perairan ini dan strategis lokasinya. Pulau ini mempunyai potensi untuk mendukung kegiatan kelautan dan perikanan di sekitar perairan Karimata. Kondisi geologi Pulau Nangka amat menarik, karena berbeda litologi dengan umumnya pulau di sekitarnya dan pulau gunung batu tersebut dipenuhi patahan dan rekahan sehingga memberikan keunikan tersendiri. Telaah struktur geologi berdasarkan data lapangan menunjukkan adanya indikasi sesar geser mengiri pada bagian tengah pulau Nangka. Namun, penerusannya kearah laut pada kedua ujung sesar tersebut tidak diketahui. Kondisi alam pulau Nangka dan pulau-pulau di sekitarnya sangat menarik sehingga dapat dimanfaatkan untuk wisata laut dan pantai, untuk tujuan penyelaman, snorkling maupun wisata di hutan mangrove. Arus laut di sekitar lokasi ini umumnya lemah, namun didapati di beberapa bagian arus kencang, sementara kondisi karangnya bagus. Model pemanfaatan dan pengelolaan ruang Ppulau Nangka sebagai kawasan wisata pulau dibahas dalam makalah ini, kemudian hasilnya diintegrasikan dengan prinsip Penanggulangan Bencana (PB).

**Kata kunci:** Pulau Nangka Belitung Timur, Struktur geologi pulau batuan beku, rezim geologi Karimata, pemanfaatan ruang pulau.

### ABSTRACT

*The Nangka Island is located in the Karimata Strait in the waters of Eastern Biliton Regency, the Province of Bangka Belitung Indonesia. This island is the largest among the 141 islands within the area and its location is considered strategic. This island is potential to support marine and fisheries activities in the Karimata waters. Geologic condition of the Nangka island is interesting because its lithology is different from that of the other islands in the surrounding area and the rocky island shows some faults and joints that makes the island unique. Field study and data on the geologic structure indicate a sinistral fault in the middle of the island. However, its continuation towards the sea of both ends is not obvious. The nature condition of the Nangka island and its surrounding islands are enjoyable and can be utilized for marine and coastal tourism, diving, snorkling and mangrove related tourism. Sea current in the location is weak, except at some part of the island having strong current. the other side its coral condition is good. Utilization and spatial management model of the Nangka lislnd for tourism purposes is discussed in this paper, and then the result would be integrated to the system of Disaster Mitigation.*

**Keywords:** Nangka Island Province of Bangka Biliton, geology structure of igneous rock island, Karimata geology region.

### PENDAHULUAN

Pulau Nangka dengan koordinat : x: 108,541944 dan y: -2,503333, terletak di perairan timur laut Pulau Belitung. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi kondisi pulau-pulau kecil di timur laut Pulau Belitung dengan Pulau Nangka sebagai salah satu contoh. Informasi dasar yang tersedia baru mencakup Peta Geologi Pulau Bangka dan Pulau Belitung serta Kalimantan bagian Barat hingga Pulau Karimata. Informasi dasar untuk pulau pulau kecil di area ini seperti pulau Nangka tidak tersedia. Oleh karena itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat melengkapi data dasar untuk maksud pengelolaan ruang pulau dan perairan sekitar Pulau Nangka untuk kepentingan pemerintah daerah dan masyarakat setempat. Pulau Nangka merupakan bagian kawasan Selat Karimata yang membentang dari pesisir timur Sumatera sampai batas timur Pulau Karimata dan pesisir barat Kalimantan. Titik tertinggi di pulau Nangka berada pada ketinggian 130 meter, pada puncak bukit

batu di bagian selatan pulau. Pulau Nangka mempunyai 2 (dua) bukit yang terbentuk dari batuan beku dengan lokasi terpisah, satu bukit terletak di utara dan yang lain terletak di bagian selatan pulau. Bagian tengah diantara kedua bukit tersebut tertutup oleh batu karang terumbu dengan lapisan sedimen fluviomarin menutupi di atasnya yang kemudian ditumbuhi vegetasi mangrove. Luas Pulau Nangka yaitu 3,5 x 2,5 kilometer dikelilingi terumbu karang yang menjangkau jarak 100-200 meter dari pulau.

Di bagian barat Pulau Nangka terletak Pulau Belitung dengan batuan berusia Karbon (*Paleozoikum*) hingga *Kenozoikum* (Baharuddin & Sidarto, 1995). Batuan tertua di P. Belitung adalah batuan sedimen *Flysch* yang terbentuk dari batupasir malihan diselingi batusabak, batulumpur, serpih, batulanau tufaan dan rijang yang menunjukkan bahwa batuan pada formasi ini terbentuk di lingkungan pengendapan laut dangkal hingga dalam. Kelompok batuan ini dikenal sebagai Formasi Kelapa Kampit yang terletak di utara pulau



bagian timur, bersinggungan secara tak selaras dengan dua formasi lain yaitu: Formasi Tajam di bagian tengah pulau ke arah timur yang beranggotakan litologi batu pasir kuarsa bersisipan batu lanau yang kemudian termalihkan dan Formasi Siantu yang berbeda jenis batumannya yaitu batuan beku Lava basal dan breksi gunung api yang juga terendapkan di lingkungan laut. Fosil yang ditemukan mengindikasikan usia Permo-Karbon (Hosking *et al.*, 1977; Overeem, 1960).

Formasi batuan beku Granit Tanjungpandan (Aemout, 1920) di ujung barat Pulau Belitung berusia Trias (Priem *et al.*, 1975), dan batuan beku Adamelit pada Formasi Baginda berusia Jura (Priem *et al.*, 1975). Batuan beku lelehan magma ini diakhiri dua formasi yang saling menjemari yaitu Formasi batu Granodiorit Burungmandi pada bagian utara Pulau Belitung sebelah timur berusia Jura hingga Kapur (Priem *et al.*, 1975) dan Formasi Diorit kuarsa batuan besi terletak di selatannya terbentuk pada masa Kapur (Priem *et al.*, 1975).

Bagian timur lokasi penelitian merupakan bagian dari Pulau Kalimantan yaitu Pulau Karimata dan sekitarnya. Batuan Pulau Karimata menarik karena usianya relatif sama dengan batuan di Pulau Belitung yaitu *Late Paleozoic* atau Karbon pada akhir masa Paleozoikum meski jarak keduanya cukup jauh dan dipisahkan oleh Selat Karimata. Formasi tertua di Pulau Karimata terdiri dari batuan malihan (*metamorf*) yang berseling dengan batuan sedimen dan dikenal sebagai Formasi Pinoh (De Keyser & Rustandi, 1993) dengan batu tanduk/ Schyst dan batu pasir kuarsit (CaSi<sub>3</sub>). Pada Trias Akhir (De Keyser & Rustandi) formasi ini termalihkan secara termal karena terobosan magma yang disebut formasi Granit Sukadana yang terletak di daratan Kalimantan pesisir Ketapang (Pieters & Sanyoto, 1993).

Pada kala Miosen era Tersier terbentuk Formasi Serutu (Van Es, 1918) berupa batuan sedimen batupasir halus di Pulau Serutu sebelah barat daya Pulau Karimata (Williams & Heryanto, 1986). Unsur struktur yang terdapat di area Pulau Karimata dan sekitarnya adalah kelurusan berarah utara-selatan dan timur laut-barat daya (Margono & Sanyoto, 1996). Kelurusan ini terdapat pada batuan beku dan diperkirakan sebagai sesar/patahan dengan kekar/rekahan sedangkan pada batuan malihan struktur batuan yang ditemukan berupa sesar dan lipatan. Analisis struktur regional menunjukkan gaya tekan utama di daerah ini kemungkinan berarah barat laut-tenggara yang mengakibatkan seluruh batuan pra Tersier terlipatkan dan tersesarkan pada kala Miosen. Selama ini Pulau Nangka belum dimanfaatkan, tiada manusia yang tinggal di sini, tiada aktifitas antropogenik, padahal potensi alamnya maupun biota lautnya luar biasa. Hal ini mendorong kami mengungkap potensi

Pulau Nangka dan pulau sekitarnya agar lebih dikenal luas oleh masyarakat.

## METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Data Sekunder (Compton, 1985):

- Peta Geologi, RBI.
- DEM (SRTM), Citra Satelit Landsat Google Earth
- Data Lapangan
- Data Lapangan yang meliputi hasil observasi geologi dan struktur geologi.
- Peta Laut Dishidros TNI AL lembar Belitung dan Pulau Karimata

Pengolahan data, berupa tahap-tahap pemrosesan data sehingga menghasilkan basis data dalam bentuk tabel, grafik, maupun peta-peta tematik, antara lain:

- Analisa dan Kajian bidang geologi pulau dan pesisir,
- Analisa dan Kajian struktur geologi
- Kajian Pemanfaatan Ruang Kepulauan dan Perairan

Tahap pemrosesan data sehingga menghasilkan basis data dalam bentuk tabel, grafik, maupun peta-peta tematik dijelaskan sebagai berikut, Lokasi pemetaan adalah sebagian besar wilayah pulau Nangka mulai dari pesisir hingga ke bukit batuan beku di tengah pulau. Pemetaan dilakukan secara random karena Pulau Nangka termasuk Pulau kecil. Pemetaan di lokasi menemukan bukti-bukti struktur geologi yang kemudian diukur langsung parameternya berupa strike dan dip bidang sesar dan shear-gash. Data hasil pengukuran diplot dengan menggunakan Stereonet dalam program software DIPS, sehingga diperoleh arah umum sesar serta detilnya untuk kemudian disimpulkan jenis sesarnya. Pengeplotan awal memberikan tampilan titik dan menghasilkan diagram Ven berupa kontur yang menunjukkan pola dan arah breksiasi. Bidang sesar utama dan arah gaya utama atau tegasan yang menjadi penyebab terbentuknya bidang sesar tersebut ditafsirkan dari plot stereonet.

Untuk tujuan pemanfaatan, dilakukan klasifikasi pulau Nangka dan pulau-pulau disekitarnya menurut klasifikasi Thornbury (1979) yang membagi lahan pulau berdasarkan bentukan gunung api, dataran dan bentukan marin (Gambar 1). Tujuan dari klasifikasi ini adalah menempatkan fungsi pulau dan perairan berdasar peruntukannya seperti: fungsi tujuan wisata yang dibagi menjadi wisata bahari pulau, wisata snorkling, wisata selam, wisata mancing, wisata hiking dan wisata geologi. Pulau Nangka sebagai pulau kecil di sekitar Pulau Belitung berukuran relatif terbesar dibanding dengan pulau-pulau lainnya. Undang-



Gambar 1. Peta Lokasi Pulau Nangka di Selat Karimata.

Undang 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil dan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 34/2002 tentang Pedoman Penataan Ruang Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil menjadi dasar bagi kami dalam menyusun draft pemanfaatan ruang pulau dan perairan Pulau Nangka dan sekitarnya. Undang-undang nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang dan Undang-Undang nomor 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana menjadi acuan kami menyusun dan melengkapi rekomendasi zonasi pemanfaatan ruangnya.

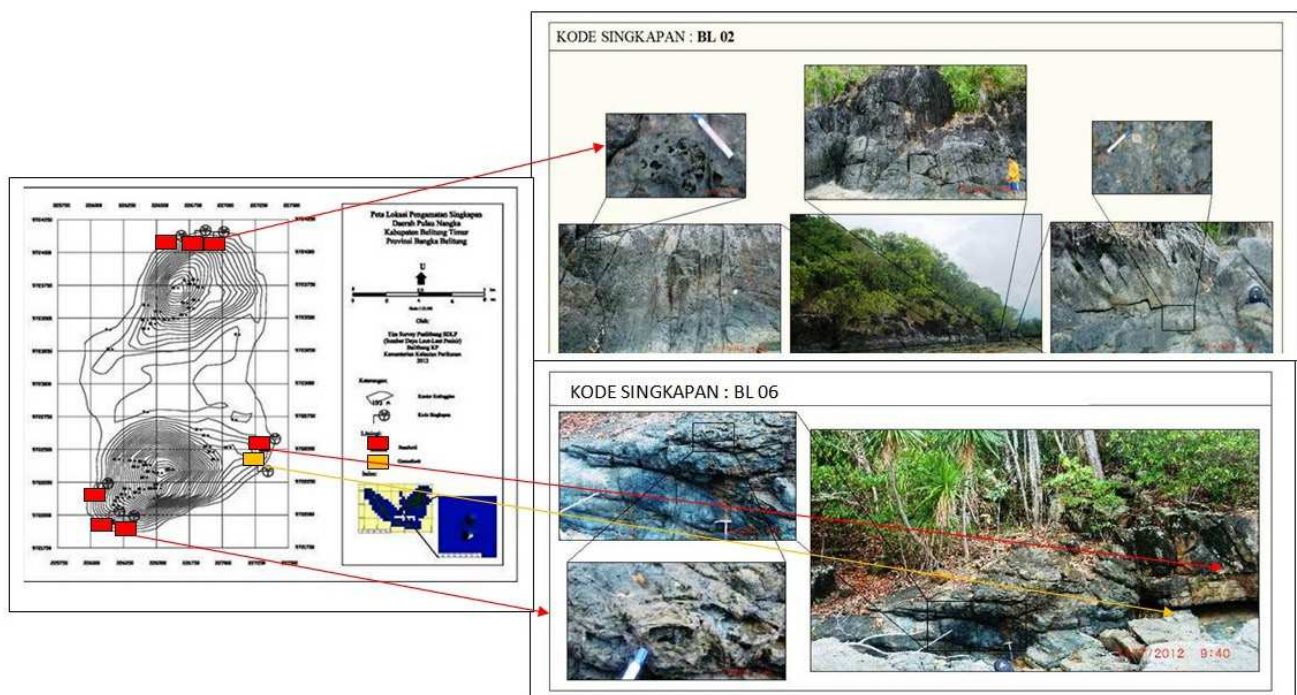
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Geologi Pulau Nangka

Pulau Nangka tersusun dari batuan beku Andesit Basaltik (deskripsi lapangan) seperti pada Gambar 2 yang mendominasi pulau dengan sedikit singkapan kontak Granodiorit di bagian tenggara pulau (Survei 2012).

### 2. Struktur Geologi Pulau Nangka

Struktur Geologi berupa shear-gash, breksiasi dan sesar atau patahan memenuhi ruang Pulau



Gambar 2. Peta Geologi memperlihatkan Batuan Pulau Nangka (survei 2012).

Nangka, seperti terlihat pada Gambar 3.

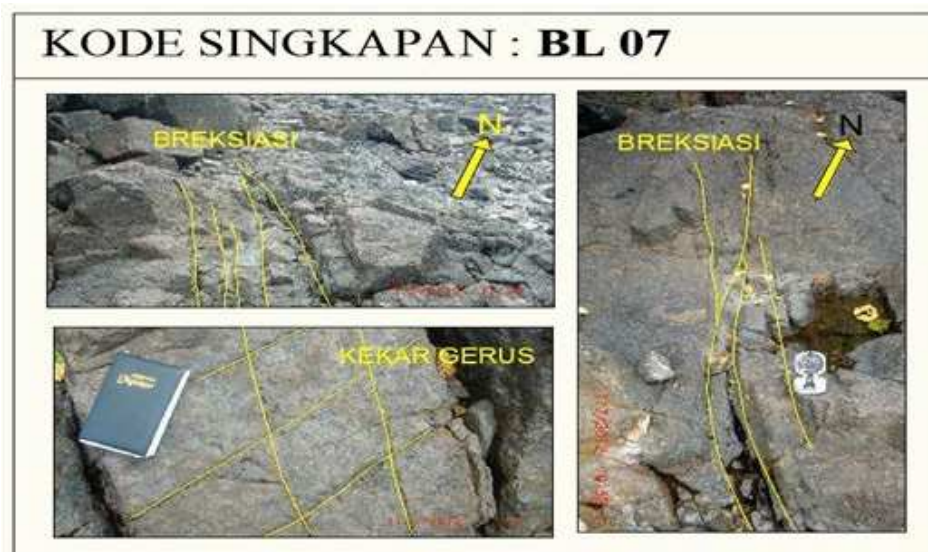
Daftar *Strike-Slip* pada pengukuran shear dan gash breksiasi Pulau Nangka (Ragan, 1973) yang terlihat pada Gambar 4 dan analisis struktur breksiasi dimasukkan ke dalam diagram Stereonet sehingga diperoleh plot berikut (Gambar 3).

Pulau Nangka dibelah secara kuat oleh sesar atau patahan besar mengarah utara - selatan. Kenampakan singkapan bidang sesar yang amat jelas ditemui di sebelah barat laut gunung batu bagian utara (BL02) dan di tenggara gunung batu bagian selatan (BL07)

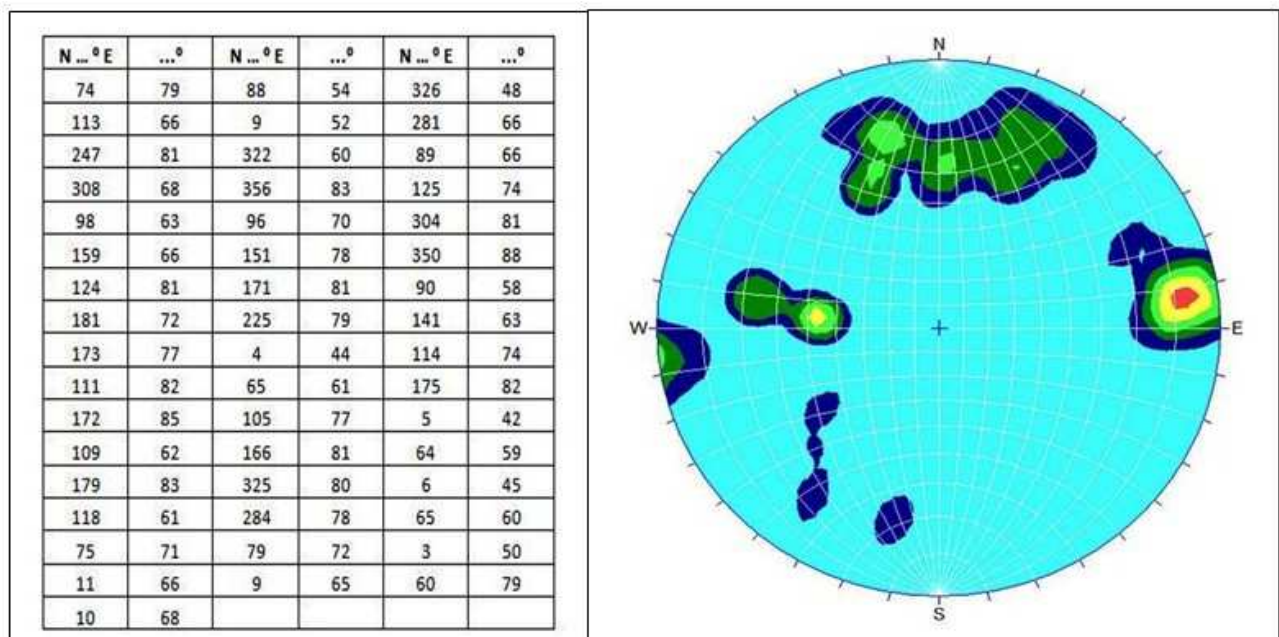
Pulau Nangka pada Gambar 5.

Dilakukan analisis stereonet untuk memetakan kelurusan Struktur Sesar/Patahan Pulau Nangka seperti pada Gambar 6.

Tegasan yang menyebabkan terjadinya sesar/patahan dapat ditetapkan secara grafis melalui bantuan proyeksi stereografis berdasarkan kedudukan bidang sesar berupa jurus dan kemiringan, sudut pitch gores (Asikin, 1979). Tegasan  $\sigma_2$  terletak pada bidang sesar dan tegak lurus gores garis (bidang 1). Tegasan  $\sigma_1$  dan  $\sigma_3$  terletak pada bidang yang tegak lurus  $\sigma_2$  (bidang 2).



Gambar 3. Foto breksiasi dan Shear-Gash pada batuan di pulau Nangka. Nampak kuatnya tekanan geodinamika yang menimpa Pulau Nangka (survei 2012).



Gambar 4. Daftar *Strike-Slip* pada pengukuran shear dan gash breksiasi Pulau Nangka dan Hasil pengolahan data shear gash menggunakan metoda analisa struktur geologi stereonet.

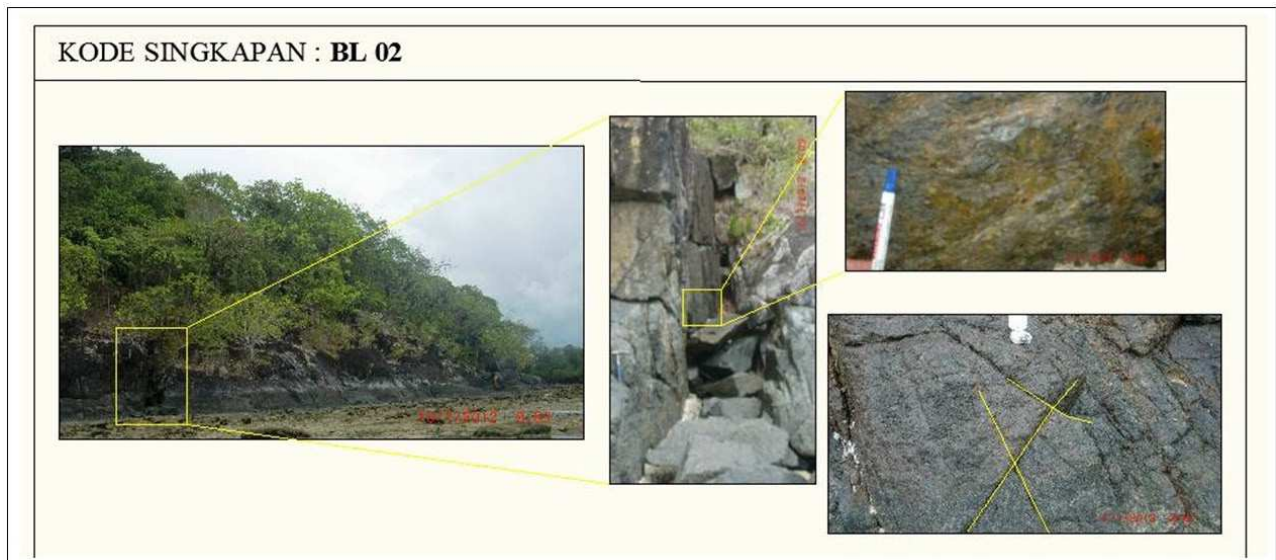


Dengan demikian bidang 1 dan 2 saling tegak lurus, sehingga  $\sigma_2$  menjadi tegak lurus  $\sigma_1$  dan  $\sigma_3$ . Bidang 2 dan bidang sesar saling tegak lurus, keduanya berpotongan mengikuti gores garis dengan titik potong disebut sebagai bidang 3, menunjukkan bidang sesar.

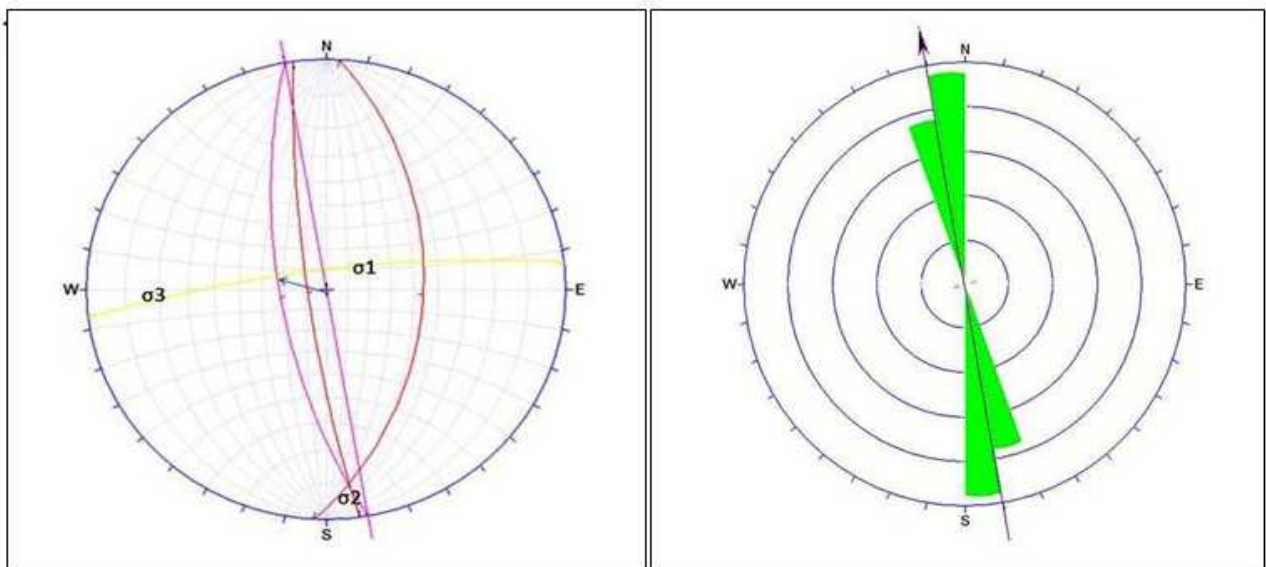
Pada Pulau Nangka, semua data yang dianalisis menunjukkan bukti bahwa terjadi sesar atau patahan Geser Mengiri (*Sinistral Strike-Slip Fault*) dengan arah tegasan utama utara-selatan : N170°E/68°SW Robert & Jackson, 1987). Sesar Pulau Nangka ini kami sebut, membelah kedua gunung batuan bekuan magma yang membentuk Pulau Nangka mulai ujung utara ke ujung selatan seperti dapat dilihat pada Gambar 7. Namun,

kepanjangan sesar ini pada kedua arah yang menuju laut tidak diketahui dengan pasti.

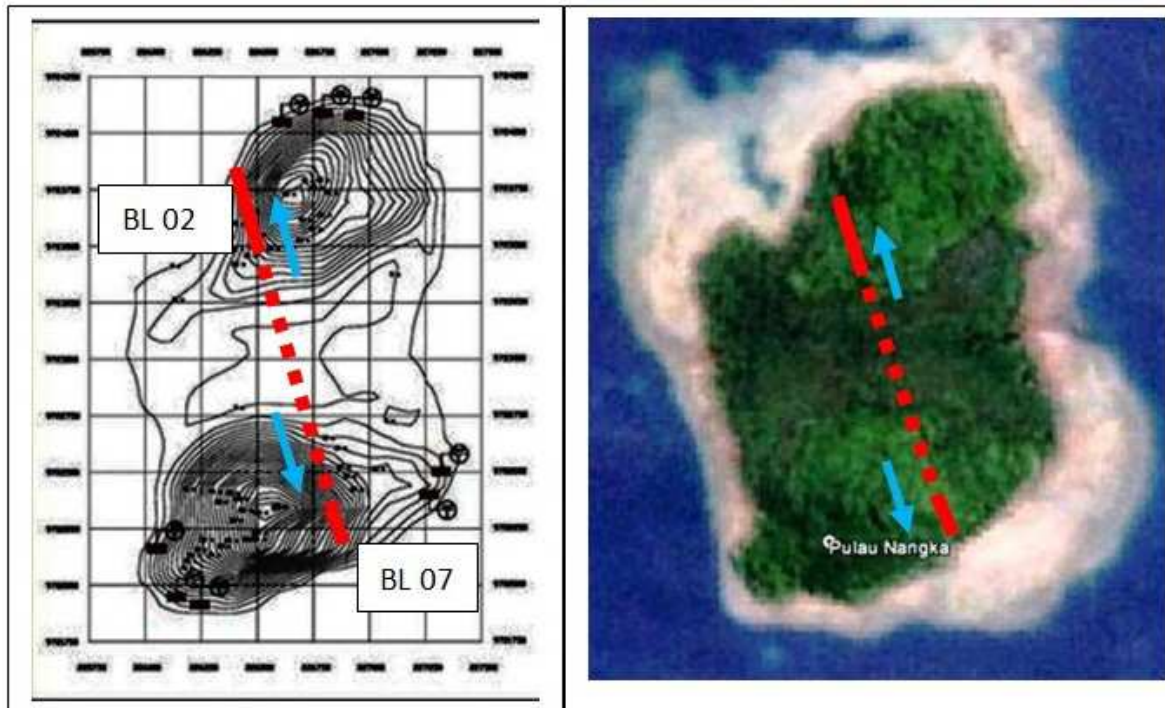
Diperlukan penelitian menggunakan alat seismik di wahana kapal untuk mendeteksi struktur bawah permukaan bumi pada dasar laut sekitar Pulau Nangka untuk dapat menemukan kelurusan sesar Pulau Nangka. Paling tidak, dengan ditemukannya Sesar di tengah area Selat Karimata ini, maka dapat lebih terbuka lagi satu bagian dari puzzle tatanan geologi area Karimata (Gambar 8) yang minim informasi, yang dapat menjadi batu pijakan bagi upaya mengungkap lebih lengkap geologi kawasan Indonesia bagian barat. Beberapa pertanyaan menarik dengan ditemukannya



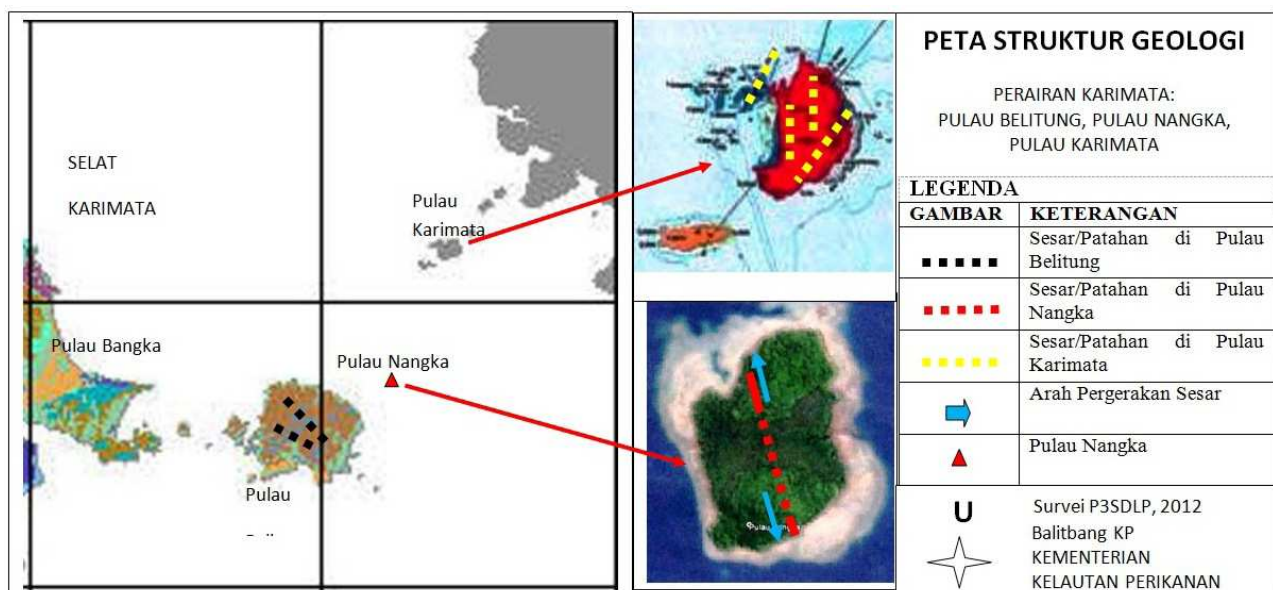
Gambar 5. Bidang sesar pada batuan penyusun Pulau Nangka yang didominasi Basalt Andesitik di bagian barat laut pulau (survei 2012).



Gambar 6. Tampilan stereonet bidang sesar sisi utara Pulau Nangka. Bidang sesar dengan strike ke selatan/tenggara dan Tampilan diagram roset stereonet bidang sesar sisi utara Pulau Nangka mengarah Utara - Selatan.



Gambar 7. Sesar geser Mengiri yang membelah Pulau Nangka, di sisi barat gunung bagian utara (BL 02) menerus ke sisi timur gunung bagian selatan (BL 07).

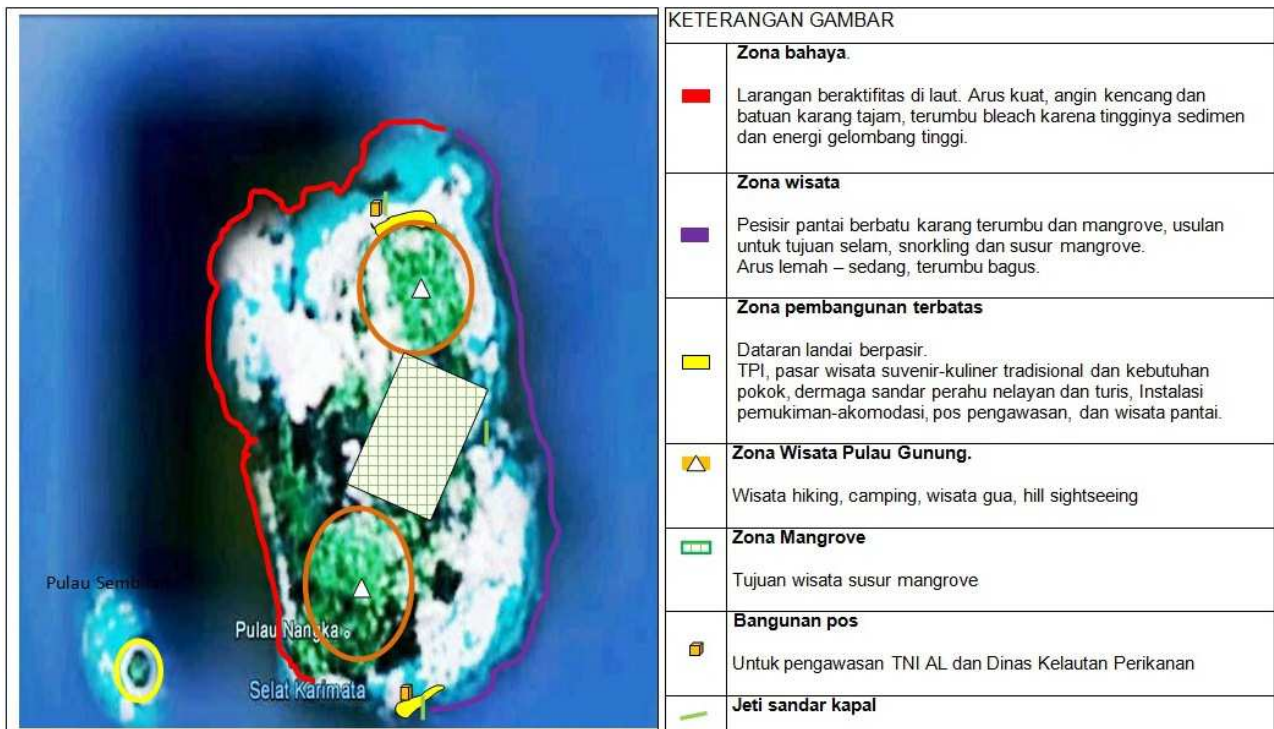


Gambar 8. Pergerakan Struktur Geologi region Selat Karimata: Pulau Bangka, Pulau Belitung, Pulau Nangka dan Pulau Karimata beragam arah dengan arah utama gaya bumi: utara-selatan (hasil plot survei 2012 pada bahan peta geologi hasil digitasi).

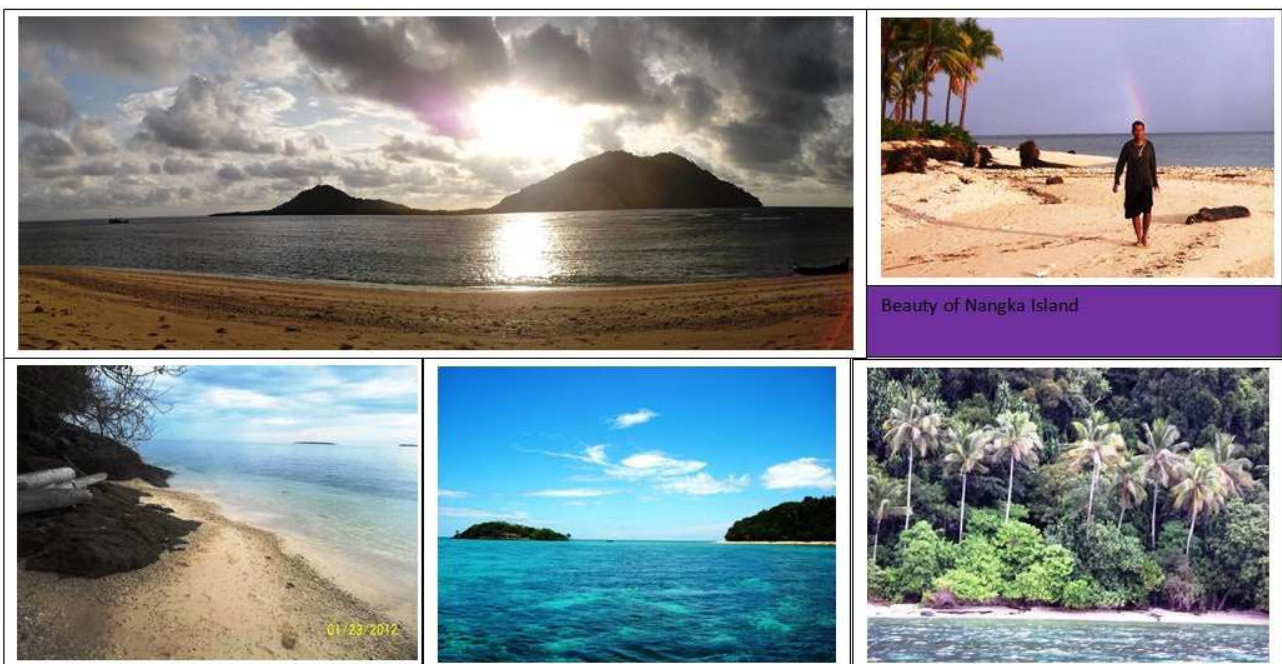
struktur sesar ini berupa: apakah sesar Pulau Nangka terhubung hingga ke utara, yaitu Pulau Bintan? Sebab Sesar Bintan juga mempunyai arah sama. Lalu, sejauh mana kelurusan di bagian selatannya? (Kepulauan Seribu dan langsung kota Jakarta). Kemudian di bagian timur Pulau Nangka, bagaimana keterkaitan secara geokronologi Pulau (gunung) Nangka dengan formasi batuan beku Pulau Karimata dan sekitar?

Lalu bagaimana tatanan Pulau Nangka dan pulau di sekitarnya dalam sistem boundary geologi berupa zona bidang geser Pulau Kalimantan di sebelah baratnya, dimana Kalimantan berputar secara sinistral akibat tekanan dorong dari Sesar Sorong-Kepala Burung di Papua yang menerus hingga Sesar Palu-Koro yang membelah Sulawesi? Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengungkapkannya, penelitian geologi





Gambar 9. Plot pemodelan Tata Ruang kelola Pulau Nangka (Survei 2012).



Gambar 10. Keindahan Panorama Pulau Nangka dan perairannya beserta keunikan kondisi geologinya layak menjadi magnet wisata Kabupaten Belitung Timur (Survei 2012).

kelautan menggunakan alat dateksi seismik pada wahana kapal riset untuk mendapatkan gambaran geologi bawah permukaan pada dasar laut sekeliling Pulau Nangka.

### 3. Penataan Ruang Pulau, Pesisir dan laut.

Prinsip utama dalam penyusunan rencana

zonasi ini adalah berupaya mendapatkan manfaat dari sumberdaya yang tersedia seoptimal mungkin dengan tidak mengabaikan kelestarian lingkungan serta aspek pertahanan dan keamanan. Berdasarkan prinsip tersebut, maka penyusunan tata ruang mengacu kepada :

1. Kelestarian sumber daya alam dan lingkungan;

2. Kesesuaian lahan, dan
3. Keterkaitan wilayah

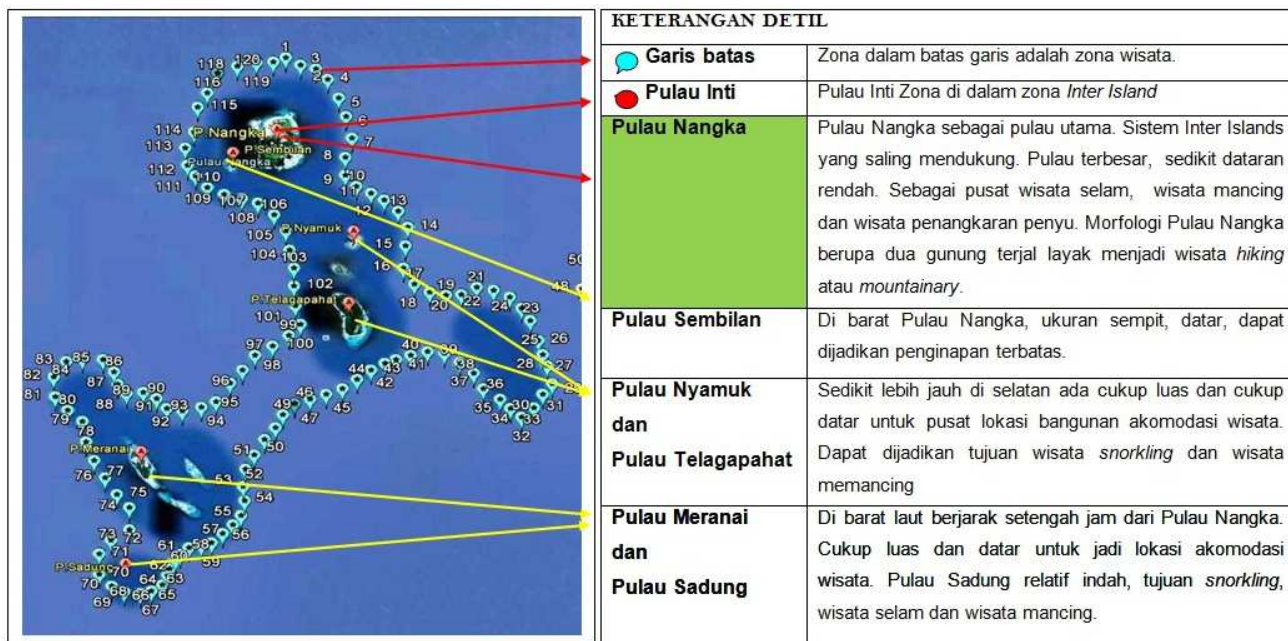
Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 34/2002 tentang Pedoman Penataan Ruang Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil maka penyusunan tata ruang pesisir, laut dan pulau-pulau kecil harus mengacu kepada prinsip-prinsip Hubungan Fungsional, Keterpaduan Daya Dukung Lingkungan, Kelestarian Sumber daya Alam dan Lingkungan Keterkaitan Inter dan Intra Kawasan. Undang-Undang 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil mengatur bahwa perencanaan dilakukan melalui pendekatan pengelolaan wilayah terpadu (*Integrated Coastal Management*) yang mengintegrasikan berbagai perencanaan oleh sektor dan daerah sehingga terjadi keharmonisan dan saling penguatan bagi pemanfaatan sumber daya pesisir dan pulau pulau kecil secara berkelanjutan. Perencanaan terpadu itu merupakan suatu upaya terprogram untuk memanfaatkan sumber daya pesisir dan pulau pulau kecil secara optimal agar dapat menghasilkan keuntungan ekonomi secara berkelanjutan untuk kemakmuran masyarakat.

Arus kencang dan angin badai juga menjadi pertimbangan kami dalam merancang draft peta pemanfaatan ruang Pulau Nangka. Arus utama berasal dari barat mengarah ke timur, hasil pengukuran flowtrack menunjukkan rerata kecepatan arus 9,8 m/dtk, didapati pada bagian barat dan utara pulau. Bagian ini sangat terbuka, arus, gelombang serta angin dapat langsung menerpa tanpa pelindung, oleh karena itu kami usulkan wilayah ini sebagai larangan beraktifitas dalam air seperti snorkling terutama

menyelam. Bagian lain pesisir Pulau Nangka arusnya relatif lebih kecil yaitu di sebelah timur dan tenggara Pulau Nangka, terumbu karangnya pun lebih indah dan sehingga kami plot sebagai zona wisata snorkling dan wisata selam (Gambar 10).

Di utara dan selatan Pulau Nangka didapati dataran landai berpasir dan berbatu, zona sempadan pantainya cukup luas untuk dijadikan area bangunan untuk pos pengawas maupun bangunan logistik dan komersil pariwisata. Di sebelah utara, pesisir berpasirnya menjadi sarang penyu bertelur, jadi ini tentu menjadi daya tarik tersendiri bagi wisatawan untuk mengunjungi Pulau Nangka dan menginap di bungalow. Wisatawan dapat melakukan kegiatan bahari jelajah pulau, hiking ke puncak dua gunung di utara dan selatan menikmati panorama pulau, pesisir dan lautan sekitar dari puncak. Kemudian beraktifitas di laut dengan snorkling, menyelam ataupun memancing, karena kami dapati perairan Pulau Nangka kaya akan berbagai jenis ikan karang.

Dari aspek kebencanaan, penelitian struktur geologi Pulau Nangka menunjukkan dengan jelas struktur geologi baik patahan maupun rekahan pada seluruh badan pulau, terutama pada kedua gunung batunya yang terjal yang berpotensi berbahaya atau bencana. Kondisi seperti ini perlu menjadi pertimbangan dalam pemanfaatan pulau Nangka sehingga potensi terjadinya runtuhnya batuan telah diperhitungkan dalam penyusunan zonasi (Gambar 9). Undang-undang Nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang dan Undang-undang Nomor 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana menjadi acuan dalam menyusun dan melengkapi rekomendasi zonasi



Gambar 11. Draft pemodelan pengelolaan ruang kepulauan di Gugus Pulau Nangka dan pulau-pulau sekitar.



pemanfaatan ruangnya. Area utara dan selatan Pulau Nangka adalah sedikit wilayah yang datar sehingga dapat dimanfaatkan ruangnya untuk menempatkan bangunan, namun kami batasi sebagai rekomendasi, dengan zona larangan bangunan di bagian yang berbatasan langsung dengan badan gunung batuan beku penuh rekahan. Hal ini dimaksudkan untuk mitigasi bencana longsoran batuan dari tubuh gunung batu terjal penuh rekahan saat terjadi gempa. dari semua tahapan pengolahan data dan kajian di atas didapat hasil secara ilmiah berupa kondisi Geologi Pulau Nangka dan hasil kajian pemanfaatan ruang Pulau Nangka serta pulau-pulau di sekelilingnya seperti pada Gambar 11.

## KESIMPULAN

- Secara geologi, Pulau Nangka tersusun dari dua buah bukit batuan beku setinggi 130 meter hasil pembekuan magma dari sebuah intrusi pada dasar laut Selat Karimata. Secara deskripsi visual di lokasi, batuanannya terdiri dari Andesitik Basaltik dan Andesit mendominasi pulau dengan kontak Granodiorit di tenggara pulau (Survei 2012). Kedua bukit batu di pulau Nangka dipenuhi shear dan gash breksiasi dan dibelah oleh sesar/patahan dari barat laut bukit utara dengan bidang sesar di sisi barat pulau hingga menerus ke bukit selatan Pulau Nangka bagian tenggara. Menandakan terjadinya proses geodinamika yang kuat dan mungkin masih berlangsung aktif dan kuat (Survei 2012). Didapati kemiripan arah pergerakan dengan struktur sesar/patahan di Pulau sebelah baratnya: Belitung yang mengarah Barat Laut-Tenggara dan cenderung searah dengan sebagian arah pergerakan struktur Pulau Karimata di timurnya: Utara-selatan dan Timur Laut-Barat Daya. Sesar/patahan yang membelah Pulau Nangka termasuk Sesar Mendatar Mengiri (*Sinistral Strike Slip Fault*), mengarah Utara – Selatan dengan arah jurus sesar N170:E/68:SW. Dipetakannya aspek geologi dan struktur geologi Pulau Nangka yang berada di tengah Selat Karimata, menjadi bagian cukup penting dalam mengungkap kondisi geologi kawasan perairan Selat Karimata secara lebih lengkap.
- Pulau Nangka dapat dibangun secara terbatas, dengan pilihan strategis yaitu pembangunan pos jaga pengawasan instansi terpadu TNI-AL dan DKP Belitim. Pembangunan terbatas dimaksud adalah di zona dataran pantai yang berjarak aman dari badan bukit, sebab kedua bukit batu penyusun Pulau Nangka dipenuhi rekahan dan dilanda sesar/patahan kuat yang aktif sehingga kondisi ini berpotensi bahaya berupa longsor, runtuhnya material batu gunung bila bergerak aktif sesar/patahannya atau semisal dilanda gempa bumi. Pulau Nangka dapat dijadikan

sentra kegiatan bagi berbagai aktifitas sebagai inti zona pulau sekitar terutama kegiatan maritim, berpotensi sebagai obyek wisata bahari dan bawah air juga wisata Geologi atau Geo Wisata karena keunikannya yang dapat menjadi sumber baru PAD Kabupaten Belitung Timur. Pulau sekitar terdekat secara geografis seperti Pulau Sembilan di sebelah baratnya, Pulau Nyamuk dan Pulau Telagapahat di selatan serta Pulau Sadung dan Pulau Bakau di tenggara dapat dijadikan lokasi pendukung kegiatan sebagai lokasi akomodasi wisata, lokasi jeti transportasi laut dan logistik pendukung dengan pembangunan terbatas menjadikannya Zona Inter Island terkoneksi dan Terintegrasi.

## PERSANTUNAN

Terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir (P3SDLP), BALITBANG KKP (Kementerian Kelautan Perikanan), Dinas Energi dan Sumberdaya Mineral Kabupaten Belitung Timur, Dinas Kelautan Perikanan Kabupaten Belitung Timur dan semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aemout, W.A.J. (1920). Report on a geological mining reconnaissance of the Karimata Island, GDRC (unpublished)
- Asikin, S. (1979). Dasar-Dasar Geologi Struktur, Departemen Teknik Geologi. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Baharuddin & Sidarto. (1995). Peta Geologi lembar Belitung, Puslibang Geologi, Bandung Bates L.
- Compton, R. R. (1985). Geology In The Field John Wiley Sons. New York.
- De Keyser, F. & Rustandi, E. (1993). Geologi Lembar Ketapang, Kalimantan Barat, Puslitbang Geologi, Bandung.
- Hosking, K.F.G., Yancey, T.E., Strumple, L. & Jones, M.T. (1977). "The Discovery of microfossils at Selumar, Belitung, Indonesia. Bull. Soc. Malaysia 8, p 113-115.
- Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 34/2002 tentang Pedoman Penataan Ruang Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil
- Margono, U. & Sanyoto, P. (1996). Peta Geologi lembar Karimata, Kalimantan Barat, Puslitbang Geologi, Bandung.

- Overeem, J.A. Van, (1960). The Geology of the Cassiterite Placers Biliton (Belitung, Indonesia), *Geol. en Mijnb* 39(10), p 444-457, Amsterdam.
- Pieters, P.E. & Sanyoto (1993). *Geologi Lembar Nangataman dan Pontianak*, Puslitbang Geologi, Bandung.
- Priem, H.N.A., Boelwijk, N.A.I.M., Hebedd, E.H., Verdumen, E.A.T.H. & Verschure, R.H. (1975) "Isotope Geochronology in Indonesia Tin Belt, *Geol en Mijnb*, vol 54(1), p 61-70, Amsterdam.
- Ragan, M.D. (1973). *Structural Geology : An Introduction To Geometrical Techniques*, Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Robert & Jackson, A.J. (1987). *Glossary Of Geology* Third Edition. American Geological Institute, Alexandria, Virginia. Rustandi, E. & De Keyser, F. (1993). *Peta Geologi lembar Ketapang, Kalimantan Barat*, Puslibang Geologi, Bandung.
- Thornbury, W.D. (1979). *Principles of Geomorphology*, 2nd Ed. Fourth Wiley Eastern Reprint, John Wiley & Son, New Delhi
- Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang *Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil*
- Undang-Undang Nomor 26 tahun 2007 tentang *Penataan Ruang*
- Undang-Undang Nomor 24 tahun 2007 tentang *Penanggulangan Bencana*
- Van Es, L.J.C. (1918). *Toelichting bij blad IX, Geologisch Overzichtskaart van den Nederlandsch Ost Indischen Archipel. Schaal 1:1000.000 (West Borneo en Biliton)*. P 1-64.
- Williams, P.R. & Heryanto, R. (1986). *Geologi Lembar Sintang, Kalimantan Barat*, Puslibang Geologi, Bandung *Peta Geologi lembar Bangka*, Puslibang Geologi, Bandung.

## STRUKTUR DAN KEPADATAN VEGETASI MANGROVE DI TELUK KUPANG

Rusydi<sup>1)</sup>, Ihwan<sup>2)</sup> & Suaedin<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Prodi Agrobisnis Perikanan Faperik Univ. Muhammadiyah Kupang

<sup>2)</sup>Prodi Pend. Biologi FKIP Univ. Muhammadiyah Kupang

Diterima tanggal: 27 Maret 2015; Diterima setelah perbaikan: 31 Juli 2015; Disetujui terbit tanggal 10 Nopember 2015

### ABSTRAK

Vegetasi mangrove merupakan komunitas tumbuhan yang hidup di zona pasang surut di sepanjang garis pantai dan dipengaruhi oleh kualitas lingkungan. Meningkatnya kebutuhan manusia menyebabkan banyaknya hutan mangrove yang ditebang, diubah untuk berbagai kepentingan seperti pertambakan, pemukiman dan fasilitas-fasilitas pelabuhan. Teluk Kupang memiliki wilayah pesisir yang cukup kaya sumber daya, salah satunya adalah hutan mangrove. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis dan nilai kerapatan, frekwensi, dominansi dan INP mangrove di Teluk Kupang. Pengambilan data menggunakan metode Petak Contoh (*Transect Line Plot*) dengan menghitung jumlah spesies (pohon, anakan dan semai), jumlah individu masing-masing spesies, persentase tutupan, lingkaran batang dan menganalisis untuk mendapatkan nilai kerapatan, frekwensi, dominansi dan INP (Indeks Nilai Penting). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada 4 (empat) lokasi pengamatan, ditemukan sebanyak 11 jenis mangrove. Adapun 11 jenis mangrove yang ditemukan adalah: *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Burquiera gymnorhiza*, *Osbornia octodonta*, *Avicennia officinalis*, *Avicennia marina*, *Scyphiphora hydrophyllaceae*, *Lumnitzera racemosa*, *Sonneratia alba* dan *Aegiceras corniculatum*. Jenis mangrove yang memiliki indeks nilai penting tertinggi untuk tingkatan pohon yaitu *Rhizophora mucronata* (INP : 299,6) dan terendah adalah *Rhizophora stylosa* (INP : 18,5), untuk tingkatan pancang/anakan jenis mangrove yang memiliki indeks nilai penting tertinggi sekaligus terendah adalah *Rhizophora apiculata* (INP : 202 dan 39,62). Sedangkan untuk tingkatan semai, jenis yang memiliki indeks nilai penting tertinggi yaitu *Sonneratia alba* (INP : 174) dan terendah adalah *Burquiera gymnorhiza* dan *Scyphiphora hydrophyllaceae* (INP : 11,80).

**Kata kunci:** Struktur, Kepadatan, Vegetasi mangrove, Teluk Kupang

### ABSTRACT

Mangrove vegetation is plant communities of tidal zone along the coastline and affected by the quality of the environment. Increased human needs caused many mangrove forests felled, made for various purposes such as aquaculture, settlement and port facilities. Kupang Bay has a fairly rich coastal areas of resources, one of which is a mangrove forest. The purpose of this research is to know the type and the value of the density, frequency, dominance and Important Value Index (IVI) mangroves in Kupang Bay. Retrieving data are using Transect Line Plot method, by counting the number of species (trees, saplings and seedlings), the number of individuals of each species, percent cover, trunk circumference and analyzed to obtain the value of density, frequency, dominance and IVI. The results show that the 4 (four) where observation, found as many as 11 species. These results are in contrast to previous studies there are 14 types. The 11 mangrove species found are: *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Burquiera gymnorhiza*, *Osbornia octodonta*, *Avicennia officinalis*, *Avicennia marina*, *Scyphiphora hydrophyllaceae*, *Lumnitzera racemosa*, *Sonneratia alba* and *Aegiceras corniculatum*. Mangrove species that have an index value of the highest importance to the level of the tree that is *Rhizophora mucronata* (IVI: 299,6) and the lowest *Rhizophora stylosa* (IVI : 18,5), for stake levels / seedlings types of mangrove that had the highest importance value index is the lowest at the same time *Rhizophora apiculata* (IVI : 202 and 39,62). As for the seedling stage, the kind that has the highest importance value index is *Sonneratia alba* (IVI : 174) and the lowest are *Burquiera gymnorhiza* and *Scyphiphora hydrophyllaceae* (IVI : 11,80).

**Keywords:** Structure, Density, Mangrove Vegetation, Kupang Bay

### PENDAHULUAN

Mangrove merupakan contoh ekosistem yang banyak ditemui di sepanjang pantai tropis dan estuari. Ekosistem ini memiliki fungsi sebagai penyaring bahan nutrisi dan penghasil bahan organik, serta berfungsi sebagai daerah penyangga antara daratan dan lautan. Bengen (2003) menyatakan bahwa hutan mangrove memiliki fungsi dan manfaat, antara lain; sebagai peredam gelombang dan angin badai, pelindung dari abrasi, penahan lumpur dan perangkap sedimen; penghasil sejumlah besar detritus dari daun dan pohon mangrove; daerah asuhan (*nursery grounds*), daerah mencari makan (*feeding grounds*) dan daerah pemijahan (*spawning grounds*) berbagai jenis ikan, udang, dan biota laut lainnya; penghasil kayu untuk bahan konstruksi, kayu bakar, bahan baku arang, dan

bahan baku kertas (*pulp*); pemasok larva ikan, udang, dan biota laut lainnya; dan sebagai tempat pariwisata.

Ekosistem mangrove dapat tumbuh dengan baik pada zona pasang-surut di sepanjang garis pantai daerah tropis seperti laguna, rawa, delta, dan muara sungai. Ekosistem mangrove bersifat kompleks dan dinamis tetapi labil (Kusmana, 1995). Faktor-faktor yang mempengaruhi pembagian zonasi terkait dengan respons jenis tanaman terhadap keadaan tanah, terpaan ombak, pasang-surut dan salinitas serta kombinasi dari kondisi kimia dan fisik setempat. Seperti kondisi tanah berpengaruh dalam membentuk zonasi penyebaran tanaman dan hewan seperti perbedaan spesies kepiting pada kondisi tanah yang berbeda (Irwanto, 2006).



Watson (1928) dalam Kusmana (1995) berpendapat bahwa hutan mangrove dapat dibagi menjadi lima bagian berdasarkan frekuensi air pasang, yaitu; zonasi yang terdekat dengan laut, akan didominasi oleh *Avicennia spp* dan *Sonneratia spp*, tumbuh pada lumpur lunak dengan kandungan organik yang tinggi. *Avicennia spp* tumbuh pada substrat yang agak keras, sedangkan *Avicennia officinalis* tumbuh pada substrat yang agak lunak; zonasi yang tumbuh pada tanah kuat dan cukup keras serta dicapai oleh beberapa air pasang. Zonasi ini sedikit lebih tinggi dan biasanya didominasi oleh *Bruguiera cylindrica*; ke arah daratan lagi, zonasi yang didominasi oleh *Rhizophora mucronata* dan *Rhizophora apiculata*. Jenis *Rhizophora mucronata* lebih banyak dijumpai pada kondisi yang agak basah dan lumpur yang agak dalam. Pohon-pohon yang dapat tumbuh setinggi 35-40 m. Pohon lain yang juga terdapat pada hutan ini mencakup *Bruguiera parviflora* dan *Xylocarpus granatum*; hutan yang didominasi oleh *B. parviflora* kadang-kadang dijumpai tanpa jenis pohon lainnya; hutan mangrove di belakang didominasi oleh *B. gymnorrhiza*.

Teluk Kupang memiliki wilayah pesisir yang cukup kaya sumber daya alamnya, salah satunya adalah hutan mangrove. Dahulunya areal hutan mangrove ini cukup luas, namun berbagai aktifitas masyarakat seperti penebangan jenis-jenis flora mangrove oleh penduduk di sekitarnya untuk keperluan kayu bakar, dan kebutuhan rumah tangga lainnya sehingga menyebabkan area ini semakin berkurang luasan hutan mangrovenya (Kusuma & Suhendra, 2006). Rusydi (2010) melaporkan bahwa di Teluk Kupang

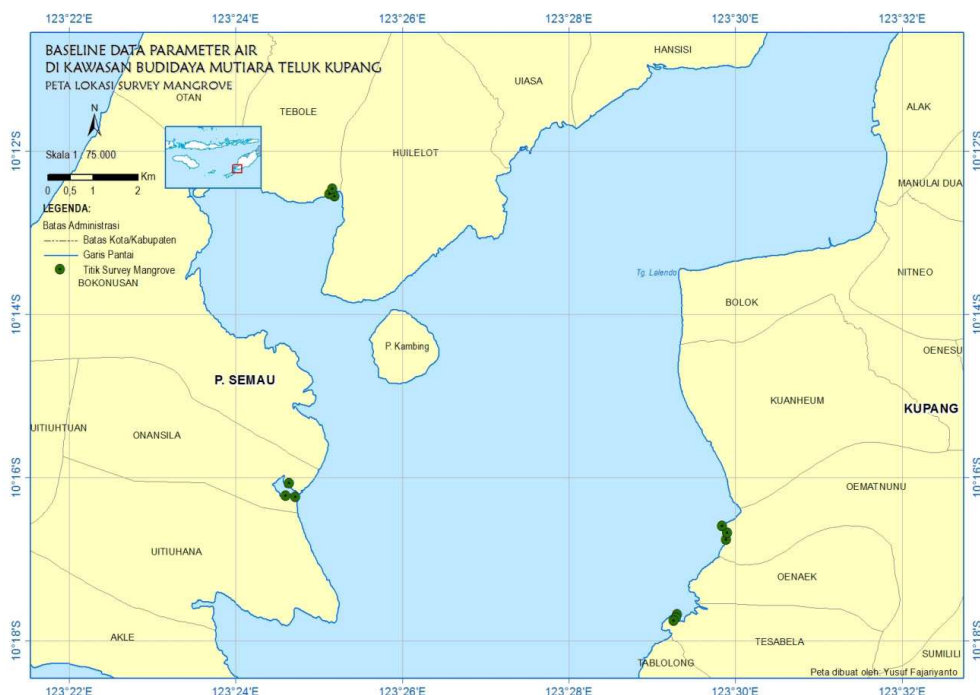
ditemukan 14 Jenis mangrove. Namun seiring perjalanan waktu serta adanya aktivitas manusia di sekitar vegetasi mangrove, sehingga perlu dilakukan survey/penelitian untuk mendapatkan data dan informasi tentang vegetasi mangrove di Teluk Kupang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis dan nilai kerapatan, frekwensi, dominansi dan INP mangrove di Teluk Kupang

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama 3 (tiga) bulan, terhitung sejak Mei hingga Juli 2014, di perairan Teluk Kupang. Secara administratif, lokasi penelitian berada pada wilayah Bolok Kecamatan Kupang Barat Kab. Kupang dan Pulau Semau Kabupaten Kupang. Dalam pelaksanaannya menggunakan alat bantu *Global Positioning System* (GPS). Adapun lokasi pengamatan sebagaimana disajikan pada Gambar 1.

Pengambilan data mangrove menggunakan metode Petak Contoh (*Transect Line Plot*) mengacu pada Kepmen LH Nomor 201 Tahun 2004. Pengambilan data jenis mangrove pada setiap zona vegetasi mangrove menggunakan garis transek, dengan petak contoh (*plot*) berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 10x10 m (untuk tingkatan pohon), ukuran 5x5 m (untuk tingkatan anakan), ukuran 1x1 m (untuk tingkatan semai) sebanyak 3 petak contoh dengan jarak plot pada setiap transek 50 m. Data yang diperoleh adalah jenis mangrove, jumlah pada masing-masing jenis



Gambar 1. Lokasi Penelitian dan titik pengamatan.

mangrove, lingkaran batang, luas tutupan (kanopi) untuk masing-masing tingkatan (pohon, anakan dan semai). Selanjutnya dilakukan identifikasi dan analisis data menggunakan rumus berikut (Bengen, 2003);

Analisis Kerapatan, dihitung menggunakan rumus sebagai berikut ;

$$\text{Kerapatan (K)} = \frac{\text{Jumlah individu}}{\text{Luas petak contoh}} \dots\dots\dots 1)$$

$$\text{Kerapatan relatif (KR)} = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis}}{\text{Kerapatan total seluruh jenis}} \times 100\% \dots\dots\dots 2)$$

Analisis Frekwensi, dihitung menggunakan rumus sebagai berikut ;

$$\text{Frekwensi (F)} = \frac{\text{Jumlah plot ditemukan suatu spesies}}{\text{Jumlah seluruh plot}} \dots\dots\dots 3)$$

$$\text{Frekwensi relatif (FR)} = \frac{\text{Frekwensi suatu jenis}}{\text{Frekwensi seluruh jenis}} \times 100\%$$

Nilai Dominasi, dihitung menggunakan rumus sebagai berikut ;

$$\text{Dominasi (D)} = \frac{\text{Luas bidang suatu spesies}}{\text{Luas plot}} \dots\dots\dots 4)$$

$$\text{Dominasi relatif (DR)} = \frac{\text{Dominasi suatu jenis}}{\text{Dominasi total seluruh jenis}} \times 100\% \dots\dots\dots 5)$$

Indeks Nilai Penting (INP), dihitung menggunakan rumus sebagai berikut ;

$$\text{INP} = \text{KR} + \text{FR} + \text{DR} \text{ (untuk tingkatan vegetasi pohon)} \dots\dots\dots 6)$$

$$\text{INP} = \text{KR} + \text{FR} \text{ (untuk tingkatan vegetasi anakan dan semai)} \dots\dots\dots 7)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Struktur Vegetasi Mangrove

Pengambilan data jenis dan penyusun vegetasi mangrove di Teluk Kupang dilakukan pada 4 (empat) lokasi pengamatan yakni Desa Tesabela, Oematnunu, Oenansila dan Tebole. Pada masing-masing lokasi terdapat 3 (tiga) stasiun dan pada masing-masing stasiun terdapat 3 (tiga) titik/plot pengamatan. Adapun data yang diperoleh pada 4 (empat) lokasi pengamatan, sebagaimana disajikan dalam Tabel 1 berikut ini.

Berdasarkan data dalam Tabel 1 menunjukkan bahwa jenis-jenis tertentu ditemukan pada semua lokasi pengamatan, namun ada pula jenis lain yang hanya ditemukan pada titik/plot pengamatan tertentu saja. Secara keseluruhan terdapat 11 (sebelas) spesies mangrove yang terdapat pada 4 (empat) lokasi pengamatan. Proses identifikasi jenis-jenis mangrove menggunakan buku Noor *et al.* (1999). Adapun jenis-jenis mangrove yang diperoleh disajikan pada Gambar 2.

### Analisis Kerapatan, Frekuensi dan Dominansi

#### a. Tesabela

Pengambilan data penelitian di Tesabela dilakukan pada 3 (stasiun) pengamatan, yakni pada koordinat 10,29552° LS, 123,48757° BT (Tesabela 1), 10,29585° LS, 123,48721° BT (Tesabela 2) dan

10,29755° LS, 123,48693° BT (Tesabela 3). Hasil analisis kerapatan, frekuensi dan dominansi jenis-jenis mangrove di Tesabela disajikan dalam Tabel 2.

Berdasarkan data Tabel 2, untuk tingkatan pohon dari jenis *Rhizophora mucronata* memiliki nilai kerapatan tertinggi (1.200 ind/ha) dan kerapatan relatif (69,36%), tingkatan anakan/pancang dari jenis *Sonneratia alba*, nilai kerapatan tertinggi (300 ind/ha) dan kerapatan relatif (100%), tingkatan semai *Sonneratia alba* nilai kerapatan tertinggi (10.330 ind/ha) dan kerapatan relatif (99,65%). Sedangkan nilai frekwensi berkisar antara 0,33 – 1, dengan frekwensi relatif yang beragam. Hasil analisis dominansi menunjukkan bahwa jenis *Osbornia octodonta* memiliki nilai dominansi jenis dan relatif tertinggi 21,27 (43,88%) dan paling rendah dari jenis *Aegiceras corniculatum* sebesar 0,67 (2,09%).

#### b. Oematnunu

Pengambilan data penelitian di Oematnunu dilakukan pada 3 (stasiun) pengamatan, yakni pada koordinat 10,27598° LS, 123,49821° BT (Oematnunu 1), 10,27809° LS, 123,49813° BT (Oematnunu 2) dan 10,27960° LS, 123,49827° BT (Oematnunu 3). Hasil analisis kerapatan, frekuensi dan dominansi jenis-jenis mangrove di Oematnunu disajikan dalam Tabel 3.

Berdasarkan data di atas menunjukkan bahwa jenis *Rhizophora mucronata* memiliki nilai kerapatan tertinggi untuk tingkatan pohon (1.270 ind/m<sup>2</sup>) dan kerapatan relatif (57,58%), tingkatan anakan/pancang dari jenis *Sonneratia alba* memiliki nilai kerapatan tertinggi (430 ind/ha) dan kerapatan relatif (81,76%) serta tingkatan semai dari jenis *Avicennia marina* dengan nilai kerapatan tertinggi (47.800 ind/ha) dan kerapatan relatif (85,97%). Sedangkan untuk nilai frekwensi berkisar antara 0,33 – 1 dan frekwensi relatif yang beragam. Hasil analisis dominansi menunjukkan jenis *Rhizophora mucronata* memiliki nilai dominansi jenis dan relatif tertinggi sebesar 109,9 (65,38%) sedangkan terendah dari jenis *Rhizophora apiculata* dengan nilai dominansi jenis dan relatif sebesar 1,63 (2,91%).

#### c. Oenansila

Pengambilan data penelitian di Oenansila dilakukan pada 3 (stasiun) pengamatan, yakni pada koordinat 10,27041° LS, 123,41009° BT (Oenansila 1), 10,26824° LS, 123,41037° BT (Oenansila 2) dan 10,27067° LS, 123,41193° BT (Oenansila 3). Hasil analisis kerapatan, frekuensi dan dominansi jenis-jenis mangrove di Oenansila disajikan dalam Tabel 4.

Berdasarkan data Tabel 4 bahwa untuk tingkatan pohon dari jenis *Rhizophora mucronata* memiliki nilai kerapatan tertinggi (870 ind/ha) dan kerapatan

Tabel 1. Jenis-jenis mangrove yang ditemukan pada 4 (empat) lokasi penelitian

No	Spesies	Lokasi			
		Tesabela	Oematnunu	Oenansila	Tebile
I	<i>RHIZOPHORACEAE</i>				
1	<i>Rhizophora apiculata</i>	√	√	√	-
2	<i>Rhizophora mucronata</i>	√	√	√	-
3	<i>Rhizophora stylosa</i>		√	-	√
4	<i>Burquiera gymnorhiza</i>	√	-	-	-
II	<i>MYRTACEAE</i>				
1	<i>Osbornia octodonta</i>	√	-	√	√
III	<i>AVICENNIACEAE</i>				
1	<i>Avicennia officinalis</i>	-	-	-	√
2	<i>Avicennia marina</i>	√	√	√	
IV	<i>RUBIACEAE</i>				
1	<i>Scyphiphora hydrophyllaceae</i>	√	-	√	-
V	<i>COMBRETACEAE</i>				
1	<i>Lumnitzera racemosa</i>	√	-	-	-
VI	<i>SONNERATIACEAE</i>				
1	<i>Sonneratia alba</i>	√	√	-	√
VII	<i>MYRSINACEAE</i>				
1	<i>Aegiceras corniculatum</i>	√	-	-	-
	Spesies	9	5	4	5
	Genus	8	3	3	4
	Famili	7	3	3	4

relatif (99,62%), anakan/pancang dari jenis *Osbornia octodonta* dengan nilai kerapatan tertinggi (200 ind/ha) dan kerapatan relatif (100%) dan tingkatan semai *Rhizophora mucronata* yang memiliki nilai kerapatan tertinggi (300 ind/ha) dan kerapatan relatif (56,60%). Sedangkan untuk nilai frekwensi berkisar antara 0,33 – 1, dan frekwensi relatif yang beragam. Hasil analisis dominansi menunjukkan jenis *Rhizophora mucronata* memiliki nilai dominansi jenis dan relatif tertinggi sebesar 69,8 (100%), yang paling rendah adalah jenis *Scyphiphora hydrophyllaceae* memiliki nilai dominansi jenis dan relatif sebesar 10,90 (23,89%).

#### d. Tebole

Pengambilan data penelitian di Tebole dilakukan pada 3 (stasiun) pengamatan, yakni pada koordinat 10,20877° LS, 123,41962° BT (Tebole 1), 10,20904° LS, 123,41898° BT (Tebole 2) dan 10,20857° LS, 123,42116° BT (Tebole 3). Hasil analisis kerapatan, frekuensi dan dominansi jenis-jenis mangrove di Tebole disajikan dalam Tabel 5.

Data dalam Tabel 5 menunjukkan bahwa jenis *Sonneratia alba* memiliki nilai kerapatan tertinggi

(1.600 ind/ha) dan kerapatan relatif (56,61%) untuk tingkatan pohon, sedangkan anakan/pancang dari jenis *Sonneratia alba* nilai kerapatan tertinggi (200 ind/ha) dan kerapatan relatif (42,55%). Selanjutnya untuk tingkatan semai dari jenis *Rhizophora stylosa* memiliki nilai kerapatan tertinggi (630 ind/ha) dan kerapatan relatif (49,87%). Sedangkan untuk nilai frekwensi berkisar antara 0,33 – 1, dan frekwensi relatif yang beragam. Hasil analisis dominansi menunjukkan jenis *Sonneratia alba* merupakan jenis mangrove yang memiliki nilai dominansi jenis dan relatif tertinggi sebesar 58,32 (75,23%), paling rendah dari jenis *Rhizophora stylosa* memiliki nilai dominansi jenis dan relatif sebesar 1,03 (1,33%).

#### Indeks Nilai Penting

Indeks Nilai Penting (INP) atau Important Value Index yang digunakan untuk menetapkan dominansi suatu jenis terhadap jenis lainnya atau dengan kata lain nilai penting menggambarkan kedudukan ekologis suatu jenis dalam suatu komunitas vegetasi atau menunjukkan penguasaan ruang suatu jenis pada suatu tempat. Apabila INP suatu jenis vegetasi bernilai tinggi, maka jenis itu sangat mempengaruhi kestabilan





Gambar 2. Jenis mangrove yang diperoleh pada 4 (empat) lokasi pengamatan.

ekosistem tersebut (Fachrul, 2007). Adapun hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) yang diperoleh di lokasi penelitian sebagaimana disajikan dalam Tabel 6.

Data dalam Tabel 6 menunjukkan kisaran nilai INP pohon di 4 (empat) lokasi penelitian adalah 299,6 – 18,5 dan jenis yang memiliki INP tertinggi yaitu *Rhizophora mucronata* yang terdapat di lokasi Oenansila 1, sedangkan yang memiliki INP terendah adalah *Rhizophora stylosa* yang terdapat di lokasi Tebole 3. Mangrove tingkatan anakan memiliki kisaran nilai INP 202 – 39,62, yang memiliki INP tertinggi sekaligus terendah adalah *Rhizophora apiculata*. INP tertinggi terdapat pada lokasi Tesabela 2, sedangkan nilai INP terendah terdapat pada lokasi Oematnunu 1. Sedangkan kisaran nilai INP tingkatan semai adalah 174 – 11,80. Jenis *Sonneratia alba* memiliki indeks nilai penting tertinggi terdapat pada lokasi Tesabela 2, sedangkan 2 jenis mangrove dengan indeks nilai penting terendah adalah *Burguiera gymnorhiza* dan *Scyphiphora hydrophyllaceae* terdapat di lokasi Tesabela 1

Pola sebaran jenis mangrove tingkatan pohon menunjukkan tidak semua jenis ditemukan pada semua stasiun, yang memiliki pola sebaran yang tinggi adalah jenis *Avicennia marina* yang ditemukan pada 3 stasiun yakni Tesabela, Oematnunu dan Tebole. Demikian pula pola sebaran jenis mangrove anakan/ pancang dan semai tidak merata, untuk mangrove tingkatan anakan/pancang tidak ditemukan pada beberapa lokasi pengamatan seperti di Oematnunu 2, Oematnunu 3, Oenansila 1 dan Oenansila 2. Sedangkan jenis mangrove tingkatan semai juga tidak ditemukan pada beberapa lokasi pengamatan seperti di Oematnunu 3, Oenansila 1 dan Oenansila 2.

Mangrove merupakan contoh ekosistem yang banyak ditemui di sepanjang pantai tropis dan estuari. Ekosistem ini memiliki fungsi sebagai penyaring bahan nutrisi dan penghasil bahan organik serta berfungsi sebagai daerah penyangga antara daratan dan lautan. Ekosistem mangrove memiliki arti penting sebagai penyedia makanan bagi organisme yang berasosiasi dengan mangrove. Karena itu mangrove perlu dilestarikan, sehingga potensi yang dimiliki

Tabel 2. Hasil Analisis Kerapatan, Frekuensi dan Dominansi Mangrove di Tesabela

Stasiun Pengamatan	Spesies	K	F	D
Tesabela 1	Pohon			
	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,12	1	20,62
	<i>Osbornia octodanta</i>	0,033	1	21,27
	<i>Avicennia marina</i>	0,02	0,67	6,58
	Anakan			
	<i>Sonneratia alba</i>	0,01	0,33	
	<i>Scyphiphora hydrophyllaceae</i>	0,003	0,33	
	Semai			
	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,22	0,67	
	<i>Osbornia octodanta</i>	0,007	0,33	
	<i>Lumnitzera racemosa</i>	0,057	0,67	
	<i>Sonneratia alba</i>	0,193	0,67	
	<i>Scyphiphora hydrophyllaceae</i>	0,003	0,33	
	<i>Burquiera gymnorhiza</i>	0,003	0,33	
Tesabela 2	Pohon			
	<i>Avicennia marina</i>	0,003	0,33	3,23
	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,073	0,67	19,02
	<i>Aegiceras corniculatum</i>	0,003	0,33	0,67
	<i>Osbornia octodanta</i>	0,003	0,33	1,23
	<i>Lumnitzera racemosa</i>	0,027	0,67	7,82
	Anakan			
	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,013	0,67	
	Semai			
	<i>Sonneratia alba</i>	1,033	1	
	<i>Lumnitzera racemosa</i>	0,003	0,33	
Tesabela 3	Pohon			
	<i>Avicennia marina</i>	0,003	0,33	2,67
	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,013	0,67	7,07
	<i>Osbornia octodanta</i>	0,003	0,33	6,17
	<i>Sonneratia alba</i>	0,017	0,33	10,33
	Anakan			
	<i>Sonneratia alba</i>	0,03	0,33	
	Semai			
	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,06	0,33	
	<i>Sonneratia alba</i>	0,01	0,67	

Keterangan; K: Kerapatan, F: Frekwensi dan D: Dominansi

terutama dalam menjaga keseimbangan ekologis dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan.

Vegetasi mangrove di 4 (empat) lokasi penelitian merupakan hutan mangrove alami. Vegetasi mangrove yang ditemukan dibedakan antara pohon, anakan/ pancang dan semai. Berdasarkan hasil penelitian (tabel 1) menunjukkan bahwa di 4 (empat) lokasi penelitian diperoleh 11 jenis mangrove yakni; *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Burquiera gymnorhiza*, *Osbornia octodanta*, *Avicennia officinalis*, *Avicennia marina*, *Scyphiphora hydrophyllaceae*, *Lumnitzera racemosa*, *Sonneratia alba* dan *Aegiceras corniculatum*.

Hasil analisis Indeks Nilai Penting (INP) diperoleh jenis mangrove tertentu yang memiliki INP tertinggi,

hal ini berkaitan erat dengan substrat yang dimiliki. Data substrat yang diperoleh pada masing-masing lokasi penelitian yakni; Tesabela (berlumpur, lumpur berpasir dan berpasir), Oematnunu (berlumpur), Oenansila (berlumpur dan lumpur berbatu) dan Tebole (berlumpur). Menurut Chapman (1977) dalam Noor, *et al.*, (1999), bahwa sebagian besar jenis mangrove tumbuh dengan baik pada tanah berlumpur dimana endapan lumpur terakumulasi. Hal ini sejalan dengan pendapat Sukardjo (1996) mengungkapkan bahwa, tumbuh dan berkembangnya setiap jenis mangrove secara konsisten berkaitan dengan tipe substrat, elevasi dan keterbukaan, sehingga spesifikasi tempat tumbuhnya berpengaruh dominan terhadap tipe komunitas dan sekutunya.

Chapman (1984) dalam Sunarto, (2008)



menyatakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi perluasan atau penambahan areal mangrove adalah substrat. Mangrove dapat ditemukan dalam pasir, lumpur, dan batuan karang, tetapi mangrove yang paling luas selalu berhubungan dengan tanah berlumpur dan ini banyak ditemukan pada daerah delta, lagun, teluk dan estuaria. Sedangkan Arief (2003) mengatakan substrat adalah tempat dimana akar-akar mangrove dapat tumbuh. Karakteristik substrat yang baik menentukan banyaknya tegakan mangrove yang

dapat tumbuh dan berkembang.

Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan erat antara tipe substrat dengan jenis mangrove yang hidup didalamnya. Di lokasi Tesabela yang memiliki tipe substrat berlumpur dan berpasir. Di lokasi tersebut ditemukan beberapa spesies diantaranya, *S. alba* dan *A. marina*. Menurut Indah et al. (2008) substrat berpasir merupakan substrat yang sangat cocok untuk jenis *Avicennia sp* dan *Sonneratia sp*. Faktor arus dalam

Tabel 3. Hasil Analisis Kerapatan, Frekuensi dan Dominansi Mangrove di Oematnunu

Stasiun Pengamatan	Spesies	K	F	D
Oematnunu 1	Pohon			
	<i>Avicennia marina</i>	0,05	1	26,9
	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,033	0,67	7,533
	<i>Sonneratia alba</i>	0,063	0,67	14,73
	Anakan			
	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,003	0,33	
	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,007	0,33	
	<i>Sonneratia alba</i>	0,043	0,33	
	Semai			
	<i>Avicennia marina</i>	4,78	0,33	
	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,07	0,33	
Oematnunu 2	Pohon			
	<i>Avicennia marina</i>	0,037	0,67	20,15
	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,003	0,33	1,633
	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,067	0,67	34,32
	Semai			
Oematnunu 3	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,067		0,333
	Pohon			
	<i>Sonneratia alba</i>	0,057	1	36,78
	<i>Avicennia marina</i>	0,037	1	21,37
	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,127	1	109,9

Keterangan; K: Kerapatan, F: Frekwensi dan D: Dominansi

Tabel 4. Hasil Analisis Kerapatan, Frekuensi dan Dominansi Mangrove di Oenansila

Stasiun Pengamatan	Spesies	K	F	D
Oenansila 1	Pohon			
	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,087	1	69,8
Oenansila 2	Pohon			
	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,04	0,33	26,17
	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,08	0,67	33,7
Oenansila 3	Pohon			
	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,03	0,33	17,33
	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,04	0,67	17,4
	<i>Scyphiphora hydrophyllaceae</i>	0,04	0,33	10,9
	Anakan			
	<i>Osbornia octodonta</i>	0,02	0,67	
	Semai			
	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,003	0,33	
	<i>Rhizophora mucronata</i>	0,03	0,67	
	<i>Osbornia octodonta</i>	0,02	0,67	

Keterangan; K: Kerapatan, F: Frekwensi dan D: Dominansi

Tabel 5. Hasil Analisis Kerapatan, Frekuensi dan Dominansi Mangrove di Tebole

Stasiun Pengamatan	Spesies	K	F	D
Tebole 1	Pohon			
	<i>Sonneratia alba</i>	0,053	1	37,93
	<i>Avicennia marina</i>	0,04	1	14,5
	<i>Avicennia alba</i>	0,007	0,33	4,81
	<i>Osbornia octodonta</i>	0,003	0,33	1,9
	Anakan			
	<i>Avicennia marina</i>	0,003	0,33	
	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,013	0,33	
	Semai			
	<i>Avicennia alba</i>	0,003	0,33	
Tebole 2	<i>Osbornia octodonta</i>	0,003	0,33	
	Pohon			
	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,04	0,33	5,95
	<i>Sonneratia alba</i>	0,16	1	42,2
	<i>Avicennia marina</i>	0,11	1	19,07
	Anakan			
	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,013	0,67	
	<i>Sonneratia alba</i>	0,02	0,67	
	<i>Avicennia marina</i>	0,013	0,33	
	Semai			
Tebole 3	<i>Rhizophora stylosa</i>		0,063	0,67
	<i>Sonneratia alba</i>		0,023	0,33
	<i>Avicennia marina</i>		0,04	1
	Pohon			
	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,003	0,33	1,03
	<i>Sonneratia alba</i>	0,093	1	58,32
	<i>Avicennia marina</i>	0,037	1	18,17
	Anakan			
	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,003	0,33	
	<i>Avicennia marina</i>	0,01	0,33	
	<i>Osbornia octodonta</i>	0,013	0,33	
	Semai			
	<i>Rhizophora stylosa</i>	0,003	0,33	
	<i>Osbornia octodonta</i>	0,017	0,33	

Keterangan; K: Kerapatan, F: Frekwensi dan D: Dominansi

keadaan pasang dan surut sangat mempengaruhi terbentuknya substrat.

Sedangkan di Oematnunu dan Tebole memiliki tipe substrat berlumpur. Di lokasi tersebut ditemukan beberapa spesies mangrove diantaranya, *R. mucronata*. Menurut Poedjirahajoe (1966) Substrat jenis lempung berpasir atau berlumpur memang merupakan substrat yang sangat cocok untuk tempat tumbuhnya jenis *Rhizophora sp.* Pembentukan substrat ini sangat dipengaruhi oleh adanya arus dalam keadaan pasang dan surut yang membawa partikel-partikel yang diendapkan pada saat surut.

Dominasi dan tingginya indeks nilai penting (INP) jenis mangrove tertentu di lokasi penelitian karena karakteristik lokasi penelitian yang sesuai dengan karakteristik yang diinginkan oleh jenis mangrove tersebut, karena menurut (Kint, 1934 dalam Noor *et al.*,

1999) di Indonesia, substrat berlumpur ini sangat baik untuk tegakan *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia officinalis*. Dikatakan pula bahwa jenis tertentu seperti *Rhizophora stylosa* dan *Sonneratia alba* tumbuh baik pada substrat berpasir atau bahkan pada pantai berbatu.

Pola zonasi mangrove di lokasi penelitian menunjukkan pola zonasi yang beragam, di Oematnunu 1, memiliki pola zonasi dimana jenis mangrove yang tumbuh pada bagian paling depan (berhaapan langsung dengan laut) adalah jenis *Avicennia spp* berasosiasi dengan *Sonneratia* dan jenis mangrove yang tumbuh pada bagian paling luar adalah jenis *Rhizophora spp*, pola zonasi ini hampir sama dengan pola zonasi mangrove yang tumbuh di lokasi Tebole. Sedang pola zonasi yang berbeda terdapat di Oematnunu 2, Oematnunu 3, dimana jenis mangrove yang berada di bagian terdepan adalah

Tabel 6. Hasil Analisis INP mangrove untuk tingkatan pohon, anakan dan semai

Tingkatan Vegetasi	Lokasi	Stasiun	Spesies										
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Tingkatan Pohon	Tesabela	1	-	149,4	-	-	100,6	-	50,14	-	-	-	-
		2	154,8	-	-	-	21,19	-	27,45	-	77,3	-	19,42
		3	-	102,9	-	-	52,48	-	39,14	-	-	104,4	-
	Oematnunu	1	-	-	66,61	-	-	-	131,6	-	-	101,7	-
		2	25,99	-	163,4	-	-	-	110,1	-	-	-	-
		3	-	156,3	-	-	-	-	62,71	-	-	80,97	-
	Oenansila	1	-	299,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	110,4	186,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	77,54	107,1	-	-	-	-	-	66,34	-	-	-
	Tebole	1	-	-	-	-	18,93	27,09	100,8	-	-	153,4	-
		2	-	-	36,06	-	-	-	106,8	-	157,3	-	-
		3	-	-	18,15	-	-	-	93,92	-	-	188,3	-
Tingkatan Anakan	Tesabela	1	-	-	-	-	-	-	-	75,62	-	126,9	-
		2	202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	201	-
	Oematnunu	1	39,62	-	45,91	-	-	-	-	-	-	115,1	-
		3	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-
	Tebole	1	-	-	128,2	-	-	-	69,36	-	-	-	-
		2	-	-	68,29	-	-	-	48,33	-	-	82,47	-
		3	-	-	45,68	-	82,72	-	70,37	-	-	-	-
	Tesabela	1	-	67,77	-	11,8	12,49	-	-	11,8	33,95	62,25	-
		2	-	-	-	-	-	-	-	-	25,38	174,8	-
		3	-	119	-	-	-	-	-	-	-	76,19	-
Tingkatan Semai	Oematnunu	1	26,26	-	62,9	-	-	-	111	-	-	-	-
		2	167	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	26,25	96,52	-	-	77,66	-	-	-	-	-	-
	Tebole	1	-	-	-	-	97,73	97,73	-	-	-	-	-
		2	-	-	83,2	-	-	-	81,5	-	-	35,04	-
		3	-	-	66,42	-	133,1	-	-	-	-	-	-

Keterangan spesies; **A**; *Rhizophora apiculata*, **B**; *Rhizophora mucronata*, **C**; *Rhizophora stylosa*, **D**; *Burquieria gymnorhiza*, **E**; *Osbornia octodonta*, **F**; *Avicennia officinalis*, **G**; *Avicennia marina*, **H**; *Scyphiphora hydrophyllaceae*, **I**; *Lumnitzera racemosa*, **J**; *Sonneratia alba*, **K**; *Aegiceras corniculatum*

jenis *Rhizophora spp.*, diikuti oleh jenis *Avicennia spp.* dan *Sonneratia*, dan jenis mangrove yang paling belakang kembali ditemukan jenis *Rhizophora spp.* yang di beberapa lokasi (Oenansila dan Tesabela) jenis *Rhizophora spp.* beraosiasi dengan jenis *Osbornia octodonta*. Pola zonasi yang terbentuk secara umum diketahui bahwa zonasi yang terbentuk memiliki beberapa model yang berbeda pada setiap lokasi di setiap daerah, sebagaimana Nybakken (1992) menyatakan bahwa tidak ada model (pola zonasi) yang berlaku secara universal. Noor et al. (1999) juga mengatakan bahwa kenyataan di lapangan menunjukkan banyak formasi serta zona vegetasi yang tumpang tindih dan bercampur serta seringkali struktur dan korelasi yang nampak di suatu daerah tidak selalu dapat diaplikasikan di daerah yang lain.

Pola zonasi hutan mangrove terbentuk karena adanya pengaruh dari beberapa faktor lingkungan. Faktor-faktor yang mempengaruhi zonasi hutan mangrove adalah salinitas, pH, oksigen terlarut, arus, kekeruhan, toleransi terhadap ombak dan angin, toleransi terhadap lumpur (substrat dasar) dan frekuensi genangan air (Bengen & Dutton, 2002 dalam Northcote & Hartman, 2004; Nybakken, 1992).

Faktor substrat turut mempengaruhi komposisi jenis mangrove, nilai kerapatan, frekuensi dan dominansi jenis mangrove yang terdapat dalam suatu komunitas mangrove dilokasi penelitian. Hal ini dibuktikan dari jenis-jenis mangrove yang menempati komunitas mangrove pada 4 (empat) lokasi penelitian ternyata ada perbedaan pada komposisi jenis mangrove, nilai kerapatan, frekuensi, dominansi dan Indeks Nilai Penting (INP) dari masing-masing jenis mangrove. Hal tersebut sejalan dengan pendapat yang mengatakan bahwa karakteristik tanah merupakan faktor utama yang membatasi pertumbuhan dan distribusi tanaman mangrove (Aksornkoe et al., 1985 dalam Aksornkoe, 1993).

Hutan mangrove di lokasi penelitian juga menunjukkan adanya tanda-tanda kerusakan, yang diakibatkan oleh aktivitas manusia terutama vegetasi mangrove yang letaknya berdekatan dengan tempat tinggal atau pusat aktivitas penduduk seperti di Tesabela dan Oematnunu karena di 2 (dua) lokasi tersebut berdekatan dengan pusat aktivitas masyarakat (budidaya rumput laut). Di dua tempat tersebut ditemukan beberapa jenis mangrove yang ditebang atau dimanfaatkan oleh masyarakat. Apabila hal seperti ini dibiarkan terus-menerus, bukan tidak mungkin

hutan mangrove yang ada saat ini sedikit demi sedikit akan terkikis atau bahkan punah. Pemanfaatan kayu mangrove seperti ini yang menyebabkan hilangnya vegetasi mangrove, sebagaimana yang dikatakan Aksornkoe (1993) bahwa saat ini di seluruh dunia terjadi peningkatan hilangnya sumberdaya mangrove yang disebabkan adanya pemanfaatan yang tidak berkelanjutan serta pengalihan peruntukan

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Jenis mangrove yang ditemukan di 4 (empat) lokasi penelitian sebanyak 11 jenis yakni; *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Burquieria gymnorhiza*, *Osbornia octodonta*, *Avicennia officinalis*, *Avicennia marina*, *Scyphiphora hydrophyllaceae*, *Lumnitzera racemosa*, *Sonneratia alba* dan *Aegiceras corniculatum*. Jenis mangrove yang memiliki indeks nilai penting tertinggi untuk tingkatan pohon yaitu *Rhizophora mucronata* (INP : 299,6) dan terendah adalah *Rhizophora stylosa* (INP : 18,5), untuk tingkatan pancang/anakan jenis mangrove yang memiliki indeks nilai penting tertinggi sekaligus terendah adalah *Rhizophora apiculata* (INP : 202 dan 39,62). Sedangkan untuk tingkatan semai, jenis yang memiliki indeks nilai penting tertinggi yaitu *Sonneratia alba* (INP : 174) dan terendah adalah *Burquieria gymnorhiza* dan *Scyphiphora hydrophyllaceae* (INP : 11,80).

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis serta pembahasan di atas, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai bahan pertimbangan :

1. Perlu dilakukan kajian, pengamatan dan telaahan yang kontinu dan berkelanjutan tentang kondisi hutan mangrove, khususnya dilokasi penelitian saat ini (Tesabela, Oematnunu, Oenansila dan Tebole)
2. Perlu dilakukan upaya pencegahan terhadap kerusakan dan berkurang atau bahkan hilangnya hutan mangrove melalui peningkatan kapasitas dan pemahaman masyarakat khususnya yang berada disekitar hutan mangrove tentang arti penting dan peranan hutan mangrove bagi kelangsungan hidup manusia dan organisme lainnya.

## PERSANTUNAN

Terima kasih disampaikan kepada PT. Timor Otziki Mutiara (PT. TOM) atas bantuan dana yang diberikan untuk pelaksanaan kegiatan penelitian ini. Terima kasih pula disampaikan kepada Lembaga Penelitian, Pengkajian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Muhammadiyah Kupang atas

dukungan morilnya memberikan ijin penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aksornkoe. (1993). Ecology and management of mangrove. IUCN. Bangkok. Thailand
- Arief, A. (2003). Hutan Mangrove Fungsi Dan Manfaatnya. Kanisius. Yogyakarta.
- Bengen, D. G. (2003). Pedoman teknis: Pengenalan dan pengelolaan ekosistem mangrove. PKSPL-IPB. Bogor.
- Bengen, D. G. & Dutton, I.M. (2004). Interaction: mangroves, fisheries and forestry management in Indonesian. H. 632-653. Dalam Northcote. T. G. dan Hartman (Ed), 2004. Worldwide watershed interaction and management. Blackwell science.. Oxford. UK.
- Fachrul, M.F. (2007). Metode Sampling Bioekologi. Bumi Aksara. Jakarta
- Indah, R., A. Jabarsyah & Laga, A. (2008). Perbedaan Substrat dan Distribusi Jenis Mangrove (Studi Kasus : Hutan Mangrove Di Kota Tarakan). Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Borneo. Tarakan.
- Irwanto. (2006). Keanekaragaman Fauna pada Habitat Mangrove. Online. <http://www.irwantoshut.com> (12/07/2014)
- Kusmana, C. (1995). Manajemen hutan mangrove Indonesia. Lab Ekologi Hutan. Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, IPB. Bogor.
- Kusuma, L.P.A.S.C., & Suhendra, D. (2006). Komunitas Mangrove di Kawasan Pesisir Teluk Kupang. Pusat Riset Teknologi Kelautan Badan Riset Kelautan dan Perikanan. DKP. Jakarta.
- Noor, Y.R., Khazali, R. & Suryadiputra I.N.N. (1999). Panduan Pengenalan Mangrove Di Indonesia. PHKA/WI-IP, Bogor. Wetlands International- Indonesian Programme
- Northcote. T. G. & Hartman (Ed). (2004). Worldwide watershed interaction and management. Blackwell science.. Oxford. UK.
- Nybakken, J. W. (1992). Biologi Laut: Suatu pendekatan ekologis (Terjemahan oleh : M. Eidman, Koessoebiono dan D. G. Bengen, M. Hutomo dan Sukristijono). Penerbit PT. Gramedia. Jakarta. Indonesia.

- Podjirahajoe. (1966). Peran Perakaran Rhizopora mucronata Dalam Perbaikan Habitat Mangrove di Kawasan Rehabilitasi Mangrove Pantai Pemalang. Buletin Kehutanan No. 30 Fakultas Kehutanan, UGM, Yogyakarta.
- Rusydi. (2010). Base line Data Kualitas Air dan Biota Perairan di Teluk Kupang Sebelum Pengoperasian PLTU di Bolok Kecamatan Kupang Barat. Laporan Penelitian. Pusat Penelitian Lingkungan Pesisir, Laut dan Pulau-Pulau Kecil. Unmuh Kupang.
- Sukardjo, S. (1996). Gambaran umum ekologi mangrove di Indonesia. Lokakarya Strategi Nasional Pengelolaan Hutan Mangrove di Indonesia. Departemen Kehutanan, Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan. Jakarta 26-27 Juni 1996.
- Sunarto. (2008). Peranan Ekologis dan Antropogenis Ekosistem Mangrove. Fakultas Perikanan Universitas Padjajaran.



## SKENARIO TSUNAMI MENGGUNAKAN DATA PARAMETER GEMPABUMI BERDASARKAN KONDISI BATIMETRI (STUDI KASUS : GEMPABUMI MALUKU 28 JANUARI 2004 )

Robby Wallansha<sup>1)</sup> & Wiko Setyonegoro<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Geofisika Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

<sup>2)</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Diterima tanggal: 26 Maret 2015; Diterima setelah perbaikan: 16 Juli 2015; Disetujui terbit tanggal 13 Nopember 2015

### ABSTRAK

Wilayah Maluku merupakan salah satu daerah di timur Indonesia yang memiliki potensi tsunami yang cukup tinggi, ini dibuktikan dengan lebih dari 25 kejadian tsunami yang terekam di daerah Maluku dari tahun 1629 – 2006 (katalog database tsunami online Gusiakov (2005), Puspito (2007) dan Katalog Gempa Merusak dan Tsunami BMKG), tsunami yang terbesar terjadi pada 17 Februari 1674 yang menewaskan lebih dari 2900 orang dengan *run-up* hingga mencapai 80 meter menghancurkan kota Ambon dan juga pada 12 Oktober 1899 yang menenggelamkan kota Amahai di Pulau Seram dengan korban tewas mencapai 4.000 orang. Oleh karena itu perlu dilakukan pembuatan skenario tsunami untuk mendapatkan kemungkinan tinggi *run-up* yang bersumber di daerah perairan Maluku dengan menggunakan software Tsunami L-2008. Berdasarkan Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821 – 2009 yang dikeluarkan BMKG, bahwa pada tanggal 28 Januari 2004 telah terjadi gempabumi di Maluku mengakibatkan tsunami yang terobservasi di Namlea, dengan epicenter 3,110 LS – 127,300 BT dengan kekuatan  $M_w = 6,6$  dengan kedalaman 16.8 m. Dalam pembuatan skenario tsunami dalam penelitian ini dengan merubah nilai magnituda gempabumi ( $M_w=7,0$  SR,  $M_w=7,5$  SR,  $M_w=8,0$  SR) berdasarkan referensi setelah itu menggunakan hubungan sebuah rumusan empiris untuk mendapatkan nilai *slip* (m) sekaligus membuat beberapa kombinasi skenario tsunami dengan mempertahankan nilai momen seismik dan merubah nilai luas fault dan *slip* (m), untuk momen seismik didapatkan berdasarkan rumusan empiris dari Wells & Coppersmith (1994) sedangkan untuk luas fault berdasarkan rumusan empiris dengan mengasumsikan bahwa luas fault berbentuk persegi panjang. Dari sebelas skenario tsunami yang dibuat dari setiap magnituda gempabumi diperoleh tinggi *run-up* tertinggi untuk  $M_w=7,0$  SR yaitu dengan tinggi 0,59 m di daerah Huamual sedangkan terendah di daerah Latuhalat dengan tinggi *run-up* 0,09 m, untuk  $M_w = 7,5$  SR diperoleh tinggi *run-up* tertinggi mencapai 2,73 m di Huamual dan terendah 0,36 di Latuhalat, dan untuk  $M_w = 8,0$  SR didapatkan tinggi *run-up* tertinggi hingga 8,19 m di Huamual dan terendah di Latuhalat dengan tinggi *run-up* 0,94 m.

**Kata kunci:** gempabumi Maluku, skenario tsunami, *run-up* tsunami

### ABSTRACT

*Moluccas is one region in eastern Indonesia which has a high potential for tsunami, this is evidence by more 25 events of tsunami that record in Maluku from year 1629 – 2006 (katalog database tsunami online Gusiakov (2005), Puspito (2007) dan Katalog Gempa Merusak dan Tsunami BMKG). The largest tsunami occurred in 1674 that killed more 2900 people with run-up until 80 meter and destroyed Ambon and at October 12 1899, tsunami submerge Amahai in Ceram Island that killed 4.000 people. Therefore needs to create the scenarios for get a possible run-up Source in Maluku with software it Tsunami L-2008. Based on Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821 – 2009 by BMKG, at January 28, 2004 had an earthquake in Moluccas an resulted tsunami observed in Namlea, the epicenter 3.110 LS – 127.300 BT with magnitude  $M_w = 6.6$  SR, with 16.8 depth. To create the scenarios of tsunami in this research by change the magnitude of earthquake ( $M_w=7.0$  SR,  $M_w=7.5$  SR,  $M_w=8.0$  SR) based on reference and then use the empirical formula from Hanks and Kanamori to get slip (m) at once create the tsunami scenarios combination and defend the value of moment seismic and change the fault area value and slip (m) value, for moment seismic value obtain based on empirical formula and fault area based on empirical formula with assumed the area fault is rectangular. By eleven of scenarios of tsunami that create from every magnitude of earthquake obtained the highest run-up for  $M_w = 7.0$  SR with 0.59 m in Huamual while the lowest Latuhalat with run-up 0.09 m, For  $M_w = 7.5$  SR get the highest run-up until 2.73 m in Huamula and the lowest is Latuhalat with 0.36 m and for  $M_w = 8.0$  SR obtain the highest run-up until 8.19 m in Huamual and Latuhalat is the lowest with run-up 0.94.*

**Keywords:** *Moluccas Earthquake , scenario of tsunami, tsunami run-up*

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat kegempaan yang tinggi, ini dikarenakan tatanan tektonik Indonesia yang terbentuk akibat pertemuan tiga lempeng yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik yang bergerak secara konvergen, karena aktivitas seismik yang cukup tinggi sehingga menimbulkan kekhawatiran penduduk Indonesia akan bencana alam yang akan terjadi di

Indonesia, salah satunya kemungkinan tsunami akibat gempabumi yang akan terjadi di Indonesia cukup besar terlebih jika gempabumi memiliki episenter di laut dengan jenis gempabumi dangkal yang dikemukakan oleh Natawidjaja (2012). Indonesia bagian timur merupakan daerah yang paling kompleks dalam hal tatanan tektoniknya, ini dikarenakan pada daerah timur Indonesia merupakan daerah pertemuan tiga lempeng tektonik atau yang dikenal sebagai triple junction sehingga meningkatkan resiko terjadinya

tsunami yang diakibatkan oleh gempa bumi ini dibuktikan dengan banyaknya data sejarah tsunami yang terjadi di Indonesia timur (Patty *et al.*, 2013) tentang karakteristik gempa pembangkit tsunami di Indonesia menunjukkan bahwa 67% tsunami di Indonesia terjadi di Indonesia bagian timur (Ibrahim *et al.*, 2005). Maluku merupakan salah satu daerah di timur Indonesia yang memiliki potensi tsunami yang cukup tinggi, ini dibuktikan dengan lebih dari 25 kejadian tsunami yang terekam di daerah Maluku dari tahun 1629 – 2006 (katalog database tsunami online Gusiakov (2005), (Riyadi *et al.*, Katalog Gempa Merusak dan Tsunami BMKG, 2010), Arkwright (2012), (Natawidjaja, 2007) (Gambar 1).

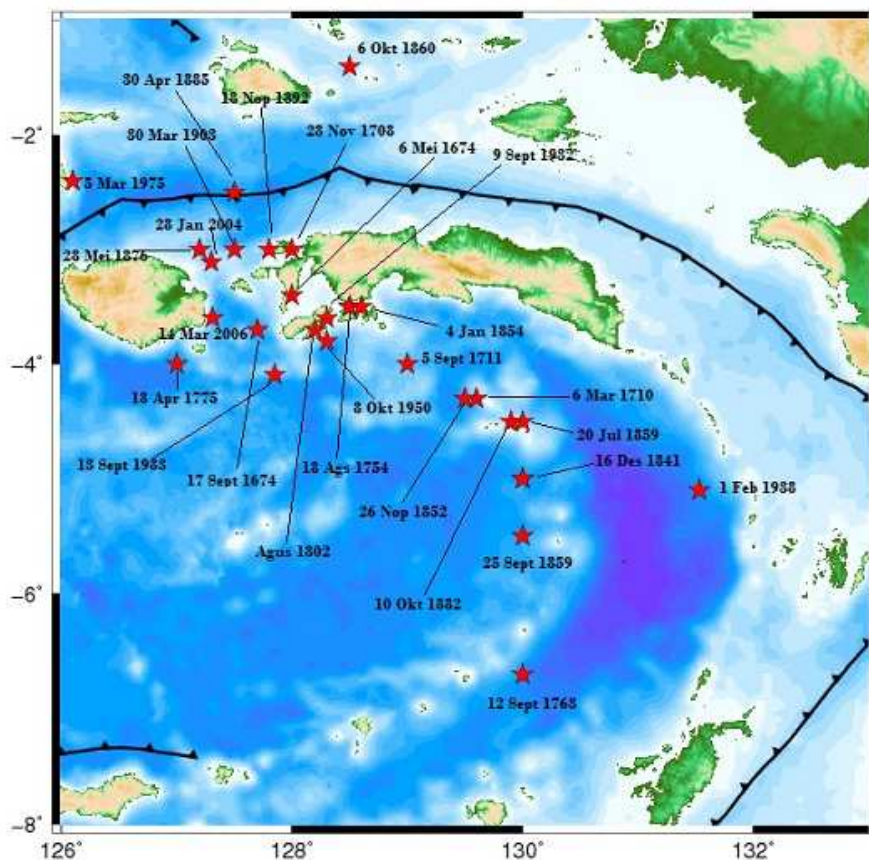
### Tinjauan Pustaka

Data batimetri standar yang menjelaskan kondisi ketinggian dasar laut, hingga mencapai garis pantai. Klasifikasi koordinat gangguan yang berasal dari kejadian gempa bumi akan sangat menentukan potensi tsunami di garis pantai. Akan dipaparkan selanjutnya penelitian mengenai analisis batimetri dapat menjadi perumusan tambahan dalam aplikasi pembuat

keputusan pada SOP (*standard operational Procedure*) warning tsunami yang menyatakan bahwa kejadian gempa bumi dengan magnitudo diatas 7 SR selalu akan berpotensi tsunami. Melalui penelitian ini akan ada argumentasi bahwa potensi tsunami bukan tergantung dari besaran magnitudo saja, akan tetapi sangat ditentukan oleh kondisi struktur batimetri bawah permukaan (Riyadi *et al.*, 2010). Beberapa faktor lain dalam upaya mendukung keputusan bahwa suatu gempa bumi berlokasi di laut akan berpotensi tsunami ditentukan oleh bentuk topografi dari garis pantai itu (Natawidjaja, 2007). Gelombang tsunami yang menjalar ke arah pantai akan mengalami kenaikan amplitudo dan berbanding lurus dengan inundasi gelombang dari garis pantai. Luasan inundasi bergantung pada struktur topografi daratan dekat pantai (Setyonegoro *et al.*, 2011).

Dalam memodelkan tsunami dari data sumber gempa bumi diperlukan beberapa perumusan fisis, diantaranya yang diperoleh dari persamaan Wells & Coppersmith (1994) dan Kanamori (2007). Setelah pemodelan diperoleh hasil keluarannya maka analisis potensi tsunami berdasarkan kondisi batimetri dari

Sebaran Kejadian Tsunami di Maluku dari tahun 1674 – 2006



Gambar 1. Distribusi episenter gempa bumi dan tsunami di Maluku tahun 1674 -2006 (Sumber : Data BMKG dengan plot GMT).

sumber gempabumi dapat dilakukan (Setyonegoro, et al., 2011).

Data batimetri turut menjadi *input* parameter dengan mengunduh pada website *topex - ectract XYZ grid topography data* menurut luasan area penelitian yang diperlukan.

#### Batasan Masalah

- Daerah penelitian di daerah Maluku, dengan dibatasi pada rentang kordinat  $1^{\circ} - 8^{\circ}$  LS -  $126^{\circ} - 133^{\circ}$  BT
- Studi kasus yang digunakan menggunakan data epicenter yang berada pada wilayah Maluku bagian utara yang terekam baik oleh instrumental geofisika dan tercatat di katalog tsunami BMKG (Gambar 1).

#### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, masalah yang ingin dikaji dalam penelitian ini adalah :

- Membuat skenario tsunami dengan merubah parameter gempabumi (magnituda) dengan referensi terkait.
- Mengkombinasikan data parameter gempa bumi

tsunami dalam pembuatan skenario sehingga mendapatkan dampak *run-up* tertinggi terjadi di titik – titik pengamatan (Gambar 2).

#### Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- Desain skenario tsunami berdasarkan data gempabumi pada beberapa studi kasus menurut harga magnitude, *slip* (m) dan luas fault (A).
- Mendapatkan nilai *run-up* tsunami di titik–titik pengamatan pada daerah penelitian berdasarkan skenario yang telah dibuat.

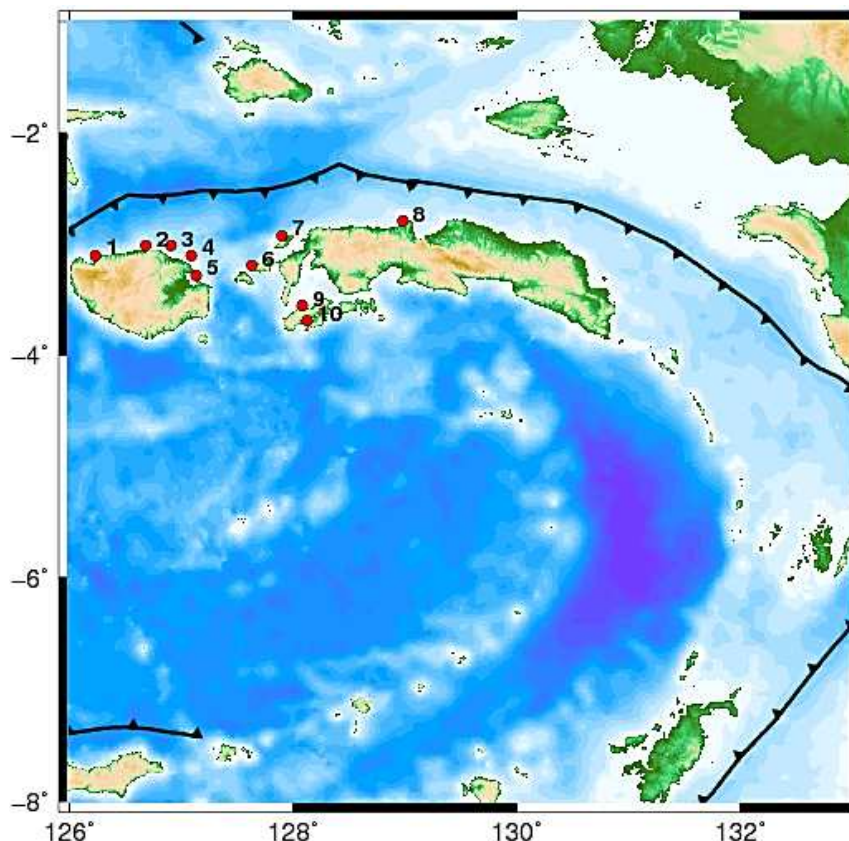
#### METODE PENELITIAN

##### Data

Data yang digunakan merupakan data yang diperlukan untuk input data pada *software* Tsunami L-2008 , data tersebut adalah :

##### Data Batimetri

Data batimetri diunduh menggunakan data dari situs *topex - ectract XYZ grid topography data* dengan daerah batasan penelitian pada  $1^{\circ} - 8^{\circ}$  LS dan  $126 -$



Gambar 2. Distribusi Titik Pengamatan.



133 BT (Topex, 2013).

Data parameter gempabumi menggunakan data studi kasus kejadian gempabumi di daerah Maluku pada 28 Januari 2004 dan diunduh melalui situs GLOBAL CMT studi kasus ini di ambil berdasarkan Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821 – 2009 (*Global CMT Catalogue*, 2013) yang dikeluarkan BMKG bahwa pada tanggal tersebut telah terjadi tsunami kecil yang terobservasi di Namlea dengan parameter gempabumi sebagai berikut (Tabel 1).

Pemilihan studi kasus akan lebih baik jika tsunami yang ditimbulkan cukup besar agar dapat gambaran *run-up* hasil survey, akan tetapi sulitnya data gempabumi pembangkit tsunami yang pernah terjadi di wilayah Maluku dikarenakan tsunami besar yang terjadi sekitar tahun 1674 – 1800 an, sehingga data parameter sulit didapatkan.

Dalam pembuatan skenario tsunami dalam penelitian ini dengan merubah nilai magnituda gempabumi ( $M_w=7,0$  SR,  $M_w=7,5$  SR.  $M_w=8,0$  SR) berdasarkan referensi setelah itu menggunakan hubungan rumusan empiris Pers 5 untuk mendapatkan nilai *slip* (m) sekaligus membuat beberapa kombinasi skenario tsunami dengan mempertahankan nilai momen seismik dan merubah nilai luas fault dan *slip* (m), untuk momen seismik didapatkan berdasarkan rumusan empiris Pers 1 sedangkan untuk luas fault berdasarkan rumusan empiris Pers 2, Pers 3, Pers. 4 dengan mengasumsikan bahwa luas fault berbentuk persegi panjang. Setelah mendapatkan hasil

perhitungan empiris maka data tersebut digunakan sebagai data input *software* Tsunami L-2008 untuk mendapatkan tinggi *run-up* di setiap titik pengamatan. Beberapa titik area terdampak tsunami yang akan diamati adalah seperti dalam Tabel 2.

### Dasar Perhitungan Empiris

Dengan menggunakan data parameter gempabumi yaitu Magnituda momen ( $M_w$ ) dapat dilakukan analisis perhitungan untuk mengetahui besar deformasi dari gempabumi tersebut yang dapat direpresentasikan sebagai besar *slip* (m) yang dapat dihitung dari momen seismik. Momen seismik adalah besaran yang dapat menggambarkan besar energi yang dilepaskan dari suatu gempabumi (Wells & Coppersmith (1994)).

$$M_w = \frac{2}{3} \log M_o - 6,07 \dots\dots\dots 1)$$

dimana,

$M_w$  = Magnituda momen

$M_o$  = Momen seismik

Secara empiris untuk luas fault (panjang fault dan lebar fault) dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan berdasarkan persamaan Papazachos *et al.* (2004) dengan mengasumsikan bahwa luas fault adalah persegi panjang.

$$\log L = -2,42 + 0,58 \times M_w \dots\dots\dots 2)$$

Tabel 1. Data Parameter Input

Tanggal	Time (UTC)	Long	Lat	Depth (km)	$M_w$	Strike (2)	Dip (2)	Rake (2)
28/01/2004	22:15:34	127.30	-3.11	16.8	6.6	194	84	136

Tabel 2. Area terdampak tsunami

No	Titik Pengamatan Long	Lat	Nama Daerah
1	126,23344	-3,10757	Bara
2	126,684	-3,01773	Wamlana
3	126,90928	-3,01773	Hata Wanu
4	127,0895	-3,10757	Namlea
5	127,13456	-3,28724	Kayoji
6	127, 63017	-3,1974	Huamual
7	127,90051	-2,9279	Lelisa Beach
8	128,98186	-2,79315	Opin
9	128,08073	-3,55674	Hitu
10	128,12579	-3,69149	Latuhalat



dimana,  
L = Panjang fault  
Mw= Magnituda momen

$$\log W = -1,61 + 0,41 \times Mw \dots\dots\dots 3)$$

dimana,  
W = Lebar fault  
Mw= Magnitudo momen

$$A = L \times W \dots\dots\dots 4)$$

dimana,  
A= Luasan fault

Sedangkan untuk mendapatkan nilai *slip* (m) menggunakan persamaan Hanks & Kanamori (1979)

$$M_o = \mu \times A \times S \dots\dots\dots 5)$$

dimana,  
Mo= Momen seismic  
 $\mu$  = rigiditas =  $3 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$   
A = Luasan fault  
S = *Slip* (meter)

#### Instrumen Penelitian

Pada instrumen penelitian dalam penelitian ini dilakukan pengaturan parameter data, diantaranya adalah dengan pengaturan konversi koordinat kedalam grid dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Bujur (X)} = \frac{X_{eq} - X_{min}}{\sum g - long} \times X_{max}(vdm) \dots\dots\dots 6)$$

$$\text{Lintang (Y)} = \frac{Y_{eq} - Y_{min}}{\sum g - lat} \times Y_{max}(vdm) \dots\dots\dots 7)$$

Dimana dari persamaan dihitung beberapa nilai :

- Xeq, sebagai garis bujur epicenter gempabumi (degree).
- Xmin, Batas bujur minimum.

- Yeq, Lintang epicenter gempabumi (degree).
- Ymin, Batas lintang minimum.
- $\sum g$ -long, Jumlah batasan dari grid bujur daerah penelitian.
- $\sum g$ -lat, Jumlah batasan dari grid lintang daerah penelitian.

Xmax(vdm), Batasan bujur maksimum dari peta vertical *displacement*, Ymax(vdm), Batasan lintang maksimum dari peta vertical *displacement*.

Ketentuan Pengisian Form Data Parameter :

- Kolom Xeq dan Yeq diisi dengan menggunakan hasil perhitungan pers 6 dan pers 7.
- Kolom Zeq diisi dengan data kedalam gempabumi terkait dalam km.
- Kolom *Strike* dan *Dip* diisi dengan parameter yang tersedia.
- Kolom *Slip1* dan *Slip2* diisi dengan nilai 0 "nol" pada kolom *slip1* dan *Slip2* diisi dengan hasil pers5 untuk *slip* dalam meter
- Kolom panjang fault (A1 dan A2) diisi dengan cara membagi dua hasil dari perhitungan pers 2 yang kemudian diisi minus untuk A1 dan tidak untuk A2
- Kolom Aw1 dan Aw2 diisi dengan memberi tanda minus hasil dari pers 3 yang kemudian diisi pada kolom Aw1 dan isi angka nol pada kolom Aw2.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

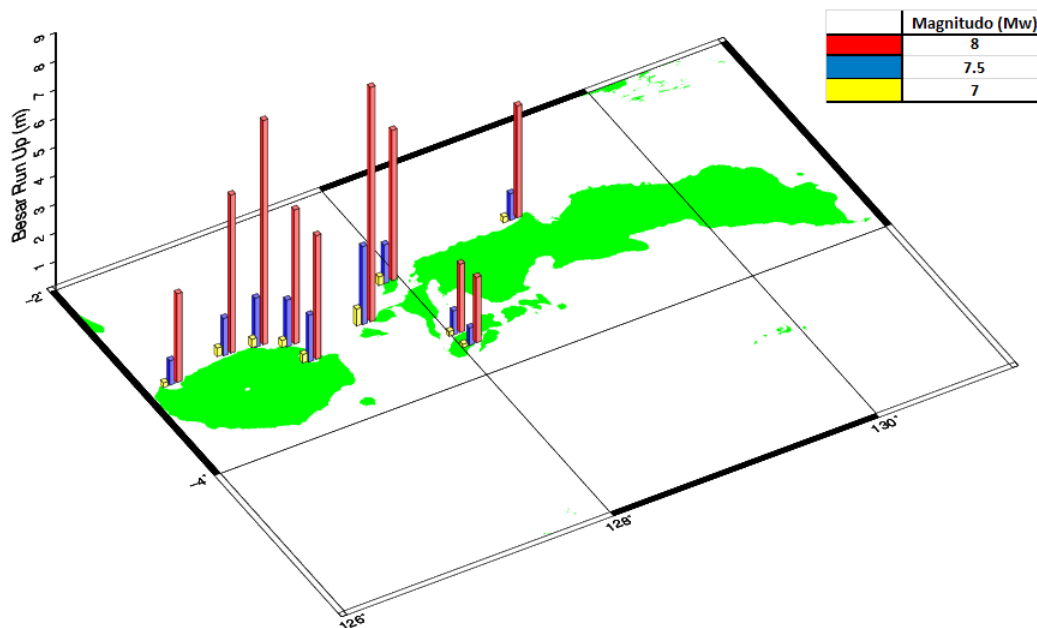
##### Skenario untuk Magnitudo Mw = 7,0 SR

Pada besaran magntuda 7,0 SR tidak terjadi *run-up* yang sangat signifikan atau tidak terlalu menghasilkan *run-up* yang tinggi, yaitu hanya sekitar 0,59 m di daerah Huamual. Dengan Menggunakan persamaan yang telah di tentukan maka didapatkan data parameter (Tabel 6 Lampiran).

Setelah skenario tsunami di buat maka data – data tersebut dapat di *input* kedalam software dengan cara yang telah di bahas sebelumnya, maka

Tabel 3. Tinggi *run-up* di 10 Titik Pengamatan (dalam meter) Mw = 7,0 Skala Richter

Titik P	(ori)	(S1)	(S2)	(S3)	(S4)	(S5)	(S6)	(S7)	(S8)	(S9)	(S10)
1	0,13	0,15	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
2	0,22	0,25	0,27	0,28	0,27	0,28	0,28	0,30	0,29	0,29	0,30
3	0,23	0,27	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
4	0,19	0,21	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,25	0,24	0,24	0,25
5	0,20	0,24	0,25	0,26	0,26	0,27	0,27	0,30	0,28	0,29	0,30
6	0,35	0,45	0,50	0,54	0,52	0,56	0,55	0,59	0,57	0,59	0,59
7	0,17	0,22	0,24	0,26	0,25	0,27	0,26	0,31	0,28	0,29	0,30
8	0,15	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20	0,19	0,19	0,20
9	0,11	0,14	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,17	0,16	0,16	0,17
10	0,09	0,11	0,12	0,13	0,12	0,13	0,13	0,12	0,13	0,13	0,12

Gambar 3. Peta *Run Up* Maksimum Skenario Tsunami dari 33 Skenario.Tabel 4. Besar *Run Up* di 10 Titik Pengamatan (dalam meter) Mw = 7,5 SR

Titik P	ORI	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
1	0,53	0,66	0,73	0,76	0,79	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,85
2	0,78	0,99	1,08	1,14	1,18	1,22	1,24	1,26	1,28	1,29	1,30
3	1,04	1,28	1,37	1,45	1,51	1,58	1,62	1,65	1,68	1,70	1,73
4	0,75	0,90	1,04	1,17	1,28	1,36	1,43	1,49	1,54	1,59	1,63
5	0,83	0,99	1,20	1,32	1,40	1,46	1,51	1,55	1,58	1,60	1,63
6	1,14	1,67	1,96	2,15	2,28	2,42	2,51	2,57	2,63	2,68	2,73
7	0,76	0,91	0,99	1,06	1,11	1,18	1,22	1,26	1,29	1,32	1,35
8	0,59	0,69	0,79	0,81	0,84	0,86	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93
9	0,37	0,52	0,62	0,68	0,72	0,75	0,78	0,80	0,81	0,82	0,83
10	0,36	0,45	0,49	0,52	0,53	0,57	0,58	0,59	0,59	0,60	0,60

akan mendapatkan tinggi *run-up* dari setiap titik - titik pengamatan sebagai berikut (Tabel 3).

Hasil dari besaran *run up* skenario tsunami yang telah dibuat (Tabel 7 Lampiran), perubahan besar *run up* tidak terlalu signifikan dari perubahan luasan fault dan *slip* (m), hasil skenario 10 merupakan skenario maksimum yang di dapat dari pengolahan *software* Tsunami L-2008 dengan *run up* terbesar pada titik 6 yang merupakan daerah Huamual dengan *run up* 0,59 meter dan terendah di titik 10 yaitu daerah Latuhalat dengan *run up* 0,12 meter, jarak epicenter gempa bumi dengan daerah juga merupakan salah satu yang mempengaruhi besar kecilnya *run up* selain itu besarnya *slip* juga mempengaruhi besar *run up slip* yang besar juga akan menghasilkan *run up* tsunam yang besar juga. Gambar 9 menunjukkan bahwa pola grafik besar *run up* yang dihasilkan dari pengolahan *software* memiliki pola grafik yang mirip dengan sumbu y merupakan besar *run up* dan sumbu x merupakan

titik – titik pengamatan (Gambar 3).

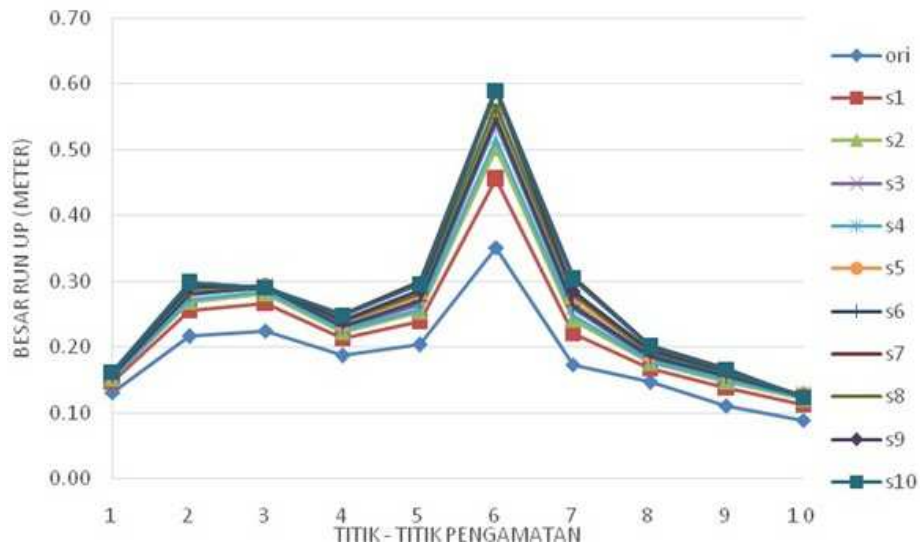
#### Skenario untuk Magnitudo Mw = 7,5 SR

Pada besaran magnitudo 7,5 SR terdapat sebelas skenario tsunami dengan besar *slip* (m) dibuat teratur artinya semakin besar nomor skenario maka semakin besar nilai *slip* dalam meter dan semakin kecil luasan fault dan tetap mempertahankan nilai  $M_0$  seperti hasil perhitungan rumusan empiris. Maka hasil dari perhitungan empiris (Tabel 9 Lampiran)

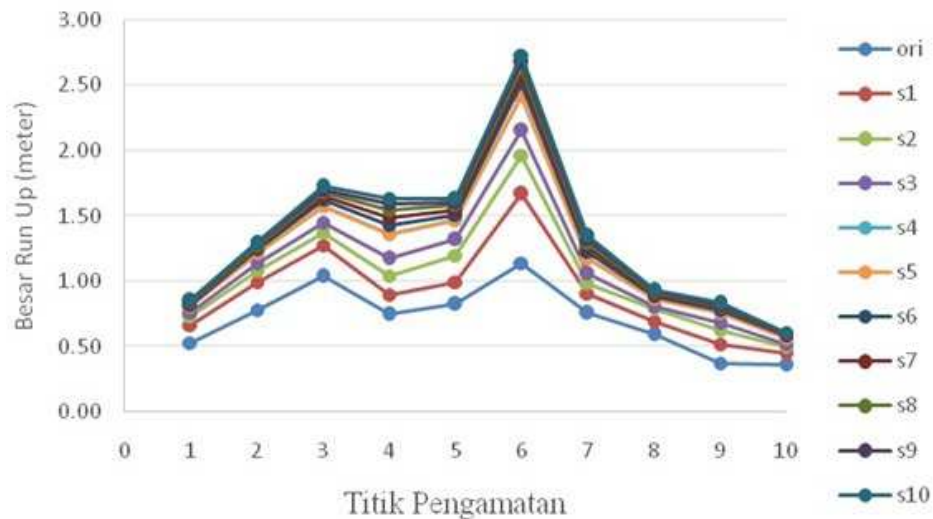
Dengan menggunakan persamaan yang telah di tentukan maka didapatkan data parameter seperti pada (Tabel 10 dan Tabel 11 Lampiran).

#### Skenario untuk Magnitudo Mw = 8.0 SR

Ini merupakan magnitudo yang terbesar yang dibuat dalam laporan kerja ini dihasilkan nilai *run up*



Gambar 4. Pola Grafik Run Up Skenario Tsunami (Mw = 7,5 SR)



Gambar 5. Pola Grafik Run Up Skenario Tsunami (Mw = 8,0 SR)

Tabel 5. Besar Run Up di 10 Titik Pengamatan (dalam meter) Mw = 8,0 SR

Titik P	ori	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10
1	1,81	2,67	2,39	2,34	2,68	2,79	2,91	2,59	2,92	3,10	2,81
2	2,87	4,63	3,91	3,70	4,57	4,92	5,18	4,37	5,10	5,52	4,84
3	3,07	6,07	4,68	4,71	6,16	6,72	7,31	5,78	7,18	7,83	6,68
4	1,76	3,50	2,60	2,67	3,59	3,91	4,27	3,35	4,27	4,69	3,96
5	2,70	4,07	3,74	3,67	4,06	4,15	4,18	3,99	4,16	4,32	4,14
6	2,31	5,16	3,74	3,83	5,29	5,92	6,70	4,87	6,84	8,19	6,82
7	2,69	5,27	4,12	3,68	4,94	5,65	5,88	4,64	5,20	5,25	4,32
8	2,04	3,17	2,73	2,66	3,22	3,37	3,57	3,09	3,63	3,91	3,51
9	1,14	1,94	1,62	1,24	1,68	1,97	1,97	1,58	1,93	2,38	2,00
10	0,94	1,98	1,50	1,28	1,84	2,15	2,30	1,70	2,09	2,28	1,80

terendah mencapai 0,94 m di daerah Lathupat dan tertinggi mencapai *run up* 8,19 m di daerah Huamual, dalam pembuatan skenario dalam magnitudo  $M_w = 8,0$  SR, besar *slip* (m) dibuat acak akan tetapi tetap berpedoman dengan metode sebelumnya. Dari Perhitungan Empiris didapatkan data yang akan diolah menjadi skenario tsunami dan sebagai input ditunjukkan pada Table 12 Lampiran.

Setelah memiliki data skenario maka dapat mengolah ke dalam *Software* tsunami L-2008 maka akan mendapatkan besaran *run up* tsunami (Tabel 13 Lampiran)

Dalam skenario pada magnitudo ini didapatkan bahwa *run up* tsunami yang dihasilkan cukup besar pada tiap titik pengamatannya karena *run up* berkisar 0,9 m, 2 m, hingga mencapai 8 m yang dapat membahayakan masyarakat di daerah – daerah tersebut. Pola grafik *run up* juga terlihat cenderung sama pada tiap skenarionya.

## KESIMPULAN

Pada skenario pemodelan tsunami ke-1 dengan Magnitudo  $M = 7,0$  SR tidak didapatkan tinggi *run-up* tsunami yang tinggi, artinya *run-up* maksimal yang dihasilkan mencapai 0,59 m. Pada skenario pemodelan tsunami ke-2 dengan Magnitudo Pada Magnitudo  $M = 7,5$  SR didapatkan tinggi tsunami hingga mencapai 2,73 m dan juga dapat dilihat bahwa semakin besar nilai *slip* (m) pada sumber gempabumi di lokasi batimetri bawah permukaan (*ocean bottom*) maka tinggi *run-up* nya juga semakin tinggi. Pada skenario pemodelan tsunami ke-3 dengan Magnitudo Pada Magnitudo  $M_w = 8,0$  SR terlihat bahwa *run-up* yang dihasilkan hingga mencapai 8 meter (Tabel 14 Lampiran).

## PERSANTUNAN

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan banyak rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah ini. Terimakasih kepada Bapak Wiko Setyonegoro selaku dosen pembimbing teknis atas segala bimbingan, saran, kepercayaan dan bantuan sejak awal hingga tersusunnya karya ilmiah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Arkwright, D. (2012). "Potensi Kejadian Tsunami di Perairan Timur Indonesia".

Global CMT Catalogue Search, <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html> (diakses tanggal 18 Juli 2013).

Ibrahim, G. & Subardjo. (2005). Pengetahuan

Seismologi. Jakarta : Badan Meteorologi dan Geofisika.

Natawidjaja, D.H. (2007). Gempabumi dan Tsunami di Sumatra dan Upaya Untuk Mengembangkan Lingkungan Hidup yang Aman Dari Bencana Alam, Vol. 136.

Natawidjaja, D.H. (2012). "Tectonic Setting Indonesia dan Pemodelan Sumber Gempa dan Tsunami". PELATIHAN PEMODELAN RUN-UP TSUNAMI, Geoteknologi-LIPI, 2007.

Papazachos, B.C., Scordilis, E.M., Panagiotopoulos, D.G., Papazachos, C.B., & Karakaisis, G.F. (2004). Global Relations between Seismic Fault Parameters and Moment Magnitude of Earthquakes. Bull. Geol. Soc. Greece, Vol. XXXVI. Proceedings of the 10 International Congress, Thessaloniki, April 2004Th.

Patty, R. R. (2013). "Isu Tsunami Beredar, Warga Ambon Tak Tidur". Kompas. regional.kompas.com

Riyadi., Fachrizal., Setiyono U., Sembiring, A. S., Miranda., Yatimantoro. T. & Fitri, Y. (2010). Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821 – 2009. Jakarta : Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Setyonegoro, W. (2011). "Tsunami Numerical Simulation Applied to Tsunami Early Warning System Along Sumatra Region", Jurnal Meteorologi dan Geofisika BMKG. Wiko Setyonegoro. Vol.12.No.1, Hal : 21 -32, Mei 2011.

Topex, extract XYZ grid topography data, [http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get\\_data.cgi](http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi), (diakses tanggal 7 Agustus 2013).

Wells, D.L. & Coppersmith, K.J. (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, and surface displacements: Bulletin of the Seismological Society of America, v. 84, p. 974–1002.



## Lampiran

Skenario untuk Magnitudo  $M_w = 7,0$  SR

Pada besaran magntuda 7,0 SR tidak terjadi run-up yang sangat signifikan atau tidak terlalu menghasilkan *run-up* yang tinggi, yaitu hanya sekitar 0,59 m di daerah Huamual. Dengan Menggunakan persamaan yang telah

Tabel 6. Hasil Perhitungan Rumusan Empiris  $M_w = 7,0$  Skala Richter.

Panjang Fault (log L)	L (km)	Lebar Fault (log W)	W(km)	Luasan Fault (A) Km	log Mo	Mo	Slip (m)
1.6400	43.6516	1.2600	18.1970	794.3282	19.60	4.03E+19	1.6900

Tabel 7. Data Input pada instrument penelitian

Lintang (Konversi)	Bujur (Konversi)	Panjang Fault (Km)	Lebar Fault (Km)	Slip (m)
558,857	148,57	1.6400	18.1970	1.6900

Maka akan mendapatkan skenario tsunami sebagai berikut :

Tabel 8. Skenario Tsunami  $M_w = 7,0$  Skala Richter

No.	Nama	Panjang Fault (Km)	Lebar Fault (Km)	Luas Fault (km)	Slip (m)
1	ori	43,65	18,20	794,328	1,69
2	Skenario 1	40,55	8,4	360,694	3,94
3	Skenario 2	38,21	5,23	199,752	6,72
4	Skenario 3	36,82	2,92	107,473	12,49
5	Skenario 4	37,77	4,33	163,300	8,22
6	Skenario 5	31,88	2,5	79,711	16,84
7	Skenario 6	33,80	2,85	96,432	13,92
8	Skenario 7	15,22	2,19	33,39	40,2
9	Skenario 8	28,32	2,345	66,419	20,21
10	Skenario 9	26,16	2,24	58,413	22,98
11	Skenario 10	40,22	2,53	76,32	33,29

Tabel 9. Hasil Perhitungan Rumusan Empiris  $M_w = 7,5$  SR

Panjang Fault (log L)	L (km)	Lebar Fault (log W)	W(km)	Luasan Fault (A) Km	log Mo	Mo	Slip (m)
1,9300	85,1138	1,4650	29,1743	2483,1331	20,3550	2,264E+20	3,04

Tabel 10. Data Input *Software* Tsunami L-2008  $M_w = 7,5$  SR

Lintang (Konversi)	Bujur (Konversi)	Panjang Fault (Km)	Lebar Fault (Km)	Slip (m)
558,857	148,57	1,9300	29,1743	3,0400

## Lampiran

Setelah mendapatkan data input Software Tsunami L-2008 maka skenario yang dibuat untuk magnitudo  $M_w = 7,5$  sebagai berikut :

Tabel 11. Skenario Tsunami  $M_w = 7,5$  SR

No.	Nama	Panjang Fault (Km)	Lebar Fault (Km)	Luas Fault (km)	Slip (m)
1	Skenario Awal	85,13	29,17	2483,13	3,04
2	Skenario 1	62,82	19,89	1249,45	6,04
3	Skenario 2	49,31	16,93	834,80	9,04
4	Skenario 3	41,76	15,01	626,80	12,04
5	Skenario 4	36,02	13,93	501,77	15,04
6	Skenario 5	36,99	11,31	418,33	18,04
7	Skenario 6	35,51	10,10	358,68	21,04
8	Skenario 7	32,26	9,73	313,92	24,04
9	Skenario 8	30,24	9,23	279,09	27,04
10	Skenario 9	28,29	8,88	251,22	30,04
11	Skenario 10	27,68	8,25	228,41	33,04

Tabel 12. Hasil Perhitungan Rumusan Empiris  $M_w = 8,0$  SR

Panjang Fault (log L)	L (km)	Lebar Fault (log W)	W(km) Fault (A) Km	Luasan	log Mo	Mo	Slip (m)
2,2200	165,9587	1,6700	46,7735	7762,4712	21,1050	1,27E+21	5,4686

Dan kemudian data yang di input ke dalam software Tsunami L-2008 dengan data sebagai berikut :

Tabel 13. Data Input Software Tsunami L-2008  $M_w = 8,0$  SR

Lintang (Konversi)	Bujur (Konversi)	Panjang Fault (Km)	Lebar Fault (Km)	Slip (m)
558,857	148,57	2,2200	46,7735	5,4686

Setelah kita mendapatkan data parameter diatas maka scenario yang dihasilkan sebagai berikut :

Tabel 14. Skenario Tsunami ( $M_w = 8,0$  SR)

No.	Nama	Panjang Fault (Km)	Lebar Fault (Km)	Luas Fault (km)	Slip (m)
1	Skenario Awal	165,96	46,77	7762,534	5,46
2	Skenario 1	135,56	15,29	2071,96	20,43
3	Skenario 2	149,59	25,24	3776,093	11,21
4	Skenario 3	125,85	35,63	4484,110	9,44
5	Skenario 4	122,33	19,98	2443,99	17,32
6	Skenario 5	125,69	13,18	1656,752	25,55
7	Skenario 6	115,65	12,083	1397,401	30,292
8	Skenario 7	124,68	22,952	2861,692	14,792
9	Skenario 8	99,85	18,48	1846,05	22,93
10	Skenario 9	82,64	18,04	1491,02	28,39
11	Skenario 10	80,02	28	2242,055	18,88

## KETENTUAN CARA PENGIRIMAN NASKAH UNTUK JURNAL SEGARA

### Jenis Naskah

Jenis Naskah yang dapat dimuat di Jurnal Segara adalah :

- Naskah hasil penelitian maupun kajian konseptual yang berkaitan dengan Kelautan Indonesia yang dilakukan oleh para peneliti, akademisi, mahasiswa, maupun pemerhati permasalahan kelautan baik dari dalam dan luar negeri.
- Naskah yang berisikan hasil-hasil penelitian di bidang pengembangan ilmu oseanografi, akustik dan instrumentasi kelautan, inderaja, kewilayahan, sumberdaya nonhayati, energi, arkeologi bawah air dan lingkungan.

### Bentuk Naskah

Naskah tulisan dapat dikirim dalam bentuk :

- Naskah tercetak di atas kertas A4, dengan jumlah halaman 10 – 15 halaman. Ditulis dengan menggunakan aplikasi MS.Word dengan spasi ganda, jenis font Arial, ukuran huruf 10.
  - Naskah dapat ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris, dengan ketentuan, bila naskah ditulis dalam bahasa Indonesia, maka abstrak harus ditulis dalam bahasa Inggris dan bahasa Indonesia. Bila naskah ditulis dalam bahasa Inggris, abstrak ditulis dalam bahasa Inggris dan bahasa Indonesia.
  - Abstrak merupakan ringkasan penelitian dan tidak lebih dari 250 kata. Kata kunci (3-5 kata) harus ada dan mengacu pada *Agrovoca*.
  - Materi naskah disusun mengikuti kaidah umum dan tidak mengikat, namun harus berisikan latar belakang masalah yang membahas hasil penelitian terdahulu, teori singkat yang mendukung, metode yang digunakan, analisis, dan kesimpulan.
  - Apabila terdapat istilah asing maka istilah tersebut perlu ditulis dengan abjad miring (*Italic*). Gambar (foto ilustrasi, grafik, statistik) dan tabel.
  - Judul tabel ditulis di atas tabel.
  - Apabila terdapat gambar berupa grafik, statistik, peta atau foto, maka judul dari gambar tersebut harus ditulis dibawah.
  - Kesimpulan disajikan secara singkat dengan mempertimbangkan judul naskah, maksud dan tujuan, serta hasil penelitian.
- Referensi
- Referensi dari Jurnal lain ditulis seperti :  
Nama, Tahun, "judul Makalah", Nama jurnal, Volume, Nomor, halaman.
  - Referensi dari buku ditulis seperti: Nama, Tahun, "Judul Buku", Penerbit.
  - Gelar dari nama penulis tidak perlu dicantumkan.
  - Pengutipan sumber tertulis tercetak mengikuti sistem *Harvard*, yaitu menuliskannya di antara tanda kurung nama (belakang) penulisan yang diacu, titik dua, & halaman acuan yang dikutip, setelah akhir kalimat kutipan pada batang tubuh karangan, contoh seperti di bawah ini :  
.....(Gordon, et al.2003:12)  
.....(Holt, 1967 : 11)

### Metode Penilaian dan Pengiriman Naskah

- Redaksi tidak membatasi waktu pengiriman makalah, semua makalah akan dinilai oleh editor/penyunting ahli dengan format penilaian yang telah ditetapkan oleh dewan editor. Hasil penilaian dari editor/penyunting ahli akan diolah oleh dewan editor dan dikembalikan ke penulis untuk diperbaiki kembali.
- Agar makalah dapat dimuat, penulis diharapkan dapat menyerahkan makalah yang telah direvisi sebelum tanggal yang ditentukan.
- Makalah di atas dapat langsung dikirim dalam bentuk file dan *print out* ke Redaksi Jurnal Segara yang bertempat di kantor Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan, dengan alamat : Jalan Pasir Putih 1 Ancol Timur Jakarta utara 14430 atau kirim ke alamat e-mail : jurnal.segara@gmail.com.

# Jurnal Segara

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir  
Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan  
Kementerian Kelautan dan Perikanan

ISSN 1907-0659



9 771907 065966