



# JURNAL GEOLOGI KELAUTAN

## MEDIA HASIL PENELITIAN GEOLOGI KELAUTAN

Volume 19, No. 1, Juni 2021

ISSN : 1693 - 4415



**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN GEOLOGI KELAUTAN**  
**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL**  
**KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL**

JURNAL GEOLOGI KELAUTAN	VOL. 19	NO. 1	HAL. 1 - 49	BANDUNG JUNI 2021	ISSN 1693 - 4415
----------------------------	---------	-------	-------------	----------------------	---------------------

ISSN 1693-4415



9 771693 441579

Terakreditasi sebagai Majalah  
Ilmiah berdasarkan Keputusan  
Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan  
Kemenristekdikti No. 200/M/KPT/2020  
Tanggal 23 Desember 2020



# JURNAL GEOLOGI KELAUTAN

MEDIA HASIL PENELITIAN GEOLOGI KELAUTAN

Vol. 19, No. 1, Juni 2021

ISSN : 1693-4415

Penanggungjawab : Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan

## Dewan Redaksi

Ketua : Drs. Lukman Arifin, M.Si.

Wakil Ketua : Ir. Deny Setiady, M.T.

Anggota : Ir. Dida Kusnida, M.Sc.  
Ir. Purnomo Rahardjo, M.T.  
Ir. Imelda Rosalia Silalahi  
Dr. P. Hadi Wijaya  
Nineu Yayu Geurhaneu, S.Si., M.T.  
Franto Novico S.T., M.Sc.  
FX. Harkins H. Prabowo, S.T., M.T.  
Mira Yosi, S.Si., M.T.  
Dr. Evie H. Sudjono, S.Si., M.Si.  
Subarsyah, S.Si., M.T.

Mitra Bestari : Hilda Lestiana, S.Si., M.T. - Pusat Penelitian Geoteknologi, LIPI  
Dr. Ir. Widodo Setyo Pranowo - Kementerian Kelautan dan Perikanan  
Dr. Ir. Susilohadi - Puslitbang Geologi Kelautan  
Dr. Luli Gustiantini, S.T., M.T. - Puslitbang Geologi Kelautan  
Imam Setiadi S.Si., M.T. - Puslitbang Geologi Kelautan

## Sekretariat Redaksi

Ketua : Ir. Immaculata Christiana, M.T.

Anggota : Prisca Ayu Wastuwidyanani, S.T.  
Dery Rochiman, A.Md.  
Yulinar Firdaus, S.Si., M.T.  
Dwinanda Pratya Annisa Murni, S.Pd.  
Nanang Suryana

Desain Grafis : Arif Suprayitno, S.Kom., M.Kom.

Diterbitkan secara teratur 2 kali dalam setahun (Juni dan November)  
Oleh : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan

## ALAMAT REDAKSI

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan  
Jalan Dr. Junjuran 236, Bandung-40174, Indonesia  
Telepon : 022-6032020, 6032201, Ext 268, Fax : 022- 6017887  
<http://www.mgi.esdm.go.id> e-mail : [ejournal.p3gl@gmail.com](mailto:ejournal.p3gl@gmail.com)

Gambar Sampul : Notch pada tebing batugamping yang terbentuk akibat erosi gelombang dan pelarutan oleh air laut pada saat pasang di teluk Pulau Gam, Raja Ampat Papua Barat. (Foto oleh: Mira Yosi, 2013)

## PENGANTAR REDAKSI

Pembaca Yang Budiman,

Puji dan Syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, atas Rahmat dan Karunia-Nya, Jurnal Geologi Kelautan Volume 19, No. 1, Juni 2021, dapat hadir kembali dihadapan para pembaca yang Budiman. Pada Edisi 1 ini makalah yang diterbitkan sebanyak 5 (lima) makalah yaitu: 1. Karakteristik Kawasan Pesisir Pantai Cilamaya (Teluk Blanakan dan Teluk Ciasem), Kabupaten Subang, Propinsi Jawa Barat, 2. Review: Sedimentasi dan Penyempitan Mixing Zone di Perairan Pesisir Muara Tawar, Kabupaten Bekasi - Jawa Barat, 3. Studi Identifikasi Dasar Laut Dalam Pendeteksian Pipa Bawah Laut (Studi Kasus Pipa Pertamina Balikpapan), 4. Analisis Input Sedimen Sejak Pleistosen Akhir di Perairan Utara Papua, Samudra Pasifik, 5. Identifikasi Perangkap Hidrokabon Paleogen-Neogen di Perairan Wokam Aru Utara, Berdasarkan Analisis Data Seismik.

Makalah-makalah tersebut adalah hasil karya ilmiah dari para fungsional di lingkungan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan dan para periset Instansi lain. Karya Ilmiah yang dimuat dalam jurnal ini adalah hasil penelitian di bidang geologi, geofisika, dan hidro-osenografi. Dewan Redaksi tetap melaksanakan ketentuan dan syarat yang telah ditetapkan oleh Jurnal Geologi Kelautan (JGK). Untuk melakukan penelaahan terhadap makalah yang masuk, Dewan Redaksi JGK mengikuti rambu-rambu dari kode etik Jurnal Terakreditasi.

Akhirul kata, kami para Dewan Redaksi mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan masukan dan dukungannya sehingga Jurnal ini dapat terbit. Kami sampaikan juga bahwa terbitan Edisi 1 Tahun 2021 ini mengalami keterlambatan karena beberapa hal teknis yang sulit diatasi. Seharusnya Jurnal Geologi Kelautan Edisi 1 Tahun 2021 ini terbit pada bulan Juni 2021. Kami berharap semoga JGK ini dapat diterima di hati para pembaca budiman yang berkecimpung dalam penelitian tentang kebumihan. Semoga kerjasama yang telah terjalin selama ini dapat terus ditingkatkan.

Bandung, Desember 2021

Salam,  
Dewan Redaksi



## DAFTAR ISI

- Karakteristik Kawasan Pesisir Pantai Cilamaya (Teluk Blanakan dan Teluk Ciasem), Kabupaten Subang, Propinsi Jawa Barat*  
**Ipranta, Soni Mawardi, Mustafa Hanafi, Immaculata Christiana**-----1-12  
DOI: doi.org/10.32693/jgk.19.1.2021.667
- Review: Sedimentasi Dan Penyempitan Mixing Zone Di Perairan Pesisir Muara Tawar, Kabupaten Bekasi - Jawa Barat*  
**Dida Kusnida, Sonny Mawardi, Lukman Arifin, Mira Yosi, Nineu Y. Gerhaneu** ----- 13-19  
DOI: doi.org/10.32693/jgk.19.1.2021.709
- Studi Identifikasi Dasar Laut Dalam Pendeteksian Pipa Bawah Laut (Studi Kasus Pipa Pertamina Balikpapan)*  
**Alin Abimanyu, Dyan Primana S., Janjan Rechar** ----- 20-30  
DOI: doi.org/10.32693/jgk.19.1.2021.711
- Analisis Input Sedimen Sejak Pleistosen Akhir Di Perairan Utara Papua, Samudra Pasifik*  
**Adrianus Damanik, Khoiril A. Maryunani, Septriono H. Nugroho, Purna S. Putra** ----- 31-37  
DOI: doi.org/10.32693/jgk.19.1.2021.663
- IDENTIFIKASI PERANGKAP HIDROKARBON PALEOGEN –NEOGEN DI PERAIRAN WOKAM ARU UTARA, BERDASARKAN ANALISIS DATA SEISMIK*  
**P. Hadi Wijaya, D. Setiady, Jusfarida, R. Wibowo** ----- 38-49  
DOI: doi.org/10.32693/jgk.19.1.2021.694

**KARAKTERISTIK KAWASAN PESISIR PANTAI TELUK BLANAKAN DAN  
TELUK CIASEM, KABUPATEN SUBANG, PROPINSI JAWA BARAT,  
BERDASARKAN CITRA SATELIT (LANDSAT DAN SENTINEL)**

***CHARACTERISTIC COASTAL AREA OF BLANAKAN AND CIASEM BAY, SUBANG  
DISTRICT, WEST JAVA PROVINCE BASED ON SATELITE IMAGES  
(LANDSAT AND SENTINEL)***

**Ipranta<sup>1</sup>, Sonny Mawardi<sup>2</sup>, Mustafa Hanafi<sup>2</sup> dan Immaculata Christiana<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Pemetaan Geologi Tematik, Pusat Survei Geologi,

<sup>2</sup>Kelompok Pemetaan Geologi Kelautan, Puslitbang Geologi Kelautan

Ipranto81@gmail.com, mhanafi@gmail.com

Diterima : 18-06-2020, Disetujui : 07-07-2021

**ABSTRAK**

Kawasan pesisir utara Pulau Jawa merupakan kawasan yang sering mengalami perubahan akibat proses hidrometeorologi termasuk pesisir Cilamaya. Paling tidak ada 4 sungai yang mengalir bermuara antara lain Citarum (lama), Blanakan, Cilamaya dan Ciasem. Geomorfologi relatif datar yang tersusun dari proses proses fluvial dan proses asal laut sebagai endapan dataran banjir, endapan alur sungai, endapan estuari dan endapan laut. Endapan limbah banjir tersusun oleh lempung lanauan dan lempung kadang dijumpai adanya kerakal dan brangkal, dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai sawah, tanaman padi. Pasir, kerakal dan berangkal merupakan material penyusun endapan alur sungai. Estuari terdiri dari material organik dan lempung. Daerah ini tertutup oleh hutan mangrove dan tambak. Endapan laut didominasi endapan yang berukuran halus lempung dan pasir (halus – kasar) dengan dibeberapa tempat kadang dijumpai pecahan cangkang.

**Kata kunci:** Cilamaya, Kawasan Pesisir, estuari

***ABSTRACT***

*Coastal area in the northern of Java island is part of the always changes caused by hidrometeorology aspect include the Cilamaya costal area. At least there are four river flow are (old) Citarum, Blanakan, Cilamaya and Ci Asem river. Geomorphologically the relief ralatively flat from the fluvial and marine processes, as floodplain, river (channel), estuaries (wet land), marine deposits. The floodplain deposits consists of silty clay and clay some time with pebble, use for the paddy field and some urban area. Sand, pebble and coble are from the river (channel). Estuary consists of organic material and clay, very weak. In the estuary cover by mangrove forest and fish pond. The marine deposits dominantly clay and sand (fine to coarse) with some place found broken shell. The hazards relation with the condition should be mitigate are subsidance, flood from the river and tide (rob).*

**Keyword:** Cilamaya, coastal area, estuaries

**Kontribusi:**

Ipranta adalah sebagai kontributor utama pada artikel ini, sedangkan Sonny Mawardi, Mustafa Hanafi dan Immaculata Christiana adalah sebagai kontributor anggota.

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan sumber daya alam sangatlah memerlukan suatu penataan informasi tentang sumber daya alam dan aktivitas pengelolannya dari mulai perencanaan sampai dengan pemantauan dari pemanfaatannya. Informasi tentang sumber daya alam ini tidak akan lepas dari informasi keruangan (spatial) dari sumber daya alam itu di bumi. Itulah yang disebut dengan informasi geospasial (Rolf A. De By dkk, 2004) yang salah satu definisinya adalah informasi yang memfokuskan kepada konteks geografis, waktu dan keruangan dari suatu objek.

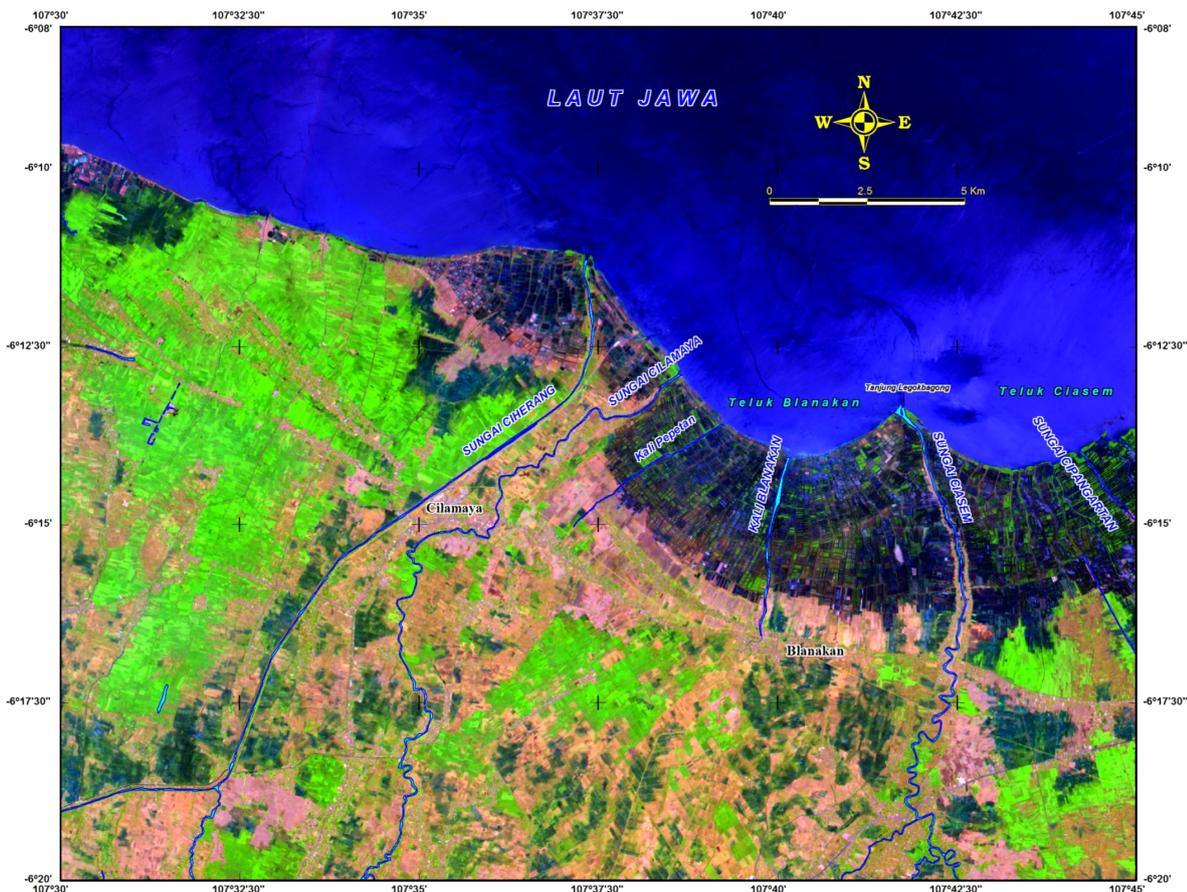
Secara geologi, kawasan pantai utara Jawa Barat, merupakan kawasan yang paling labil terhadap proses-proses yang berlangsung baik yang diakibatkan oleh proses kebumihan secara alamiah maupun akibat tingkah laku manusia disekitarnya. Semenjak terbentuknya kawasan pantai tersebut di atas telah banyak mengalami perubahan garis pantainya karena abrasi maupun sedimentasi. Secara garis besar perubahan yang ada dikelompokkan menjadi dua yaitu pada saat pra-Holosen dan Holosen. Pada jaman pra-Holosen proses yang terjadi lebih bersifat secara alamiah, sedangkan pada

Holosen sudah dipengaruhi oleh aktifitas manusia dan semakin tidak terkendali pada beberapa dasa warsa terakhir ini yang diakibatkan oleh pemanfaatan lahan dari daerah hulu sungai. Secara jelas garis pantai yang teramati dari citra satelit serta hasil analisa pentarikan Karbon 14 ( $C^{14}$ ) berumur kurang lebih 5.000 tahun (Situmorang, 1993).

Banyaknya masalah yang dihadapi oleh Teluk Blanakan dan Teluk Ciasem antara lain:

1. Erosi yang terjadi dari tahun ke tahun di dasa warsa terakhir, bahkan erosi ini terjadi di sebagian besar pantai utara Jawa,
2. Perubahan tata guna lahan serta tutupan lahan baik di darat yang memicu erosi, di perairan dari hutan mangrove, tambak dan infrastruktur di perairan ataupun pemukiman,
3. Hidrometeorologi yang tidak sama setiap tahun,
4. Banyaknya penelitian di kawasan tersebut yang belum/tidak terintegrasi dalam penerapannya.

Diharapkan dengan terintegrasinya hasil penelitian yang dilakukan, masalah yang ada dapat terkendali seperti erosi dengan rekayasa teknologi baik secara keras dan lunak. Kawasan Pesisir Teluk



Gambar 1. Lokasi daerah pesisir Pantai Cilamaya dengan beberapa sungai yang bermuara dan mempengaruhi karakteristiknya. (Sumber : Atlas Provinsi Jawa Barat dan Peta Rupa Bumi Badan Informasi Geospasial dan Citra sentinel 2 , European Satellite Agency/ESA (2019), <https://earthexplorer.usgs.gov/>)

Blanakan dan Teluk Ciasem yang merupakan daerah kajian seperti yang terlihat pada Gambar 1. Makalah ini ditulis berdasarkan hasil identifikasi obyek yang ada dipermukaan kawasan yang didukung oleh Citra Satelit Landsat dan Sentinel serta data dan informasi tulisan makalah ilmiah. Disamping itu telah banyak kegiatan penelitian lapangan yang dilakukan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan, Badan Pemerintah Daerah dan Lembaga Penelitian Indonesia. Kawasan daerah penelitian meliputi wilayah yang disebut sebagai pesisir. Menurut Nontji (2002), wilayah pesisir adalah wilayah pertemuan antara daratan dan laut, ke arah darat meliputi bagian daratan yang masih dipengaruhi oleh sifat-sifat laut. Pengaruh tersebut seperti pasang surut, angin laut dan intrusi garam, sedangkan ke arah laut mencakup bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses alami yang ada di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar serta daerah yang dipengaruhi oleh kegiatan-kegiatan manusia di daratan. Menurut Undang-Undang (UU) Nomor 27 tahun 2007, wilayah pesisir adalah daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut.

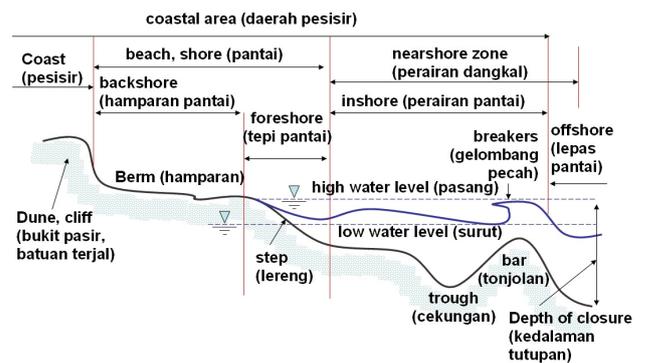
Umumnya kegiatan pembangunan secara langsung maupun tidak langsung berdampak merugikan terhadap ekosistem perairan pesisir (Dahuri., dkk., 2001 dan Bergen, 2002). Apabila ditinjau dari garis pantai (*coast line*), maka wilayah pesisir mempunyai dua macam batas (*boundaries*) yaitu batas yang sejajar garis pantai (*long shore*) dan batas yang tegak lurus garis pantai (*cross shore*).

Menurut Atmaja (2010) karakteristik khusus dari wilayah pesisir antara lain:

- Suatu wilayah yang dinamis yaitu seringkali terjadi perubahan sifat biologis, kimiawi, dan geologis.
- Mencakup ekosistem dan keanekaragaman hayatinya dengan produktivitas yang tinggi yang memberikan tempat hidup penting buat beberapa jenis biota laut.
- Adanya terumbu karang, hutan bakau, pantai dan bukit pasir sebagai suatu sistem yang akan sangat berguna secara alami untuk menahan atau menangkal badai, banjir dan erosi.
- Dapat digunakan untuk mengatasi akibat-akibat dari pencemaran, khususnya yang berasal dari darat.

Secara umum dan garis besar dari berbagai sumber dan para ahli dapat disimpulkan yang dimaksud Kawasan pesisir seperti yang tercantum dalam Gambar 2. Modifikasi dan penyederhanaan dari beberapa pustaka pembagian kawasan pesisir seperti yang digambarkan oleh Robin, (2010) dan Bush dan Young (2009).

Daerah pesisir Teluk Blanakan dan Teluk Ciasem bila dilihat dari Gambar 2 terdiri dari endapan yang berasal dari darat pesisir (*coast*) tersusun oleh lingkungan pengendapan fluvial, lingkungan pengendapan alur



Gambar 2. Pembagian Kawasan Pesisir secara umum modifikasi Robin,(2010)., Bush and Young (2009)

sungai, lingkungan pengendapan pantai dan pematang pantai. Sedang bagian pantai (*beach, shore*) tersusun oleh lingkungan pengendapan estuari, dan endapan laut dangkal/dekat pantai.

## METODOLOGI PENELITIAN

Waktu perekaman citra satelit yang dipergunakan dalam analisis geospasial adalah tahun 1989 hingga 2019. Sedangkan data dan informasi lapangan dari beberapa pustaka diambil antara tahun 2010 hingga 2016. Bahan dan metode dalam penulisan makalah yang dipergunakan untuk menentukan karakteristik pantai, data dan informasi lapangan diambil dari tulisan dan penelitian yang pernah dilakukan pada kawasan tersebut termasuk citra satelit Landsat TM, peta topografi, photo udara. Waktu perekaman citra satelit yang dipergunakan dalam analisis geospasial adalah tahun 1989 hingga 2019. Citra satelit yang pakai adalah Landsat (USGS, Landsat), SENTINEL2 (European Satellite Agency, ) Peta topografi dan photo udara sebagai pelengkap informasi citra satelit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pesisir Teluk Blanakan dan Teluk Ciasem

Pesisir Cilamaya merupakan sebagian kawasan pesisir pantai utara Jawa yang sangat labil sehingga sering terjadi perubahan. Perubahan yang dimaksud meliputi garis pantai akibat dari erosi, sedimentasi, tutupan lahan dan juga aktivitas manusia yang menempati dan beraktifitas di kawasan pantai. Perubahan itu bisa didekati dengan citra satelit, karena rekaman kondisi yang terjadi dapat terekam secara baik pada citra satelit.

Karakteristik pasisir Cilamaya dapat diidentifikasi dari citra satelit hasil rekaman gelombang elektromagnetik yang dipantulkan oleh semua obyek dipermukaan bumi kemudian direkam dalam sensor satelit yang kemudian di kirimkan ke bumi (Canada Center for Remote Sensing, 2019., Lillesand dan Kiefer, 1994, Danoedoro, 1996., dan LAPAN, 2015). Kemudian, hasil proses akuisisi yang terekam di sensor satelit tersebut dilakukan beberapa koreksi untuk menghilangkan gangguan (*noise*) serta memperjelas gambaran yang diperoleh antara lain meliputi koreksi radiometrik, koreksi geometrik yang utama karena

sebagian telah secara otomatis terkoreksi dalam sensor satelit. Perubahan-perubahan yang terjadi di sekitar Teluk Blanakan dan Teluk Ciasem berdasarkan analisis citra satelit multitemporal dapat dilihat pada tabel 1 dan Gambar 3. Secara umum, yang dapat teridentifikasi dari citra satelit di kawasan pesisir Cilamaya dibagi menjadi 2 kelompok. Kelompok pertama merupakan hasil proses asal darat (Fluvial) dengan tutupan lahan utama sebagai sawah untuk pertanian dengan sedikit pemukiman dan infrastruktur. Kelompok ke dua adalah proses yang dipengaruhi oleh proses darat dan laut (pasang surut) dengan tutupan lahan sebagai tambak baik yang bermangrove maupun tanpa mangrove. Pada citra satelit, tampilan kelompok ini berwarna gelap, karena dipilih kombinasi band yang memakai band 4 yang panjang gelombangnya terserap oleh air (lembab) dan tidak terpantulkan yang mengakibatkan gelombang elektromagnetik terserap dalam air (tawar maupun payau) serta ditunjukkan adanya pola alur pasang surut (tidal channel) (Claudia dkk., 2011)

Pesisir Cilamaya (Teluk Blanakan dan Teluk Ciasem) terdapat 3 sungai utama yang mengalir atau bermuara yaitu: Sungai Ciherang, Sungai Cilamaya, dan Sungai Ciasem, lainnya merupakan sungai2 kecil yang terbentuk karena aktifitas di pesisir dengan gelombang pasang surutnya yang sering dinamakan tidal channel. Sungai Ciherang merupakan bagian barat membentuk delta. Sungai Cilamaya terdapat dibagian sayap delta Ciherang. Sungai Cilamaya adalah sungai sepanjang sekitar 97 Km berhulu di Gunung Sunda atau Gunung Tangkuban Parahu. Luas daerah aliran sungai (DAS) Cilamaya adalah 390,01 km<sup>2</sup> meliputi Kabupaten Karawang, kabupaten Purwakarta, kabupaten Subang. Anak sungai terbesarnya meliputi: Sungai Ciwaru, Sungai Cilandak, Sungai Cihuni, Sungai Cikeruh, Sungai Cijengkol, Sungai Cihalang, Sungai Cijalu, Sungai Cilemper. Sungai Ciasem membentuk morfologi delta pada bagian timur yang membagi Teluk Blanakan dan Teluk Ciasem, ada sekitar 21 sungai dan 61 anak sungai yang menginduk ke Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciasem seluas 731.091 km<sup>2</sup>. Dibanding Sungai Cilamaya, sungai Ciasem dan puluhan anak sungainya secara keseluruhan berada di wilayah Kabupaten Subang. Sungai ini memiliki panjang sekitar 60 kilometer hingga ke pesisir utara. Anak sungainya meliputi: Ci Reundeu, Ci Koneng, Ci Barubus, Ci Nangka, Ci Mahpar, Ci Juhung, Ci Bodas, Ci Jengkol.

#### Kondisi Hidro- Oseanografi

Menurut Firman dkk., (2020) kondisi hidro-oseanografi pada bulan September 2017 di perairan

dangkal Kabupaten Kerawang yang terletak bagian barat Teluk Cilamaya. Secara umum mempunyai kedalaman berkisar antara 0 hingga -20 meter. Pada bagian pinggir pantai mempunyai kedalaman antara 0 hingga -5 meter dengan morfologi yang berbentuk punggung berselingan dengan cekungan kemiringan lereng yang relatif datar, arah pola kemiringan batimetri relatif sejajar dengan garis pantai. Bahkan dibagian barat sekitar Pelabuhan Cilamaya mempunyai kedalaman antara -0,615 hingga - 10,684 m, karena terlalu dangkal sehingga untuk mengefektifkan alur pelayarannya perlu dilakukan pengerukan (Yuwono dan Balya, 2017). Berdasarkan pengamatan dan hasil pengolahan data (Andi dkk, 2016) parameter hidro-dinamika memiliki tinggi gelombang laut antara 2,0-3,0 m dengan arah dari timur menuju barat, kecepatan arus antara 0,125-0,167 m/detik dengan arah arus membentang dari timur-barat sedangkan rata-rata ketinggian pasang 0,446 m dan surut 0,349 m. Terjadinya arus disebabkan oleh faktor internal seperti perbedaan densitas air laut, gradien tekanan mendatar dan gesekan lapisan air dan faktor eksternal seperti gaya tarik matahari dan bulan yang dipengaruhi oleh tahanan dasar laut dan gaya coriolis, perbedaan tekanan udara, gaya gravitasi, gaya tektonik dan angin (Gross, 1990).

#### Perubahan Tata Guna/Tutupan Lahan

Perubahan tata guna/tutupan lahan yang terjadi utamanya pada kawasan pesisir yang diakibatkan oleh proses kebumihan yang berlangsung dan akibat budi daya/aktifitas ekonomi masyarakat setempat. Untuk kawasan darat diminan relatif tidak berubah sebagai kawasan pertanian. Perubahan kawasan pesisir yang sangat mudah berubah akibat sedimentasi dan juga abrasi. Termasuk juga adanya perubahan dari alamiah hutan mangrove oleh masyarakat dijadikan tambak sebagai mata pencaharian. Perubahan yang terjadi dan teridentifikasi mulai dari 1989 hingga 2013 telah diidentifikasi oleh Andi, dkk. (2016). Tutupan lahan yang ada di permukaan bumi ini dapat diidentifikasi berdasarkan citra satelit Landsat (Edmund dkk., 2000, Claudia dkk., 2011; Sri Wahyuni, 2015; LAPAN, 2015, Dana, dkk., 2016.) yang hasilnya seperti yang terlihat dalam Tabel 1.

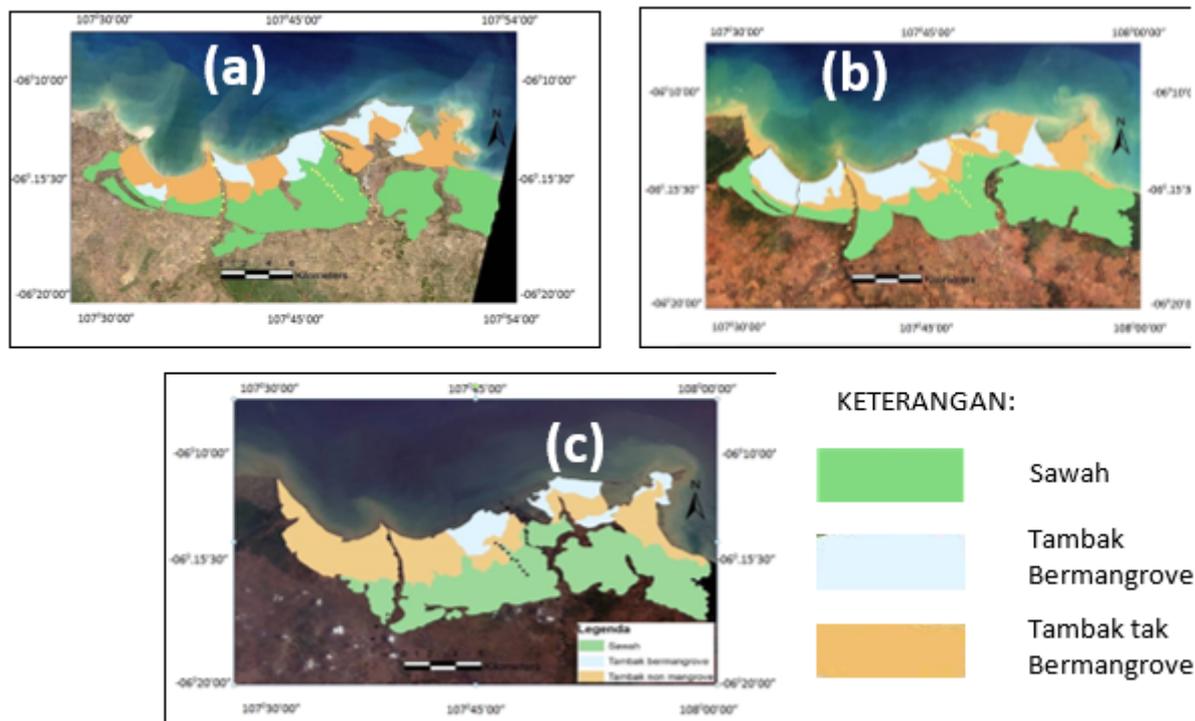
Tabel 1. Perubahan Tutupan Lahan dari tahun 1989 hingga 2013 yang diidentifikasi dari Citra Landsat (Andi Agustiani Salim, dkk, 2016)

Penggunaan Lahan	Luas (hektar/ha)		
	1989	2001	2013
Tambak bermangrove	3.402,6	5.354,6	2.384,9
Tambak tak bermangrove	5.745,0	5.626,3	8.741, 5
Sawah	11.604,3	12.793,9	11.577,0

Pada Tabel 1 dan Gambar 3, dapat terlihat bahwa terjadi perubahan luas tambak bermangrove secara maksimal pada Tahun 2001. Hal ini juga akibat usaha dari Perum Perhutani dengan penanaman mangrove pada tahun 1998 yang mencapai kawasan seluas 5328,60 ha (dalam Andi dkk., 2016). Sedangkan tambak yang tak

bermangrove relatif terjadi penambahan luasan hingga 2013 sudah barang tentu kondisi ini dipicu kebutuhan masyarakat memenuhi kebutuhan ekonomi saat. Perubahan luasan kawasan tambak ini juga dipengaruhi oleh proses-proses kebumihan yang berlangsung khususnya perubahan garis pantai adanya abrasi dan akresi/sedimentasi (dibahas pada bagian akhir makalah).

Perubahan tutupan lahan yang terjadi pada Gambar 3



Gambar 3. Perubahan tutupan lahan Pesisir Cilamaya (Teluk Ciasem) diidentifikasi dari Citra Satelit Landsat, (a) tahun 1989; (b) 2001 dan (c) 2013. (Andi Gustiani Salim dkk, 2016)

disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya aktifitas manusia baik yang terjadi di bagian hulu dan juga di wilayah pesisir Cilamaya. Sementara, perubahan tutupan lahan sawah dari tahun 1989 hingga 2013 tidak terlalu signifikan, kemungkinan akibat pada saat proses plotting/deliniasi batas/areanya sangat dipengaruhi oleh ukuran pixel citra yang dipergunakan. Tutupan lahan sawah tidak terlalu banyak mengalami perubahan, karena secara proses kebumihan sebagai hasil proses fluvial tidak mengalami perubahan baik penambahan ataupun pengurangan. Perubahan yang menarik terlihat pada kawasan tambak baik yang bermangrove maupun yang tidak bermangrove. Perubahan tutupan lahan ini secara tidak langsung juga berhubungan dengan proses kebumihan yang berlangsung yaitu adanya sedimentasi sepanjang pantai. Berdasarkan Profil Kecamatan Blanakan (Yuni, 2018) bagian barat daerah Cilamaya ini bahwa sebelum tahun 2012 terjadi banyak pengurangan tumbuhan mangrove setelah tahun 2012 terjadi penanaman (reboisasi) mangrove dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP).

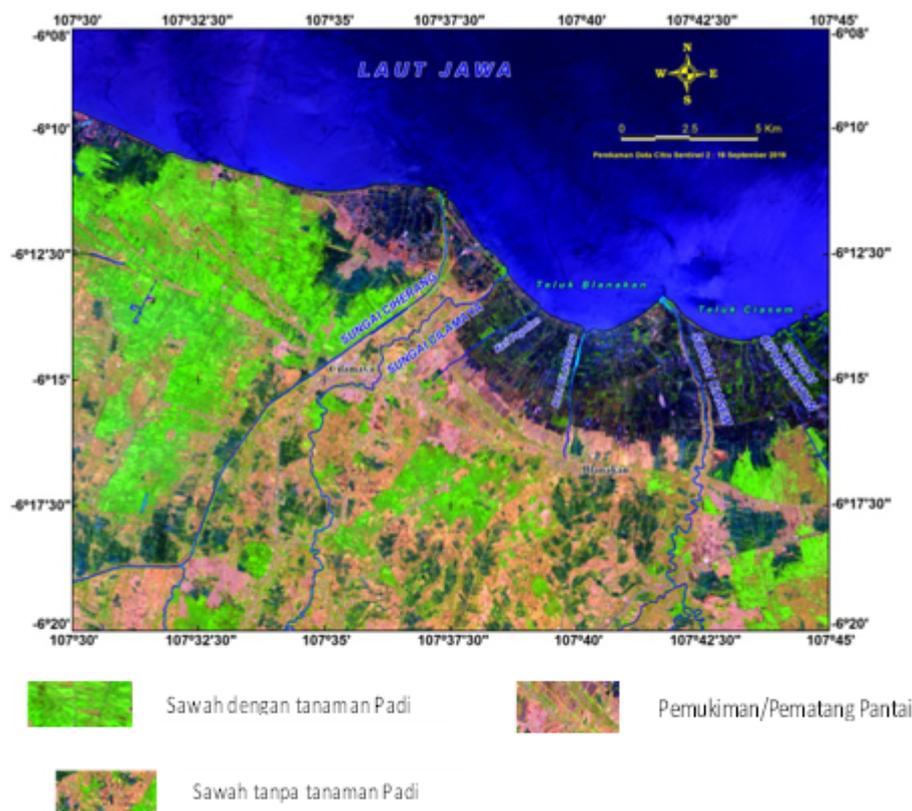
### Geomorfologi Kawasan Pesisir Cilamaya

Menurut Davis dan Fitzgerald (2003), bentuk geomorfologi Kawasan pesisir sangat dipengaruhi oleh relief atau kenampakan yang ada sepanjang pesisir yang mencerminkan hasil dari kombinasi proses, sedimentasi dan geologi yang berlangsung. Proses utama yang mempengaruhi seperti gelombang, arus angin serta iklim. Wilayah Cilamaya (Teluk Ciasem) yang merupakan

kawasan pesisir/pantai sehingga secara kenampakan morfologinya dapat dikelompokkan menjadi; Delta, Estuari dan dataran berpasir (Davis dan Fitzgerald, 2003). Berdasarkan proses pembentukannya geomorfologi Kawasan Pesisir Cilamaya dapat dikelompokkan menjadi beberapa bentukan (Zuidam, 1979., Vertappen, 1983 dan 2000) yang dipengaruhi oleh proses asal darat dan laut.

Estuari secara kontras terjadinya pencampuran antara air tawar dengan air laut serta pengendapan sedimen tanpa pengaruh ke laut. Delta yang dijumpai dipesisir Teluk Ciasem ini paling tidak ada 4 berjajar dari arah barat ketimur, masing masing dengan sungai yang bermuara sebagai penyebab utama masukan proses darat yaitu Sungai Citarum (delta paling barat dan kecil), Sungai Cilamaya I (delta paling Besar di tengah), Sungai Cilamaya II (paling timur), serta Sungai Ciasem (delta yang paling timur). Kenampakan semuanya seperti yang terlihat pada Gambar 4. Delta yang terlihat pada pesisir Teluk Ciasem ini merupakan dataran delta atau merupakan bagian paling ujung dari deltanya, bagian terbesarnya berada di bawah permukaan perairan.

Estuari merupakan bagian dari pertemuan air tawar dari darat dan air dari laut yang selalu atau seringkali menggenangi daerah tersebut (Dalrymple dkk., 2011). Estuari yang dijumpai dalam suatu komplek delta. Gambar 4 dari citra satelit SENTINEL2 (European Satellite Agency, 2009) yang direkam tanggal 16 September 2019, terlihat estuary pada bagian yang berwarna gelap (hitam), karena Panjang gelombang pada kombinasi (yang menggunakan band 4 pada Landsat dan band 6 pada SENTINEL 2) ini terserap oleh air sehingga tidak terpantulkan dan tidak terekam pada sensor satelit. Secara umum kawasan estuari di pesisir Cilamaya yang terlihat dari citra satelit (Gambar 4) yang berwarna gelap (Edmund dkk., 2000; Claudia dkk., 2011; Dana dkk., 2016,)



Gambar 4. Citra Satelit SENTINEL2 Kombinasi Band True Color pada 16 September 2019 (Sumber : Citra sentinel 2 (European Satellite Agency, <https://earthexplorer.usgs.gov/>))

### Geologi Kawasan Pesisir Cilamaya (Teluk Blanakan dan Teluk Ciasem)

Endapan pesisir, pantai dan endapan lepas lainnya, material yang terbawa oleh aliran sungai ke perairan akan diendapkan kembali oleh gelombang ke pesisir sehingga biasanya tersortasi, mempunyai ukuran yang seragam (Matt, 2016). Kondisi geologi Kawasan pesisir Teluk Ciasem (Cilamaya) menurut Matt, 2016 dan Nichols, 2009 merupakan pesisir yang tersusun sebagai pantai berpasir yang dapat terjadi pada saat terjadi kelimpahan material yang tersuspensi kemudian tersortasi dan terendapkan kembali oleh gelombang ke pesisir. Pada awalnya baru pada periode tahun 1900 an timbul

pertumbuhan delta karena adanya tambahan material tersuspensi dari sungai.

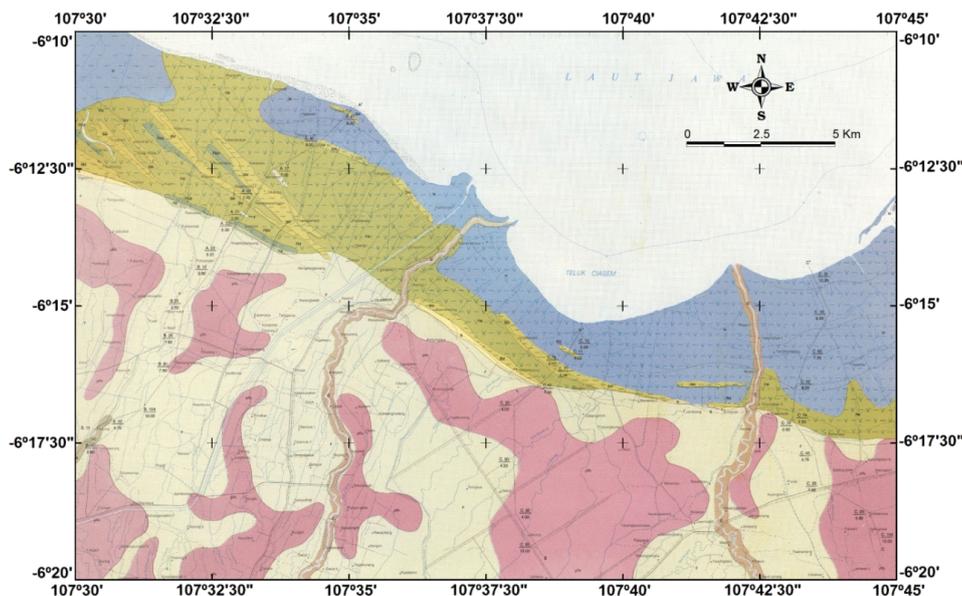
Kondisi geologi (Kuarter) kawasan pesisir merupakan hasil proses geologi yang terjadi pada jaman Kuarter yang bersifat sangat labil terhadap perubahan-perubahan yang diakibatkan oleh proses yang berlangsung, selain itu endapan masih bersifat lepas baik berupa endapan pasir, lempung maupun lempung organik. Lingkungan pengendapan dan morfologi yang dijumpai di Pesisir Teluk Blanakan dan Teluk Ciasem yang dapat diidentifikasi dari citra satelit SENTINEL (Gambar 4).

Lingkungan pengendapan laut adalah lingkungan pengendapan yang dipengaruhi oleh aktifitas yang terjadi di laut seperti arus, gelombang dan pasang surut.

Berdasarkan letak dan material yang terendapkan dikelompokkan endapan pantai dan pematang pantai dan endapan estuari. Endapan pantai dan pematang pantai tersusun oleh material yang berukuran pasir mulai dari pasir halus sampai pasir kasar, sortasi bagus, porositas dan permeabilitas tinggi sehingga kandungan airnya tinggi, kadang mengandung pecahan cangkang kerang. Secara umum endapan pantai ini dapat dijumpai pada pematang yang berarah relative sejajar dengan garis pantai (gambar 5) ataupun merupakan batas antara tutupan lahan sawah dan tambak (Gambar 3). Lingkungan pengendapan *estuary*, lingkungan pengendapan gabungan fluvial dan laut merupakan perpaduan antara 2 proses tersebut di atas, daerah tempat proses ini berlangsung. Lingkungan pengendapan ini menghasilkan endapan rawa pantai, yang tersusun oleh gambut, material organik kadang mengandung material

lempung, kayu, akar dan daun.

Berdasarkan hasil pembaroran dangkal yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (1993) susunan stratigrafi (urutan lingkungan pengendapan secara tegak), dan sebarannya seperti yang terlihat pada sebaran sedimen Kuarter (Gambar 5). Dari Gambar 5 terlihat perubahan yang terjadi selama jaman Holosen yang diawali dengan endapan pantai yang berupa endapan pantai dan pematang pantai yang cukup jauh menjorok ke daratan ini akan menunjukkan garis pantai yang dapat dikenali saat ini.



Gambar 5. Sebaran Sedimen Kuarter Teluk Ciasesem (Cilamaya) oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (Rimbaman, dkk, 1993)

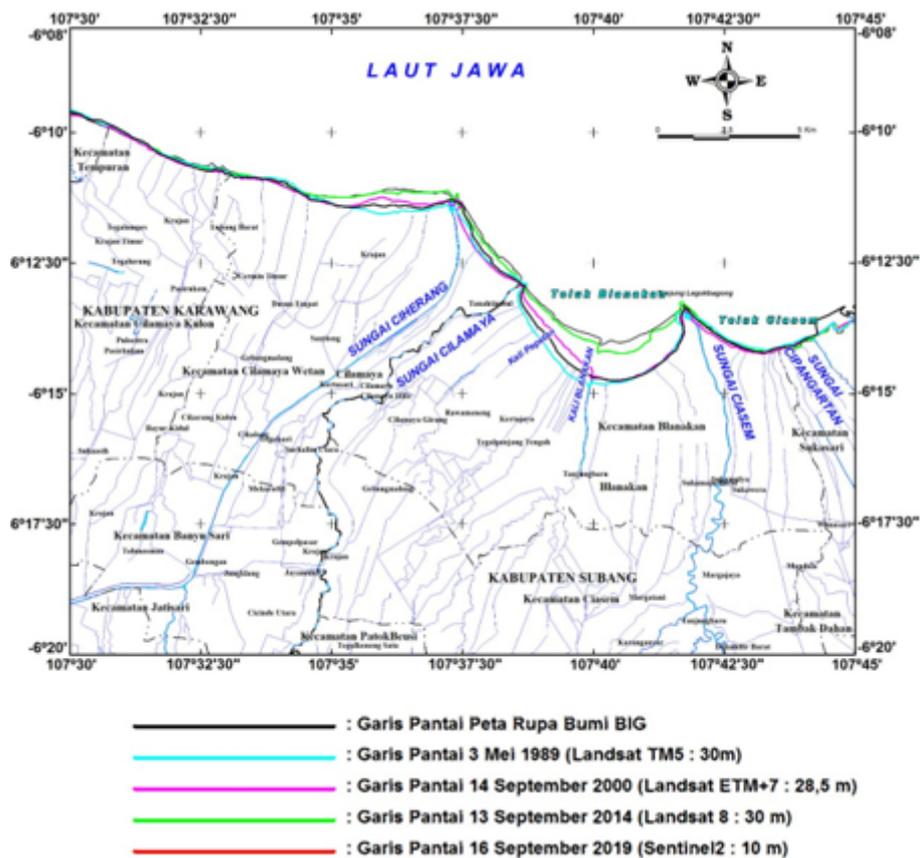
### Sedimentasi Kawasan Pesisir/Perubahan Garis Pantai Pesisir Cilamaya

Kawasan daerah Aliran Sungai Cilamaya seluas kurang lebih 225 kilometer persegi, dengan muatan sedimen yang terangkut kurang lebih sebesar 2.500 sampai 3.500 ton/kilometer/tahun pada tahun 1977. Menurut Khursatul dkk (2010) bahwa perubahan yang terjadi di Delta Cipunagara terus mengalami penambahan seluas 138,9 ha (1962-1972); 757,3 ha (1972-1990) dan 623,0 ha (1990-2008) dengan laju masing-masing sebesar 13,9 ha/tahun, 42,1 ha/tahun dan 34,6 ha/tahun. Penggunaan lahan di lahan baru didominasi oleh tambak sebesar 26,0% (1972); 50,0% (1990) dan 67,8% (2008). Secara umum seluruh pantai utara Jawa merupakan tempat terjadinya sedimentasi dari sungai yang mengalir ke arah utara. Aliran sungai yang mengangkut material hasil erosi dari Kawasan pegunungan/perbukitan dalam bentuk material tersuspensi, sehingga banyak membentuk kenampakan delta pada setiap muara sungai. Khusus di Teluk Ciasesem ini paling tidak terdapat 2 – 3 bentuk kenampakan delta. Perubahan garis yang terjadi tidak terlepas oleh adanya sungai yang bermuara di kawasan Teluk Blanakan dan teluk Ciasesem yaitu sungai (S) Cilamaya dan S. Ciasesem.

Garis pantai awal (purba) dapat teridentifikasi dari citra satelit (Landsat) yang ada dengan adanya endapan pantai dan pematang pantai. Beberapa identifikasi garis pantai ini telah banyak diidentifikasi oleh Erick dan Otto (1980), Andi (2016), Rimbaman dkk (1993). Perubahan sepanjang garis pantai Cilamaya sangat tergantung oleh perubahan berbagai faktor yang ada antara lain berupa: arus dan gelombang, pemanfaatan Kawasan pesisir, adanya tambahan material yang terbawa oleh aliran sungai yang masuk kelaut. Menurut Andi dkk, (2016) periode 1989 – 2013 berdasarkan pengamatan citra satelit adanya pengurangan luasan daratan (abrasi) dan

penambahan luas daratan (akresi). Abrasi terjadi di Ujung Pamanukan dan Teluk Ciasesem. Abrasi di Ujung Pamanukan telah merubah garis pantai mundur ke arah daratan hingga 1,2 km. Hal ini mengakibatkan tenggelamnya ratusan hektar tambak dan menggenangi sarana dan prasarana warga seperti pemukiman, jalan, makam, dan fasilitas umum lainnya. Menurut Andi (2016), sebagian besar pesisir Kabupaten Subang mengalami abrasi rata-rata sebesar 565,63 m dengan abrasi maksimal sejauh 1206,83 m dalam kurun waktu 14 tahun. Sementara itu, akresi dapat dijumpai di Teluk Blanakan dan Muara Cipunagara, akibat endapan sedimen yang dibawa aliran sungai. Di Teluk Blanakan, yang merupakan tempat bermuaranya aliran Sungai Ciasesem, akresi mencapai 1,3 km dalam kurun waktu 24 tahun (tahun 1989 – 2013).

Berdasarkan tumpang tindih dari berbagai garis pantai (Peta Rupa Bumi Badan Informasi Geospasial, Landsat TM tanggal 3 Mei 1989, Landsat ETM + tanggal 14 September 2000, Landsat 8, 13 September 2013 serta SENTINEL 2 tanggal 16 September 2019) terjadi perubahan garis pantai di Perairan Cilamaya yang kenampakan perubahannya seperti yang terlihat pada Gambar 6. Apabila diperhatikan secara rinci bahwa perubahan yang terjadi dominan sedimentasi tetapi tidak menutup kemungkinan erosi secara lokasi. Pada Bagian timur (Teluk Ciasesem) antara Sungai Ciasesem dengan sungai Cipangartan tidak banyak berubah. Perubahan yang terjadi dapat dikelompokkan menjadi 4 yakni sebelah barat Sungai Ciherang, antara Sungai Ciherang – Sungai Cilamaya, Teluk Blanakan, Teluk Ciasesem. Secara rinci perubahan luasan yang bisa teridentifikasi dari hasil tumpang tindih (*overlay*) identifikasi/dijitasi garis pantai pada citra satelit (Landsat TM5, 1989, Landsat 7 ETM+, 2000, Landsat 7 ETM+, 2014) serta Citra SENTINEL2 (2019) seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perubahan Garis Pantai Teluk Ciasem (Cilamaya) dari tahun 1989 hingga 2019 yang terlihat dari Citra Satelit (Landsat/USGS dan SENTINEL2/ESA).

Tabel 2. Perubahan luasan kawasan Pesisir Cilamaya dari tahun 1989 – 2019 dari Landsat TM (1989) dan Landsat ETM+ (2000 dan 2014) dan Citra Sentinel2 (ESA, 2019).

No	LOKASI	1989-2000 (ha)	2000-2014 (ha)	2014-2019 (ha)	Perubahan (ha)
1	Barat S. Cihayang	Akresi = 65,36	Akresi = 207,25	Akresi = 1,10	Akresi = 273,72
2	S. Cihayang – S Cilamaya	Akresi = 22,60	Akresi = 104,00	Akresi = 38,70	Akresi = 120,10
3	Teluk Blanakan	Akresi = 89,88	Akresi = 481,98	Akresi = 125,94	Akresi = 697,80
4	Teluk Ciasem	Abrasi = 56,32	Akresi = 33,84	Abrasi = 28,00	Abrasi = 50,48
	PERUBAHAN	Akresi = 76,32	Akresi = 827,07	Akresi = 137,74	Akresi = 1.041,15

Secara keseluruhan dari tahun 1989 hingga 2019 seluruh Pesisir Cilamaya terjadi penambahan daratan sebesar 1.041,15 ha, dengan penambahan terbesar di Teluk Blanakan dan terjadi pengurangan di Teluk Ciasem sebesar 50,48 ha. Sedangkan secara keseluruhan terjadi perubahan terbesar pada periode 2000 – 2014 yakni sebesar 827,07 ha serta terendah di Teluk Ciasem dominan proses yang terjadi adalah abrasi pengurangan dari tahun 1989 -2019 seluas 50,48 ha (Gambar 6). Perubahan perubahan yang terlihat dalam Gambar 6 jelas terlihat yang paling mencolok di Teluk Blanakan, sedangkan secara rinci perubahan yang terjadi seperti yang terlihat pada Tabel 2. Tabel ini merupakan tindak lanjut pendetailan dari tabel 1 dimana pada Tabel 1 hanya melihat dari sisi tutupan lahan secara keseluruhan khususnya pada tutupan lahan pada kawasan tambak bermangrove dan tidak bermangrove. Dari dua aspek

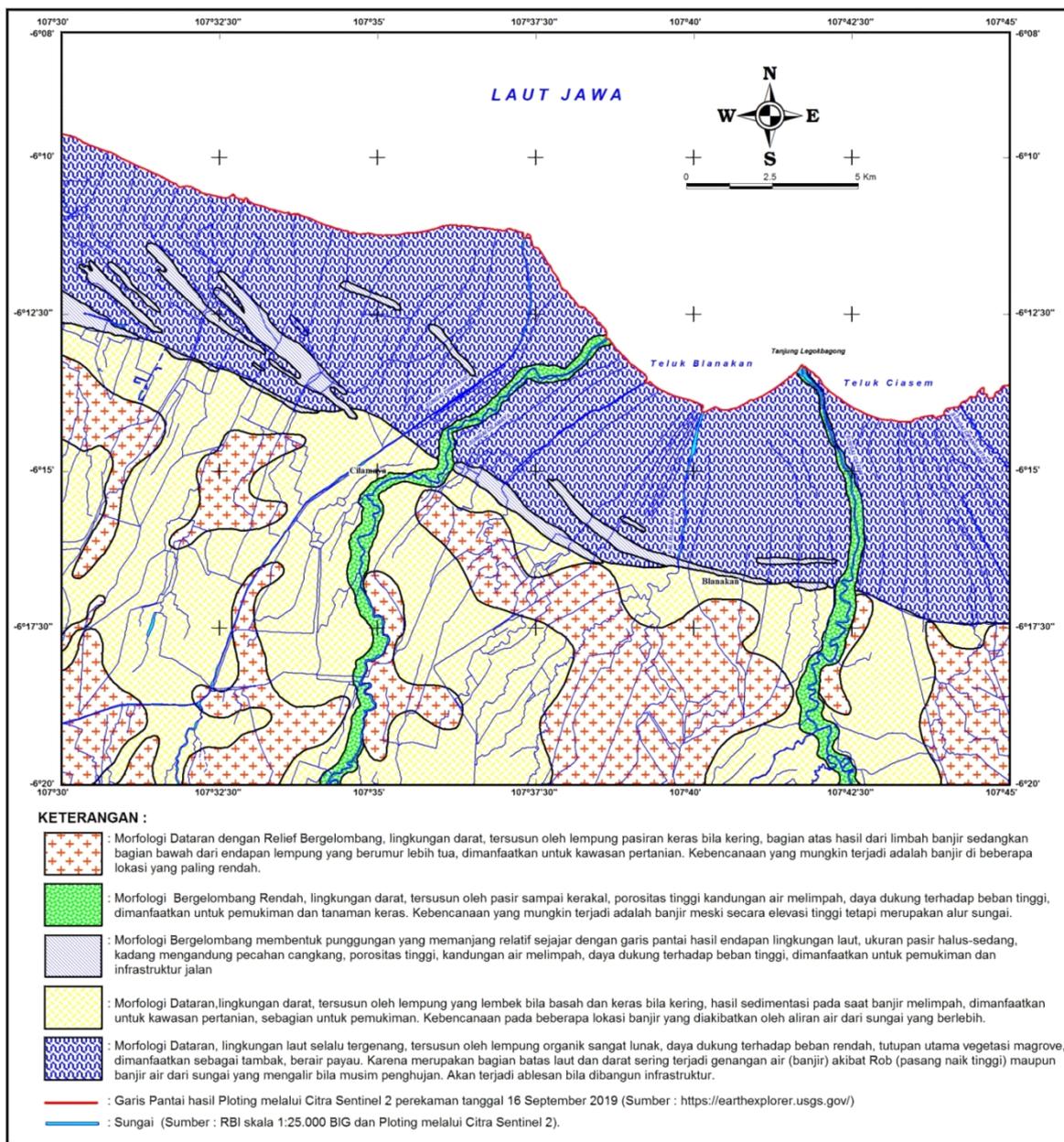
pada Tabel 1 tersebut akan tercermin pada perubahan pada Tabel 2.

Perubahan terjadinya akresi (sedimentasi) terbesar dijumpai di Teluk Blanakan. Kondisi ini sangat dipengaruhi oleh kondisi arus dan gelombang yang terjadi di pesisir sepanjang pantai Cilamaya serta bentuk garis pantainya yang membentuk teluk. Sedimen yang terbawa oleh arus sungai yang bermuara dan hasil abrasi terendapkan di Teluk Blanakan karena berkurangnya energi arus dan gelombang. Menurut Firman dkk., 2020, model arus dan gelombang di sepanjang garis pantai Cilamaya berarah dari timur ke barat dengan kecepatan arus antara 0,125-0,167 m/detik sedangkan rata-rata ketinggian pasang 0,446 m dan surut 0,349 m

Dari berbagai pembahasan yang telah diuraikan di atas maka dapat dapat dibuat peta sebaran wilayah yang mempunyai karakteristik yang relatif sama seperti yang

terlihat pada Gambar 7. Gambar tersebut menggambarkan karakteristik area baik secara tegak (vertikal) dan mendatar (horizontal) dikelompokkan menjadi 5. Lima kelompok bagian ini merupakan tumpang tindih dari yang sudah dijelaskan sebelumnya yang meliputi tutupan lahan, geomorfologi, sebaran endapan (asal darat/fluvial dan asal laut pantai dan estuari), serta sifat keteknikan dari endapan terhadap daya dukungnya terhadap beban bila dikembangkan termasuk kesesuaian lahannya.

mudah berubah dikarenakan adanya muara sungai yang masuk antara lain Sungai Citarum lama, Cilamaya, Blanakan dan Ciasem. Sementara dari laut adanya gelombang dan arus yang selalu mengalami perubahan. Hidrometeorologi juga sangat berperan saat banyak membawa material tersuspensi yang berukuran lempung dan pasir sehingga menambah sedimentasi, sedangkan dilaut sendiri pasang surut dan gelombang yang tinggi mengakibatkan abrasi. Secara tidak langsung perubahan



Gambar 7. Sebaran Karakteristik Pantai di Kawasan Pesisir Cilamaya (Teluk Blanakan dan Teluk Ciasem) berdasarkan garis pantai, tutupan lahan, geomorfologi serta sebaran endapan

## KESIMPULAN

Karakteristik dan perubahan Teluk Blanakan dan Teluk Ciasem dapat diidentifikasi dari Citra Satelit berdasarkan keberadaan garis pantai, tutupan lahan, serta sebaran endapan dari endapan fluvial dan endapan laut. Pesisir pantai Cilamaya merupakan kawasan yang sangat

ini menyebabkan pula perubahan lingkungan kawasan estuari khususnya endapan juga akan berubah

## SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut di sekitar sub-cekungan yang telah didelineasi dengan

melakukan penelitian metode geofisika yang lebih detail seperti metoda Seismik 3D, selain itu perlu adanya survei geokimia mikroseepage dan bathimetri detail untuk mengetahui indikasi keberadaan hidrokarbon.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk mempublikasikan makalah ini. Juga kepada teman-teman yang telah membantu dan memberi masukan sehingga makalah ini dapat diselesaikan.

## DAFTAR ACUAN

- Andi Gustiani Salim, Harris Herman Siringoringo, dan Budi Hadi Narendra., 2016. Pengaruh Penutupan Mangrove Terhadap Perubahan Garis Pantai dan Intrusi Air Laut di Hilir DAS Ciasem dan DAS Cipunegara, Kabupaten Subang (Effect of Mangrove Vegetation Cover to the Shoreline Change and Seawater Intrusion at Downstream of Ciasem and Cipunegara Watershed, Subang District), *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, Vol. 23, No.3, September 2016: 319-326.
- Atmaja,E.,2010. Wilayah Pesisir (Coastal Zone), <http://sastrakelabu.wordpress.com/wilayahpesisircoastalzone>. Diakses 15 April 2020
- Bengen, D. G. 2002. Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem mangrove. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB. Bogor.
- Bush, D.M., and Young, R., 2009. Coastal features and processes, in Young, R., and Norby, L., *Geological Monitoring: Boulder, Colorado*, Geological Society of America, p. 47–67,
- Canada Center for Remote Sensing, 2019. Fundamentals of Remote Sensing, Natural resources, Canada. [https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/resource/tutor/fundam/pdf/fundamentals\\_e.pdf](https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/resource/tutor/fundam/pdf/fundamentals_e.pdf) pada tanggal 20 Juli 2019
- Claudia K., Andrea B., Steffen G.,Tuan V. Q. and Stefan D., 2011. Remote Sensing of Mangrove Ecosystems: A Review, *Remote Sensing* ISSN 2072-4292, [www.mdpi.com/journal/remotesensing](http://www.mdpi.com/journal/remotesensing) pada tanggal 25 September 2019
- Dahuri, R., J. Rais, S.P. Ginting & M.J. Sitepu. 2001. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut Secara Terpadu. Pradya Paramita. Jakarta
- Dana, T.T., Chenb, C.F., Chiangb, S.H., Ogawaa, S. 2016. Mapping and Change Analysis in Mangrove Forest By Using Landsat Imagery, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume III-8, 2016
- Danoedoro, P., 1996. Pengolahan Citra Digital Teori dan Aplikasinya. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Dalrymple, R.W., Mackay, A.D., Aitor, A.I., and Choi, S,K., 2011. Principles of Tidal Sedimentology, Processes, Morphodynamics, and Facies of Tide-Dominated Estuaries, Springerlink, ISBN : 978-94-007-0122-9
- Davis, R., and Fitzgerald, D. M., 2003. Beaches and Coast, Wiley-Interscience, USA. ISBN-13: 978-0632043088 ISBN-10: 0632043083
- Edmund P. Green, Peter J. MumbyAlasdair J. Edwards and Christopher D. Clark, 2000, *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*, United Nations Educational, ISBN 92-3-103736-6
- Eric C. F. Bird and Otto S. R. Ongkosongo, 1980. Environmental changes on the coasts of Indonesia, The United Nations University, NRTS-12/UNUP-197, ISBN 92-808-0197-X
- European Satellite Agency, 2019. Citra Satelit SENTINEL 2, <https://earthexplorer.usgs.gov>
- Firman Agus, Liliek Soeprijadi, dan Roberto Pasaribu, 2020. Kajian Hidro-Oceanografi di Perairan Kabupaten Kerawang, *PELAGICUS: Jurnal IPTEK Terapan Perikanan dan Kelautan Vol.1 No.1: 39-51*.
- Gross, M. G.1990. *Oceanography ; A View of Earth*, Prentice Hall, Inc. Englewood Cliff. New Jerse
- Nichols, G., 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*, 2nd edition, Wiley-Blackwell, ISBN 978-1-4051-3592-4, United Kingdom.
- Khursatul, M., Asdar, I., dan Boedi, T., 2010. Perubahan Garis Pantai dan Regulasi Pengelolaan Lahan Baru di Delta Cipunegara, Subang, Jawa Barat. (Coastline Changes and Regulation of New Land Management at Cipunagara Delta, Subang, West Java). Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Bogor.

- LAPAN, 2015, Pedoman Pengolahan Data Penginderaan Jauh Landsat 8 Untuk Mangrove, Lapan, Jakarta.
- Lillesand, T.M. dan Kiefer, R.W., 1994.** Remote Sensing and Image Interpretation. 3rd Edition, John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, 750.
- Matt Eliot, 2016. Coastal sediments, beaches and other soft shores, Information Manual 8, Published by the National Climate Change Adaptation Research Facility 2016, ISBN: 978-0-9946053-7-5
- Nontji, I., 2002. Laut Nusantara. PT. Djambatan. Jakarta
- Robin, D.A., 2010. An Introduction to Coastal Processes and Geomorphology, Cambridge University Press The Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK.
- Rolf A De By., Richard A., Knippers., Michael, J.C., Weir, Yola, G., Menno Jan Kraak., Cees, J. Van Western., Yuxian Sun., 2004. Principle of Geographic Information Systems, The International Institute fo Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Hangelosestraat 99, PO Box 6, 7500 AA Enschede, The Netherlands.
- Rimbaman, Spaanderman, A.L., dan Van Der Welf, T.B., 1993. Peta Geologi Kuarter, Lembar Cilamaya, Skala 1:50.000, 4523-III, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Situmorang, 1993. Peta Geologi Kuarter, skala 1:50.000, Lembar Batujaya – Galian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sri Wahyuni, 2015. Identifikasi Karakteristik dan Pemetaan Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 (LDCM OLI) di Kabupaten Ogan Komering Ilir, Propinsi Sumatra Selatan, (Skripsi), IPB, Bogor (tidak dipublikasikan).
- Verstappen, H.Th., 1983. *Applied geomorphology, Geomorphological Surveys for Environment Development.* Elsevier. Amsterdam.
- Verstappen H.Th., 2000. *Outline of the Geomorphology of Indonesia.* ITC. Enschede. The Netherlands.
- Yuni Tri Hewandati, 2018, Pengelolaan Ekosistem Mangrove Berbasis Masyarakat Secara Berkelanjutan: Studi Kasus Desa Blanakan, Subang, Jawa Barat, Seminar Nasional FMIPA, Universitas Terbuka, Peran Matematika, Sains, dan Teknologi dalam Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan.
- Yuwono dan Balya, F.S., 2017, Studi Tentang Pembangunan Pelabuhan Cilamaya Ditinjau dari Aspek Teknis (Studi Kasus: Pelabuhan Cilamaya Karawang) Geoid Vol.12 No. 2, Agustus 2017 (173-180)
- Zuidam van R., 1979. Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs: A Geomorphological Approach. ITC Text Book of Photo-Interpretation, 1, Enschede.



# REVIEW: SEDIMENTASI DAN PENYEMPITAN MIXING ZONE DI PERAIRAN PESISIR MUARA TAWAR, KABUPATEN BEKASI - JAWA BARAT

## *REVIEW: SEDIMENTATION AND NARROWING OF THE MIXING ZONE IN MUARA TAWAR COASTAL WATERS, BEKASI REGENCY - WEST JAVA*

Dida Kusnida\*, Sonny Mawardi, Mira Yosi, Lukman Arifin dan Nineu Y. Geurhaneu

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan

\*dida.kusnida@esdm.go.id

Jl. Dr. Junjuran 236, Bandung-40174

Diterima : 01-07-2021, Disetujui : 25-09-2021

### ABSTRAK

Kajian geologi kelautan berdasarkan data citra satelit resolusi tinggi dan data hidro-oseanografi regional Teluk Jakarta yang dipublikasikan, menunjukkan adanya perubahan lingkungan eksternal di sekitar tapak PLTGU Muara Tawar secara signifikan. Perubahan tersebut berupa penyempitan dan pendangkalan perairan di daerah *Mixing Zone* seluas kurang lebih 90-an Ha dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir. Situasi seperti ini menunjukkan penurunan mutu lingkungan di area *mixing zone*, yaitu tempat bercampurnya air bahang dari kondensor melalui *outfall* dengan airlaut baku yang masuk melalui saluran *intake*. Kajian ini mensiratkan perlunya usulan pengendalian alih lahan di pesisir perairan Muara Tawar serta adanya pemeliharaan dan pendalaman area *mixing zone* terutama di dekat mulut *outfall* agar cukup memberi waktu bagi proses pendinginan air bahang dari pembangkit.

**Kata kunci:** sedimentasi, penyempitan, mixing zone, Muara Tawar, citra satelit, pesisir.

### ABSTRACT

*A study of marine geology based on high-resolution satellite imagery and recently regional hydro-oceanographical data of Jakarta Bay shows significant changes in the external environment around the PLTGU Muara Tawar site. These changes are the narrowing and shallowing the Mixing Zone waters of approximately 90s hectares in the last ten years. This situation indicates a decrease in the quality of the environment in the mixing zone area, where hot water from the condenser through outfall mixes with raw seawater entering through the intake channel. This study implies the need for a proposed moratorium on land transfer control in the coastal waters of Muara Tawar. The maintenance and deepening of the mixing zone area allow sufficient time for the cooling process of the hot water from the generator.*

**Keyword:** sedimentation, narrowing, mixing zone, Muara Tawar, satellite imagery, coastal.

#### Kontribusi:

Dida Kusnida adalah kontributor utama pada makalah ini, sedangkan Sonny Mawardi, Mira Yosi, Lukman Arifin dan Nineu Geurhaneu adalah kontributor anggota.

## PENDAHULUAN

Beberapa dekade terakhir, penelitian geologi kelautan banyak diarahkan pada program pemetaan wilayah perairan dan pesisir pantai. Hal ini tidak terlepas adanya tuntutan akan informasi dan penyediaan data dari dampak proses interaksi antara darat dan laut, serta pemanfaatannya untuk berbagai kepentingan terutama pengembangan ruang wilayah pesisir. Dinamika wilayah pesisir ini melibatkan proses erosi di satu tempat dan pengendapan sedimen yang dibawanya di tempat lain secara simultan mengikuti pola musim (Wahyudin, 2011). Namun demikian, di beberapa tempat perubahan garis pantai yang cepat hingga mencapai tahap degradasi lingkungan wilayah pesisir lebih banyak disebabkan oleh campur tangan manusia dan pengembangan wilayah yang tidak terkendali (Omar dkk, 2017).

Pertumbuhan pesisir seperti tersebut di atas membawa dampak yang cukup signifikan terhadap pembentukan karakteristik spesifik wilayah pesisir dan harus menjadi dasar evaluasi terhadap pemanfaatan ruang wilayah pesisir. Pemanfaatan ruang wilayah pesisir dan perairan yang tidak mempertimbangkan aspek geo-hidro-oseanografi secara seksama seperti reklamasi, pembangunan infrastruktur pantai dan pelabuhan laut, sering berakhir dengan terjadinya proses sedimentasi dan pendangkalan serta erosi yang tidak diharapkan, seperti yang terjadi di Tanahlot - Bali (Mudana, 2000), di Pelabuhan Pulau Baai - Bengkulu (Yuwono, 2019), di Pelabuhanratu - Sukabumi (Kusnida dkk, 2020) dan abrasi pesisir Kabupaten Karawang (DLH-Jabar, 2021).

Pesatnya pembangunan fisik kawasan industri dan pemukiman di Teluk Jakarta telah menimbulkan bangkitan timbunan material sampah dan sedimentasi di beberapa muara sungai seperti di sekitar tapak PLTGU Muara Tawar. Unit PLTGU Muara Tawar yang dibangun sejak tahun 1979 dan dikelola oleh PT Pembangkitan Jawa-Bali adalah salah satu PLTU yang dikembangkan dalam rangka program pengadaan kapasitas listrik sebesar 35.000 MW

dan didistribusikan melalui Sistem Interkoneksi Jawa-Bali. Untuk itu pengamanan dan perlindungan terhadap instalasi vital nasional seperti PLTGU Muara Tawar terutama area *mixing zone*, yaitu tempat bercampurnya air bahang dari kondensor melalui *outfall* dengan air laut baku yang masuk melalui saluran *intake* menjadi sangat krusial (Gambar 1). Salah satu hal esensial yang dapat mempengaruhi optimalisasi operasional pembangkit listrik seperti ini adalah keamanan dan terpeliharanya sirkulasi air pendingin pembangkit. Dalam sistem sirkulasi terbuka, air dipasok secara kontinyu dari laut yang dipompakan ke kondensor untuk akhirnya dibuang kembali ke saluran pembuangan. Tingginya suhu buangan air pendingin yang dilepas ke laut dapat pula menyebabkan terganggunya berbagai sumberdaya pesisir yang ada di sekitarnya (Kasman dkk, 2010).

Dinamika perubahan luasan wilayah pesisir seperti ini diduga akan berpengaruh terhadap luas perairan *mixing zone* di Muara Tawar. Oleh karena itu dilakukan kajian perubahan luasan *mixing zone* ini dari data citra satelit multi waktu (*time series*) resolusi tinggi sebagai pembandingan setidaknya sejak sepuluh tahun terakhir (2010 – 2019). Sebagai penunjang dugaan terjadinya gejala perubahan lingkungan eksternal di sekitar tapak PLTGU Muara Tawar, digunakan data hidro-oseanografi regional Teluk Jakarta dari berbagai sumber yang telah dipublikasikan. Maksud dari kajian geologi kelautan ini adalah untuk memberi gambaran tentang perubahan luas dan penyempitan serta pendangkalan di perairan *mixing zone*, dengan tujuan agar hasil dari kajian ini dapat menjadi informasi awal penting bagi keberlangsungan



Gambar 1. Lokasi PLTGU dan *Mixing Zone* di Muara Tawar (sumber: *Google Earth* 2010)

optimalisasi operasional PLTU Muara Tawar, melalui pemeliharaan luasan dan kedalaman daerah *mixing zone*.

Secara geomorfologis Teluk Jakarta merupakan daerah yang dipengaruhi langsung oleh sistem hidro-oseanografi Laut Jawa meliputi pola gelombang, pasang surut dan arus laut dengan arah dan kecepatan yang bervariasi (Novico dkk, 2017). Morfologi pesisir Teluk Jakarta ini terbentuk oleh mekanisme pengendapan fluvial berupa aluvial yang relatif muda (Holosen) dan belum terkompaksi dengan baik sehingga rawan terhadap proses abrasi oleh pola hidro-oseanografi seperti tersebut. Sedangkan berdasarkan ekoregion laut Teluk Jakarta, Perairan Muara Tawar termasuk dalam sub-ekoregion yang meliputi perairan Teluk Jakarta, Pulau Untung Jawa, Pulau Lancang Besar, Pulau Lancang Kecil, dan Pulau Laki serta dipengaruhi oleh angin Monsun tahunan (Pranowo dkk, 2014).

## METODE

Daerah kajian berlokasi di area perairan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Muara Tawar, Desa Segara Jaya - Kecamatan Taruma Jaya, Kabupaten Bekasi – Provinsi Jawa Barat. Kajian ini merupakan dugaan deduktif dari hasil perhitungan perubahan luas dan kedalaman *mixing zone* di perairan Muara Tawar berdasarkan perubahan garis pantai yang ditafsirkan dari data citra satelit multi waktu (*time series*). Hasil digitasi garis pantai secara temporal pada citra satelit *Google Earth* tahun 2010 dan 2019 selanjutnya ditumpang tindihkan untuk memperoleh selisih perbedaan luasan daerah terdampak sedimentasi dan penyempitan pada zona *mixing zone* dengan cara menghitung selisih hasil *plotting on screen* objek garis pantai dengan menggunakan perangkat lunak pemetaan digital (Kusnida dkk, 2020). Data hidro-oseanografi regional yang dipublikasikan, digunakan untuk memperoleh gambaran proses dan arah sedimentasi di perairan Teluk Jakarta, khususnya di perairan Muara Tawar.

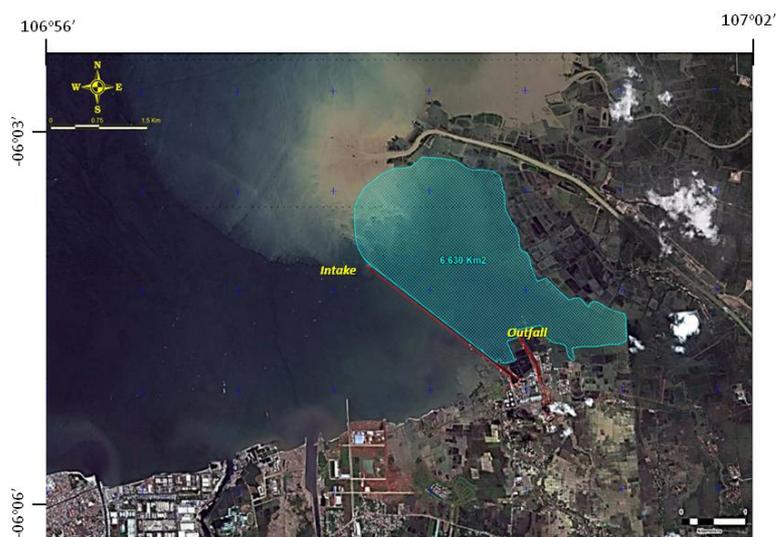
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sejak 25 tahun yang lalu, Nandan (1996) telah memanfaatkan citra Landsat-TM secara multi temporal dan menunjukkan terjadinya sedimentasi, penyebaran dan perubahan garis pantai di sebelah timur Teluk Jakarta akibat kandungan material tersuspensi yang dibawa oleh aliran sungai Citarum melalui anak sungai Bungin, Belubuk, Wetan, dan Gembong. Demikian pula penelitian dan pendeteksian perubahan garis pantai berdasarkan pemanfaatan citra satelit kaitannya dengan proses abrasi dan akresi pantai Teluk Jakarta telah pula

digunakan oleh Sukwita dan Putra (2018). Luasan lahan terabrasi dan sedimentasi di wilayah pesisir Teluk Jakarta bagian timur masing-masing seluas 37,6 Ha dan 90,7 Ha diperoleh dari hasil kajian data satelit multi waktu tahun 2003-2018 (Hidayah dan Apriyanti, 2020). Dari beberapa hasil penelitian tersebut di atas, tampak bahwa erosi yang terjadi di daerah darat dan hulu telah mengakibatkan sedimentasi yang cukup cepat di sepanjang Teluk Jakarta terutama di pesisir teluk bagian timur.

### Perubahan Luasan *Mixing Zone*

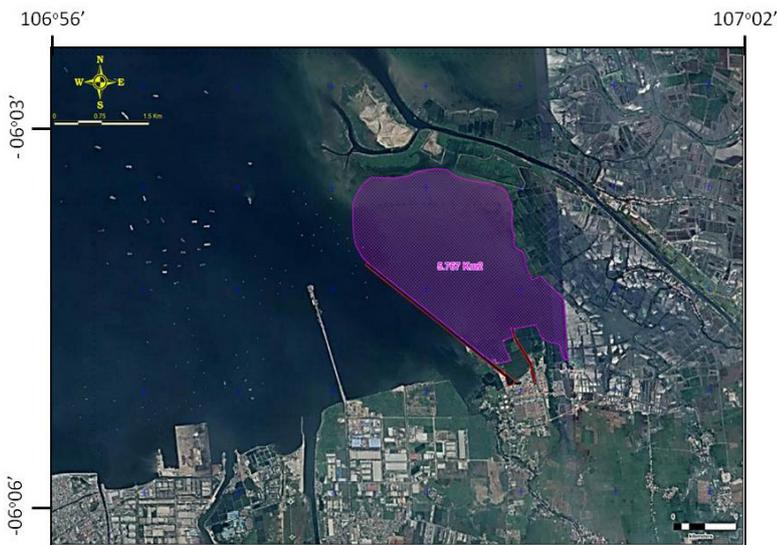
Pembandingan luasan perairan *mixing zone* hasil digitasi garis pantai pesisir Muara Tawar dengan batas saluran *intake* di sebelah barat secara temporal pada citra satelit *Google Earth* tahun 2010 dan 2019, menunjukkan masing-masing seluas 6,630 km<sup>2</sup> pada tahun 2010 dan 5,767 km<sup>2</sup> pada tahun 2019. Dengan demikian telah terjadi penyusutan luas perairan *mixing zone* hampir sekitar 90-an Ha. Pembandingan citra satelit *Google Earth* Gambar 2a (tahun 2010) dan Gambar 2b (tahun 2019) menunjukkan perubahan garis pantai berupa akresi Muara Tawar yang didominasi dari pesisir bagian timur dan tenggara, dimana pada saat ini banyak dimanfaatkan untuk budidaya perikanan dan pertambakan.



Gambar 2a. Luas Area *Mixing Zone* dihitung dari citra satelit *Google Earth* 2010 (6,630 km<sup>2</sup>)

Hasil kajian citra satelit *Google Earth* tahun 2010 dan 2019 yang menunjukkan perubahan luasan perairan Muara Tawar seluas 90-an Ha ini, tampaknya hampir sesuai dengan penambahan luasan sedimentasi di pesisir timur Teluk Jakarta seluas 90,7 Ha dari hasil kajian data satelit multi waktu antara tahun 2003-2018 (Hidayah dan Apriyanti, 2020).

Citra satelit *Google Earth* tahun 2010 dan tahun 2019, apabila ditelaah dengan lebih seksama, ternyata menunjukkan perubahan pola dan bentuk Muara Gembong yang cukup signifikan terutama pada penambahan jumlah *tributary channel* dari satu kanal pada tahun 2010 menjadi tiga kanal pada tahun 2019. Proses penambahan



Gambar 2b. Luas Area *Mixing Zone* dihitung dari citra satelit *Google Earth* 2019 (5,767 km<sup>2</sup>)

luas dan arah pertumbuhan muara sungai seperti ini diyakini akan berdampak pada meluasnya *delta lobe* dan sebaran *suspended matter* seperti tampak pada citra tahun 2019. Tampak pula adanya pertumbuhan satu *distributary channel* dari Muara Gembong ke arah mulut *intake channel* dan dikhawatirkan akan meningkatkan TSS (*Total Suspended Solid*) yaitu padatan tersuspensi pada airlaut baku untuk sistim pendingin PLTGU Muara Tawar.

### Penyebab Perubahan Luasan *Mixing Zone*

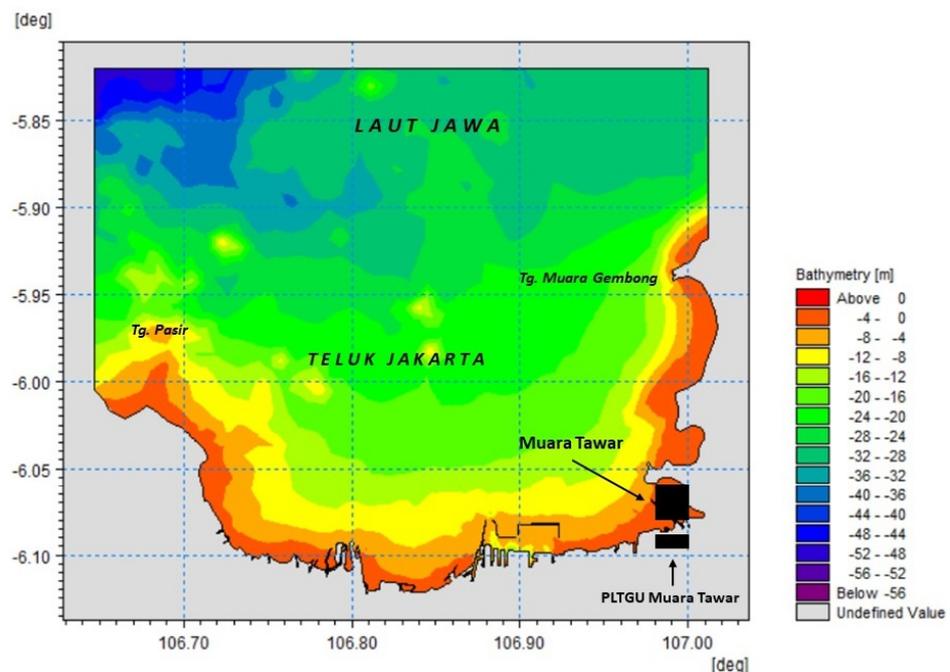
Berdasarkan peta batimetri regional (Pranowo, 2016), kedalaman Perairan Teluk Jakarta dapat dikatakan landai ke arah laut dengan kedalaman maksimal 15-20 meter pada jarak sekitar 20 km dari pesisir selatan. Kedua ujung teluk yaitu Tanjung Pasir di sebelah barat dan Tanjung Muara Gembong di sebelah timur membentuk Teluk Jakarta menjadi perairan yang semi tertutup dimana perairan Muara Tawar berada (Gambar 3).

Mengacu kepada Harsoyo (2013) yang menyatakan bahwa Teluk Jakarta merupakan sebuah teluk tempat bermuaranya 13 sungai yang membelah kota Jakarta di

Perairan Laut Jawa pada kedalaman antara 4-8 meter ke arah laut, serta dari hasil analisis *unsupported* <sup>210</sup>Pb (Lubis dkk, 2005) yang menunjukkan bahwa laju akumulasi sedimen di Teluk Jakarta sejak 30-an tahun terakhir (1970-2015) cukup tinggi yaitu berkisar antara 0,586 cm/th hingga 0,852 cm/th, dapat diduga bahwa penyempitan *mixing zone* di daerah studi boleh jadi merupakan bagian dari proses sedimentasi yang cukup tinggi untuk waktu yang lama di Teluk Jakarta khususnya di sekitar Muara Gembong.

Dugaan terjadinya proses penyempitan area *mixing zone* di Muara Tawar yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari proses sedimentasi Teluk Jakarta, diperkuat dari hasil penelitian berdasarkan analisis citra Landsat 5 dan Landsat 8 OLI/TRS (Zulfikar dan Kusratmoko, 2017) yang menyatakan bahwa perairan Teluk

Jakarta sedang mengalami degradasi ditandai dengan meningkatnya sebaran konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) akibat aktivitas arus dan pasang-surut. Demikian pula adanya data laju sedimentasi di Teluk Jakarta sebesar rata-rata 1,67 cm/th berdasarkan uji karbon <sup>14</sup>C atas sampel sedimen dasar laut menunjukkan bahwa proses sedimentasi di Teluk Jakarta cukup signifikan (Syachputra, 2019).



Gambar 3. Batimetri Teluk Jakarta dan lokasi kajian (diolah ulang dari Pranowo, 2016)

### Dugaan Dampak Akibat Penyempitan *Mixing Zone*

Karakteristika hidrodinamika Teluk Jakarta dari hasil penelitian pola sebaran panas yang diakibatkan buangan air bahang PLTU Muara Karang menunjukkan bahwa air bahang yang dibuang dari *outfall* dapat menyebar seluas minimum 58,6 Ha pada musim transisi saat pasang maksimum dan mencapai luasan 156 Ha pada musim yang sama saat surut (Mihardja dkk, 1999). Demikian pula berdasarkan simulasi model dan analisis sebaran panas di Muara Tawar (Kisnarti, 2012), menunjukkan bahwa sebaran panas dengan temperatur 39 °C dapat mencapai jarak maksimal pada waktu surut terendah yaitu 1430 meter dari mulut *outfall*. Kondisi ini menyebabkan kenaikan temperatur sekitar pintu masuk *intake* menjadi 34.80 °C dan dapat menurunkan efisiensi pembangkit listrik.

Berdasarkan hasil penelitian dan simulasi model kedua penulis tersebut di atas, jelas bahwa letak saluran air masuk (*intake*) dan saluran pembuangan (*outfall*) harus dibuat terpisah sejauh mungkin. Pemisahan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya resirkulasi air dari saluran *outfall* mengalir kembali ke saluran *intake* (Annam, 2015). Resirkulasi air pendingin yang tidak baik dikhawatirkan akan menyebabkan penurunan efisiensi kondensor karena temperatur air menjadi tinggi.

Agar terjaga dan terpenuhinya syarat amannya ketersediaan pasokan air pendingin pada kanal *intake* PLTGU Muara Tawar, maka kedalaman dan luasan perairan *mixing zone* tidak boleh terganggu apalagi berkurang. Hal ini sesuai dengan hasil studi yang dilakukan Arianto dkk (2018) yang menunjukkan terjadinya kecepatan pendangkalan sedimen di perairan Muara Tawar yaitu sebesar 0,71 meter di bawah MSL pada tahun 2013 dan 0,83 meter di bawah MSL pada tahun 2014.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pembandingan data citra satelit *Google Earth* tahun 2010 dan 2019 menunjukkan dugaan adanya proses sedimentasi perairan yang menyebabkan terjadinya pengurangan luas perairan *mixing zone* hingga mencapai kisaran 90-an Ha. Penyempitan dan pengurangan kedalaman perairan *mixing zone* ini dikhawatirkan akan meningkatkan suhu air laut baku di mulut *intake* yang dapat mengganggu efisiensi kondensor PLTGU Muara Tawar. Kajian ini mensiratkan perlunya usulan pengendalian alih lahan di pesisir perairan Muara Tawar serta adanya pemeliharaan dan pendalaman area *mixing zone* terutama di dekat mulut *outfall* agar cukup memberi waktu bagi proses pendinginan air bahang dari pembangkit.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Puslitbang Geologi Kelautan atas ijin penerbitan makalah ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Dr. rer. nat. Dadang K. Mihardja atas kontribusi daftar acuannya, dan

kepada kang Aen Sobari atas diskusi dan obrolannya selama WFO saat pembuatan makalah ini.

### DAFTAR ACUAN

- Anam, C., 2015. *Studi Pola Sebaran Air Pendingin di PT. Pembangkit Jawa-Bali Unit Pembangkit Gresik (PT. PJB UP Gresik)*, (Skripsi Sarjana), Jurusan Teknik Kelautan- Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Arianto, J., Perbani, N. M. R. R.C. dan , Kusumah, M. F. P., 2018. Analisis Luas dan Volume Sedimen pada Kanal Intake untuk Menjaga Ketersediaan Pasokan Air (Studi Kasus : PLTGU Muara Tawar, Bekasi Utara), *Jurnal Rekayasa Hijau* No.1 | Vol. 2., hal. 80-89.
- Harsoyo, B., 2013. Mengulas Penyebab Banjir di Wilayah DKI Jakarta Dari Sudut Pandang Geologi, Geomorfologi dan Morfometri Sungai, *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol 14, No.1, hal. 37 – 43.
- Hidayah, Z. dan Apriyanti, A., 2020. Perubahan Garis Pantai Teluk Jakarta Bagian Timur Tahun 2003-2018, *Jurnal Kelautan*, Vol. 13, No. 2. , hal. 143-150.
- Kajian Abrasi Wilayah Pesisir Kabupaten Karawang*, 2021. Dinas Lingkungan Hidup-Pemerintah Daerah Propinsi Jawa Barat.
- Kasman, Nurjaya, I.W., Damar, A., Muchsin, I. dan Arifin, Z., 2010. Prediksi Sebaran Suhu dari Air Buangan Sistem Air Pendingin PT. Badak NGL di Perairan Bontang Menggunakan Model Numerik, *Ilmu Kelautan*, Vol. 15, No. 4, hal. 194-201.
- Kisnarti, E.A., 2012. Simulasi Sebaran Panas di Muara Tawar Teluk Jakarta, *Saintek*, Vol. 9, No.2., hal.77-81.
- Kusnida, D., Yosi, M., Mawardi, S., Widodo, J. dan Arifin, L., 2020. Analisis Proses Sedimentasi di Tapak Pelabuhan Palabuhanratu-Kabupaten Sukabumi, *Jurnal Geologi Kelautan*, Vol. 18, No. 2., hal. 139-150.
- Lubis, A.A., Yatim, S., Aliyanta, B. dan Menry, Y., 2005. Estimasi Akumulasi Sedimen Teluk Jakarta dengan Teknik Radionuklida Alam Unsuported <sup>210</sup>Pb, *Risalah Seminar Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi*, hal. 105-110.
- Mihardja, D.K., Fitriyanto, M.S. and Putri, M.R., 1999. Modelling of the Heated Water Spreading in Muara Karang Coastal Water, Jakarta Bay, *Proc. ITB*, Vol. 31, and No. 1, pp. 5-18.
- Mudana, I.G., 2000, *Analisis Sedimentasi Akibat Pemasangan Breakwater di Tanahlot*, (Skripsi Sarjana), Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

- Nandan, S., 1996. *Studi Pengamatan Pola Pergerakan Sedimen dan Perubahan Garis Pantai di Sebelah Timur Teluk Jakarta menggunakan Citra Landsat – TM*, (Skripsi Sarjana), Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Novico, F., David, M., Iskandar, T., Ranawjaya, D., Rahardiawan, R., Saputra, E., Subarsyah, S., Ali, A., Endiyana, C., Mathew, M. and Hendarmawan, H., 2017. *Nature and evolution of the Quaternary coastal sedimentary wedge of the northern part of Java Island*, 19<sup>th</sup> EGU General Assembly, EGU2017, proceedings from the conference held 23-28 April, 2017 in Vienna, Austria., p.8345 2017EGUGA.19.8345N
- Omar, A. A., Phillips, M. R., Williams, A. T., Thomas, T., Hakami, M., Kerbe, J., Niang, A.J., Hermas, E. and Al-Ghamdi, K., 2017. *Temporal shoreline change and infrastructure influences along the southern Red Sea coast of Saudi Arabia*, Arab J. Geosci. 10:360.
- Pranowo, W. S., Pramono, G., Hutomo, M., Nontji, A. dan Maufikoh, I., 2014. *Karakteristik Oseanografi Ekoregion Laut Provinsi DKI Jakarta dalam DINAMIKA TELUK JAKARTA Analisis Prediksi Dampak Pembangunan Tanggul Laut Jakarta (Jakarta Giant Sea Wall)*, (Editor: Poernomo, A., Wirasantosa, S., Brodjonegoro, I.S. dan Falashifah F.), PT Penerbit IPB Press, hal. 43-56.
- Pranowo, W.S., 2016. *Hidrodinamika Tanggul Raksasa Teluk Jakarta dan Pulau Reklamasi*
- Dialog Publik: Kebijakan Reklamasi, Menilik Tujuan, Manfaat dan Efeknya, Auditorium KPK, Jakarta, 04 Oktober.
- Syachputra, T.R., 2019. *Kajian Ukuran Besar Butir dan Kaitannya Dengan Variasi Musiman dan Tahunan di Muara Gembong, Teluk Jakarta*. Tugas Akhir, FITB-Oseanografi, Institut Teknologi Bandung (tidak dipublikasikan).
- Sukwika, T. and Putra, H., 2018. Analisis Sedimentasi dan Konsentrasi Atmosfer Pada Zona Mangrove di Muara Gembong, Bekasi, *Jurnal Pengembangan Kota*, Vol. 6., No. 2., hal. 186-195.
- Wahyudin, Y., 2011, Karakteristik Sumberdaya Pesisir dan Laut Kawasan Teluk Palabuhanratu, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat., *Bonorowo Wetlands*, 1 (1): 19-32.
- Yuwono, N., (2019), *Pelabuhan Tanjung Adikarto dan Pulau Baai Mengalami Sedimentasi Parah*, Diskusi Perencanaan dan Manajemen Pelabuhan- Pusat Studi Transportasi dan Logistik (Pustral) UGM Universitas Gajah Mada.
- Zulfikar, A.A. dan Kusratmoko, E., 2017. *Pola Sebaran Total Suspended Solid (TSS) di Teluk Jakarta Sebelum dan Sesudah Reklamasi*, 8<sup>th</sup> Industrial Research Workshop and National Seminar Politeknik Negeri Bandung, July 26-27, hal. 496-502.



# STUDI IDENTIFIKASI DASAR LAUT DALAM PENDETEKSIAN PIPA BAWAH LAUT (STUDI KASUS PIPA PERTAMINA BALIKPAPAN)

## *Study of Seabed Identification on Submarine Pipeline Detection (Case Study of Pertamina Balikpapan Submarine Pipeline)*

Alin Abimanyu<sup>1</sup>, Dyan Primana S<sup>2</sup>, Janjan Rechar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur 13220

<sup>2</sup> Pusat Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut, Jl. Pantai Kuta V No.1 Ancol Timur, Jakut

Email: aloysiusalin@gmail.com

Diterima : 07-07-2021, Disetujui : 17-11-2021

### ABSTRAK

Pada tanggal 31 Maret 2018 telah terjadi pencemaran laut yang diakibatkan oleh tumpahnya minyak bumi di perairan Balikpapan. Hasil survei ditemukan bahwa tumpahan minyak di perairan tersebut terjadi karena patahnya pipa bawah laut milik Pertamina. Dalam upaya identifikasi pipa tersebut, digunakan 3 peralatan survei bawah laut yakni *Multibeam echosounder (MBES)*, *Side Scan Sonar (SSS)* dan *Magnetometer*. Peralatan survei yang digunakan, berbeda pada tahap akuisisi maupun tahap analisis dalam memperoleh informasi yang akan disajikan, oleh karena itu, diperlukan metode serta analisis tertentu untuk mempercepat identifikasi suatu objek dibawah laut. Selain menyediakan informasi batimetri, *MBES* memiliki fitur informasi hambur balik (*backscatter*) yang dapat digunakan untuk memperoleh nilai intensitas akustik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis sedimen (substrat dasar laut) dan objek dasar laut lain berdasarkan tingkatan nilai intensitas akustik. Dengan nilai intensitas akustik tersebut suatu objek bawah laut dapat segera diidentifikasi di lapangan. Hasil identifikasi dengan nilai intensitas akustik di area perairan Balikpapan diperoleh material pipa bawah laut memiliki intensitas akustik sebesar 24,1 dB dan sedimensi berupa Lanau sedang (*Medium Silt*) dan Pasir sangat halus (*Very Fine Sand*).

**Kata kunci:** *Multibeam Echosounder, Backscatter, Intensitas akustik, Sedimen*

### ABSTRACT

*On March 31<sup>st</sup> 2018 has been sea pollution caused by oil spill in the Balikpapan waters. The survey found oil spill caused by broken fragment of the Pertamina oil pipeline. In the effort to identify the pipeline, 3 underwater survey equipments was used, that are multibeam echosounder (MBES), side scan sonar (SSS) and magnetometer to detect the pipeline below the surface, and obtain information and data regarding submarine pipeline. The survey equipments used were different in acquisition process and analysis stage in obtaining the information to be presented. Therefore, certain methods and analyzes are needed in order to accelerate identification of objects under the sea. Beside giving bathymetric data, MBES provides backscatter information that can be used to obtain acoustic intensity values used to identify the type of sediments (seabed substrate) and other underwater objects based on their level of acoustic intensity value. Based on this value, and underwater object can immediately be identified in the field. The results of the identification using acoustic intensity values in the Balikpapan waters area suggest that underwater pipe material having acoustic intensity of 24,1 dB, meanwhile sediments in the area are medium silt and very fine sand.*

**Keyword:** *Multibeam Echosounder, Backscatter, Acoustic Intensity, Sediment*

**Kontribusi:**

Alin Abimanyu adalah kontributor utama pada makalah ini, Dyan Primana S. dan Janjan Rechar adalah kontributor anggota.

## PENDAHULUAN

Pada survei investigasi umumnya *Multibeam Echosounder (MBES)* digunakan dalam survei batimetri untuk mendapatkan kedalaman serta bentuk topografi bawah laut, *side scan sonar* dapat menghasilkan berbagai variasi gambar dasar laut yang beresolusi tinggi serta memberikan informasi tentang tekstur sedimen dan struktur permukaan dasar laut (Charnila & Manik, 2010), sedangkan magnetometer digunakan dalam survei geofisika untuk mendeteksi objek logam dengan tingkat deteksi yang berbeda tergantung sensitivitas dan akurasi (Subarsyah & Aryawan, 2009). Peralatan survei yang dipakai dalam identifikasi objek bawah laut, menggunakan metode yang berbeda pada tahap proses akuisisi maupun analisis dalam memperoleh informasi yang akan disajikan, oleh karena itu, diperlukan metode serta analisis yang dapat mempercepat identifikasi objek dibawah laut.

Saat ini beberapa *MBES* memiliki fitur yang dapat memproses jenis sedimen di dasar laut dengan memanfaatkan sinyal hambur balik (*backscatter*). Dari hasil pendeteksian tersebut akan diperoleh tingkatan nilai intensitas akustik pada suatu objek yang terkandung di dasar laut. Nilai tersebut berasal dari fungsi respon sudut pancaran sinyal akustik yang dipantulkan dari dasar perairan, dimensi objek, jenis sedimentasi serta bentukan topografi sangat mempengaruhi nilai intensitas akustik.

Dalam upaya mempercepat proses identifikasi objek bawah laut khususnya pipa bawah laut, maka dalam penelitian ini dilaksanakan analisis objek pipa bawah laut berdasarkan data batimetri, dimensi objek serta nilai intensitas akustik.

## METODE

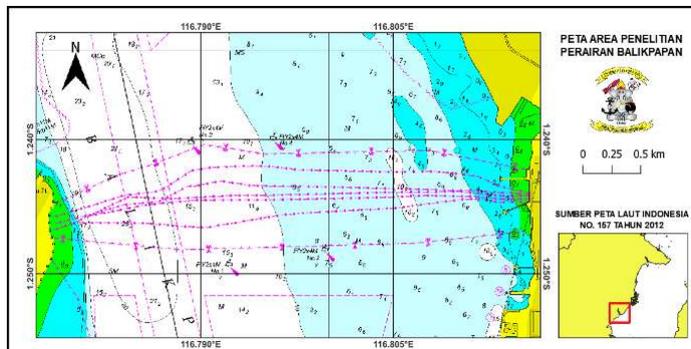
Untuk memperoleh nilai hasil olahan data yang diinginkan, maka dalam penelitian ini digunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif dari data hasil survei Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut tanggal 7 April – 22 April 2018 di Perairan Balikpapan Kalimantan Timur pada daerah jalur pipa Pertamina Balikpapan yang tercantum pada peta Laut Indonesia Nomor 157. Pemeruman menggunakan *MBES Kongsberg EM2040C* yang dipasang pada perahu motor yang telah dilengkapi dengan alat penentu posisi (*DGPS Veripos*) dengan akurasi 0,05 m, perangkat lunak *Seafloor Information Sistem (SIS)* digunakan sebagai sistem akuisisi data. Gerakan relatif kapal dikoreksi menggunakan *Motion Reference Unit (MRU)*.

Pada proses akuisisi data, kecepatan rata-rata wahana adalah 4 knot sampai dengan 5 knot dengan *coverage angle* 60°. Desain lajur utama *MBES* dibuat relatif sejajar arah kontur kedalaman atau garis pantai dengan *coverage area* 100%, interval/spasi lajur utama *MBES* adalah 3 (tiga) kali kedalaman rata-rata sapuan yaitu 50 m. Sebelum akuisisi data dilaksanakan kalibrasi peralatan atau *patch test* dan validasi data melalui *performance test*.

Selanjutnya data hasil akuisisi menggunakan *software* SIS dalam format *.all* diekstrak dan diolah menggunakan perangkat lunak *Caris Hips/Sips*. Data anomali kemagnetan digunakan sebagai data pembanding dalam penentuan posisi pipa terdeteksi.

### a. Analisis batimetri.

Pada tahap analisis data batimetri, *raw* data diolah



Gambar 1. Area Penelitian

menjadi *surface* menggunakan perhitungan *Beam footprint size (BFS)* untuk menentukan resolusi yang akan digunakan dalam menggambarkan bentukan objek pipa. Apabila bentukan *surface* telah dapat menggambarkan bentukan pipa maka tahap selanjutnya dilaksanakan *plotting* posisi pipa dengan resolusi maksimal yang dapat digunakan.

### b. Analisis intensitas akustik

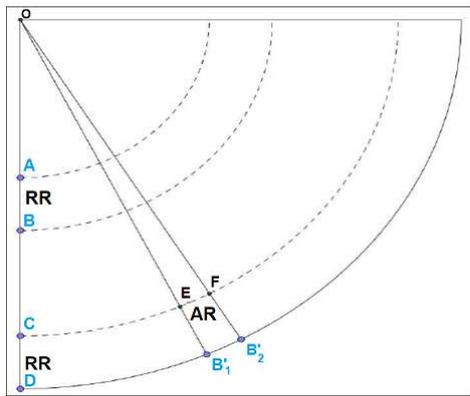
Pada tahap ini nilai intensitas akustik hasil pengolahan dengan perangkat lunak *Geocoder* diklasifikasikan berdasarkan perbedaan nilai intensitas. Hasil nilai intensitas akustik tersebut disesuaikan dengan *grain size table* untuk menganalisis jenis sedimen dasar lautnya. Nilai intensitas akustik pipa bawah laut akan diambil rata-rata dengan mengikuti bentukan *surface* data batimetri maupun bentukan *mosaic*.

Data yang telah diolah akan dibuat tabel posisi pipa beserta intensitas akustik dan nilai anomali kemagnetannya sebagai data validasi kenampakan dan posisi pipa di dasar laut. Keseluruhan hasil olahan posisi pipa baik olahan *MBES* dan magnetometer diekstrak dalam format *raster* sehingga dapat digambarkan pada perangkat lunak *Global Mapper 15* atau *QGIS*.

### c. Resolusi sudut dan jarak.

*MBES* memiliki kemampuan yang lebih baik dalam merepresentasikan dasar laut dibandingkan dengan *Singlebeam echosounder (SBES)* dalam hal tingkat resolusi pemetaan yang lebih tinggi (Heide, 2017). Namun, sejauh menyangkut pengukuran kedalaman, resolusi akan tergantung pada frekuensi akustik, *beamwidth transmit* dan *receive* serta penggunaan algoritma yang digunakan dalam pendeteksian dasar laut. Resolusi dalam pendeteksian target pada *MBES* merupakan nilai fungsi dari panjang pulsa gelombang yang dipancarkan *MBES* pada suatu objek terdeteksi (IHO, 2010). Terdapat 2 tipe resolusi yang mempengaruhi pendeteksian suatu objek *MBES* yakni resolusi sudut dan jarak.

Pada gambar 2 jarak antara E dan F adalah resolusi sudut (AR) dan jarak antara jarak A dan B, C dan D

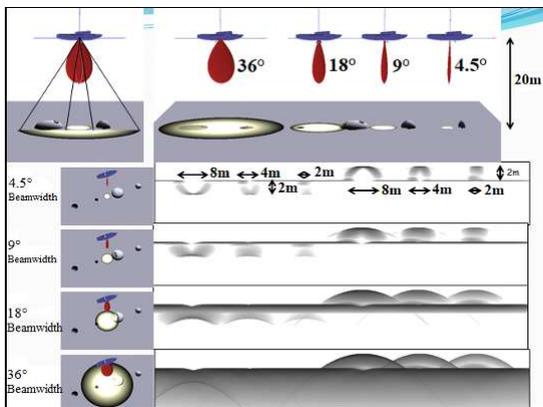


Gambar 2. Ilustrasi resolusi sudut dan jarak pada MBES (Heide, 2017)

adalah resolusi jarak (RR).

Resolusi sudut adalah kemampuan untuk membedakan dua objek yang berada di dasar laut dengan menggunakan *beamwidth* (lebar beam), semakin besar *beamwidth* maka akan semakin sulit membedakan dua objek, sedangkan semakin kecil *beamwidth* semakin mudah membedakan dua objek di dasar laut karena resolusi semakin detil. Pada gambar 3 digambarkan bahwa besar resolusi yang dihasilkan oleh MBES bergantung pada jarak dan *beamwidth*.

Sedangkan resolusi jarak adalah kemampuan untuk dapat membedakan ketinggian suatu objek yang berada di



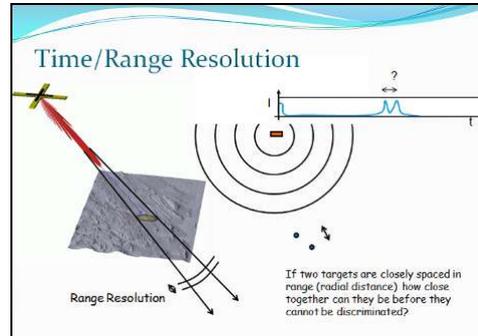
Gambar 3. Resolusi sudut pada MBES (Pratomo, 2017)

dasar laut dengan menggunakan *pulse length* (panjang pulsa). Semakin besar panjang pulsa yang ditransmisikan semakin besar energi yang dipancarkan ke dalam air sehingga semakin dalam jarak yang dapat dicapai oleh *echosounder* (IHO, 2010).

Resolusi sudut dan jarak pada MBES sangat dipengaruhi oleh besaran *beamwidth* sehingga akan juga mempengaruhi besaran *footprint* yang dihasilkan, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin kecil *beamwidth*, semakin besar sudut pantul *beam* (lebih dekat ke nadir), dan semakin dangkal kedalaman maka semakin kecil *footprint*. Dimensi *footprint* ini memainkan peran

mendasar dalam mengendalikan *resolusi* keseluruhan sistem MBES, yang lebih dekat ke nadir akan mampu menghasilkan resolusi yang lebih baik dari pada *outer beam*, karena ukuran *footprint* yang berbeda (Galway, 2000).

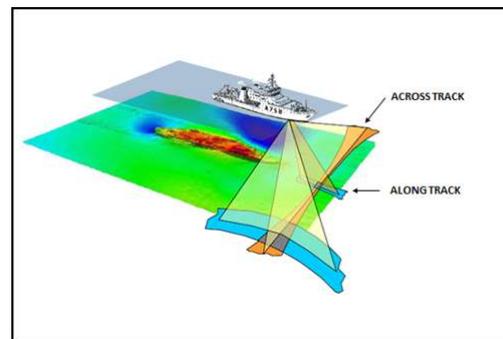
MBES pada umumnya memiliki sistem pemancar



Gambar 4. Ilustrasi resolusi jarak (Pratomo, 2017)

dan penerima dalam satu sistem yang mengadopsi sistem antenna *Mills Cross*. Kedua sistem tersebut terintegrasi dan akan menghasilkan sebuah resolusi *footprint* pada sebuah *array*. Sistem *transmitter* (TX) akan mengontrol sistem *along track footprint* sedangkan sistem *receiver* (RX) akan mengontrol sistem *across track footprint* dimana kedua sistem tersebut akan menghasilkan sebuah resolusi pada pendeteksian target di bawah air.

Untuk mengukur hasil resolusi *footprint* pada *across*



Gambar 5. *Across Track* dan *Along Track* pada MBES (SHOM, 2014)

*track* dan *along track* dapat menggunakan perhitungan sebagai berikut (Galway, 2000):

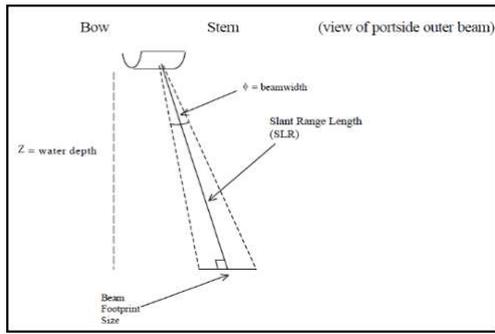
$$BFS_{Along\ Track} = 2 \times \left( \left( \frac{Z}{\cos(\beta)} \right) \times \left( \tan \left( \frac{\phi}{2} \right) \right) \right)$$

dengan:

$\beta$  : *beam angle*

Z : kedalaman

$\phi$  : *beamwidth*



Gambar 6. Ilustrasi pengukuran *Along Track* (Galway, 2000)

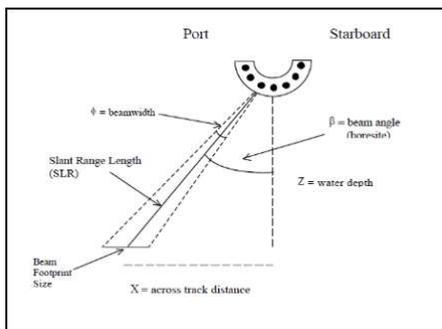
Sedangkan untuk mengukur resolusi yang dihasilkan oleh *across track* menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$BFS_{Across\ Track} = \left( \left( \tan \left( \beta + \left( \frac{\phi}{2} \right) \right) \times Z \right) - \left( \tan \left( \beta - \left( \frac{\phi}{2} \right) \right) \times Z \right) \right)$$

$\beta$  : beam angle

Z : kedalaman

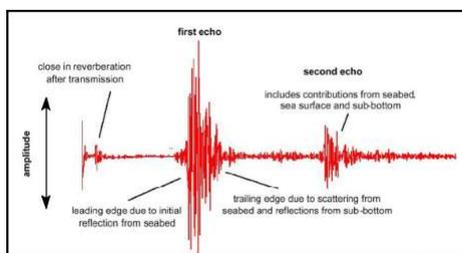
$\phi$  : beamwidth



Gambar 7. Ilustrasi pengukuran *Across Track* (Galway, 2000)

#### d. Backscatter Multibeam Echosounder

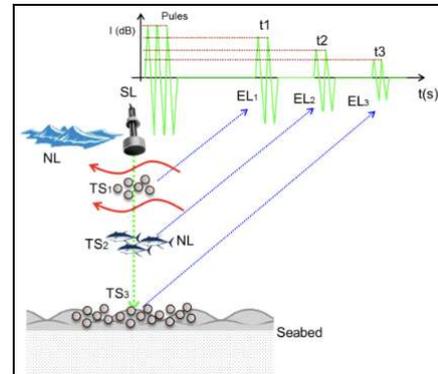
Sistem *MBES* menggunakan *backscatter reflection echo* (intensitas akustik) untuk pengukuran. *Transducer* mentransmisikan gelombang akustik ke dasar laut berdasarkan sudut pancaran. Kemudian gelombang akustik mencapai dasar laut, tersebar ke segala arah dan sebagian dipantulkan kembali ke penerima.



Gambar 8. Ilustrasi proses penerimaan sinyal *Backscatter* pada *MBES* (Poerbandono, 2015)

Gelombang akustik yang tersebar kembali ke penerima sebagai intensitas sinyal (Trismadi, 2017). Gema *backscatter* tidak hanya berasal dari refleksi dasar

laut, tetapi juga dari hal-hal lain selain dari target asli seperti gelembung, ikan, dan partikel tersuspensi (Lurton, 2002). Selain itu intensitas sinyal serta panjang gelombang yang dipancarkan kekuatan *backscatter* juga dipengaruhi oleh bentuk kemiringan dasar laut, kekasaran dasar laut dan kondisi dasar laut yang mempengaruhi proses *scattering* dan refleksi dari gelombang akustik (Trismadi, 2017).



Gambar 9. Deteksi *Echo Level* pada *MBES* Dalam Pendeteksian dasar laut (Prayoga, 2016)

#### e. Sedimen

Sedimen adalah pecahan batuan dari berbagai proses (pelapukan fisik, kimia, biologi). Batuan terbentuk karena adanya proses vulkanik, sedimentasi, metamorfosa, atau biogenik (karang). Ukuran butir sedimen umumnya diwakili oleh diameternya ( $d$ ), dengan asumsi bahwa butiran sedimen adalah ideal bola. Berdasarkan dimensinya, sedimen diklasifikasikan menjadi lumpur ( $d \leq 62,5 \mu m$ ), pasir ( $62,5 \mu m < d \leq 2 mm$ ), dan kerikil ( $d > 2 mm$ ) (Poerbandono, 2015).

Sedimen didefinisikan secara luas sebagai material yang diendapkan di dasar suatu cairan (air dan udara), atau secara sempit sebagai material yang diendapkan oleh air, angin, atau gletser/es. Menurut asalnya sedimen dibagi menjadi tiga macam, yakni sedimen *lithogenous* ialah sedimen yang berasal dari sisa pengikisan batubatuan di darat dan sedimen *biogenous* ialah sedimen yang berasal dari sisa rangka organisme hidup (Hutabarat & Evans, 1985). Besaran diameter butir sedimen dapat menggunakan skala  $\phi$  (phi) yakni:

$$\phi = -\log_2 d$$

$$d = -2^\phi$$

dengan :

$\Phi$  = ukuran sedimen ( dalam phi )

$d$  = diameter sedimen ( dalam mm )

Umumnya pengukuran butiran sedimen dilakukan di laboratorium dengan cara pengayakan hingga mencapai nilai ukuran terkecil dan disesuaikan dengan tabel skala ukuran *Wentworth* (Prayoga, 2015).

Tabel 1. Klasifikasi Sedimen *Wentworth* (Chotiros, 2017)

Grain diameter range		Classification	
mm	$\phi$	Detailed	Coarse
>256	<-8	Boulder	Gravel
64-256	-8 to -6	Cobble	Gravel
4-64	-6 to -2	Pebble	Gravel
2-4	-2 to -1	Granule	Gravel
1-2	-1 to 0	Very coarse sand	Sand
1/2-1	0-1	Coarse sand	Sand
1/4-1/2	1-2	Medium sand	Sand
1/8-1/4	2-3	Fine sand	Sand
1/16-1/8	3-4	Very fine sand	Sand
1/256-1/16	4-8	Silt particle	Mud
<1/256	>8	Clay particle	Mud

Sedimen memiliki kekuatan hamburan yang berbeda-beda karena variasi ukuran butir dan kekasaran permukaan. Akibatnya, data *backscatter* dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan menginterpretasikan struktur sedimen dan dasar laut (Trismadi, 2017). Perhitungan nilai kekuatan hambur balik (*backscatter strength*) dihubungkan dengan rata-rata diameter dari tipe sedimen diformulasikan dengan persamaan (Manik, dkk, 2006):

$$BS \text{ (dB)} = 9.0 \text{ Log}_{10} (d(\mu\text{m})) - 36.4$$

dengan:  
d = Ukuran butir (*Grain Size*)

Dalam penentuan klasifikasi jenis dasar laut menggunakan *MBES* sangat tergantung pada intensitas nilai *backscatter*. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain:

- Jarak target
- Source Power* dan arah *beam*
- Area pendeteksian (*Slope*, kemiringan objek, refraksi)

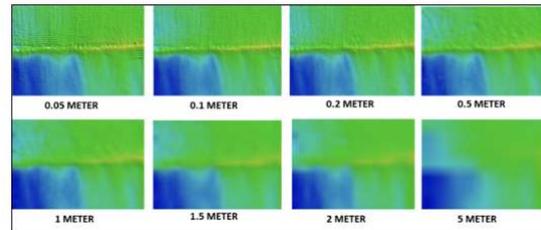
Salah satu metode untuk klasifikasi dasar laut adalah dengan menggunakan metode *Angular Response Analysis (ARA)* untuk menentukan nilai besaran hambur balik. *ARA* menggunakan model pendekatan bahwa setiap tipe sedimen dasar perairan memiliki respon sudut pancaran yang unik, dimana variasi hambur balik akustik ini terhubung dengan respon tiap sudut pancaran untuk menentukan tipe substrat dasar perairan (Adi, 2016).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Hasil Identifikasi Target

*MBES Kongsberg 2040C* memiliki *beamwidth* sebesar  $1^\circ \times 1^\circ$  yang artinya *MBES* memiliki *beamwidth* pada *transmitter*  $1^\circ$  dan pada *receiver*  $1^\circ$  sehingga dengan menggunakan perhitungan *beam footprint size* pada kedalaman 10 m, maka ukuran *footprint* yang dihasilkan pada *transmitter / along track* 0,17 m dan pada *receiver / across track* 0,17 m, yang artinya *footprint* yang dihasilkan berbentuk bulat dengan diameter

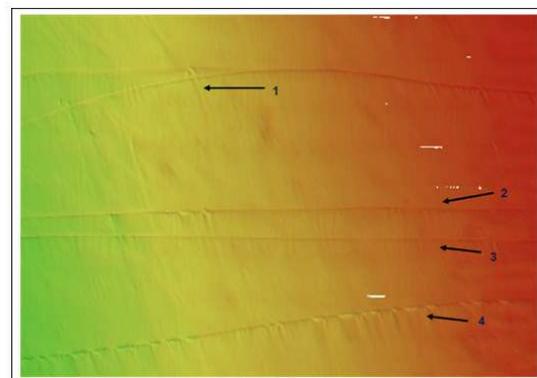
0,17 x 0,17 m<sup>2</sup>, ini berarti target dikedalaman 10 m yang berukuran 0,17 m ke atas dapat dideteksi. Pada pipa



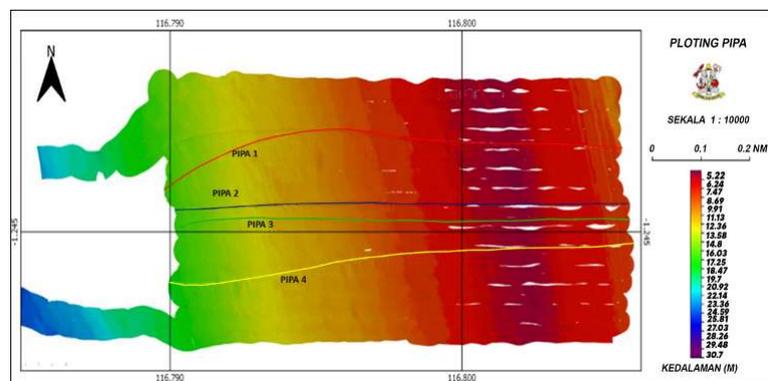
Gambar 10. Hasil *grid surface* target pipa

Pertamina Balikpapan memiliki diameter 20 inchi (0,5 m) sehingga untuk memperoleh hasil yang maksimal dilaksanakan *gridding* dengan resolusi dibawah 0,5 m.

Pada Gambar 10 terlihat bahwa dengan menggunakan *grid surface* di bawah 0,5 m bentuk target pipa masih terlihat baik akan tetapi semakin besar *grid surface* yang digunakan maka semakin tidak terlihat bentuk target yang dideteksi. Berdasarkan analisis gambar diatas maka penggunaan *MBES* dengan besar objek 0,5 m minimal menggunakan resolusi *grid surface* dibawah 0,5 m untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam pendeteksian objek tersebut. *Gridding* topografi bawah laut dalam bentuk *base surface* dilakukan terhadap data batimetri dengan kedalaman bervariasi antara 6–10 m. Dari hasil *base surface* setelah dilaksanakan *zoom in* menunjukkan 4 posisi target yang terdeteksi sebagai kenampakan pipa bawah laut. Pengukuran dimensi



Gambar 11. Hasil identifikasi objek Pipa Bawah Laut

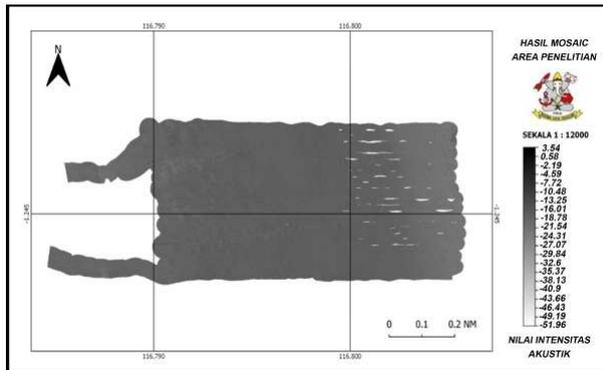


Gambar 12. Hasil plotting pipa

masing - masing pipa ditemukan pipa 1 memiliki panjang 1,81 Km, Pipa 2 sepanjang 1,722 Km, Pipa 3 sepanjang 1,73 Km dan pipa 4 sepanjang 1,775 Km.

**b. Hasil Mosaic**

*Mosaic backscatter* hasil pengolahan batimetri dihasilkan melalui algoritma *Geobars/ARA* untuk mendapatkan besaran nilai hambur balik. *Geobars* dibangun oleh algoritma yang cukup efektif digunakan untuk mengestimasi, mengklasifikasi serta mendeliniasi jenis-jenis sedimen, sehingga sinyal akustik yang terekam dapat diolah dan dianalisis lebih jauh lagi (Indramawan, 2017).



Gambar 13. Profil Mosaic

Dalam penentuan *Seabed Classification* digunakan *Sediment Analysis Tool* pada perangkat lunak *Caris Hips/Sips*. Proses pengklasifikasian sedimen memanfaatkan hasil *mosaic backscatter* yang sebelumnya telah dilakukan dalam identifikasi nilai intensitas objek pipa bawah laut. *CARIS HIPS & SIPS* menerapkan algoritma *Geocoder* sebagai pilihan dalam memproses data *backscatter*. Beberapa koreksi dalam perangkat lunak perlu diterapkan saat memproses data menggunakan *Geocoder*. Hasil pengolahan data *backscatter* menghasilkan *backscatter mosaic* yang mewakili nilai intensitas akustik spasial. Selanjutnya analisis *Geobars/ARA* digunakan untuk memperkirakan karakteristik sedimen dasar laut (Trismadi, 2017).

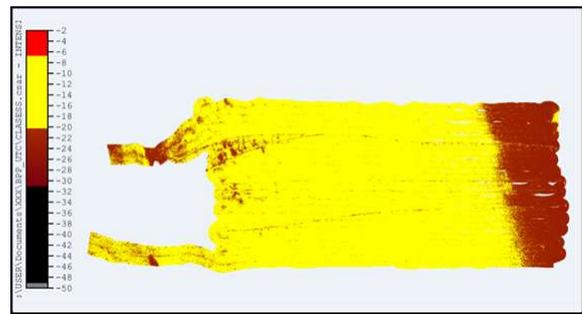
Mengacu pada *grain size* tabel hasil permodelan oleh Chotiros (2017) melalui tabel Wentworth (1922), hasil pengukuran intensitas akustik suatu sedimen dasar laut berhubungan langsung dengan besaran ukuran diameter sedimen yang dinyatakan secara langsung sebagai diameter butir (dalam millimeter atau micron) atau dengan nilai phi ( $\phi$ ).

Interpretasi data hasil olahan *mosaic* ditampilkan ke dalam gradasi warna yang mengacu pada nilai histogram intensitas akustik sedimen pada area survei. Histogram akan mencerminkan kelas dan warna pada setiap kelas yang akan ditentukan (Caris, 2015). Hasil klasifikasi sedimen berdasarkan nilai intensitas akustiknya terlihat pada tabel 2. Perhitungan nilai kekuatan *backscatter* diperoleh hasil perhitungan terhadap diameter sedimen sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil perhitungan nilai intensitas akustik

NAMA TIPE SEDIMEN	DIAMETER (mm)	INTENSITAS
BATU (ROCK)	BOULDER	>256
	COUBLE	65 - 256
	PEBBLE	4-64
PASIR (SAND)	GRANULE	2-4
	VERY COARSE SAND	1-2
	COARSE SAND	1/2 - 1
	MEDIUM SAND	1/4 - 1/2
	FINE SAND	1/8 - 1/4
LANAU (SILT)	VERY FINE SAND	1/16 - 1/8
	COARSE SILT	1/32 - 1/16
	MEDIUM SILT	1/64 - 1/8
LUMPUR (CLAY)	FINE SILT	1/128 - 1/64
	VERY FINE SILT	1/256 - 1/128
	COARSE CLAY	1/640 - 1/256
	MEDIUM CLAY	1/1024 - 1/640
	FINE CLAY	1/2360 - 1/1024
	VERY FINE CLAY	1/4096 - 1/2360

Berdasarkan tabel *Wentworth*, pada Gambar 14. secara umum terlihat bahwa pada perairan Balikpapan umumnya didominasi oleh sedimen berupa lanau (*silt*) dan pasir (*sand*) yang ditandai dengan warna coklat dan kuning dengan nilai intensitas antara -31,07 dB s/d -20,23 dB. Sedimentasi lumpur sebagian besar berada pada sisi Timur dan sebagian kecil pada sisi Barat sedangkan pada sisi tengah area berupa sedimen pasir.



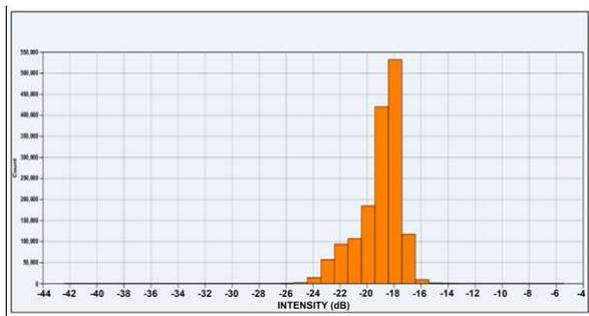
Gambar 14. Hasil Klasifikasi 4 Kelas Sedimen

Apabila dipisahkan menjadi 17 kelas sedimen (tabel 2), pada bagian timur dan sebagian sisi barat perairan Balikpapan terdiri atas sedimentasi lanau sedang (*medium silt*) dan lanau kasar (*coarse silt*) dengan nilai intensitas antara -25,65 dB s/d -20,23 dB yang ditandai dengan klasifikasi berwarna ungu dan biru, pada area tengah sedimentasi teridentifikasi campuran antara pasir sangat halus (*very fine sand*) hingga pasir halus (*fine sand*) dan beberapa area berupa lanau kasar (*coarse silt*).



Gambar 15. Hasil Klasifikasi 17 Kelas Sedimen

Berdasarkan nilai intensitas akustik yang dihasilkan, perbedaan sedimentasi pada area penelitian menunjukkan perbedaan jenis berupa lumpur di sisi timur dan barat serta pasir sangat halus di bagian sisi tengah area penelitian, hal tersebut dipengaruhi oleh adanya beberapa sungai besar yang bermuara pada sisi utara area penelitian dan menyebabkan terjadinya pergerakan sedimen serta mempengaruhi bentuk topografi dasar laut area tersebut. Menurut Bakri (2018), daerah muara atau perairan berenergi tinggi umumnya akan memiliki endapan sedimen berupa pasir. Hal tersebut disebabkan karena karakteristik hidrodinamika pantai dan muara yang didominasi gelombang dan pasang surut serta arus, yang mempengaruhi konfigurasi dasar laut (Poerbandono, 2015). Identifikasi jenis sedimen secara umum menggunakan nilai histogram akustik hasil akuisisi *backscatter MBES*. Berdasarkan hasil histogram akustik, diperoleh 6.166.749 data nilai intensitas akustik. Hasil histogram intensitas akustik sebanyak 556.000 data bernilai -18 dB. Nilai tersebut, mengindikasikan bahwa perairan Balikpapan didominasi sedimen berupa pasir sangat halus (*very fine sand*).



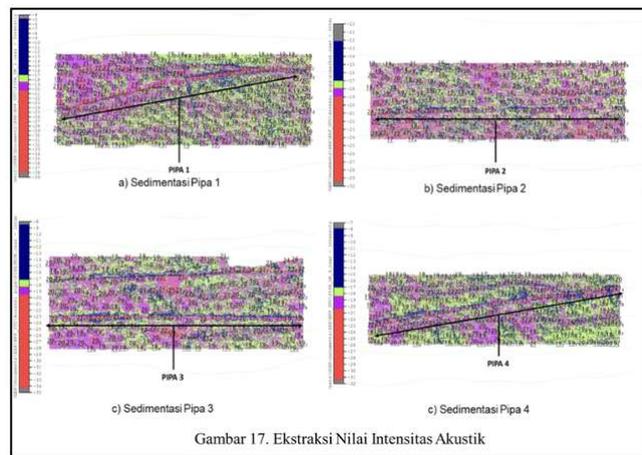
Gambar 16. Histogram Intensitas

### c. Ekstraksi nilai hambur balik sedimentasi

Pada segmentasi pipa 1 sepanjang 303 m umumnya pada posisi pipa terdapat sedimen berupa lanau sedang (*Medium Silt*) dengan nilai intensitas yang bervariasi antara -25 dB s/d -25,45 dB. Sedangkan pada sisi utara maupun selatan pipa umumnya terdiri atas sedimen lumpur pasir hingga pasir halus dengan nilai intensitas antara -28,2 dB s/d -17,7 dB.

Pada segmentasi pipa 2 sepanjang 252,79 m umumnya pada posisi pipa terdapat sedimen yang didominasi oleh pasir sangat halus (*very fine sand*) dengan nilai intensitas bervariasi antara -19 dB s/d -17 dB yang ditandai dengan warna ungu dan hijau, sedangkan pada area pipa terdeteksi sedimen berupa pasir sangat halus (*very fine sand*) hingga lanau sangat halus (*very fine silt*) dengan nilai intensitas antara -29 db s/d -19 dB.

Pada posisi pipa 3 sepanjang 240,45 m terdapat sedimen berupa lumpur sedang (*medium silt*) dengan nilai intensitas yang bervariasi antara -23,7 dB s/d -19,1 yang ditandai dengan warna merah, serta sedimen berupa pasir sangat halus (*very fine sand*). Pada sisi utara pipa memiliki sedimen berupa lumpur sangat halus hingga



Gambar 17. Ekstraksi Nilai Intensitas Akustik

pasir halus dengan nilai intensitas antara -34,3 dB s/d -16,6 dB. Pada area selatan pipa umumnya terdiri atas sedimen lumpur sedang (*medium silt*) serta pasir sangat halus (*very fine sand*) intensitas antara -24,3 dB s/d -18,2 dB.

Pada posisi pipa 4 sepanjang 294,45 m didominasi sedimen campuran lanau sangat halus (*very fine silt*) hingga pasir sangat halus (*very fine sand*) dengan nilai intensitas bervariasi antara 31,4 dB s/d -19 dB. Sedangkan pada sisi utara umumnya memiliki sedimen berupa lanau sedang (*medium silt*) hingga pasir halus (*fine sand*) dengan nilai intensitas antara -23,3 dB s/d -17,4 dB. Pada area pipa bagian selatan umumnya terdiri atas sedimen lanau sedang (*fine silt*) hingga pasir halus (*fine sand*) dengan nilai intensitas antara -26 dB s/d -15,5 dB.

Berdasarkan nilai intensitas, perairan Balikpapan terdiri atas sedimen pasir sangat halus, pasir halus hingga lanau sedang. Dengan menggunakan *SAT Caris Hips/Sips 10.4*, hasil analisis sedimen menunjukkan sedimen berupa lumpur sedang terjadi karena pada pengolahan menggunakan *SAT* terdapat interpolasi nilai pengukuran intensitas yang menyebabkan jenis sedimentasi cenderung



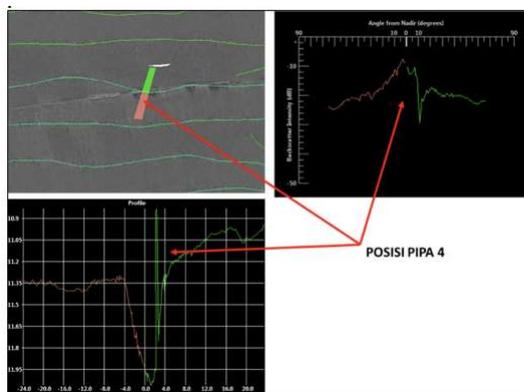
Gambar 18. Plotting Jenis Dasar Laut Perairan Balikpapan

homogen. Hasil analisis jenis dasar laut cukup berbeda dengan Peta Laut Indonesia No. 157 di perairan Balikpapan yang umumnya berupa Lumpur. Hal tersebut dapat terjadi karena dalam pengklasifikasian jenis sedimentasi pada Peta Laut Indonesia menggunakan generalisasi dan pengklasifikasian yang berbeda. Namun, secara umum jenis dasar laut di perairan Teluk

Balikpapan dari hasil pengolahan data *MBES* cenderung sama.

**d. Identifikasi Intensitas Akustik Pipa bawah laut**

Untuk mengidentifikasi nilai *backscatter* pipa bawah laut maka digunakan 4 sampel posisi pipa untuk mendapatkan besaran nilai intensitas akustiknya. Masing-masing posisi pipa diambil 10 titik sampel pada objek identifikasi pipa. Selanjutnya akan diambil rata-rata nilai intensitas akustik pada objek teridentifikasi pipa laut dengan menggunakan metode *time series*. Format ini dipilih karena tampilan pada format *time series* sangat kasar dan memiliki nilai intensitas yang bervariasi, sedangkan pada format *beam average*, mempunyai tampilan lebih halus dikarenakan hanya menghasilkan satu nilai intensitas tiap *beam* (Adi, 2016). Berdasarkan hasil analisis dan *ploting mosaic* keempat pipa tersebut diperoleh nilai rata-rata intensitas akustik sebesar -24.1



Gambar 19. Profil nadir identifikasi pipa

dB dengan kecenderungan nilai intensitas terbesar berada pada sisi mendekati nadir.

Hal tersebut disebabkan karena pada sisi nadir merupakan posisi dimana transmisi frekuensi sinyal yang dipancarkan oleh *MBES* berada pada posisi *narrow beam* sehingga nilai intensitas akustik pipa akan melemah seiring menjauhnya posisi pipa tersebut dari sisi nadir, namun hal tersebut bergantung juga pada bentuk topografi dasar lautnya, karena seiring bertambah besarnya sudut datang dari *MBES* terhadap dasar perairan maka nilai hambur balik akan semakin rendah (Pramudita, 2015). Sehingga, apabila terdapat *slope* yang dihasilkan oleh suatu bentukan topografi maupun objek di bawah laut dengan kekerasan material tertentu maka nilai intensitas akustiknya juga memiliki nilai yang berbeda.

Pada beberapa penelitian sebelumnya telah dilaksanakan identifikasi intensitas akustik beberapa target kapal dengan panjang relatif antara 10-90 m dan lebar antara 4-13 m seperti yang dilaksanakan oleh Indramawan, (2017), serta dengan berbagai macam jenis bahan kapal antara lain kayu, oleh Simbolon (2014) maupun besi oleh Marsugi (2012). Pada penelitian ini objek target berupa pipa laut berdiameter 20 Inchi (0,5 m)

Tabel 3. Hasil intensitas akustik penelitian

NO	NAMA	LOKASI	OBJEK	INTENSITAS	ALAT
1	Marsugi (2012)	Tuban	Bangkai Kapal	-29.84 s/d -24.84	SSS Klein Sistem 3000 (500 KHz)
2	Mahdi (2014)	Teluk Jakarta	Bangkai Kapal	-6.23 dB	SSS Klein Sistem 3000 (500 KHz)
		Selat Sunda	Bangkai Kapal	-4.20 Db	
3	Simbolon (2014)	Selat Sunda	Bangkai Kapal (Besi)	-13.3 Db s/d -2.88 dB	MBES Elac Seabem 1050D
4	Indramawan (2017)	Belawan	Bangkai Kapal (Besi)	-9.7 dB s/d -3.02 dB	MBES Kongsberg EM2040C
			Bangkai kapal (Kayu)	-27.3 dB s/d -21.5 dB	
5	Penelitian ini	Teluk Balikpapan	Pipa Laut	-24.1 dB	MBES Kongsberg EM2040C

dengan material logam yang dilapisi beton. Dalam pembuatan *mosaic*, identifikasi objek dipengaruhi oleh aspek dimensi material yang terdeteksi sesuai dengan nilai resolusi. Pada penelitian yang telah dilaksanakan, nilai intensitas objek pipa yang dideteksi mendekati nilai yang diperoleh oleh Marsugi (2012) yang menggunakan kapal besi sebagai objek penelitian, akan tetapi Marsugi (2012) menggunakan *Side Scan Sonar* sebagai peralatan penelitian. Hasil yang berbeda tersebut dipengaruhi oleh banyak aspek salah satunya adalah persamaan respon sudut pancaran yang dapat mempengaruhi nilai dalam pembuatan *mosaic backscatter* (Fonseca & Calder, 2005). Hasil tersebut dapat dilihat pada posisi pipa 2 dimana nilai intensitas akustik rata-rata memiliki nilai di bawah pipa nomor 1, 3, dan 4 yang disebabkan hasil tangkapan sinyal pada pipa tersebut berada pada sudut bukaan pada sisi *outerbeam MBES*. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilaksanakan oleh Indramawan (2017), maka nilai intensitas rata-rata pipa laut memiliki intensitas di atas bangkai kapal kayu dan di bawah bangkai kapal besi.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Pipa bawah laut di perairan Balikpapan dapat dideteksi dengan menggunakan *MBES Kongsberg 2040C*. Nilai intensitas hambur balik pipa bawah laut terdeteksi rata-rata sebesar -24,1 db dengan jenis dasar laut pada area pipa berupa lanau sedang (*medium silt*) hingga pasir sangat halus (*very fine sand*). Klasifikasi tersebut dipengaruhi oleh sudut pancaran *MBES* terhadap topografi bawah laut. Pendeteksian objek berdimensi kecil harus memperhitungkan besar *beamwidth MBES* serta kedalaman area survei yang akan berpengaruh pada tingkatan resolusi spasial. Untuk itu, pada penelitian selanjutnya validasi menggunakan *grab sampler* pada area sedimentasi masih harus dilakukan guna mengetahui dimensi material (*grain size*) sedimen melalui proses laboratorium serta diperlukan peralatan pendukung lain seperti *Sub Bottom Profiller (SBP)* sebagai pembanding untuk memperhitungkan jarak antara pipa terpendam dengan material hasil sedimentasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sangat berterima kasih kepada Komandan Pusat Hidro-Oceanografi TNI Angkatan Laut, Komandan Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut serta seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR ACUAN

- Adi, A. P. 2016. Analisis sudut pancaran (*angular response analysis*) hasil deteksi *Multibeam echosounder* di Sungai Kapuas Pontianak. (Tesis Master), Sekolah Pasca Sarjana Intitut Pertanian Bogor, Bogor.
- Caris. 2015. *Caris training module practical session part II*. Caris. Fredricton, New Brunswick, p.73
- Chotiros, N. P. 2017. *Acoustics of the Seabed as a Poroelastic Medium*. Springer Nature, Cham, Switzerland. ISBN: 978-3-319-14276-0. p. 78
- Fonseca, L., and Calder, B. 2005. *Geocoder: an efficient backscatter map constructor*. University of New Hampshire, New Hampshire.
- Galway, R. S. 2000. *Comparision of target detection capabilities of the Reson Seabat 8101 and Reson Seabat 9001 Multibeam sonars*. University of New Hampshire, New Hampshire. p. 15-17.
- Heide, D. V. 2017. *Shallowest point determination with water coloum imaging*. Maritime Institute Willem Bartentsz, Delft.
- Hutabarat, S., dan Evans, S. M. 1985. *Pengantar Oseanografi*. UI Press. Jakarta
- International Hydrographic Organization (IHO)*. 2010. *C-13 Manual on Hydrography*. International Hydrographic Bureau.
- Indramawan, B. S. 2017. Analisis nilai hambur balik pada kapal karam (*wreck*) menggunakan data multibeam echosounder di perairan Belawan. (Skripsi Sarjana). Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut. Surabaya.
- Lurton, X. 2002. *An Introduction Underwater Acoustic Principle and Aplication*. Praxis Publishing, Chichester, UK, ISBN: 9783540784807. p.69.
- Manik, H. M., Furusawa, M., dan Amakasu, K. 2006. *Measurement of sea bottom surface backscattering strength by quantitative echo sounder*. Fisheries Science, p.507. doi:10.1111/j.14444-2906.2006.01178.x.
- Marsugi, S. 2012. Kuantifikasi sinyal akustik pada beberapa target dasar laut dengan instrumen *Side Scan Sonar Klein Sistem 3000* (Skripsi Sarjana). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Poerbandono. 2015. *Hydroacoustics Survey for Study of Seabed*. Training On Seabed Classification and Multibeam Survey East Asian Hydrographic Commision. Bandung.
- Pramudita, D. Y. 2015. Pemetaan batimetri dan penerapan sudut referensi terhadap nilai hambur balik menggunakan *multibeam echosounder* (Skripsi Sarjana). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Pratomo, D. G. 2017. *Multibeam performance: Range and Angular Resolution*. Jakarta.
- Prayoga, A. 2015. Studi karakteristik hambur balik data *Multibeam echosounder* untuk klasifikasi dasar perairan (studi kasus *Marine Electronic Highway (MEH)* di *One Fathom Bank* Selat Malaka tahun 2015) (Skripsi Sarjana). Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut. Surabaya.
- Service Hydrographique et Oceanographique de la Marine (SHOM). 2014. *OSV190 Project: theoretical training*. SHOM
- Simbolon, S. 2014. Aplikasi instrumen multibeam sonar dan side scan kapal Bahuga Jaya di perairan Selat Sunda (Skripsi Sarjana). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Subarsyah, dan Aryawan, I. K. 2009. Desain survei metoda magnetik menggunakan marine magnetometer dalam pendeteksian ranjau. *Jurnal Geologi Kelautan*. 7(1), 29-35. doi: 10.32693/jgk.7.1.2009.168
- Trismadi, H. D. 2017. *Seabed classification based on multibeam echo sounder backscatter data in the area of Lombok Strait Indonesia* (Tesis Master). Hafencity Universitat, Hamburg.
- Wentworth, C. K. 1922. *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. *The Journal of Geology*. 30(5), 377–392. doi:10.1086/622910



# ANALISIS INPUT SEDIMEN SEJAK PLEISTOSEN AKHIR DI PERAIRAN UTARA PAPUA, SAMUDRA PASIFIK

## *Sediment Input Analysis Since Last Pleistocene in North Papua Waters, Pacific Ocean*

Adrianus Damanik<sup>1</sup>, Khoiril Anwar Maryunani<sup>1</sup>, Septriono Hari Nugroho<sup>2</sup>, Purna Sulastya Putra<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No. 10 Bandung 40132

<sup>2</sup> Pusat Riset Geoteknologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Sangkuriang Bandung 40135

Email: adrianusdamanik@gmail.com; khoiril.anwar.m@itb.ac.id; harry.lipi@gmail.com; purna.putra@gmail.com

Diterima : 28-05-2020, Disetujui : 03-11-2021

### ABSTRAK

Perairan Indonesia, salah satunya Perairan Utara Papua, memiliki peran penting dalam sirkulasi global, yaitu sebagai salah satu pintu masuk Arlindo yang mengalir dari Samudra Pasifik menuju Samudra Hindia. Rekonstruksi perubahan input sedimen sejak ~19 ribu tahun lalu dilakukan pada sampel sedimen laut dalam (OS-07) sepanjang 246 cm yang diambil dari kedalaman 4327 m di Perairan Utara Papua, Samudra Pasifik. Sampel diambil pada Ekspedisi Nusa Manggala 2018 dengan menggunakan penginti gravitasi pada Kapal Riset Baruna Jaya VIII. Rekonstruksi input sedimen dilakukan berdasarkan data kandungan unsur kimia Fe, Ti, dan Rb dan normalisasi unsur darat terhadap unsur laut. Input sedimentasi yang tinggi ditunjukkan pada Plesitosen Akhir (~19.5-16 ribu tahun BP) yang kemudian menurun pada ~12.5-10 ribu tahun BP yang diinterpretasikan berkaitan dengan peristiwa *Younger Dryas*. Pada Kala Holosen, input sedimen yang tinggi ditunjukkan pada ~8-5 ribu tahun BP dan ~2-0,5 ribu tahun BP, dan input sedimen yang rendah pada ~11-8 ribu tahun BP dan ~5-2 ribu tahun BP.

**Kata kunci:** geokimia unsur jejak, input sedimen, Samudra Pasifik.

### ABSTRACT

*Indonesian waters, especially North Papua Waters, have an important role in global circulation, as one of the entrances for The Indonesian Throughflow (ITF). Reconstruction of sediment input since ~19 k years were carried out on a 246 cm long deep sea sediment samples (OS-07) taken from 4327 m depth in the North Papua Waters, Pacific Ocean. Samples were taken at the 2018 Manggala Expedition using gravity corer on the Baruna Jaya VIII Research Vessel. Reconstruction of sediment input were carried out based on data on the chemical contents of Fe, Ti, and Rb and normalized terrestrial elements by marine elements. High sedimentation inputs were shown in the Late Pleistocene (~19.5-16 k years BP) and decreased at ~12.5-10 k years BP which is interpreted related to the Younger Dryas event. In the Holocene, high sediment inputs were shown at ~8-5 k years BP and ~2-0.5 thousand years BP, and low sediment inputs at ~11-8 k years BP and ~5-2 k years BP.*

**Keyword:** geochemical trace elements, sediment input, Pacific Ocean.

#### Kontribusi:

Semua kontributor memiliki kontribusi yang sama sebagai penulis utama.

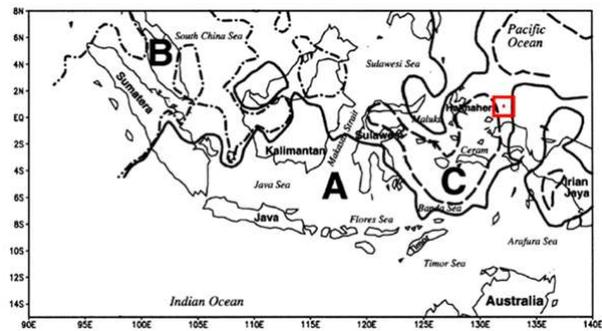
## PENDAHULUAN

Perairan Indonesia memiliki peran penting dalam sirkulasi global (*global scale oceanic belt*). Sebagai negara kepulauan yang diapit oleh Samudra Pasifik dan Samudra Hindia, Indonesia memiliki peran sebagai pintu masuk bagi massa air yang melintas dari Samudra Pasifik menuju Samudra Hindia (Hasanudin, 1998).

Berdasarkan data Tim Oseanografi pada Ekspedisi Nusa Manggala 2018 (Surinati and Corvianawatie, 2019), dinamika oseanografi di Perairan Utara Papua secara dominan dipengaruhi oleh sirkulasi massa air dalam skala regional di Samudra Pasifik. Analisis menggunakan diagram T-S (Temperatur-Salinitas), menyimpulkan bahwa massa air di Perairan Utara Papua terbagi menjadi tiga jenis yaitu 1) massa air *South Pacific Subtropical Water* (SPSW; kedalaman 0–500 m) (Gordon, 2005; Emery, 2008; Sprintall et al., 2014; Surinati, 2018); 2) massa air *Antarctic Intermediate Water* (AAIW; kedalaman 500–1500 m) (Emery, 2008; Fine dkk., 1994) dan 3) massa air *Circumpolar Deep Water* (CDW; kedalaman 1500m–dasar perairan) (Emery, 2001).

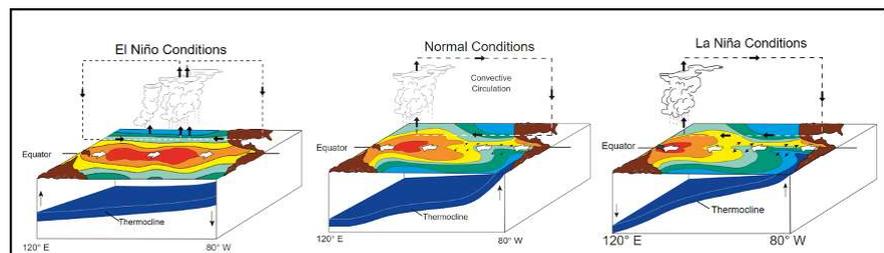
Penelitian mengenai curah hujan di Indonesia yang dilakukan oleh Aldrian dan Susanto (2013) menunjukkan bahwa iklim di Indonesia dapat dibagi menjadi tiga bagian menurut tingkat curah hujannya (Gambar 1). Region A, bagian selatan dan tengah Indonesia dipengaruhi oleh monsun barat daya (Australia) dan monsun Asia; Region B, bagian barat laut Indonesia dengan dua puncak curah hujan per tahun berkaitan dengan pergeseran *Inter-Tropical Convergence Zone* (ITCZ)/monsun Asia; dan Region C, wilayah Maluku (rute timur Arlindo) dipengaruhi *El Niño Southern Oscillation* (ENSO) dan Arlindo. Daerah penelitian terletak di Perairan Utara Papua, wilayah barat Samudra Pasifik dan diinterpretasikan tidak hanya merupakan bagian dari Region C yang tingkat curah hujannya dipengaruhi oleh sirkulasi samudra dan berkaitan dengan ENSO, namun juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti monsoon, Arlindo, dan arus Eddy (Gambar 1).

Selain sebagai pintu masuk Arlindo, Perairan Utara Papua merupakan bagian dari sirkulasi global dan dipengaruhi oleh ENSO (Gordon, 2005; Sprintall et al., 2014; Surinati, 2018). ENSO merupakan pola iklim berulang yang melibatkan sirkulasi air dan perubahan suhu di Samudra Pasifik. Philander (1990) dan NOAA (2020) mengartikan bahwa kondisi El Niño diindikasikan dengan tingginya tekanan di atas Pasifik bagian barat, angin pasat yang melemah, dan kolam air panas Pasifik Barat/ WPWP (*West Pacific Warm Pool*) bergeser ke bagian timur, konsekuensi dari peristiwa tersebut adalah penurunan suhu permukaan laut (SPL), pendangkalan termoklin dan penurunan curah hujan secara signifikan di



Gambar 1. Pembagian region iklim di Indonesia (Aldrian dan Susanto, 2003). Region A dibatasi garis, Region B dibatasi garis-titik putus-putus, dan Region C dibatasi garis putus-putus. Titik merah menunjukkan lokasi penelitian.

Samudra Pasifik Barat antara lain bagian Asia Tenggara (termasuk di daerah penelitian). Sebaliknya, di daerah timur Pasifik curah hujan meningkat, *upwelling* melemah, pendalaman termoklin, dan penurunan nutrisi. Pada kondisi La Niña, SPL akan lebih rendah, terjadi pendangkalan termoklin, dan peningkatan *upwelling* di Pasifik bagian timur, sedangkan di daerah penelitian (Pasifik barat pada umumnya) terjadi peningkatan SPL, peningkatan curah hujan dan pendalaman termoklin (Gambar 2; Philander, 1990 NOAA, 2020).



Gambar 2. Diagram skematik kondisi El Niño, normal, dan La Niña (NOAA, 2020)

Untuk mengetahui perubahan iklim, salah satunya perubahan curah hujan menjadi sangat mendasar untuk diketahui. Perubahan curah hujan dapat juga mengakibatkan perubahan input sedimen yang dapat direkonstruksi berdasarkan data kandungan unsur. Penelitian perubahan iklim telah dilakukan oleh Maryunani (2009) di Teluk Cendrawasih, Gustiantini et al. (2015) di Laut Halmahera yang merupakan lokasi jalur masuk ITF. Damanik dkk. (2020) telah melakukan rekonstruksi suhu permukaan laut (SST) dari data foraminifera di lokasi penelitian yang menunjukkan dua pola yaitu Plesitosen dan Holosen dan juga dapat menunjukkan perubahan antara suhu yang lebih rendah pada Pleistosen terhadap Holosen. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bagian dari studi pendahuluan pada kawasan terluar Indonesia dan jalur masuk Arlindo di Indonesia.

## METODE

Pengambilan data dilakukan menggunakan penginti gravitasi. Data sedimen inti dengan kode OS-07 diambil dari kedalaman 4327 m (Nugroho and Damanik, 2018) di Perairan Utara Papua, Samudra Pasifik (Gambar 1) pada Ekspedisi Nusa Manggala 2018 dari Kapal Riset Baruna Jaya VIII. Sedimen inti sepanjang 246 cm kemudian dipotong setiap satu cm menghasilkan 246 subsampel.

Penentuan umur absolut sampel sedimen dilakukan dengan metoda analisis AMS  $^{14}\text{C}$  (*radiocarbon dating*). Analisis ini dilakukan pada dua sampel yaitu bagian tengah (kedalaman 125-126 cm) dan bagian paling bawah (kedalaman 245-246 cm) dari sedimen inti. Analisis  $^{14}\text{C}$  dilakukan terhadap cangkang foraminifera planktonik yang terkandung di dalam sedimen. Preparasi foraminifera dilakukan di Laboratorium Sedimentologi, Pusat Riset Geoteknologi, BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional), sementara analisis *dating*  $^{14}\text{C}$  dengan menggunakan alat AMS  $^{14}\text{C}$  dilakukan oleh Laboratorium Beta Analytic Inc. Miami, Florida. Tiga spesies foraminifera yang dipilih untuk analisis *dating* yaitu *Pulleniatina* spp., *Neogloboquadrina* spp., dan *Globorotalia* spp., karena kelimpahannya yang tinggi sehingga volume sampel yang dibutuhkan alat AMS  $^{14}\text{C}$  (*radiocarbon dating*) dapat tercapai (4 mg). Hasil analisis umur kemudian dikalibrasikan terhadap database MARINE13 yang merupakan bagian dari program INTCAL 2013 (Reimer et al., 2013; Beta Analytic Inc., 2019).

Analisis kandungan unsur kimia dilakukan dengan interval satu cm menggunakan alat pemindai unsur jejak, yaitu Thermo NITON XL3t 500 Analyzers di Laboratorium Kimia Sumber Daya Geologi, Pusat Riset Geoteknologi, BRIN. Unsur Fe, Ti, dan Rb diinterpretasikan sebagai input sedimen darat (Dypvik and Harris, 2001; Meissner, 2007; Mollier-vogel et al., 2013; Bradley, 2015; Croudace and Rothwell, 2015), sedangkan intensitas pelapukan diinterpretasikan dengan menggunakan unsur Rb dan K. Unsur Rb cenderung lebih bertahan pada residu hasil pelapukan (akibat absorpsi atau berubah menjadi lempung), sehingga pada proses pelapukan yang lebih intens akan lebih banyak Rb yang dihasilkan daripada K (Nesbitt et al., 1980). Unsur Ca dan Sr diinterpretasikan sebagai hasil dari banyaknya proses biogenik, prediksi kandungan oksigen, kandungan

karbonat dan transgresi laut (Langer, 2008; Croudace and Rothwell, 2015).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penentuan Umur

Hasil penentuan umur terdapat pada Tabel 1. Hasil analisis umur ini digunakan untuk mengetahui rata-rata kecepatan sedimentasi dengan asumsi bahwa kecepatan sedimentasi linier (mengabaikan faktor-faktor sedimentasi

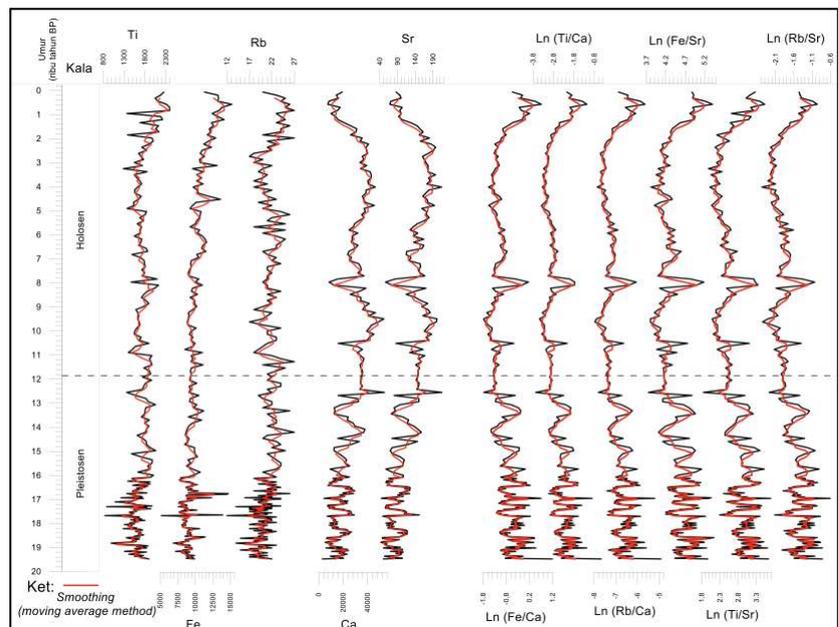
Tabel 1. Hasil penentuan umur pada sampel sedimen inti.

Interval Kedalaman (cm)	Spesies	Umur $^{14}\text{C}$ Terkalibrasi (Before Present/BP)
125-126	<i>Neogloboquadrina</i> spp.	16057 +/- 40
245-246	<i>Pulleniatina</i> spp. <i>Globorotalia</i> spp.	19490 +/- 60

seperti kompaksi, masa jenis butir, viskositas fluida) serta pada kedalaman 0 meter mewakili umur 0 tahun. Kecepatan sedimentasi yang relatif tinggi terjadi selama Pleistosen Akhir (sebelum 16057 +/- 40 BP atau pada kedalaman 126–246 cm) yaitu sekitar 34,95 cm/1000 tahun, sedangkan pada Holosen-Pleistosen Akhir (0–16057 +/- 40 BP atau pada kedalaman 0-126 cm) memiliki kecepatan sedimentasi yang lebih rendah yaitu atau 7,85 cm/1000 tahun.

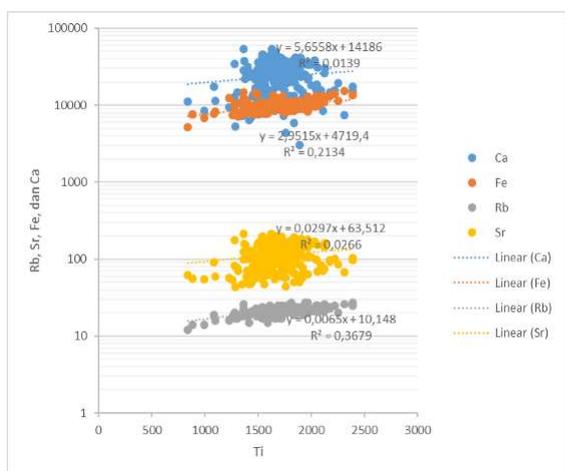
### Data Input Sedimen

Hasil analisis kandungan unsur darat (Fe, Ti, dan Rb) dan unsur laut (Ca dan Sr) ditunjukkan pada Gambar 3. Kandungan unsur darat (Fe, Ti, dan Rb) dan unsur laut (Ca dan Sr) masing-masing memiliki pola yang cukup sama. Nilai perubahan unsur Fe, Ti, dan Rb secara umum



Gambar 3. Grafik kandungan unsur darat (Fe, Ti, dan Rb), unsur laut (Ca dan Sr), dan normalisasi unsur darat terhadap unsur laut. Garis hitam putus-putus merupakan interpretasi batas Pleistosen-Holosen. Warna merah merepresentasikan *smoothing* grafik dengan menggunakan metode *moving average*.

meningkat, sedangkan perubahan nilai unsur Ca dan Sr yang memiliki pola yang berfluktuatif dengan pola yang meningkat secara signifikan..



Gambar 4. Grafik korelasi kandungan unsur unsur Rb, Sr, Fe, dan Ca terhadap Ti.

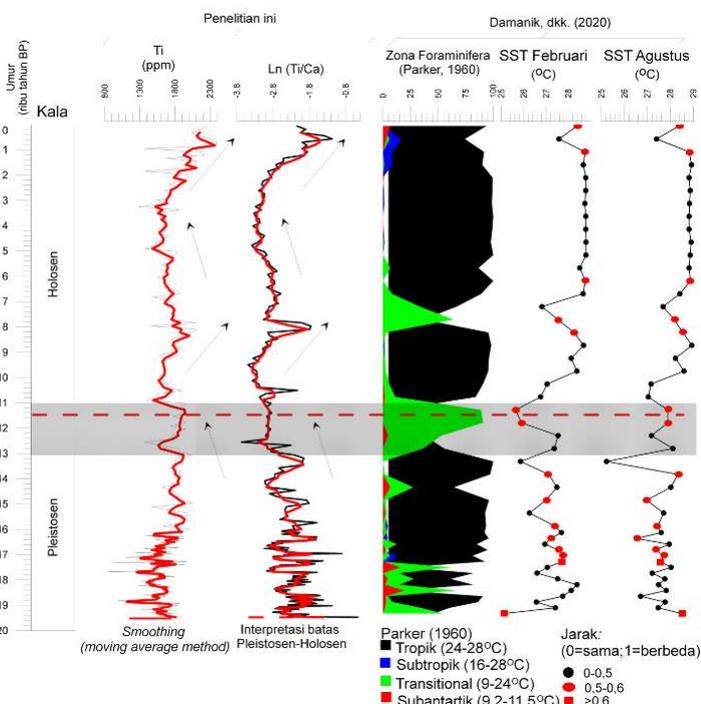
Plot bivariate (Gambar 4) antara Ti dengan unsur laut dan unsur darat lainnya menunjukkan bahwa unsur darat seperti Fe dan Rb memiliki pola yang cukup sama dengan unsur Ti, sedangkan unsur Ca dan Sr memiliki pola yang berbeda dengan nilai korelasi yang rendah ( $R^2=0,02$  dan  $0,01$ ). Hal ini mengkonfirmasi bahwa unsur Ca dan Sr sebagai unsur yang berasal dari laut pada lokasi penelitian sehingga dapat digunakan untuk menghilangkan pengaruh laut pada data unsur darat. Normalisasi unsur darat (Fe, Ti, dan Rb) terhadap unsur laut (Ca dan Sr) memperlihatkan pola yang sama yang mempertegas sumber unsur kimia tersebut dan dapat dijadikan dasar untuk analisis input sedimen (Gambar 3). Perbandingan Rb/Ca dan Rb/Sr (Gambar 3) dapat menunjukkan intensitas pelapukan, nilai yang semakin tinggi menunjukkan pelapukan yang semakin intens (Ardi, 2018; Ardi et al., 2020).

Berdasarkan hasil interpretasi input sedimen darat (Ti, Fe, Rb) terlihat tren input sedimen yang lebih tinggi pada awal Pleistosen Akhir dan kemudian terdapat pola menurun sebelum mulai meningkat lagi pada pertengahan Holosen. Normalisasi unsur darat terhadap unsur laut (Gambar 3) serta intensitas pelapukan yang diwakili nilai Ln (Rb/Ca) dan Ln (Rb/Sr) juga menunjukkan pola perubahan yang sama dengan yang ditunjukkan unsur input sedimen (Ti, Fe, Rb).

Pada Pleistosen Akhir diawali dengan input sedimen yang cukup tinggi dan berfluktuatif (~19.5-16 ribu tahun BP) yang sejalan dengan hasil penentuan umur yang menunjukkan kecepatan sedimentasi yang tinggi. Input sedimen kemudian menunjukkan penurunan secara signifikan (~16-12,5 ribu

tahun BP). Pada batas Pleistosen Akhir-Holosen (~12,5-10 ribu tahun BP) menunjukkan perubahan input sedimen yang diinterpretasikan berkaitan dengan peristiwa iklim lintang tinggi seperti yang ditunjukkan pada umur ~11-13 ribu tahun BP. Peristiwa ini diinterpretasikan sebagai *Younger Dryas* yang pada umumnya menunjukkan perubahan ekologi dan kehidupan yang cukup signifikan antara Pleistosen-Holosen (Watson dan Wright, 1980), pada lokasi penelitian memperlihatkan kelimpahan foraminifera yang sangat rendah, peningkatan kelompok foraminifera transitional (Damanik dkk., 2020; Gambar 5), penurunan input sedimen yang dapat diakibatkan penurunan curah hujan, yang kemudian diikuti peningkatan SPL, kelimpahan foraminifera (Damanik dkk., 2020), dan peningkatan input sedimen yang dapat diakibatkan peningkatan curah hujan yang signifikan yang diinterpretasikan sebagai awal Holosen.

Pada Holosen terdapat dua peningkatan input sedimen (~10-8 ribu tahun BP dan ~3-0,5 ribu tahun BP), dan dua penurunan input sedimen (~7-3 ribu tahun BP dan ~0.5 ribu tahun lalu-sekarang). Perubahan input sedimen yang salah satunya dapat diakibatkan sebagai perubahan curah hujan yang meningkat setelah pertengahan Holosen sejalan dengan penelitian sebelumnya (Damanik dkk., 2020) yang menunjukkan SPL yang lebih tinggi dan kelimpahan foraminifera yang lebih tinggi dibandingkan Pleistosen. Peningkatan kelimpahan foraminifera yang sangat signifikan pada awal Holosen ini sejalan dengan perubahan nilai unsur Ca dan Sr yang meningkat yang diinterpretasikan sebagai perubahan produktivitas laut yang signifikan (Gambar 5).



Gambar 5. Grafik perubahan nilai input sedimen dan umur, serta interpretasi peristiwa iklim.

Berdasarkan indeks mean NINO3 (Clement et al., 1999) sebagai indeks ENSO, Pleistosen Akhir cenderung menunjukkan peristiwa El Niño yang berkaitan dengan penurunan curah hujan di daerah Perairan Utara Papua, sedangkan Holosen cenderung menunjukkan La Niña yang berkaitan dengan peningkatan curah hujan di daerah Perairan Utara Papua. Hal ini dapat menjadi salah satu kemungkinan faktor dalam menginterpretasikan variabilitas input sediment pada daerah penelitian, seperti penurunan input Pleistosen Akhir (~16-12,5 ribu tahun BP) dan dengan peningkatan input sedimen pada Holosen (~10-8 ribu tahun BP dan ~3-0,5 ribu tahun BP). Adapun input sedimen yang tinggi pada Pleistosen Akhir dan dua penurunan input sedimen pada Holosen (~7-3 ribu tahun BP dan ~0,5 ribu tahun lalu-sekarang) yang tidak berkaitan dengan ENSO dapat diinterpretasikan terjadi akibat interupsi dari faktor lain seperti monsun, Arlindo, *vertical mixing*, arus Eddy, ataupun juga berkaitan dengan kedalaman pengambilan sampel yang juga dapat menyebabkan anomali input sedimen.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis kandungan kimia dapat menunjukkan perubahan input sedimen pada lokasi penelitian terlihat tren input sedimen yang lebih tinggi pada awal Pleistosen Akhir dan kemudian terdapat pola menurun sebelum mulai meningkat lagi pada pertengahan Holosen. Penurunan input sedimen terjadi pada batas Pleistosen-Holosen diduga berkaitan dengan peristiwa *Younger Dryas*. Sebagian dari variabilitas input sedimen dapat diinterpretasikan berkaitan dengan perubahan ENSO, namun dapat juga berkaitan dengan faktor lain seperti monsun, Arlindo, *vertical mixing*, arus Eddy, ataupun juga berkaitan dengan kedalaman pengambilan sampel yang juga dapat menyebabkan anomali input sedimen. Variabilitas input sedimen yang tinggi mengindikasikan Perairan Utara Papua sebagai bagian terluar Indonesia dan jalur masuk Arlindo mendapatkan pengaruh yang kompleks sehingga perlu dilakukan penelitian paleoklimat yang lebih detail dan didasarkan pada multi proksi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Riset Oseanografi, BRIN yang melaksanakan Ekspedisi Nusa Manggala 2018. Tidak lupa ucapan terima kasih kepada Coremap-CTI yang telah memberikan dana dalam ekspedisi dan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Riset Geoteknologi, BRIN atas fasilitas yang diberikan untuk melakukan analisis laboratorium. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada para reviewer yang telah memberikan saran dan masukan untuk tulisan ini, serta kepada pihak-pihak yang telah membantu dan tidak dapat disampaikan satu persatu kami ucapkan terima kasih.

## DAFTAR ACUAN

- Ardi, R. D. W. 2018. *Rekonstruksi paleoklimatologi dan paleo-oseanografi sejak Pleistosen Akhir berdasarkan kumpulan foraminifera di lepas pantai barat daya Pulau Sumba, Nusa Tenggara Timur.*, Tesis Magister, Insitut Teknologi Bandung, 84.
- Ardi, R. D. W., Maryunani, K. A., Yulianto, E., Putra, P. S., and Nugroho, S. H. (2020). Last Deglaciation—Holocene Australian-Indonesian Monsoon Rainfall Changes Off Southwest Sumba, Indonesia. *Atmosphere*, 11(9), 932.
- Beta Analytic Inc. 2019. *Radiocarbon Dating Result*, 8.
- Bradley, R. S. 2015. *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary* (Third Edit), Elsevier, Oxford, 1–36.
- Clement, A. C., Seager, R., and Cane, M. A. 1999. Orbital controls on the El Niño/Southern Oscillation and the tropical climate, *Paleoceanography*. 14(4). 441–456. <https://doi.org/10.1029/1999PA900013>
- Croudace, I. W., and Rothwell, R. G. 2015. *Micro-XRF Studies of Sediment Cores: Applications of a non-destructive tool for the environmental sciences, Developments in Paleoenvironmental Research*, Springer, London, 17, 656. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9849-5>
- Dypvik, H., and Harris, N. B. 2001. Geochemical facies analysis of fine-grained siliciclastics using Th/U, Zr/Rb and (Zr+Rb)/Sr ratios, *Chemical Geology*. 181. 131–146.
- Emery, W. J. 2001. Water Types and Water Masses, *Encyclopedia of Ocean Sciences*. 6. 3179–3187.
- Emery, W. J. 2008. Water Types and Water Masses, *Encyclopedia of Ocean Sciences: Second Edition*. 291–299. <https://doi.org/10.1016/B978-012374473-9.00108-9>
- Fine, R. A., Lukas, R., Bingham, F. M., Warner, M. J., and Gammon, R. H. 1994. The western equatorial Pacific: A water mass crossroads, *Journal of Geophysical Research*. 99(C12). 25063. <https://doi.org/10.1029/94JC02277>
- Gordon, A. L. 2005. Oceanography of the Indonesian Seas and their throughflow, *Oceanography*. 18(4). 14–27. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2005.18>
- Gustiantini, L., Maryunani, K. A., Zuraida, R., Kissel, C., Bassinot, F., and Zaim, Y. 2015. Distribusi Foraminifera di Laut Halmahera dari Glasial Akhir sampai Resen, *Jurnal Geologi Kelautan*. 13(236). 25–36.
- Hasanudin, M. 1998. Arus Lintas Indonesia (Arlindo), *Oseana*. XXIII(2). 1–9.
- Langer, M. R. 2008. Assessing the Contribution of Foraminiferan Protists to Global Ocean Carbonate Production, *Journal Eukaryot Microbiology*. 55(3).

- 163–169. <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2008.00321.x>
- Maryunani, K. A. 2009. *Microfossil approached based on Cendrawasih Bay data, to interpreting and reconstructing Equatorial Western Pacific paleoclimate since Last Glacial (Late Pleistocene)*, Disertasi Doktorat, Institut Teknologi Bandung, 141.
- Meissner, K. J. 2007. *Proxies in Late Cenozoic Paleooceanography, Developments in Marine Geology*, 1, 799–811. [https://doi.org/10.1016/S1572-5480\(07\)01025-1](https://doi.org/10.1016/S1572-5480(07)01025-1)
- Mollier-vogel, E., Leduc, G., Bösch, T., Martinez, P., and Schneider, R. R. 2013. Rainfall response to orbital and millennial forcing in northern Peru over the last 18 ka, *Quaternary Science Reviews*. 76. 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.06.021>
- Nesbitt, H. W., Markovics, G., and Price, R. C. 1980. Chemical processes affecting alkalis and alkaline earths during continental weathering, *Geochemica et Cosmochimica Acta*. 44. 1659–1666.
- NOAA 2020. What is El Niño?
- Nugroho, S. H., and Damanik, A. 2018. *On Board Report - Dinamika Iklim Masa Lalu (Paleoklimatologi) - Ekspedisi Nusa Manggala 2018*, 10.
- Philander, S. G. 1990. *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*, Academic Press, San Diego, California, 289.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk, C., Caitlin, R., Hai, E. B., and Edwards, R. L. 2013. Intcal13 and marine13 radiocarbon age calibration curves 0 – 50,000 years cal bp, *Radiocarbon*. 55(4). 1869–1887.
- Sprintall, J., Gordon, A. L., Koch-Larrouy, A., Lee, T., Potemra, J. T., Pujiana, K., and Wijffels, S. E. 2014. The Indonesian seas and their role in the coupled ocean-climate system, *Nature Geoscience*. 7(7). 487–492. <https://doi.org/10.1038/ngeo2188>
- Surinati, D. 2018. *Dinamika Oseanografi di perairan sekitar pulau-pulau kecil terluar*, Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI, 9.
- Surinati, D., and Corvianawatie, C. 2019. Dinamika Massa Air di Sekitar Pulau-Pulau Kecil Terluar (PPKT) Perairan Utara Papua, *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*. 4(3). 187. <https://doi.org/10.14203/oldi.2019.v4i3.251>



# IDENTIFIKASI PERANGKAP HIDROKARBON PALEOGEN–NEOGEN DI PERAIRAN WOKAM ARU UTARA, BERDASARKAN ANALISIS DATA SEISMIK

## *HYDROCARBON TRAPS IDENTIFICATION OF PALEOGEN–NEOGEN IN WOKAM NORTHERN ARU WATERS, BASED ON SEISMIC DATA ANALYSIS*

P. Hadi Wijaya<sup>1\*</sup>, D. Setiady<sup>1</sup>, Jusfarida<sup>2</sup>, R. Wibowo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Puslitbang Geologi Kelautan, Balitbang Kementerian ESDM

<sup>2</sup> Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

<sup>3</sup> Universitas Jenderal Soedirman

\* Email: hadiwijaya@esdm.go.id, hadiwijaya.esdm@gmail.com

Diterima : 11-02-2021, Disetujui : 01-12-2021

### ABSTRAK

Perairan Wokam termasuk daerah yang kurang data seismik dan sumur pemboran. Penelitian ini merupakan upaya mendukung keberhasilan proses penyiapan wilayah kerja migas di wilayah lepas pantai dan laut-dalam di Cekungan Palung Aru. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi awal migas dengan penambahan data seismik *multi channel* khususnya peluang lokasi perangkap selama Paleogen – Neogen sebagai salah satu unsur pendukung sistem petroleum di wilayah laut dangkal sampai laut-dalam perairan sekitar Pulau Wokam. Metode penelitian yang dilakukan adalah interpretasi penampang seismik hasil survei, pengikatan sumur pemboran dan seismik, analisis petrofisika dan pemetaan geologi bawah permukaan. Pada penampang seismik telah dilakukan interpretasi aspek struktur geologi dan perlapisan sedimen yang sebelumnya telah diikat dengan data sumur ASA-1X, ASM-1X dan ASB-1X untuk tiga horizon yaitu Top Neogen, Top Paleogen dan Base Paleogen. Berdasarkan data Peta bawah permukaan Paleogen – Neogen menunjukkan beberapa klosur yang berpotensi dibagian batas paparan dengan palung Aru. Pada bagian Tenggara terdapat kenampakan *onlapping* sedimentasi Tipe struktural yang berkembang sebagai perangkap secara dominan berupa *graben – half graben* dan *tilted fault*. *Onlapping* sedimentasi yang mebaji juga dapat berpotensi. Struktur geologi pada area penelitian secara umum dikontrol oleh sesar utama Zona Sesar Palung Aru Utara di tepian paparan sampai lereng, mengarah utara - timur laut ke selatan - barat daya. Berdasarkan interpretasi seismik dan korelasi data bor, potensi migas ini teridentifikasi empat lokasi potensi perangkap hidrokarbon dari umur Paleogen - Neogen, yaitu satu lokasi dari Peta Base Paleogen, dua lokasi Top Paleogen dan satu lokasi Top Neogen.

**Kata kunci:** Data seismik, Perairan Wokam, interpretasi struktur, dan Potensi Migas

## **ABSTRACT**

*Wokam waters include areas that lack seismic and drilled wells data. This research is an effort to support the success of the process of preparing oil and gas working areas in the offshore and deep-sea areas in the Trench Aru Basin. The purpose of this study is to identify the initial potential of oil and gas with the addition of multi-channel seismic data, especially the opportunity for trap locations during the Paleogene - Neogene as one of the supporting elements of the petroleum system in the shallow sea to deep sea waters around Wokam Island. The method is to interpret the seismic cross-section of the survey results, tie drilling and seismic wells, petrophysical analysis and mapping the subsurface geology. In the seismic section, an interpretation of the structural aspects of the geology and sediment layers has been carried out previously tied to data from the ASA-IX, ASM-IX and ASB-IX wells for three horizons, namely Top Neogen, Top Paleogene and Base Paleogene.*

*Based on Paleogene – Neogene subsurface map data, it shows several potential closures at the exposure boundary with the Aru Trench. In the southeastern part, there is an onlapping sedimentation appearance. The structural type that developed as a trap is dominantly in the form of graben - half graben and tilted fault. Onlapping sedimentation wedges can also be potential. The geological structure in the study area is generally controlled by the main fault of the North Aru Trench Fault Zone on the edge of the shelf to the slope, leading north - northeast to south – southwest. Based on seismic interpretation and correlation of drill data, this oil and gas potential identified four potential hydrocarbon trap locations from the Paleogene - Neogene age, namely one location from the Paleogene Base Map, two Top Paleogene locations and one Top Neogene location.*

**Keyword:** *Seismic data, Wokam Waters, structural interpretation, and Oil and Gas Potential*

### **Kontribusi:**

P. Hadi Wijaya, D. Setiady adalah kontributor utama pada makalah ini, sedangkan Jusfarida, R. Wibowo adalah kontributor anggota.

## PENDAHULUAN

Berkaitan dengan rendahnya capaian penjualan wilayah kerja migas 2001 – 2010, Badan Geologi merekomendasikan 38 wilayah kerja migas untuk eksplorasi dimana terdapat 12 wilayah kerja konvensional yang memiliki potensi sumber daya migas yaitu Teluk Bone Utara, Misool Timur, Atsy, Mamberamo, Boka, Buru, Aru-Tanimbar Offshore, Biak, Wamena, Sahul, Selaru, Arafura Selatan. (ekonomi.bisnis.com, 2020). Upaya mendukung keberhasilan proses penyiapan wilayah kerja migas di bawah wewenang Ditjen Migas ESDM, kajian yang optimal dan komprehensif di wilayah lepas pantai dan laut-dalam penting dilakukan. Pada *Forum Group Discussion* dengan topik Sektor Migas untuk Kawasan Timur Indonesia diperoleh informasi bahwa Cekungan Palung Aru termasuk prioritas utama yang perlu dilakukan studi eksplorasi migas (Balitbang ESDM, 2013).

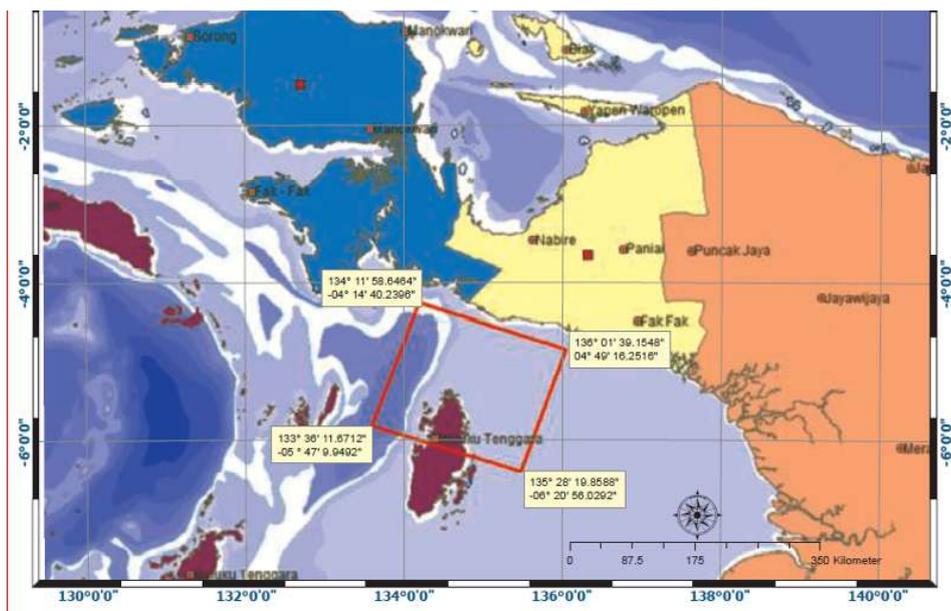
Dari aspek cekungan migas, daerah penelitian terletak pada Cekungan Palung Aru yang merupakan cekungan yang memiliki sumur pemboran namun belum berproduksi migas. Berdasarkan ketersediaan data seismik dan data sumur pemboran, daerah penelitian termasuk area yang relatif kurang memiliki data seismik dan data sumur pemboran. Wilayah Blok Wokam dan sekitarnya yang terletak di tepi timur Cekungan Palung Aru Utara, perairan Papua Barat, merupakan wilayah yang pernah ditawarkan pada lelang reguler Direktorat Jenderal Migas antara tahun 2001 – 2012 namun sampai saat ini masih terdapat area kosong yang berpotensi untuk ditawarkan sebagai WK migas baru. Data sekunder sumur pemboran antara lain: ASA-1X, ASB-1X dan ASM-1X (Gambar 1).

Lokasi daerah penelitian yaitu Perairan Papua Barat di bagian Selatan dan berbatasan dengan Kepulauan Aru bagian Utara dengan luas area 39.340 km<sup>2</sup> atau panjang 215 km ke arah barat laut – tenggara dan lebar 180 km arah timur laut – barat daya. (Gambar 1). Lokasi penelitian memiliki kerangka tektonik yang kompleks sebagai hasil tumbukan antara tiga lempeng besar, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik dan Lempeng Eurasia. Dasar Laut Arafura yang merupakan laut dangkal bersama dengan dataran rendah Papua Selatan membentuk paparan Arafura yang tersusun oleh bongkah (blok) kaku (*rigid*), dimana struktur geologi yang berkembang berarah timurlaut-baratdaya (NE-SW) terdiri atas sesar normal dan sesar anjak dan merupakan bagian dari lempeng benua Australia (Robertson, 1999).

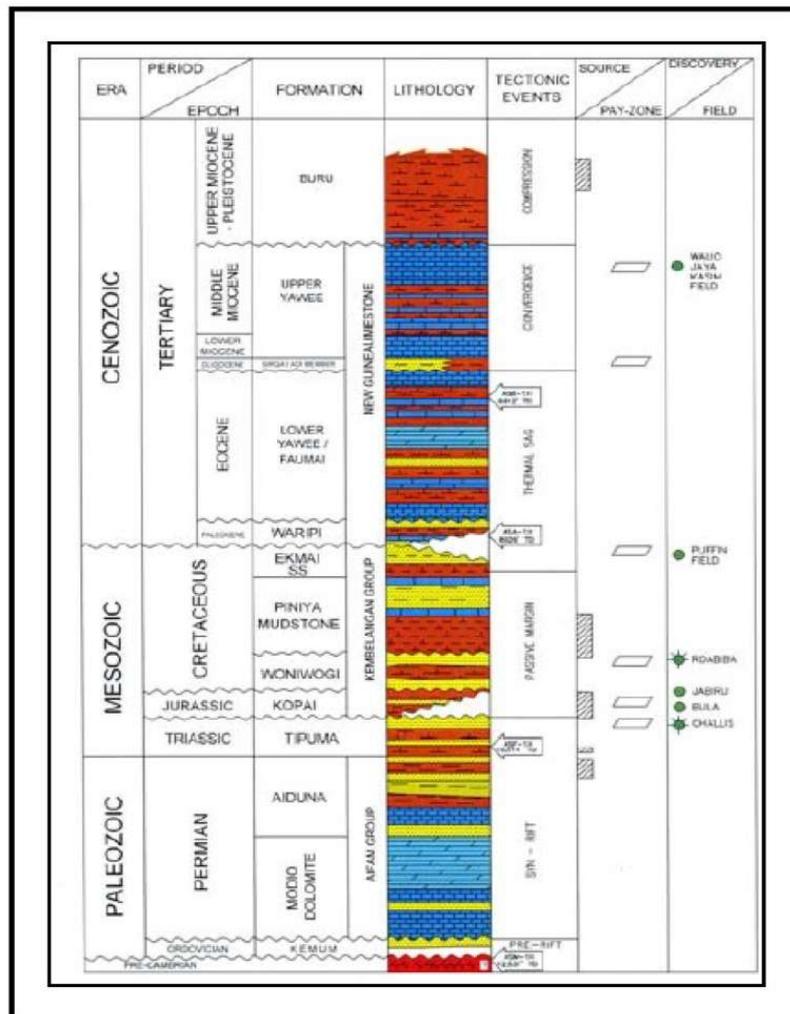
Tumbukan Neogen dan Miosen antara Australia dan Indonesia mengakibatkan onset transpresional tektonik Neogen, pengangkat lokal dan ekstensi flexural. Kondisi latar tektonik dan stratigrafi regional wilayah penelitian sangat kompleks dan umur sedimentasi yang sangat tua (Aldha dan Ho, 2008). Latar tektonik di wilayah penelitian secara regional merupakan bagian dari tepi lempeng benua Australia dengan kondisi sejarah struktur geologi yang kompleks (Gambar 2).

Bagian utara lokasi penelitian merupakan zona tektonik aktif yang dipengaruhi oleh aktivitas patahan mendatar (*transcurrent fault*) Tarera-Aiduna, patahan ini diperkirakan memiliki pergeseran mengiri/sinistral (Casarta dr., 2004).

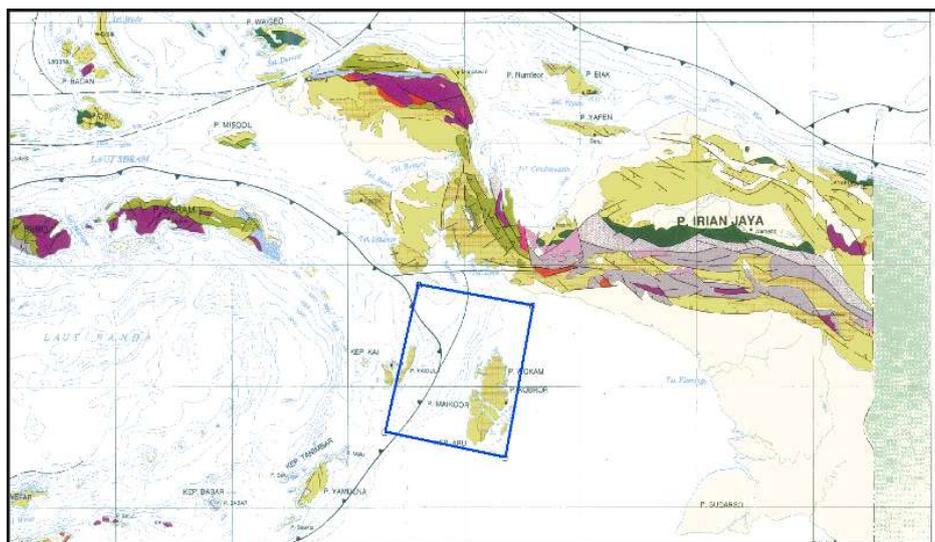
Adapun kondisi stratigrafi regional yang menggambarkan umur sedimentasi sangat tua yang dialasi batuan dasar Pre-Permian atau Cambrian, beberapa formasi Mesozoikum, dan lapisan sedimen dengan formasi bagian atas umur Tersier sampai Kuartar (Gambar 2).



Gambar 1. Lokasi penelitian yang terletak di perairan sekitar Pulau Wokam, Papua Barat



Gambar 2. Kolom stratigrafi (disederhanakan) Paparan Arafura Baratlaut (NW Arufura Shelf) (Aldha dan Ho, 2008)

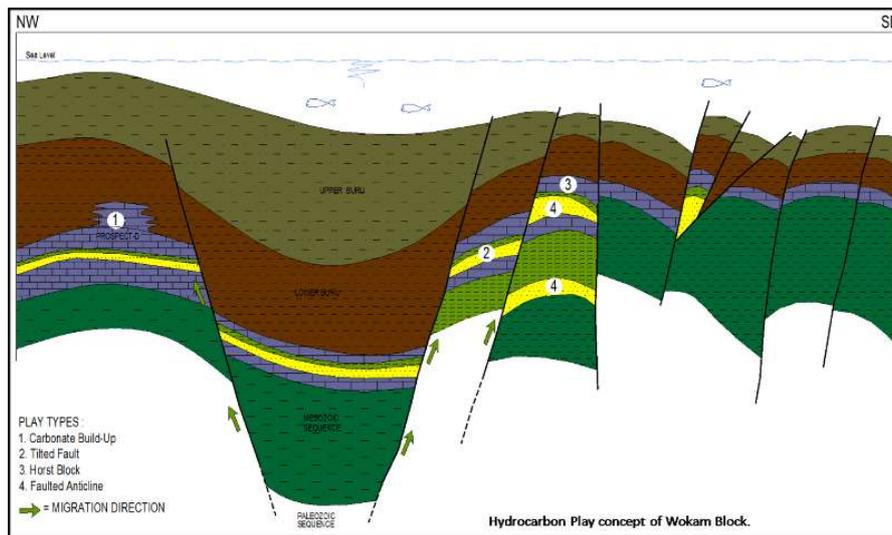


Gambar 3. Peta geologi darat dan struktur geologi regional (Sukanto drr. Badan Geologi, 2010)

Tektonostratigrafi secara umum di wilayah Aru Barat, diawali dari Prekambrium sampai Permian dicirikan oleh beberapa tahap tektonik ekstensi dan subsiden termal. Sekuen pelapisan dari Mesozoik sampai

Kenozoik dapat dibagi menjadi tujuh interval utama yaitu :

1. Sekuen *rift* Trias – S1
2. Sekuen *syn rift* Jura Mawah sampai Tengah – S3



Gambar 4. Penampang model hydrocarbon play di sekitar blok Wokam (Ditjen Migas, 2011)

3. Sekuen *syn rift* Jura Atas sampai Kapur Bawah –S3
4. Sekuen *rift* Paska Kapur- S4
5. Sekuen pasif margin Tersier Awal-S5
6. Sekuen tumbukan Miosen
7. Sekuen tumbukan Kuarter

Berdasarkan pemetaan di darat dan data pemboran yang telah ada, stratigrafi di lokasi penelitian terdiri dari batuan-batuan sedimen Resen sampai Pra Kambrium serta memiliki kemiripan dengan unit-unit stratigrafi di Cekungan Salawati dan Cekungan Bintuni.

Batuan dasar terdiri atas gabro dan batuan metamorfosa Pra Kambrium. Diatas batuan dasar tersebut secara tidak selaras ditempati oleh batuan berumur Perm, terdiri dari Dolomit Modio dan Formasi Aiduna. Diatas batuan Perm, secara selaras ditutupi oleh batuan klastik Mesozoikum (Formasi Tipuma, Formasi Kopai, Formasi Woniwogi, Formasi Piniya dan Formasi Ekmai), dan secara setempat diselingi oleh batuan karbonat.

Formasi Ekmai tertutup secara tidak selaras oleh batugamping dan batuan-batuan sedimen klastik berumur Paleosen – Miosen (Formasi Waripi, Formasi Yawee bagian bawah, Anggota Adi dan Formasi Yawee bagian atas). Secara tidak selaras diatasnya adalah serpih dan batulempung marin, setempat batuan karbonat dari Formasi Buru yang berumur Miosen Akhir sampai Plio-Pleistosen.(Gambar 3.)

Formasi Kopai terdiri dari Serpih, batulanau dan perselingan batubara dari Formasi Buru (sama dengan Formasi Klasepat di Cekungan Salawati) dapat dipertimbangkan sebagai salah satu batuan asal utama di daerah ini. TOC dari Formasi Buru diharapkan berkisar antara 1,1 sampai 7,2% sama dengan Cekungan Salawati (Livsey dr., 1992). Saat ini dilaporkan hasil analisa geokimia Formasi Buru telah terbukti memiliki kualitas TOC terbagus berkisar 1-3 % yang dapat dipertimbangkan menjadi batuan induk (Gambar 4).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi awal migas dengan penambahan data seismik *multi channel* khususnya peluang lokasi

perangkap selama Paleogen – Neogen sebagai salah satu unsur pendukung sistem petroleum di wilayah laut dangkal sampai laut-dalam perairan sekitar Pulau Wokam, Paper ini diharapkan dapat menambah data penunjang untuk rencana penawaran wilayah kerja migas.

## METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan analisis fasies seismik dan data kedalaman dengan didukung data data log, korelasi log, analisis sumur , data geomagnet khususnya pada sumur ASA-1X, ASB-1X, ASM-1X dan Seismik pendukung serta Literatur - literatur geologi regional. Adapun metodologi penelitian meliputi beberapa tahapan penelitian.

Tahap analisis data dilakukan dengan menggunakan beberapa perangkat lunak seperti *Microsoft Excel 2013, Note, MapInfo Professional 2010, Global Mapper V.15, Petrel Schlumberger 2008, IGRF 92 dan CorelDraw X6*. Adapun analisis data yang dilakukan sebagai berikut.

Analisis data kedalaman laut dilakukan dengan cara mengkoreksi kesalahan data perekaman dengan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel dan MapInfo Professional 2010*. Kemudian di *Input* dalam bentuk *X.Y.Z* kedalam perangkat lunak *Petrel 2010* untuk membuat peta batimetri. Setelah pemodelan peta batimetri jadi. Maka dilakukan analisis morfologi untuk mengidentifikasi salah satu keadaan geologi pada daerah penelitian.

Analisis data *Well log* ASA 1X, ASB 1X dan ASM 1X dilakukan untuk mengetahui litologi digunakan untuk membantu mengidentifikasi keadaan stratigrafi dan korelasi stratigrafi pada daerah penelitian. Serta untuk menentukan batas atas dan batas bawah Zaman Paleogen - Neogen yang dijadikan fokus studi menggunakan perangkat lunak *Petrel* (Schlumberger, 2010)

### Analisis dan Interpretasi Penampang Seismik

1. Menganalisis dan mengidentifikasi serta membuat horison bedasarkan pendekatan fasies seismik

seperti, tekstur seismik, pola reflektor seismik dll. Serta dibantu dengan data sekunder *Well Log*.

2. Menganalisis dan mengidentifikasi struktur geologi (Sesar dan Lipatan) berdasarkan karakteristik reflektor seismik.
3. Dari hasil interpretasi horison dan struktur pada seismik digunakan untuk membuat peta struktur waktu dan peta struktur kedalaman dan peta ketebalan (Isopach) yang difokuskan pada *Top-Bottom* Zaman Paleogen – Neogen

Pada tahapan ini dilakukan analisis hidrokarbon berdasarkan data yang telah dianalisis dan di olah sebelumnya. Pada tahap ini terdiri dari beberapa analisis, yaitu

1. Identifikasi Perangkat hidrokarbon pada Zaman Paleogen - Neogen dengan menganalisis struktur geologi beserta menganalisis pola sedimentasi pada daerah penelitian
2. menganalisis dan mengintegrasikan dari beberapa peta, seperti peta struktur kedalaman, penampang seismik, peta anomali magnet dan keberadaan *petroleum sytem* untuk membuat bahan evaluasi tentang ketersediaan *lead hydrocarbon* (lokasi) beserta Perangkat Hidrokarbon yang berkembang kemudian mengurutkan peringkat perangkat berdasarkan probabilitasnya.

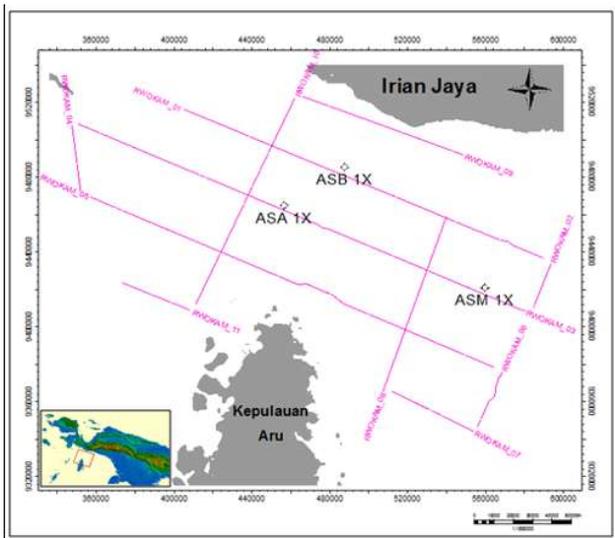
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian studi ini untuk melakukan pemetaan bawah permukaan dan identifikasi perangkat hidrokarbon dengan mengintegrasikan data geologi dan geofisika. Data geologi yang digunakan merupakan data sumur yang telah ditafsirkan yang terdiri dari tiga sumur bor, yaitu sumur ASA 1X, ASB 1X dan ASM 1X. sedangkan data geofisika yang digunakan adalah data seismik 2D *Brute stacking*.

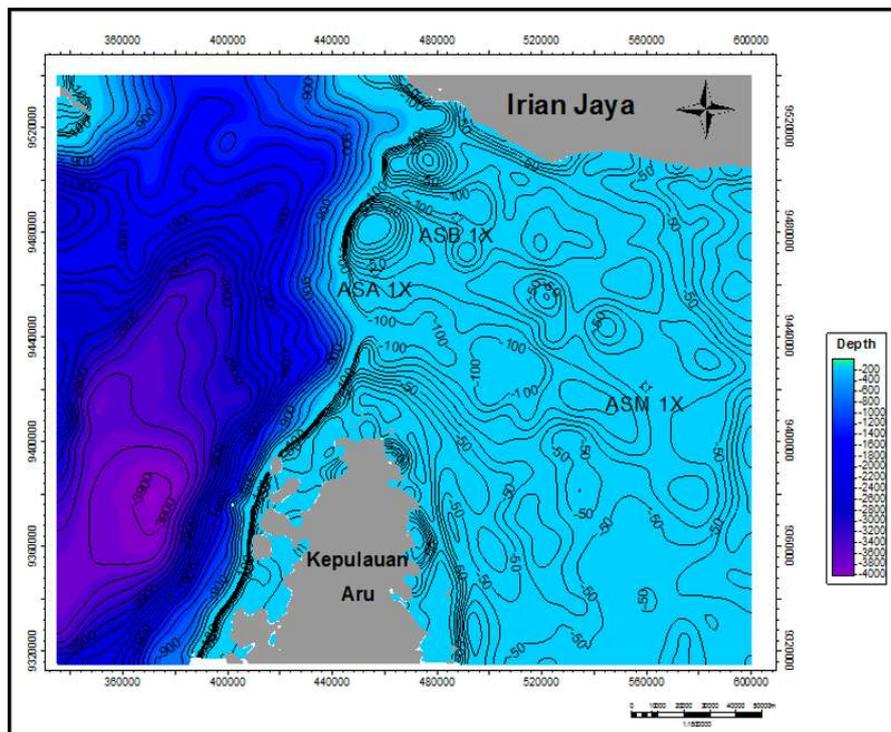
### Lintasan Seismik

Data seismik yang digunakan terdiri dari Sebelas lintasan dengan luas area 60.310,02 Km<sup>2</sup> (265.800 meter x 226.900 meter) dengan panjang lintasan seismik 1.182.675 meter (Gambar 5).

Perekaman data survey seismik dilakukan dengan menggunakan dua *airgun* antara kombinasi *airgun* 1 dan 3 atau *airgun* 2 dan 4. Kapasitas kombinasi *airgun* tersebut menjadi 400 cu in (250 cu in + 150 cu in) untuk *firing rate* lebih kurang 11.5 detik, atau mewakili *interval*



Gambar 5. Peta lintasan survey seismik dan lokasi sumur di Aru Utara Papua Barat



Gambar 6. Peta Kedalaman Permukaan dasar laut pada Perairan Aru Utara

peledakan setiap 25 meter kapal berjalan. Kecepatan kapal antara 5 sampai dengan 7 knot.

Pemilihan lokasi survey seismik berdasarkan keadaan geologi regional dan *petroleum system* pada kajian pustaka terlebih dahulu. Target survey seismik merupakan daerah paparan lempeng australia di bagian Barat laut yang memiliki karakteristik paparan lempeng dengan kedalaman yang relatif dangkal dan disesuaikan dengan panjang *streamer*.

### Kedalaman Dasar Laut (Batimetri) dan Morfologi dasar laut

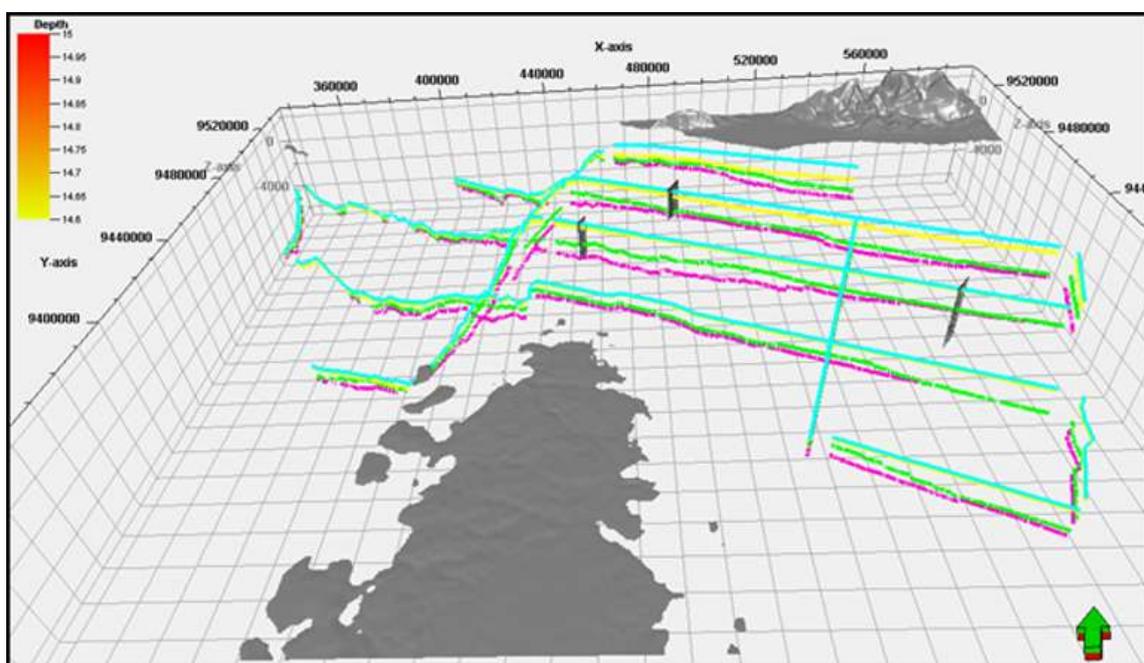
Lintasan survey batimetri dilakukan bersamaan dengan lintasan survey seismik dengan arah lintasan Baratlaut – Tenggara menggunakan *Echosounder* didapatkan dari hasil pengukuran dasar permukaan air

laut menunjukkan bahwa kedalaman Perairan Aru Utara berada di kisaran kedalaman – 1.5 meter hingga -3735.5 meter dibawah permukaan air laut (Gambar 6).

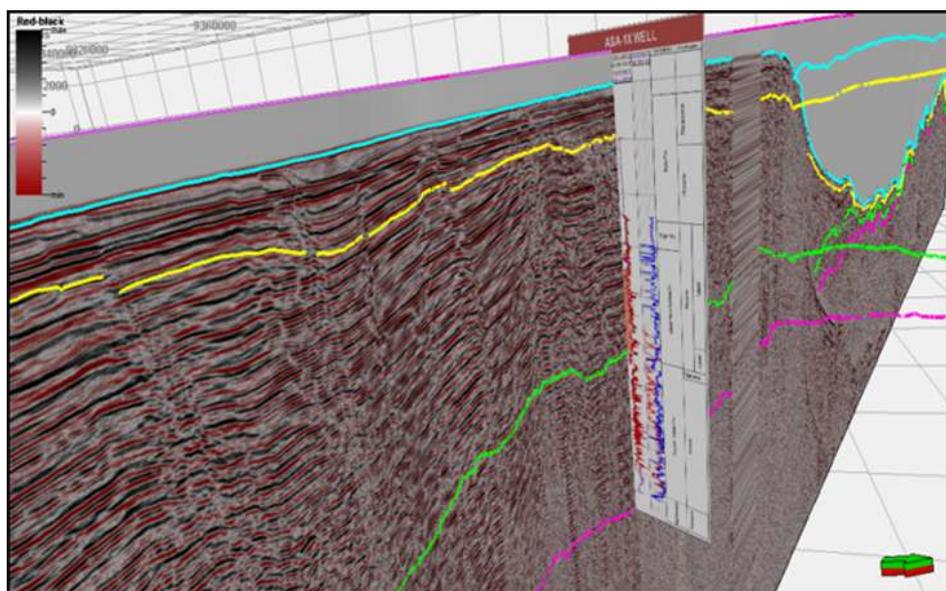
Dari hasil pengukuran kedalaman dasar laut menggunakan *echosounder* dilakukan koreksi dengan perbandingan batimetri menggunakan citra GEBCO (*General Bathymetry Chart of the Ocean*) yang kemudian di olah menggunakan software *Petrel 2008*. Citra GEBCO digunakan sebagai data koreksi dan pola trend kedalaman dpermukaan dasar laut (Batimetri), sehingga dapat dihasilkan peta kontur kedalaman permukaan dasar laut.

### Interpretasi Seismik Multi Channel

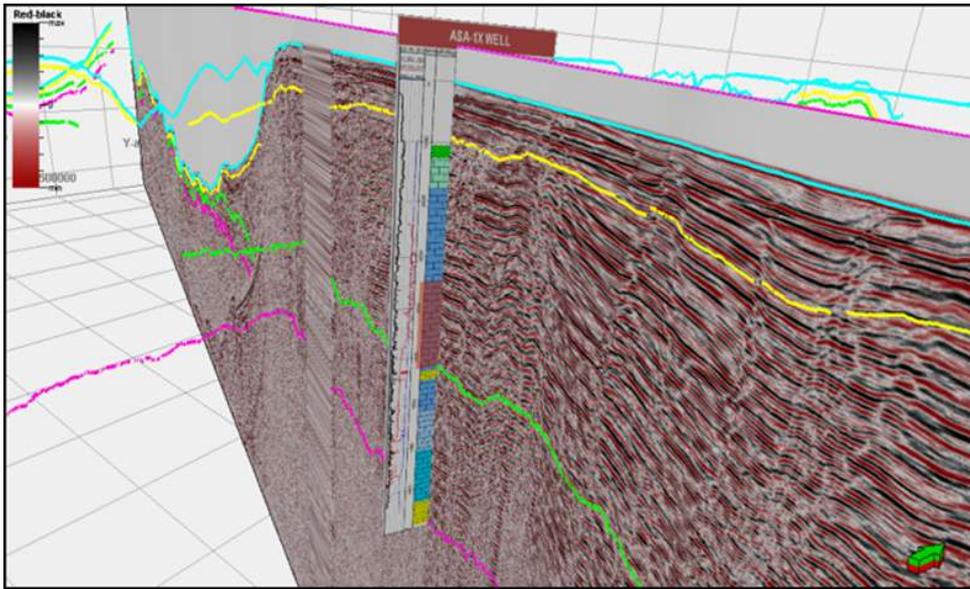
Interpretasi data seismik secara geologi merupakan tujuan dan produk akhir dari pengolahan seismik.



Gambar 7. Tampilan 3D hasil registasi sumur bor dengan horison pada daerah penelitian



Gambar 8. Penentuan *marker* terhadap kemenerusan horison menggunakan registasi sumur bor berdasarkan kurva log dan litologi.



Gambar 9. Penentuan *marker* terhadap kemenerusan horison menggunakan registasi sumur bor berdasarkan kurva log dan batas umur

Interpretasi yang dimaksud adalah menentukan atau memperkirakan suatu keadaan geologi dari gambaran gambaran seismik. Interpretasi tidak dapat dikatakan mutlak benar karena pada dasarnya tidak ada yang dapat mengetahui keadaan bumi secara valid. Interpretasi hanya dapat di uji dari satu data ke data lainnya, saling berhubungan, oleh karena itu semakin banyak data yang digunakan terintegrasi secara maksimal akan memperoleh keakuratan data yang semakin baik.

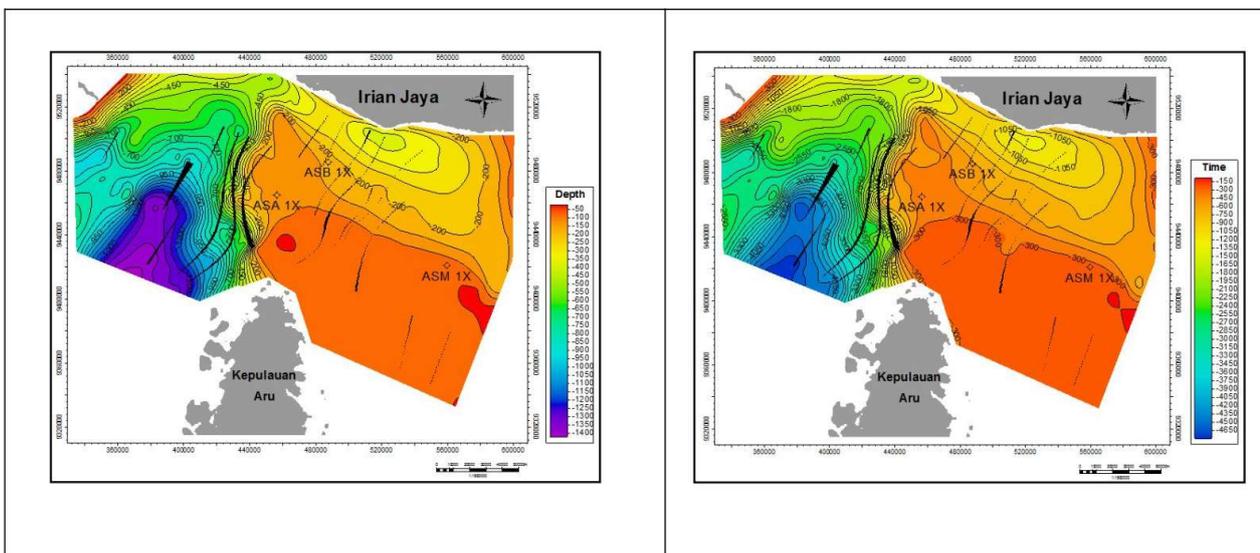
Interpretasi data log dengan data seismik menjadi hal yang sangat penting. Kedua data ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing masing. Data seismik memiliki resolusi horisontal yang baik, namun dari segi resolusi vertikal kurang baik, sedangkan data log sebaliknya. Data log memiliki resolusi vertikal jauh lebih baik dibandingkan data seismik namun resolusi horisontalnya kurang baik. Mengintegrasikan kedua data

tersebut akan menghasilkan interpretasi yang cukup akurat.

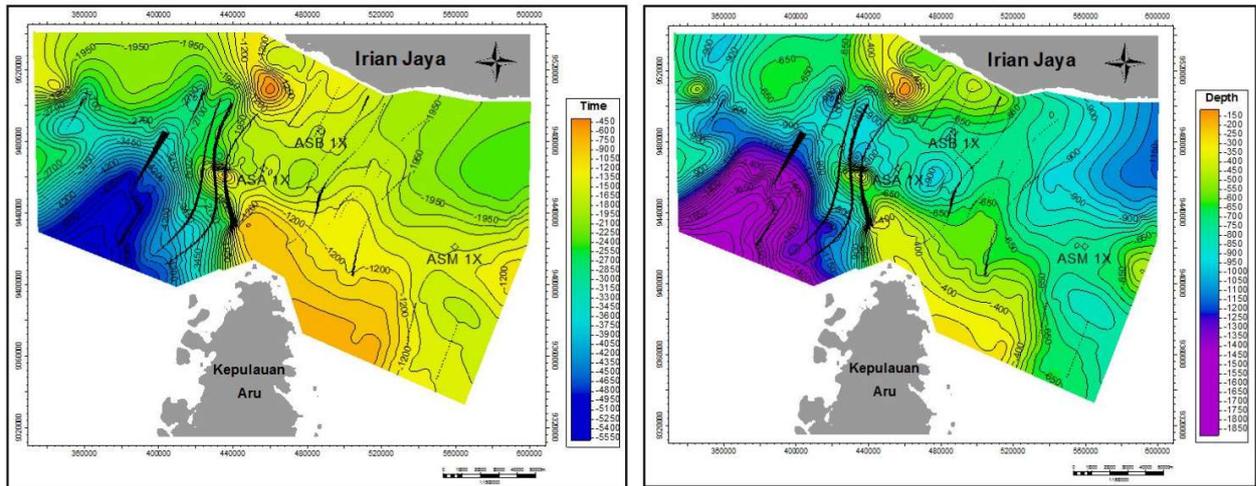
Interpretasi seismik dilakukan dengan mengacu pada tiga sumur bor hasil dari *Joint study* Ditjen Migas, melalui Pusdatin yaitu Sumur ASA 1X, ASB 1X dan ASM 1X. interpretasi yang dilakukan adalah dengan menginterpretasi keberadaan horison dan struktur pada data seismik. Interpretasi dilakukan pada penelitian adalah melakukan interpretasi horison pada seismik yaitu pada batas bawah Zaman Paleogen, Batas atas Zaman Paleogen dan Batas Atas Zaman Neogen (Gambar 7,8 dan 9).

### Peta Struktur Waktu dan Kedalaman *Top* Neogen

Peta struktur waktu *Top* Neogen memiliki interval waktu -88.77 hingga -4789.82 *millisecond*. Secara histogram penyebaran, waktu teban banyak berada pada



Gambar 10. A. Peta Struktur waktu *Top* Neogen, B. Peta Struktur kedalaman *Top* Neogen



Gambar 11. A. Peta Struktur waktu *Top* Paleogen, B. Peta Struktur kedalaman *Top* Paleogen

interval 250 – 500 ms (*millisecond*) dengan persentasi 24%. Interval kontur peta struktur waktu 250 ms. Sedangkan peta struktur kedalaman *Top* Neogen berada di interval kedalaman -25 hingga -1420.51 meter dibawah permukaan laut. Secara histogram, penyebaran kedalaman terbanyak pada kedalaman 0 – 100 meter dibawah permukaan laut dengan persentasi 29%. Interval kontur peta struktur kedalaman 50 meter (Gambar 10).

Secara keseluruhan antara peta struktur waktu dan peta struktur kedalaman tidak jauh berbeda hanya terdapat beberapa perbedaan pada klosur. Secara keseluruhan morfologi *Top* Neogen terdapat palung pada bagian Baratdaya yang mendangkal kearah Baratlaut kemudian terus mendangkal kearah Timur dan bagian Tenggara pada daerah penelitian.

#### Peta Struktur Waktu dan Kedalaman *Top* Paleogen

Peta struktur waktu *Top* Paleogen memiliki interval waktu -391.44 hingga -5599.45 *millisecond*. Secara histogram penyebaran, waktu teban banyak berada pada interval 1500 – 1750 ms (*millisecond*) dengan persentasi

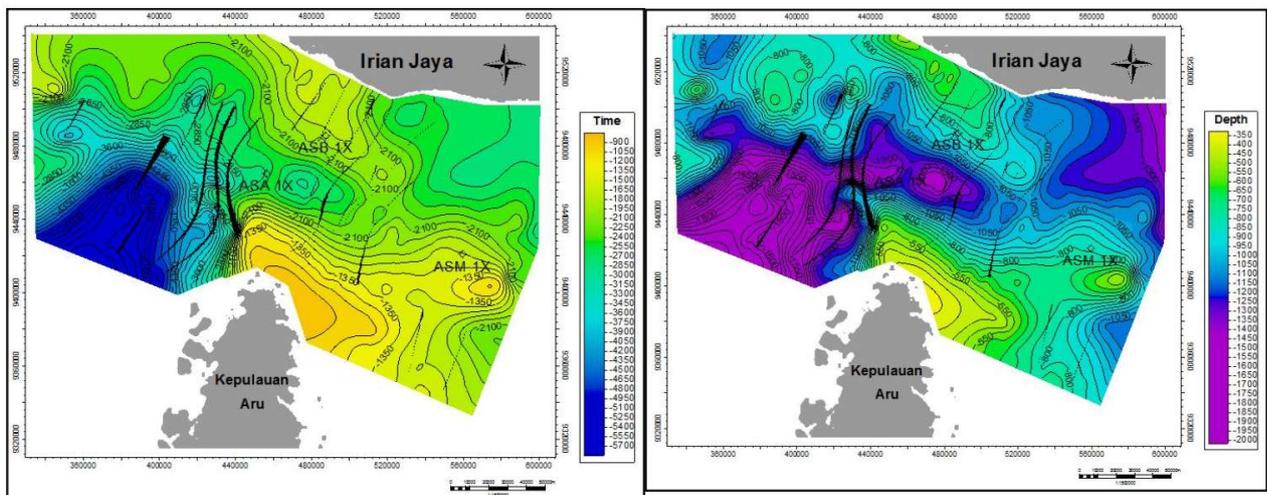
17.5%. Interval kontur peta struktur waktu 250 ms (Gambar 11).

Sedangkan peta struktur kedalaman *Top* Paleogen berada di interval kedalaman -15.96 hingga -1889.15 meter dibawah permukaan laut. Secara histogram, penyebaran kedalaman terbanyak pada kedalaman 700-800 meter dibawah permukaan laut dengan persentasi 21.2%. Interval kontur peta struktur kedalaman 50 meter. Secara keseluruhan antara peta struktur waktu dan peta struktur kedalaman sudah mulai menunjukkan berbeda cukup berbeda.

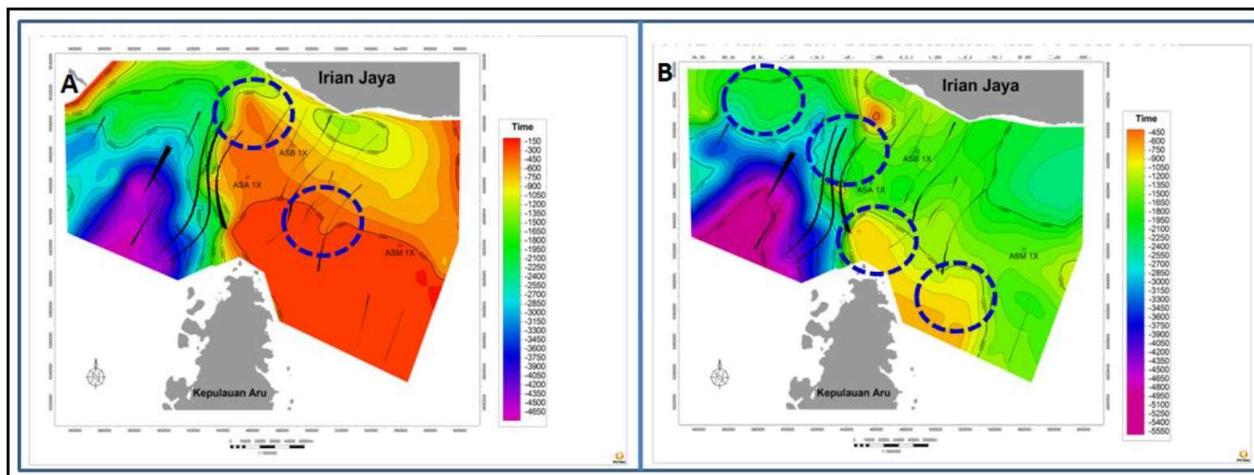
Secara keseluruhan morfologi *Top* Paleogen palung berada di Baratdaya kemudian semakin mendangkal kearah Baratlaut. Sedangkan pada bagian paparan pada zaman ini tinggian berada pada sisi sebelah utara dan selatan saja, belum secara menyeluruh dan bagian tengah paparan hingga kearah Timurlaut masih berupa rendahan.

#### Peta Struktur Waktu dan Kedalaman *Bottom* Paleogen

Peta struktur waktu *Bottom* Paleogen memiliki interval waktu -751.51 hingga -5844.91 *millisecond*.



Gambar 12. A. Peta Struktur waktu *Bottom* Paleogen, B. Peta Struktur kedalaman *Bottom* Paleogen



Gambar 13. A. Identifikasi perangkap hidrokarbon pada Peta Struktur Kedalaman *Top Neogen*, B. Identifikasi perangkap hidrokarbon pada Peta Struktur Kedalaman *Top Paleogen*

Secara histogram penyebaran, waktu tebanyak berada pada interval 2500 - 2750 ms (*millisecond*) dengan persentasi 16.4%. Interval kontur peta struktur waktu 250 ms (Gambar 12).

Sedangkan peta struktur kedalaman *Bottom Paleogen* berada di interval kedalaman -329.62 hingga -2015.33 meter dibawah permukaan laut. Secara histogram, penyebaran kedalaman terbanyak pada kedalaman 1100-1200 meter dibawah permukaan laut dengan persentasi 13.5%. Interval kontur peta struktur kedalaman 50 meter. Secara keseluruhan antara peta struktur waktu dan peta struktur kedalaman menunjukkan perberdaan cukup tinggi berbeda.

Secara keseluruhan morfologi *Bottom Paleogen* palung berada di Baratdaya memanjang kearah Timur laut kemudian semakin mendangkal kearah Utara dan Selatan. Sehingga tinggian berada pada sebelah Tenggara dan Utara hingga Barat laut.

Struktur geologi pada area penelitian secara umum dikontrol oleh sesar utama Zona Sesar Palung Aru Utara di tepian paparan sampai lereng, mengarah utara - timur laut ke selatan - barat daya. Struktur ikutan yaitu sesar-sesar normal mengarah utara - timur laut ke selatan - barat daya di paparan sebelah timur zonal sesar utama.

Studi awal potensi migas di perairan Wokam berdasarkan hasil survei KR. Geomarin III, dari hasil interpretasi awal seismik *stacking single-channel*, dijumpai enam lokasi potensi jebakan hidrokarbon dari umur Paleogen - Neogen, yaitu dua lokasi lokasi dari Peta Top Neogen, dan empat lokasi Top Paleogen (Gambar 13).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penampang seismik dari hasil survei dengan KR. Geomarin III di perairan Wokam 2014 telah dilakukan interpretasi aspek struktur geologi dan perlapisan sedimen yang sebelumnya telah diikat dengan data sumur ASA-

1X, ASM-1X dan ASB-1X untuk tiga horizon yaitu Top Neogen, Top Paleogen dan Base Paleogen.

Dari hasil peta struktur kedalaman Top Neogen, Top Paleogen dan *Bottom Paleogen* pada morfologi Top Neogen terdapat palung pada bagian Baratdaya yang mendangkal kearah Baratlaut kemudian terus mendangkal kearah Timur dan bagian Tenggara pada daerah penelitian. Pada morfologi Top Paleogen palung berada di Baratdaya kemudian semakin mendangkal kearah Baratlaut. Sedangkan pada bagian paparan pada zaman ini tinggian berada pada sisi sebelah utara dan selatan saja, belum secara menyeluruh dan bagian tengah paparan hingga kearah Timurlaut masih berupa rendahan. Adapun untuk morfologi *Bottom Paleogen* palung berada di Baratdaya memanjang ke arah Timurlaut kemudian semakin mendangkal kearah Utara dan Selatan. Sehingga tinggian berada pada sebelah Tenggara dan Utara hingga Baratlaut.

Struktur geologi pada area penelitian secara umum dikontrol oleh sesar utama Zona Sesar Palung Aru Utara di tepian paparan sampai lereng, mengarah utara - timur laut ke selatan - barat daya. Struktur ikutan yaitu sesar-sesar normal mengarah utara - timur laut ke selatan - barat daya di paparan sebelah timur zonal sesar utama.

Studi awal potensi migas di perairan wokam berdasarkan hasil survei KR. Geomarin III, dari hasil dari interpretasi awal seismik *stacking single-channel*, dijumpai enam lokasi potensi jebakan hidrokarbon dari umur Paleogen - Neogen, yaitu dua lokasi lokasi dari Peta Top Neogen, dan empat lokasi Top Paleogen.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Bapak Kepala Puslitbang Geologi Kelautan serta rekan-rekan tim survei KR Geomarin III Wokam Aru Utara yang tidak bisa kami sebut satu per satu, yang telah banyak membantu sampai selesainya paper ini.

## DAFTAR ACUAN

- Aldha, T dan Ho, K.J., 2008. Tertiary Hydrocarbon Play in NW Arafura Shelf, Offshore South Papua: Frontier Area in Eastern Indonesia, *Proceeding IPA 32nd Annual Convention & Exhibition*, Jakarta
- Balitbang ESDM, 2013. *Forum Group Discussion Sektor Migas untuk Kawasan Timur Indonesia*, Hand-out Presentasi. Jakarta
- Casarta, L.J., Salo, J.P., Tisnawidjaja, S., and Sampurno, S.T., 2004. Wiriagar Deep: the Frontier Discovery that Triggered Tangguh LNG: *Proceedings of the Indonesian Petroleum Association*, 21 p.
- Ditjen Migas, 2011. *Hasil Joint Studi di Blok Aru Utara Papua*, Hand-out Presentasi, Jakarta
- Livsey A.R, Duxbury N and Richards F., 1992. The geochemistry of Tertiary and Pre-Tertiary Source Rocks and associated oils in Eastern Indonesia. *Proceedings, 21st Annual Convention Indonesian Petroleum Association*, p. 500-520.
- Schlumberger, 2010. *Petrel Introduction G&G Course*, Houston
- Sukamto, R., Ratman, N., Simandjuntak, T.O., 2010. *Peta Geologi Indonesia Sekala 1:5.000.000*, Copyright Badan Geologi Kementerian ESDM
- Robertson, J., 1999. Tangguh—Discovery of a Major Gas Province in Irian Jaya, Indonesia: *Proceedings of the Indonesian Petroleum Association*, 2 p.
- <https://ekonomi.bisnis.com/read/20201117/44/1318515/butuh-temuan-raksasa-skk-migas-genjot-eksplorasi-migas>



# PANDUAN PENULISAN MAKALAH ILMIAH JURNAL GEOLOGI KELAUTAN

## PETUNJUK UMUM PENULISAN

Naskah merupakan karya asli mengenai berbagai aspek penelitian atau artikel ulasan balik/tinjauan (*review*) tentang geologi kelautan, baik sains maupun terapan, dan ilmu lain yang terkait. Naskah belum pernah dipublikasikan atau tidak sedang diajukan pada majalah/jurnal lain yang dinyatakan dalam surat pernyataan penulis dan diketahui oleh pimpinan instansi.

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia yang baik dan benar dilengkapi dengan Sari dalam bahasa Indonesia dan *Abstract* dalam bahasa Inggris. Naskah yang isi dan formatnya tidak sesuai dengan pedoman penulisan Jurnal Geologi Kelautan akan ditolak oleh dewan redaksi dan dewan redaksi tidak berkewajiban untuk mengembalikan naskah tersebut. **Dewan redaksi tidak menerima naskah dengan penulis tunggal.**

## FORMAT PENULISAN NASKAH

### Umum

Halaman pertama naskah berisi **judul makalah dalam bahasa Indonesia & Inggris**, nama setiap penulis, nama dan alamat institusi masing-masing penulis ( nomor telepon dan atau alamat e-mail), sari dan *abstract*, kata kunci/*keyword* (ditulis di bawah Sari/*Abstract*).

Setiap halaman diberi nomor secara berurutan termasuk halaman gambar dan tabel. Naskah ditulis minimum 1000 kata diketik dengan komputer dalam *MS-Word* dengan huruf *Times New Roman, Font-12*, dua spasi.

Susunan naskah dibuat seperti berikut:

Naskah hendaknya ditulis dalam susunan sebagai berikut: (1) judul, (2) sub judul, (3) penulis dan alamat penulis, (4) sari dalam bahasa Indonesia dan Inggris disertai kata kunci, maksimum 200 kata, (5) pendahuluan, (6) metode, (7) hasil penelitian, (8) pembahasan, (9) kesimpulan dan saran, (10) ucapan terima kasih, (11) daftar acuan, (12) lampiran (jika ada), (13) gambar dan tabel, serta keterangannya.

## FORMAT ACUAN

Acuan disusun menurut abjad. Jika terdapat lebih dari satu acuan yang ditulis oleh orang yang sama, acuan disusun berdasarkan tanggal (yang lebih awal disebut lebih dulu) dan kemudian menurut abjad.

Beberapa contoh penulisan sumber acuan:

- *Buku:*  
Kearey Philip, Brooks Michael and Hill Ian, 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration*. Blackwell Sciences Company, Iowa, USA, 3rd ed., 262h.
- *Jurnal*  
Clarke, J.D.A. and Ringis, J., 2000. Late Quaternary Stratigraphy and Sedimentology of the Inner part of Southwest Joseph Bonaparte Gulf. *Australian Journal of Earth Sciences*, 47, h.715-732

- *Prosiding*

Moore, D.E., Goodman H.E., Norman P.D., 1995. Application of 3-D Seismic/Forward Modeling to Water Shutoff and Other Reservoir Management Issues. *Proc. 24<sup>th</sup> Ann. Conv. IPA*, Jakarta, Indonesia.

- *Peta*

Astawa, I.N., Kusnida, D. & Arifin, L., 2003. *Peta Geologi Dasar Laut Perairan Sepanjang*, skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.

- *Informasi dari Internet*

Cantrell, C., 2006. Sri Lankan's tsunami drive blossom: *Local man's effort keeps on giving*.  
[Http://www.boston.com/news/local/articles/2006/01/26/sri\\_lankans\\_tsunami\\_drive\\_blossoms/](http://www.boston.com/news/local/articles/2006/01/26/sri_lankans_tsunami_drive_blossoms/)[26 Jan 2006], Jam Download.

## **PENGIRIMAN**

Penulis diminta mengirimkan naskah asli beserta dokumennya (File) di dalam *compact disk (CD)* yang disiapkan dengan program *Microsoft Word* pada alamat redaksi.

Pengiriman naskah harus disertai surat resmi dari penulis penanggungjawab dan dilengkapi dengan alamat kantor, nomor telepon/hp, alamat e-mail. Penulis bertanggung jawab atas isi naskah dan legalitas pengiriman naskah yang bersangkutan.

***CALL FOR PAPER :***

Redaksi menerima makalah ilmiah dari pembaca untuk diterbitkan dalam jurnal ini dengan mengacu kepada persyaratan tersebut di atas.

# SERTIFIKAT

Kementerian Riset dan Teknologi/  
Badan Riset dan Inovasi Nasional



Petikan dari Keputusan Menteri Riset dan Teknologi/  
Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional

Nomor 200/M/KPT/2020

Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode III Tahun 2020

Nama Jurnal Ilmiah

**Jurnal Geologi Kelautan : Media Hasil Penelitian Geologi Kelautan**

E-ISSN: 25278851

Penerbit: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah

**TERAKREDITASI PERINGKAT 2**

Akreditasi Berlaku selama 5 (lima) Tahun, yaitu  
Volume 18 Nomor 1 Tahun 2020 sampai Volume 22 Nomor 2 Tahun 2024

Jakarta, 23 Desember 2020

Menteri Riset dan Teknologi/  
Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional  
Republik Indonesia,



*Bambang P. S. Brodjonegoro*  
Bambang P. S. Brodjonegoro



**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN GEOLOGI KELAUTAN  
KANTOR PUSAT :**

**Jl. Dr. Junjunan No. 236, Bandung-40174  
Telp. 022-6032020, 6032201, Fax. 022-6017887**

**KANTOR PENDUKUNG :**

**Jl. Kalijaga No. 101 Cirebon-45113  
Telp. 231-207037, Fax. 231-246304**

**<http://www.mgi.esdm.go.id>, email : [ejournal.p3gl@gmail.com](mailto:ejournal.p3gl@gmail.com)**