



JURNAL GEOLOGI KELAUTAN

MEDIA HASIL PENELITIAN GEOLOGI KELAUTAN

Volume 20, No. 2, November 2022

ISSN : 1693- 4415



KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
BADAN GEOLOGI
BALAI BESAR SURVEI DAN PEMETAAN GEOLOGI KELAUTAN

JURNAL GEOLOGI KELAUTAN

VOL. 20

NO. 2

HAL. 67 - 117

**BANDUNG
NOV. 2022**

**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. 20, No. 2, November 2022

ISSN : 1693-4415

Penanggungjawab : Kepala Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan

Dewan Redaksi

Ketua : Ir. Deny Setiady, M.T.

Wakil Ketua : Ir. Imelda Rosalia Silalahi

Anggota : Ir. Purnomo Rahardjo, M.T.
Mira Yosi, S.Si., M.T.
Nineu Yayu Geurhaneu, S.Si., M.T.
Subarsyah, S.Si., M.T.
Hilda Lestiana, S.Si., M.T.
FX. Harkins H. Prabowo, S.T., M.T.
Eko Saputro, S.T., M.T.
Yani Permanawati, S.T., M.Si.
Fauzi Budi Prasetyo, S.T., M.T.
Ir. Nur Adi Kristanto, M.T.
Ali Albab, S.T.
Agus Setyanto, S.T., M.Eng.

Mitra Bestari : Dr. Susilohadi - BRIN
Ir. Dida Kusnida, M.Sc. - BRIN
Imam Setiadi, S.Si., M.T. - BBSPGL
Dr. Basuki Rahmad - UPN
Dr. Ir. Widodo Setyo Pranowo - BRIN
Drs. Lukman Arifin, M.Si. - BRIN

Sekretariat Redaksi

Ketua : Ir. Immaculata Christiana, M.T.

Wakil Ketua : Drs. Judy Muliawan Eddy

Anggota : Dery Rochiman, A.Md.
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 : Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan

ALAMAT REDAKSI

Balai Besar Survei dan Pemetaan 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

PENGANTAR REDAKSI

Pembaca yang budiman,

Jurnal Geologi Kelautan merupakan media publikasi antar para pakar di bidang kebumihantoran yang secara spesifik tentang geologi kelautan. Transformasi lembaga Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL), di Badan Litbang ESDM menjadi Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan (BBSPGL) di Badan Geologi pada Tahun 2022 ini membawa tantangan untuk tetap menjaga mutu dan akuntabilitas dalam proses penerbitannya sebagai Majalah Ilmiah Terakreditasi .

Terbitnya edisi Jurnal Geologi Kelautan Volume 20 No. 2 tahun 2022 ini adalah berkat kerja sama dan ketekunan penulis, redaktur, editor, dan mitra bestari yang mendapat dukungan moral dan material dari pihak terkait terutama manajemen dari BBSPGL, Badan Geologi. Makalah-makalah yang diterbitkan pada edisi ini menggunakan OJS (Open Journal System) melalui tahap penilaian substansi oleh para editor dan mitra bestari yang relevan, yaitu: **Penafsiran Geologi Perairan Sumur, Ujung Kulon-Banten Berdasarkan Data Seismik Pantul Saluran Tunggal; Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 Oli-Tirs (Studi Kasus : Pantai Jolangkung Kabupaten Malang); Identifikasi Pipa Bawah Laut Menggunakan Data Geomagnet, Perairan Balikpapan, Kalimantan Timur; Analisis Sebaran Sedimen Berdasarkan Hubungan Antara Kecepatan Arus Dengan Ukuran Butir Di Perairan Pantai Sigandu Batang, Propinsi Jawa Tengah; Karakter Arus Pasut Di Perairan Pulau Putri, Nongsa, Batam Berdasarkan Pemodelan Hidrodinamika 2D; dan Karakteristik Intrusi Air Laut serta Hubungannya dengan Perubahan Topografi dan Kemiringan Lereng.**

Besar harapan kami penyajian makalah-makalah di bidang geologi kelautan pada Jurnal Geologi Kelautan ini bermanfaat bagi para pembaca. Kami mengucapkan terima kasih pada semua pihak semoga kerja sama yang telah terjalin selama ini dapat terus ditingkatkan, sehingga Jurnal Geologi Kelautan dapat makin berkualitas sebagai media para pakar bidang geologi kelautan.

Bandung, November 2022

Dewan Redaksi



JURNAL GEOLOGI KELAUTAN

MEDIA HASIL PENELITIAN GEOLOGI KELAUTAN

Vol. 20, No. 2, November 2022

ISSN : 1693-4415

DAFTAR ISI

- Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 Oli-Tirs (Studi Kasus : Pantai Jolangkung Kabupaten Malang)*
Luthfi Khairul Insan, Miftakhul Firdauz, Muhammad Denzel Religi, Rifki Anshori Azhar, Risky Rena Anggia Sari, Ferryati Masitoh----- 75-80
DOI: 10.32693/jgk.20.2.2022.743
- Identifikasi Pipa Bawah Laut Menggunakan Data Geomagnet, Perairan Balikpapan, Kalimantan Timur*
Subarsyah dan Ali Albab ----- 81-87
DOI: 10.32693/jgk.20.2.2022.768
- Analisis Sebaran Sedimen Berdasarkan Hubungan Antara Kecepatan Arus Dengan Ukuran Butir Di Perairan Pantai Sigandu Batang, Propinsi Jawa Tengah*
Agus Setyanto, Deny Setiady, Irwan Hidayat Suherman ----- 88-99
DOI: 10.32693/jgk.20.2.2022.791
- Karakteristik Intrusi Air Laut serta Hubungannya dengan Perubahan Topografi dan Kemiringan Lereng*
Lauditta Zahra, Mochamad Firman Ghazali, Ananda Dermawan, Choirunnisa Salsabila, Mila Aulia, Ni Made Mega Melliana S----- 100-107
DOI: 10.32693/jgk.20.2.2022.772
- Karakter Arus Pasut Di Perairan Pulau Putri, Nongsa, Batam Berdasarkan Pemodelan Hidrodinamika 2D*
Putri Wibawanti, Ankiq Taofiqurohman, Nineu Yuyu Geurhaneu, Subiyanto , Ibnu Faizal -- 108-117
DOI: 10.32693/jgk.20.2.2022.764

**ANALISIS PERUBAHAN GARIS PANTAI MENGGUNAKAN CITRA SATELIT
LANDSAT 8 OLI-TIRS
(STUDI KASUS : PANTAI JOLANGKUNG KABUPATEN MALANG)**

***ANALYSIS OF COASTLINE CHANGES USING LANDSAT 8 OLI-TIRS SATELLITE
IMAGE (CASE STUDY: JOLANGKUNG BEACH, MALANG REGENCY)***

**Luthfi Khairul Insan, Miftakhul Firdauz, Muhammad Denzel Religi, Rifqi Anshori Azhar, Risky
Rena Anggia Sari dan Ferryati Masitoh***

Universitas Negeri Malang

*ferryati.masitoh.fis@um.ac.id

Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

Diterima : 22-12-2021, Disetujui : 05-12-2022

ABSTRAK

Mencairnya es di kutub utara memberikan kontribusi penambahan pada volume air laut, sehingga memberikan dampak lingkungan pesisir laut seperti abrasi pantai, perubahan garis pantai dan banjir rob. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar perubahan garis pantai sebab dari kenaikan muka airlaut di Pantai Jolangkung, Kabupaten Malang antara tahun 2011-2021 menggunakan citra *Landsat-7 ETM+* dan penyelidikan lapangan. Metode yang digunakan yaitu ekstraksi garis pantai dan tumpang susun (*overlay*) data citra, sehingga diperoleh data garis pantai dan besar selisih dari perubahan garis pantai. Dari penelitian ini dapat diketahui besar perubahan garis pantai sebesar 9.723,9 m².

Kata kunci: garis pantai; gelombang; muka air laut.

ABSTRACT

The melting of Arctic ice increases seawater volume, influencing the marine coastal environment, including coastal abrasion, shoreline changes, and tidal floods. Using Landsat-7 ETM+ data and field measurements, this study attempts to assess the number of changes in coastline owing to sea-level rise at Jolangkung Beach, Malang Regency, from 2011 to 2021. The method used is coastline extraction and image data overlay to obtain shoreline data and the difference in shoreline changes. The coastline change, according to this analysis, is 9,723.9 m².

Keyword: coastline; waves; sea level.

PENDAHULUAN

Suhu global yang meningkat mengakibatkan es yang berada di dekat kutub mencair dengan kecepatan yang terus meningkat. Baik daratan maupun air memiliki kemampuan memantulkan cahaya lebih sedikit bila dibandingkan dengan es, dan akibatnya menyerap lebih banyak radiasi matahari. Hal tersebut menambah pemanasan suhu global dan menimbulkan lebih banyak lagi es yang mencair (Sasmito, 2020). Mencairnya es di kutub utara memberikan kontribusi penambahan pada volume air laut, sehingga memberikan dampak lingkungan pesisir laut seperti abrasi pantai, perubahan garis pantai dan banjir rob. Garis pantai merupakan pertemuan antara daratan dan lautan yang dipengaruhi oleh pasang surut serta keadaannya akan berubah dari waktu ke waktu (Supriyadi dr, 2017). Garis pantai mempunyai bentuk yang bervariasi dan bersifat dinamis yang membuat posisinya dapat mengalami perubahan secara terus menerus (Kasim, 2012). Perubahan garis pantai dapat disebabkan oleh faktor alami maupun antropogenik (manusia). Faktor alami berupa sedimentasi, abrasi, pemadatan sedimen pantai, kenaikan muka laut dan kondisi geologi. Faktor manusia berupa penanggulangan pantai, penggalian sedimen pantai, penimbunan pantai, pembabatan tumbuhan pelindung pantai, pembuatan kanal banjir dan pengaturan pola daerah aliran sungai (Sudarsono, 2011).

Perubahan garis pantai yang terjadi secara alamiah (gelombang, badai, dan kenaikan paras muka laut) dan non-alamiah (aktivitas manusia: penambangan pasir, reklamasi pantai, dan lain-lain) akan berpengaruh negatif baik ditinjau dari aspek strategis atau lingkungan. Aspek strategis salah satunya adalah perubahan luasan wilayah di suatu kawasan pantai, sedangkan aspek lingkungan adalah hilangnya atau bertambahnya habitat, sedimentasi dan lain-lain.

Pantai Jolangkung merupakan salah satu pantai yang terletak di pesisir selatan Pulau Jawa yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia. Letak tersebut menjadikan Pantai Jolangkung rentan terhadap kenaikan muka air laut. Kenaikan muka air laut dalam jangka waktu lama akan menyebabkan berkurangnya daratan seperti perubahan garis pantai (Setianingsih, 2018). Untuk itu perlu dilakukan analisis terhadap fenomena perubahan garis pantai di Pantai Jolangkung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar perubahan garis pantai yang disebabkan dari kenaikan muka air laut di Pantai Jolangkung, Kabupaten Malang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif-kuantitatif. Penelitian deskriptif digunakan untuk menggambarkan berbagai fenomena atau berbagai variabel penelitian menurut kejadian sebagaimana adanya yang dapat dipotret, diwawancara, diobservasi, serta yang dapat diungkapkan melalui bahan-bahan dokumenter (Burhan, 2005). Penelitian ini dilakukan di Pantai

Jolangkung yang berada di Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang. Secara astronomis pantai ini berada pada koordinat $8^{\circ}25'41,57''$ - $8^{\circ}25'41,95''$ LS dan $112^{\circ}37'42,95''$ - $112^{\circ}37'42,83''$ BT yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia di sebelah selatan. Pembentukan pantai Jolangkung yang termasuk satuan ini, banyak dipengaruhi oleh kondisi perairan laut. Pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggabungkan data primer dan data sekunder.

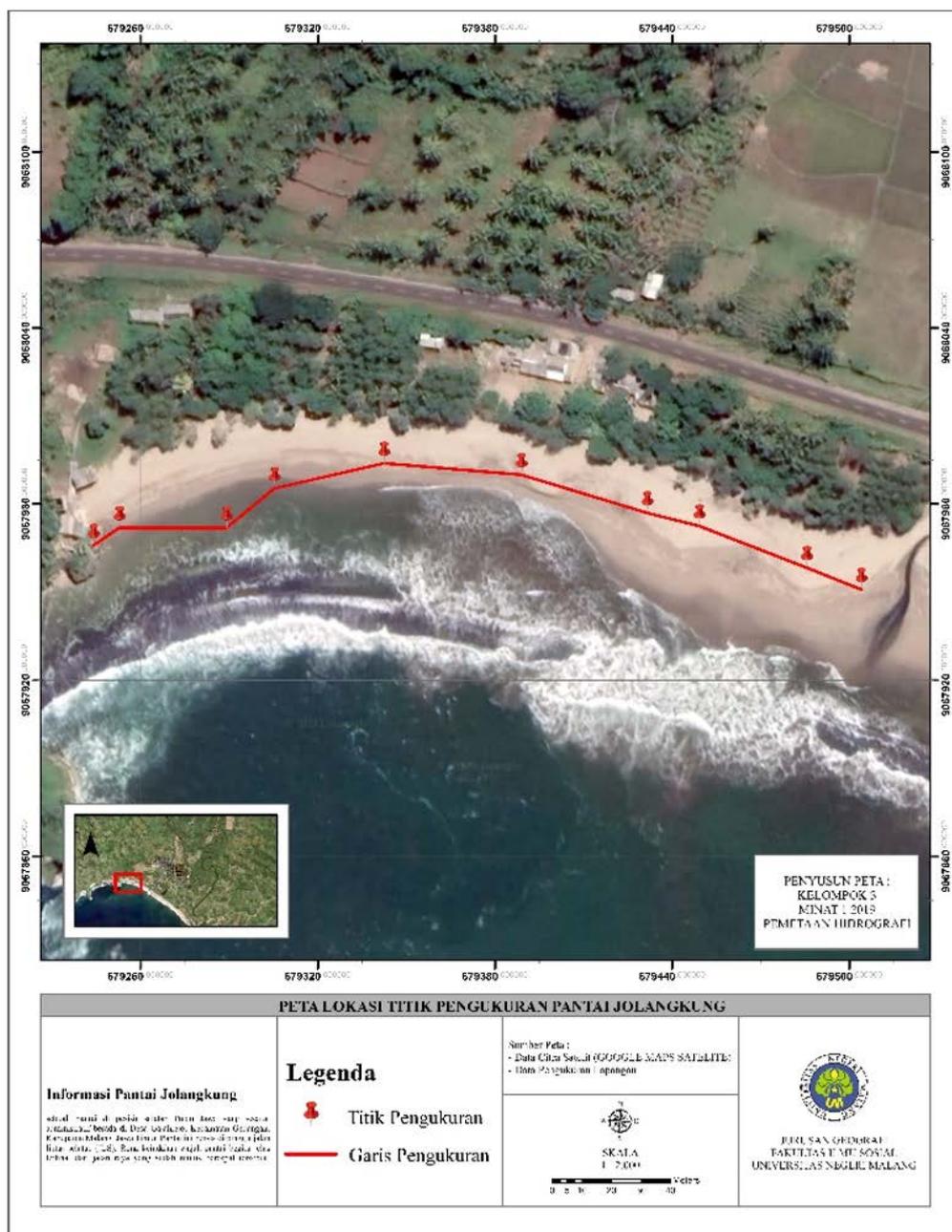
Data primer diperoleh dari pengambilan data secara langsung di lapangan, untuk memperoleh data luas dari area pantai yang diteliti. Data hasil survei lapangan juga berisi data bidang *Mean Height Water Level* (MHWL) yang digunakan untuk melihat kedudukan permukaan laut pada garis pantai. Adapun data sekunder didapat dari citra penginderaan jauh. Analisis citra penginderaan jauh adalah salah satu cara yang bisa digunakan untuk memantau fenomena yang terjadi di permukaan bumi, termasuk di antaranya fenomena perubahan garis pantai. Analisis perubahan garis pantai ini dilakukan secara *multi-temporal*, dengan cara membandingkan citra penginderaan jauh *Landsat-7* antara tahun perekaman 2011 dan 2021. Data dalam penelitian ini diolah dengan melakukan ekstraksi informasi garis pantai pada citra menggunakan ENVI (*The Environment For Visualizing Images*) dan penggabungan beberapa data spasial (*overlay*) menggunakan *software* ArcGIS. Informasi garis pantai diperoleh dengan mengekstraksi band tunggal, karena reflektan dari kolom air kurang lebih sama dengan nol dari *band* inframerah. Menurut Kelley (1998, dalam Alesheikh dr. 2007), *band* infra merah dari sensor *ETM+* yaitu *band 5* adalah *band* terbaik dalam mengekstraksi *interface* daratan-lautan. Kemudian data garis pantai dari tahun yang ditentukan, *overlay* digunakan untuk mengetahui besar perubahan dari garis pantai yang diteliti.

Metode analisis data yang digunakan yaitu analisis deskriptif. Analisis deskriptif berupa statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum (Sugiyono, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengolahan data citra tahun 2011 dan tahun 2021, garis pantai di Pantai Jolangkung seperti pada Gambar 2. Garis pantai tahun 2011 ditandai dengan warna biru dan warna merah sebagai garis pantai tahun 2021, sedangkan untuk titik kuning menunjukkan titik pengukuran yang menggunakan TS (*Total Station*) pada bulan November 2021.

Estimasi perubahan garis pantai dari analisis citra tahun 2011-2021 menunjukkan luas perubahan sebesar $9.723,9 \text{ m}^2$ (Tabel 1) dengan selisih panjang sebesar $5,9 \text{ m}$ (Tabel 2). Luas perubahan dinilai cukup tinggi jika dilihat dalam kurun waktu 10 tahun hilangnya wilayah daratan oleh air adalah hampir mencapai 10 m^2 . Berbagai faktor



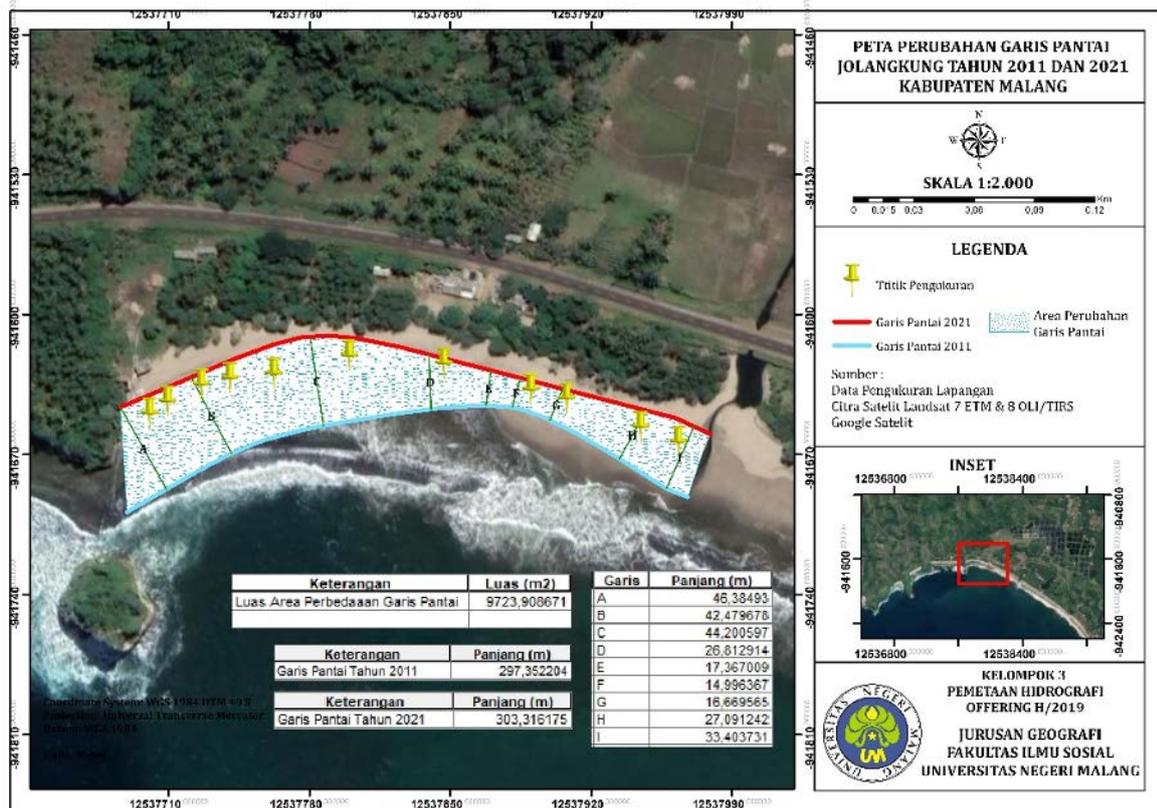
Gambar 1. Peta Hasil Pengukuran Pantai Jolangkung (Sumber : Hasil Pengolahan Data, 2021)

dapat berperan dalam mekanisme perubahan garis pantai, seperti besarnya energi gelombang yang menghempas pantai, sudut yang dibentuk antara muka gelombang saat pecah dengan garis pantai, lereng dasar perairan, jenis dan ukuran sedimen yang terdeposit, keterbukaan pantai terhadap hantaman gelombang dan bentuk morfologi garis pantai (Purba & Jaya, 2004 dalam Isdianto dkk., 2020).

Pantai Jolangkung merupakan pantai dengan tipe berpasir dan tidak memiliki pulau atau merupakan pantai terbuka yang terhubung langsung dengan samudra, sehingga gelombang besar dari arus samudra dapat menghantam langsung ke wilayah pantai. Dilihat dari segi geomorfologinya, pantai ini berpotensi tinggi untuk mengalami perubahan garis pantai. Pantai dengan tipe berpasir memiliki daya tahan yang rendah untuk menahan terjadinya erosi pantai, sedangkan pantai dengan tipe

bertebing lebih tahan terhadap erosi pantai (Husnaya dkk., 2018 dalam Safitri dkk., 2019). Garis pantai akan mengalami erosi yang intensif jika morfologinya berupa tanjung, lereng dasar perairan yang relatif curam, tingkat keterbukaan yang tinggi terhadap hantaman gelombang dan energi gelombang yang tinggi (Isdianto dkk. 2020).

Selain erosi, perubahan garis pantai di Pantai Jolangkung juga dipengaruhi oleh kenaikan muka air laut. Hal ini dapat diketahui dari data jarak perubahan dari citra tahun 2011-2021 yang menunjukkan panjang antara 14-44 m. Selisih jarak memiliki variasi kecil ke besar dari arah timur ke barat (Gambar 2). Perubahan garis pantai yang semakin mempersempit wilayah daratan ini tentu akan mengancam penggunaan lahan di sekitar pesisir seperti pertanian dan prasarana pariwisata. Berdasarkan pengamatan lapangan, faktor perubahan garis pantai di



Gambar 2. Peta Perubahan Garis Pantai Jolangkung

Tabel 1. Luas Daerah Perbedaan Garis Pantai

Keterangan	Luas (m ²)
Luas Area Perbedaan Garis Pantai	9723,908

Tabel 2. Perbedaan Panjang Garis Pantai

Keterangan	Panjang (m)
Garis Pantai tahun 2011	297,352
Garis Pantai tahun 2021	303,316
Selisih	5,964

Tabel 2. Perbedaan Panjang Garis Pantai

Garis	Panjang (m)
A	46,38
B	42,47
C	44,20
D	26,81
E	17,36
F	14,99
G	16,67
H	27,09
I	33,40

Pantai Jolangkung cenderung disebabkan oleh kenaikan muka air laut daripada erosi pasir. Hal ini dikarenakan wilayah berpasir di wilayah tersebut cenderung sempit dan berbatasan langsung dengan karang atau pemecah ombak alami yang dapat dilihat pada Gambar 2.

KESIMPULAN

Hasil pengolahan data menunjukkan besar perubahan garis pantai di Pantai Jolangkung antara tahun 2011-2021 adalah sebesar 9.723,9 m² dengan selisih panjang pantai yaitu 5,9 m. Besar perubahan garis pantai disebabkan oleh faktor alam seperti gelombang serta pasang surut dan juga dipicu oleh kenaikan muka air laut. Pantai Jolangkung yang berbatasan dengan Samudra Hindia ini merupakan pantai dengan tipe berpasir dan pantai terbuka, sehingga rentan tererosi oleh hantaman gelombang yang kuat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Ferryati Masitoh M.Si selaku dosen pembimbing dalam penulisan artikel ini, tim pengelola Pantai Jolangkung yang telah memberikan izin penelitian, Dewan redaksi Jurnal Geologi Kelautan yang telah memberi masukan dan saran, serta seluruh pihak yang turut membantu dalam penelitian ini, sehingga terlaksana dengan baik.

DAFTAR ACUAN

Andik Isdianto, Ilham Maulana Asyari, Muchamad Fairuz Haykal, dan Supriyadi Supriyadi, 2020, September 27. Analisis Perubahan Garis Pantai Dalam

Mendukung Ketahanan Ekosistem Pesisir. Retrieved December 10, 2021, from ResearchGate website: https://www.researchgate.net/publication/346170877_ANALISIS_PERUBAHAN_GARIS_PANTAI_DALAM_MENDUKUNG_KETAHANAN_EKOSISTEM_PESISIR.

Alesheikh, A.A., Ghorbanali, A. dan Nouri, N., 2007. Coastline Change Detection Using Remote Sensing. *International Journal Environmental Science Technology*, 4(1):61-66 pp.

Kasim F., 2012. Pendekatan Beberapa Metode Dalam Monitoring Perubahan Garis Pantai Menggunakan Dataset Penginderaan Jauh Landsat dan SIG. *Jurnal Ilmiah Agropolitan*, 5(1).

Sasmito, B., 2020. Analisis Perubahan Garis Pantai Akibat Kenaikan Muka Air Laut Pantai Kabupaten Demak. *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika*, 3(2).

Setianingsih, W., Sasmito, B., dan Bashit, N., 2018. Analisis Sea Level Rise di Laut Utara Jawa Terhadap Perubahan Garis Pantai Wilayah Demak Pada Tahun 2006-2016. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(2), 53-64.

Sudarsono, B., 2011. Inventarisasi perubahan wilayah pantai dengan metode penginderaan jauh (studi kasus Kota Semarang). *Jurnal Teknik*, 32(2):163-170.

Sugiyono, 2014., Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.

Supriyadi, dkk., 2017. Analisis Sirkulasi Arus Laut Permukaan Dan Sebaran Sedimen

IDENTIFIKASI PIPA BAWAH LAUT MENGGUNAKAN DATA GEOMAGNET, PERAIRAN BALIKPAPAN, KALIMANTAN TIMUR

SUBSEA PIPES IDENTIFICATION USING GEOMAGNETIC DATA, BALIKPAPAN WATERS, EAST KALIMANTAN

Subarsyah* dan Ali Albab

Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan

*subarsyah@esdm.go.id

Jl. Dr. Djunjunan No. 236 Bandung

Diterima : 14-07-2022, Disetujui : 05-12-2022

ABSTRAK

Transmisi gas dari sumur produksi melalui pipa bawah laut menuju titik distribusi merupakan hal yang sangat penting. Kebutuhan akan gas alam yang sangat tinggi seringkali mendorong pemasangan jaringan pipa gas baru begitupun ketika terjadi gangguan terhadap jaringan pipa yang lama. Pemasangan jaringan pipa baru membutuhkan informasi mengenai lokasi jaringan pipa terpasang. Identifikasi jaringan pipa bawah laut dapat dilakukan dengan survei magnetometer dan menerapkan pengolahan data yang dapat mempermudah identifikasi, tahapan pengolahan data akan dilakukan pada rute pipa bawah laut di Perairan Balikpapan untuk mengidentifikasi keberadaan pipa bawah laut yang sudah terpasang. Metode pengolahan data dilakukan dengan analisis signal sehingga jalur pipa gas bawah laut dapat teridentifikasi dengan lebih baik. Data magnet di Perairan Balikpapan dapat mengidentifikasi setidaknya 4 (empat) jalur pipa gas bawah laut terpasang. Penggunaan metode analisis sinyal memberikan gambaran yang lebih jelas keberadaan pipa gas bawah laut.

Kata kunci: Analisis Sinyal, Anomali Magnet, Balikpapan, Pipa

ABSTRACT

Gas transmission from production wells through subsea pipelines to distribution points is very important. The very high demand for natural gas often prompts the installation of new gas pipelines as well as when there is a disruption to the pipeline network that requires the installation of new pipelines. The installation of a new pipeline requires information on the location of the installed pipeline. Identification of submarine pipelines can be done with a survey magnetometer and apply data processing that can facilitate identification, the data processing stage will be carried out on the pipeline route in the Balikpapan Waters to identify the presence of the existing subsea pipeline. The data processing method is carried out by signal analysis so that underwater gas pipelines can be better identified. Magnetic data in Balikpapan Waters can identify at least five (5) installed submarine gas pipelines. The signal analysis method useful technique to provide a clearer picture of the existence of an underwater gas pipeline.

Keyword: Signal Analysis, Magnetic Anomaly, Balikpapan, Pipeline

PENDAHULUAN

Tingginya tuntutan konsumsi bahan bakar gas dan minyak bumi mempercepat perkembangan fasilitas infrastruktur migas di kawasan Perairan Balikpapan, Kalimantan Timur. Beberapa fasilitas infrastruktur migas yang terdapat di lokasi perairan ini adalah jaringan pipa transmisi minyak dan gas bawah laut, sumur pemboran dan anjungan migas lepas pantai. Mengacu pada lampiran Keputusan Menteri ESDM No. 225 K/11/MEM/2010 tentang Rencana Induk Jaringan Transmisi dan Distribusi Gas Bumi Nasional Tahun 2010 – 2025 di wilayah perairan ini terdapat beberapa fasilitas jaringan pipa migas bawah laut.

Gangguan terhadap proses transmisi bahan bakar gas dan minyak bumi dalam hal ini yang menggunakan pipa gas bawah laut sering terjadi, baik akibat kondisi alami maupun faktor buatan. Kondisi alami atau faktor alam yang sering terjadi adalah gelombang dan arus laut yang seringkali menyebabkan *free span* yang akan menyebabkan getaran pada pipa bawah laut. *Free span* pada pipa ini sangat berbahaya terhadap konstruksi pipa itu sendiri, yang nantinya dapat mengakibatkan kerusakan. Efek jangka panjang dari fenomena *free span* adalah terjadinya *bending* akibat beban statis yang timbul pada pipa, sementara itu beban siklis berakibat pipa terkena beban dinamis. Fenomena *vortex shedding* ditimbulkan akibat beban dinamis, dimana disebabkan getaran atau osilasi pada pipa. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu evaluasi atau analisa terhadap *freespan*

yang terjadi. Aktifitas buatan yang umum terjadi adalah aktifitas manusia, berupa aktifitas nelayan pada saat menggunakan jangkar yang tidak memperhatikan rambu-rambu dan lalai akan keberadaan pipa dasar laut, jangkar ini akan mengakibatkan terjadinya kebocoran pada pipa.

Dengan pertimbangan sering terjadinya gangguan terhadap keberadaan pipa gas bawah laut dan tuntutan penambahan suplai bahan bakar migas yang seringkali menyebabkan adanya penambahan ataupun penggantian jalur pipa baru, maka konstruksi pipa bawah laut membutuhkan informasi akurat terkait posisi pipa gas yang telah terpasang.

Identifikasi infrastruktur bawah laut terutama pipa gas bawah laut dapat dilakukan menggunakan survei magnetometer yang disertai dengan metode pengolahan data tertentu sehingga akan memperjelas posisi dari infrastuktur bawah laut tersebut. Identifikasi keberadaan pipa gas bawah laut dengan menggunakan metode ini dilakukan di wilayah Perairan Balikpapan.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan survei magnetometer secara umum akan memperlihatkan indikasi keberadaan pipa bawah laut baik di atas maupun di bawah permukaan dasar laut. Indikasi ini berupa perubahan intensitas kemagnetan di sekitar pipa bawah laut, dimana idealnya dalam sebuah profil lintasan magnet akan menunjukkan perubahan intensitas magnet berupa pola sinusoidal, Subarsyah, dkk, 2011.



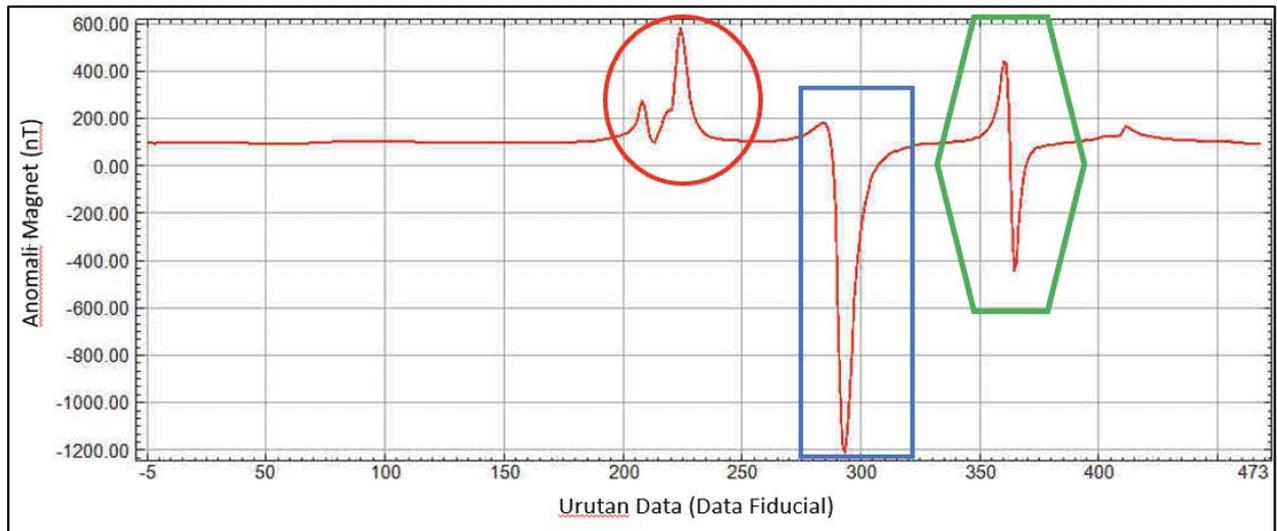
Gambar 1. Lokasi kegiatan penyelidikan

Metode pengolahan untuk mempermudah delinesasi keberadaan pipa bawah laut menggunakan metode analisis sinyal, yang diperoleh melalui kombinasi *horizontal* dan *vertical derivative*. Namun dalam perhitungannya akan sangat mudah dengan menggunakan FFT atau Hilbert Transform. Untuk data di Perairan Balikpapan ini akan dilakukan dengan penerapan FFT

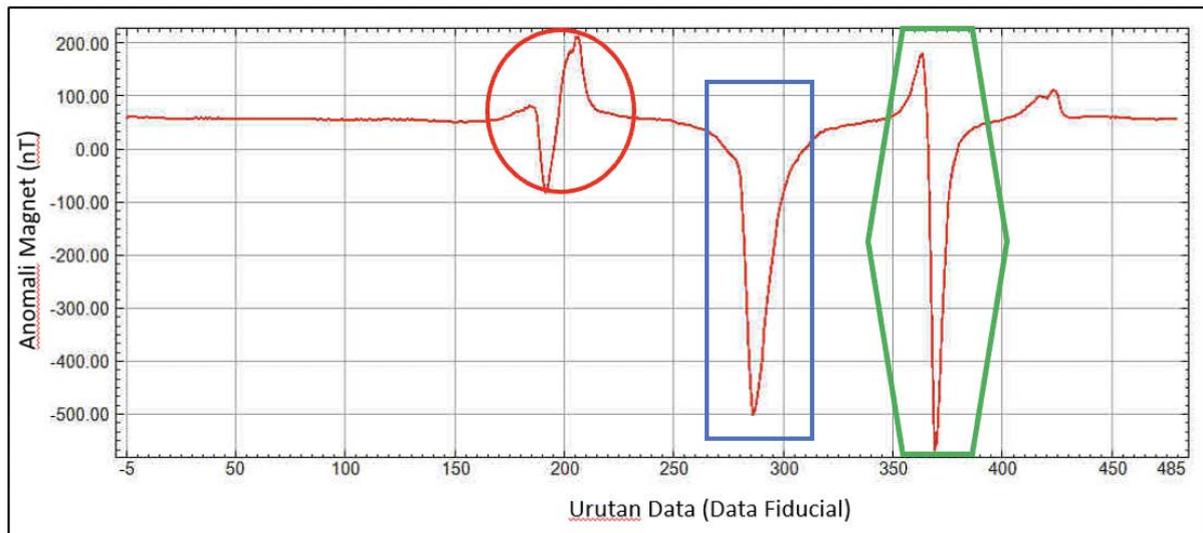
merupakan turunan pertama medan magnet terhadap X , Y , dan Z dalam nT/m.

HASIL PENELITIAN

Respon ideal anomali magnetik terhadap keberadaan pipa bawah laut adalah pola sinusoidal, sedangkan hasil pengukuran memperlihatkan pola anomali magnetik yang



Gambar 2. Penampang anomali magnet TPLS 1, pengukuran pertama



Gambar 3. Penampang anomali magnet TPLS 1, pengukuran kedua

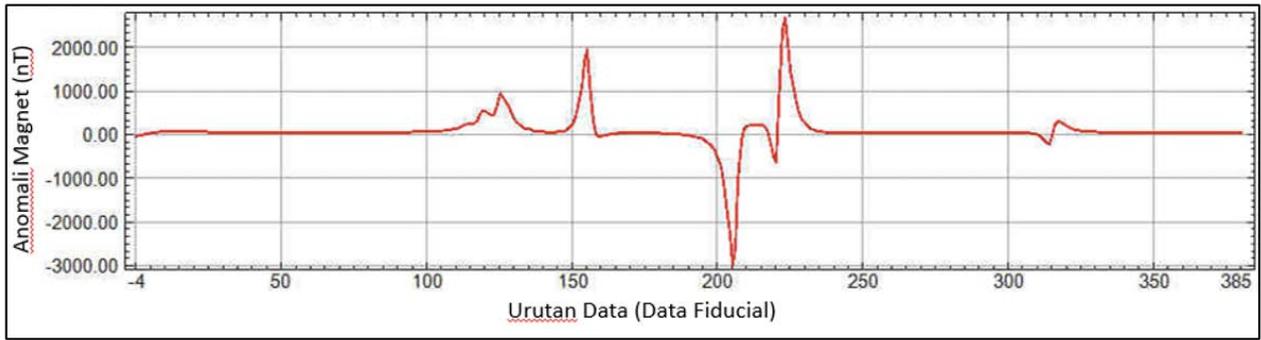
2D. Setelah diperoleh *horizontal* dan *vertical derivative* kemudian dilakukan perhitungan analisis sinyal menggunakan formula, Nabighian, 1972, Roest, et. al, 1992, dibawah ini.:

$$AS = \sqrt{\left(\frac{\partial T}{\partial X}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial Y}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial Z}\right)^2} \quad (1)$$

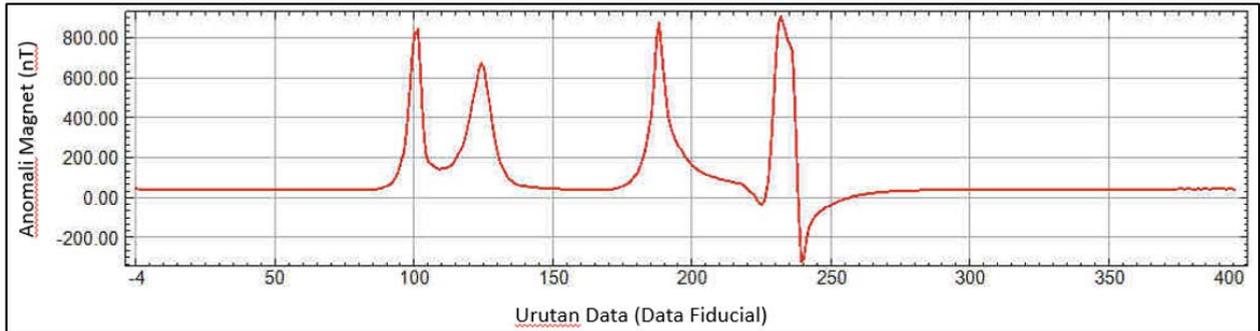
AS merupakan analisis sinyal dalam nT/m, T merupakan anomali magnet dalam nT,

bervariasi, baik itu yang mendekati ideal atau sebaliknya memperlihatkan pola cosinusoidal. Profil lintasan magnetik di bawah ini, memperlihatkan pola anomali magnetik akibat keberadaan pipa bawah laut yang dilakukan sebanyak dua kali pada lintasan yang sama. Masing-masing pengukuran pada lintasan yang sama memperlihatkan pola yang berbeda, dan .

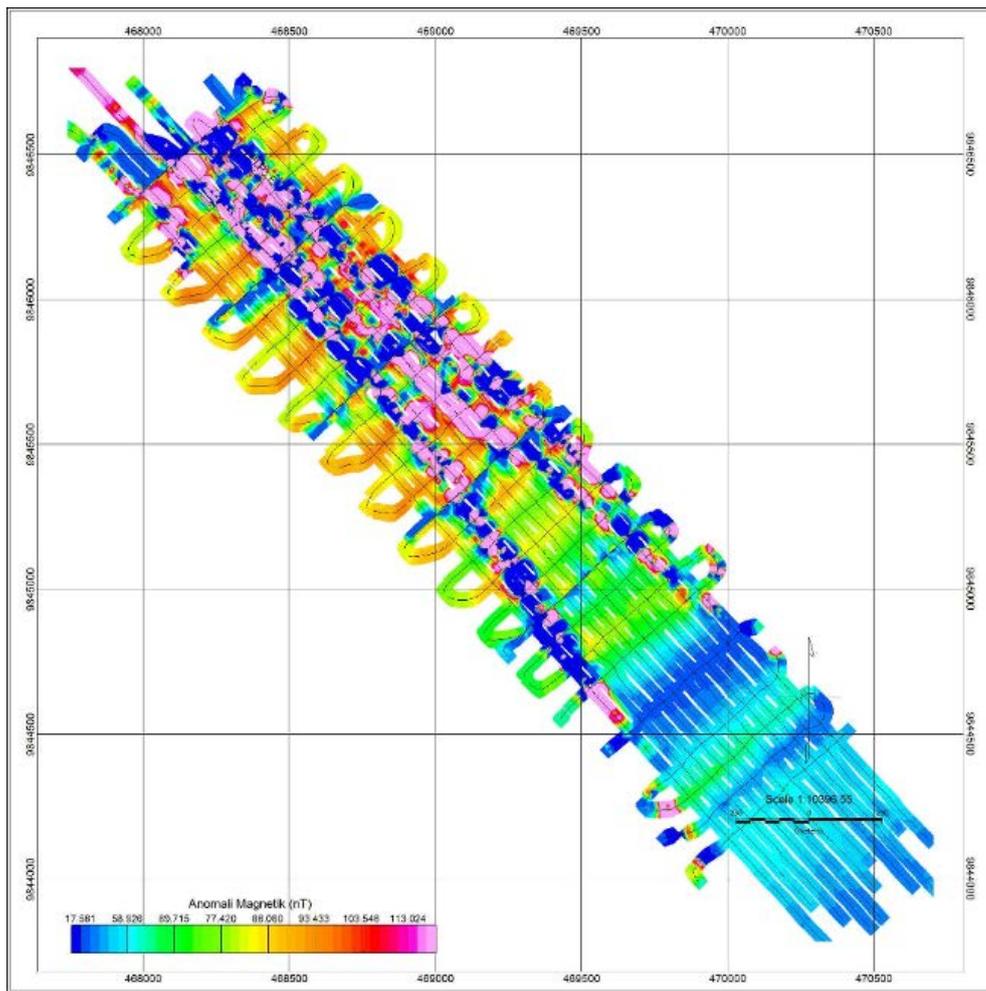
Pola anomali magnet akibat keberadaan pipa bawah laut (pola dengan lingkaran merah) tidak memperlihatkan pola ideal (). Sementara pada , memperlihatkan pola anomali magnetik yang mendekati bentuk ideal.



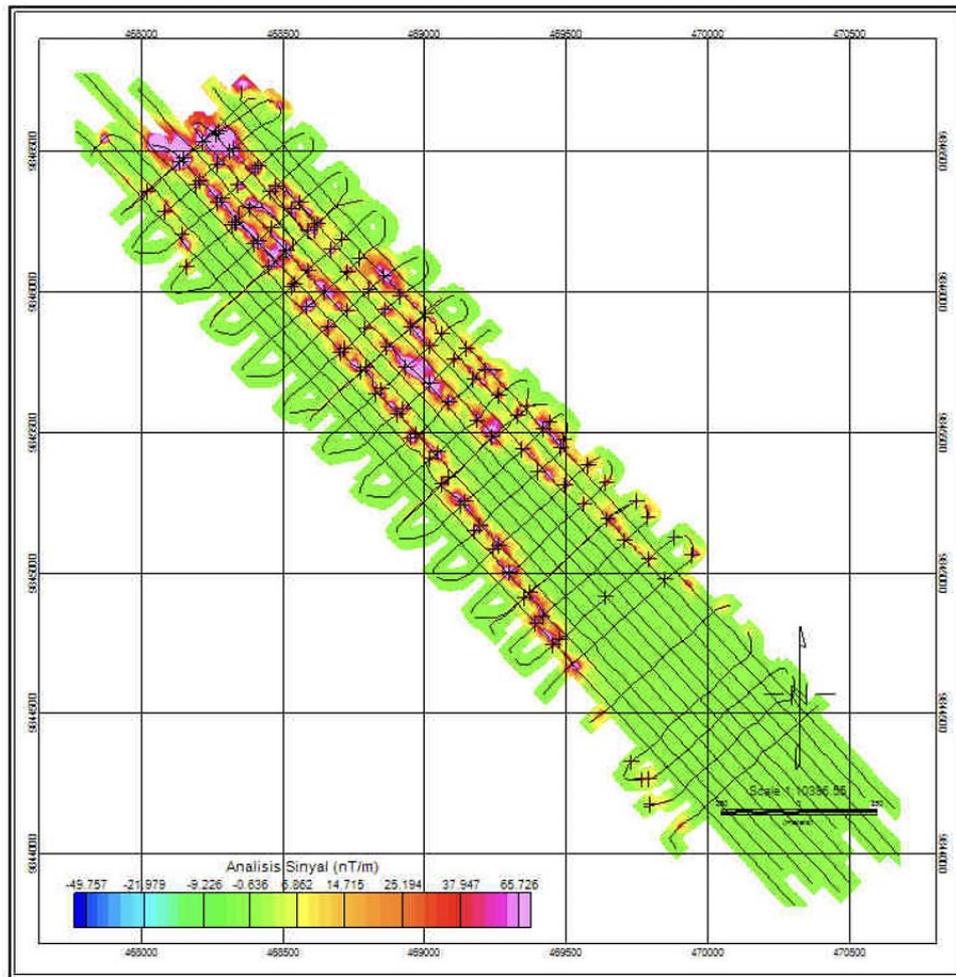
Gambar 4. Penampang anomali magnet TTBH11, menunjukkan ada 5 anomali magnet merupakan indikasi dari keberadaan pipa bawah laut



Gambar 5. Penampang anomali magnet TPLS3, menunjukkan ada 5 anomali magnet merupakan indikasi dari keberadaan pipa bawah laut



Gambar 6. Anomali magnet di area pipa eksisting, Perairan Balikpapan



Gambar 7. Hasil analisis sinyal di area pipa existing, Perairan Balikpapan

Nilai anomali magnetik yang terekam pun relatif sama sekitar 400 nT. Anomali magnet kedua, kotak biru, memperlihatkan pola anomali magnet yang mendekati pola cosinusoidal baik pada maupun pada . Besaran anomali magnetnya berbeda jauh, masing-masing dengan nilai 1200 nT dan 500 nT. Anomali magnetik ketiga, segienam-hijau, memperlihatkan anomali magnet yang dengan pola sinusoidal pada , dan pola sinusoidal dengan fase tertentu pada gambar 3. Besaran anomali magnetnya relatif sama sekitar 800 nT.

Secara keseluruhan dari data profil anomali magnet teridentifikasi setidaknya ada empat pipa bawah laut, Gambar 4 dan 5. Pada Peta anomali magnet memperlihatkan pola anomali magnet tinggi dan rendah (biru dan merah muda) terdistribusi dari bagian barat laut sampai bagian tengah dan tenggara. Pola distribusi ini kurang memperlihatkan arah dan lokasi dari keberadaan pipa bawah laut. Identifikasi keberadaan pipa bawah laut pada peta anomali magnet relatif lebih sulit mengingat pola anomali magnet yang dihasilkan tidak konsisten dan bervariasi mulai dari pola sinusoidal sampai cosinusoidal (Gambar 6).

Identifikasi mengenai arah dan lokasi pipa bawah laut sangat jelas terlihat dari peta hasil analisis sinyal, hal ini diindikasikan dengan pola anomali tinggi (warna

merah muda) yang membentang dari arah barat laut sampai tenggara (7). Terlihat setidaknya ada 4 jalur pipa bawah laut.

DISKUSI DAN PEMBAHASAN

Pola anomali magnet dalam suatu profil lintasan sering tidak ideal akibat beberapa faktor saat dilakukan akuisisi data. Faktor penting dalam pengukuran data magnet untuk identifikasi objek di bawah dan di permukaan dasar laut diantaranya adalah; kecepatan kapal, kedalaman *towing* sensor magnetometer, frekuensi perekaman data dan perubahan posisi sensor magnetometer terhadap lintasan pengukuran, Wu Pan dan Wei Minghui, 2020. Beberapa faktor diatas tidak hanya berpengaruh terhadap pola anomali saja, akan tetapi mempengaruhi besaran anomali magnetnya.

Identifikasi keberadaan pipa bawah laut berdasarkan profil 1-D anomali magnet sangat mudah dilakukan. Pola anomali magnet yang variatif akan menyulitkan tahapan interpretasi dan identifikasi ketika digambarkan dalam sebuah peta, terlebih ketika besaran anomalnya tidak signifikan. Ketika anomali yang terekam adalah berupa pola sinusoidal maka nilai anomali magnet mempunyai besaran anomali magnet positif dan negatif, namun ketika

pola yang terekam adalah pola cosinusoidal cenderung hanya memiliki nilai anomali positif atau negatif saja.

Identifikasi keberadaan pipa bawah laut berdasarkan peta anomali magnet, , relatif lebih sulit dilakukan terutama ketika menentukan arah dan lokasi pipa tersebut. Penentuan arah pipa secara visual terganggu karena adanya anomali tinggi dan rendah (warna biru tua dan merah muda). Penggunaan analisis sinyal efektif digunakan dalam penentuan arah horizontal pipa, Guo, Zhiyong, dkk., 2015. Amplitudo hasil analisis sinyal terhadap anomali magnetik total mempunyai nilai maksimal tepat diatas kontak magnetic dalam hal ini pipa, Macleod, dkk, 2018. Kelebihan lain dari analisis sinyal adalah dapat secara efektif mereduksi *background field* dari anomali magnet, Keating, P dan Pilkington, M, 2004, sehingga secara visual anomali akibat dari keberadaan pipa akan lebih dominan muncul.

Faktor polaritas dalam metode geomagnet ini dapat dihilangkan dengan melakukan transformasi yang dikenal dengan istilah reduksi ke kutub (*reduce to pole*) atau dengan analisis sinyal menggunakan persamaan 1. Berdasarkan persamaan ini terlihat bahwa semua anomali yang bernilai negatif akan berubah menjadi positif, artinya efek polaritas dihilangkan. Hasil analisis sinyal, , memperlihatkan delineasi dari keberadaan pipa bawah laut yang lebih jelas, pipa ini membentang dari barat laut sampai tenggara.

Profil anomali magnet mengidentifikasi keberadaan pipa bawah laut, sebanyak 4 – 5 jalur. Berdasarkan peta hasil analisis sinyal secara visual hanya mengidentifikasi 4 jalur pipa bawah laut, diperkirakan ada satu jalur pipa bawah laut yang berdampingan, yaitu pada jalur pipa yang paling barat.

KESIMPULAN

Kondisi ideal pola anomali magnet sebagai akibat keberadaan pipa bawah laut sulit didapatkan dalam kondisi sebenarnya di lapangan, karena banyak faktor yang mempengaruhi. Meskipun demikian, identifikasi pipa bawah laut dapat dengan mudah dilakukan pada profil 1D anomali magnet, namun tidak mudah untuk data anomali magnetik 2D. Identifikasi dan interpretasi pada data anomali magnet 2D memerlukan tahapan analisis sinyal yang mempermudah dalam menentukan arah dan

lokasi pipa bawah laut. Berdasarkan hasil analisis sinyal teridentifikasi 4 kelurusan magnetic yang berasosiasi dengan keberadaan 4 pipa bawah laut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Kepala Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan yang telah menjembatani kerjasama dengan pihak PT. OC Enviro, kepada ketua dan anggota tim survei sehingga diperoleh data yang memadai. Tidak lupa juga kepada rekan-rekan lainnya yang tidak memungkinkan untuk disebutkan satu per satu.

DAFTAR ACUAN

- Keating, P., and Pilkington, M. (2004) Euler deconvolution of the analytic signal and its application to magnetic interpretation. *Geophysical Prospecting*, 52 (3).
- Nabighian, M. N., 1972, The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: Its properties and use for automated anomaly interpretation: *Geophysics*, 37, 507–517.
- Guo, Z., Liu, D., Pan, Q., Zhang, Y., Li, Y. and Wang Z. 2015. Vertical Magnetic Field And Its Analytic Signal Applicability in Oil Field Underground Pipeline Detection. *Journal of Geophysics and Engineering*. 12 (2015) 340–350.
- MacLeod, I. N., Jones, K., & Dai, T. F. 1993. 3-D analytic signal in the interpretation of total magnetic field data at low magnetic latitudes. *Exploration Geophysics Volume 24*, 679-688.
- Roest, W. R., Verhoef, J., and Pilkington, M., 1992, *Magnetic Interpretation Using the 3-D Analytic Signal: Geophysics*, 57, 116–125.
- Subarsyah dan Budhi, N., 2011. Penggunaan Metode Analisis Sinyal Dalam Interpretasi Data Magnet di Perairan Selat Sunda Untuk Menentukan Arah dan Posisi Pipa Bawah Laut.
- Wu Pan and Wei Minghui, 2020. Analysis of Magnetic Anomaly Characteristics of Underground Non-Coplanar Cross-buried Iron Pipelines. *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*.

HUBUNGAN ANTARA UKURAN BUTIR DENGAN KECEPATAN ARUS TERHADAP SEBARAN SEDIMEN DI PANTAI SIGANDU BATANG, KABUPATEN BATANG, PROPINSI JAWA TENGAH

THE RELATIONSHIP BETWEEN GRAIN SIZE AND CURRENT VELOCITY TO SEDIMENT DISTRIBUTION IN SIGANDU BATANG BEACH, BATANG DISTRICT, CENTRAL JAVA PROVINCE

Agus Setyanto*, Deny Setiady dan Irwan Hidayat Suherman

Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan

*agussetyanto170865@gmail.com

Jl. Dr. Djunjunan No. 236 Bandung

Diterima : 14-07-2022, Disetujui : 05-12-2022

ABSTRAK

Pantai Sigandu di Kabupaten Batang merupakan pantai yang sangat dinamis dimana proses abrasi, akresi dan suplai sedimen dari beberapa sungai yang bermuara di perairan pantai ini telah mengakibatkan bentuk pantai yang berubah – ubah. Perubahan bentuk pantai ini diikuti dengan pola sebaran sedimen dasar laut. Parameter hidrooceanografi yang berpengaruh secara langsung terhadap proses-proses sebaran sedimen permukaan dasar laut yang terjadi di laut adalah arus, gelombang dan pasang surut. Tujuan dari makalah ini adalah untuk mengetahui jenis sedimen yang sangat dominan dan pengaruh kecepatan arus terhadap sebaran sedimen pada Perairan Pantai Batang. Metoda pengambilan data lapangan dilakukan menggunakan metode kuantitatif dan metode deskriptif yang meliputi pengukuran dan pengambilan data pasang surut, pemetaan karakteristik pantai, dan pengambilan sampel permukaan dasar laut, dan kompilasi data arus. Hasil penyelidikan menunjukkan bahwa ukuran butir sedimen perairan Pantai Batang dominan lanau dengan kandungan persentasinya mencapai 96,4%, lempung 3,1%, dan pasir 0,5% dan mendapat nilai korelasi sebesar 0,0109 di mana nilai tersebut sangat kecil korelasinya dan arus tidak memiliki pengaruh terhadap distribusi besar ukuran butir sedimen. Berdasarkan hasil penyelidikan dapat disimpulkan bahwa jenis sedimen yang paling dominan adalah lanau dimana sedimen jenis lanau pasir berada pada perairan yang dangkal sedangkan sedimen jenis lanau dan lempung berada pada perairan yang dalam. Hal ini terjadi karena pengaruh arus laut yang didominasi oleh pasang surut yang semakin lemah.

Kata kunci: Sebaran ukuran butir, Arus Laut, Sebaran Sedimen permukaan dasar laut, Pantai Sigandu

ABSTRACT

Sigandu Beach in Batang Regency is a very dynamic beach where the process of abrasion, accretion on the beach and supply of sediment from several rivers that empties into these coastal waters has resulted in the changing shape of the beach. This change in the shape of the beach is followed by the distribution pattern of seabed sediments. Hydrooceanographic parameters that directly affect the distribution processes of seabed surface sediments that occur in the sea are currents, waves and tides.. The purpose of this magazine is to determine the type of sediment that is very dominant and the effect of current velocity on the distribution of sediment in Batang Coast Waters. Field data collection method was carried out using quantitative methods and descriptive which included measurement and retrieval of tidal data, mapping of coastal characteristics, sea floor sample taking data, and compilation of current data. The results showed that the grain size of the sediments of Batang Beach waters was dominant with silt with its presentation content reaching 96.4%, 3.1% clay, and 0.5% sand and got a correlation value of 0.0109 where the correlation value was very small, and currents have no influence on the grain size distribution of the sediment. Based on the results of the study, it can be concluded that the most dominant types of sediment are silt and currents which have an influence on the distribution of the grain size of the sediment, where the sandy silt type sediments are in shallow waters while the silt and

clay type sediments are in deep waters. This happens because of the influence of ocean currents which are dominated by tides are getting weaker.

Keyword: Grain size distribution, Ocean currents, Seafloor sediment distribution, Sigandu Beach

PENDAHULUAN

Tingginya Pantai adalah daerah tepi perairan yang dipengaruhi oleh aksi gelombang sampai batas daratan pada saat pasang terendah (Triatmodjo, 1999). Sedangkan Darlan (1996) menyatakan bahwa pantai merupakan zona yang tersusun oleh sedimen lepas, mulai dari batas dimana air laut tertinggi mencapai daratan akibat gelombang hingga batas surut terendah air laut. Padatan tersuspensi di perairan dapat dihasilkan dari outlet sungai yang membawa sedimen hasil erosi daerah atas (*up land*), aktivitas pengembangan industri, hasil erosi dasar perairan, atau makhluk hidup dalam perairan tersebut. Sebaran padatan tersuspensi dipengaruhi oleh iklim, debit air sungai dan pergerakan arus laut (Guzman, dkk., 2013).

Lokasi Pantai Sigandu merupakan tempat bermuaranya Kali Sambong yang mensuplai sedimen ke laut serta telah tererosi oleh gelombang laut sepanjang kurang lebih 1 km, dimana gelombang laut di pantai Sigandu ini berfungsi sebagai media pengangkutan sedimen pantai sehingga menyebabkan terjadinya erosi dan sedimentasi. Akibat erosi tersebut daratan bibir pantai telah terkikis. Proses - proses tersebut mengakibatkan terjadinya distribusi sedimen di dasar perairan, sehingga secara spasial sebaran jenis sedimen akan berbeda. Pantai Sigandu yang terdapat pada wilayah Ujung Negoro Kabupaten Batang Provinsi Jawa Tengah yang berjarak sekitar 4 km dari pusat kota Batang memiliki profil pantai yang landai, pantainya berbentuk teluk yang datar dan luas. (Setiady, 2021)

Tujuan dari penyelidikan ini adalah untuk mendapatkan informasi tentang jenis sedimen dan pola sebaran sedimen dasar serta untuk mengetahui seberapa besar pengaruh arus terhadap pola sebaran sedimen dasar di perairan Pantai Sigandu Batang.

Hipotesis penyelidikan hubungan ukuran butir yang halus berbanding lurus dengan proses arus laut yang melemah

METODOLOGI

Metode Geologi

Daerah studi dalam penyelidikan ini adalah perairan pantai Sigandu Batang, Kabupaten Batang, Provinsi Jawa Tengah terletak antara 6.8598^0 - 6.8836^0 Lintang Selatan dan antara 109.7369^0 - 109.7694^0 Bujur Timur (Gambar 1). Pada penyelidikan ini diambil data primer berupa sedimen dasar laut dan Pemetaan Karakteristik Pantai Sigandu di Perairan Pantai Sigandu, Kabupaten Batang, Propinsi Jawa Tengah (Setiady, 2021). Data primer sampel sedimen diambil dengan metode *purposive sampling*. Pengambilan data laju sedimen dasar

permukaan (*grab sampler*) sebanyak 5 titik di pantai dan lepas pantai. Pengolahan data laju sedimentasi dengan menghitung volume kering, pengolahan data sedimen permukaan dengan analisa granulometri untuk mengetahui jenis sedimen, Pengolahan arus dengan menggunakan Microsoft Excel untuk dilakukan *filtering* data dan data yang dihasilkan sensor merupakan kecepatan dan arah arus kemudian dipetakan untuk melihat polanya. Untuk mengolah data pasang surut akan dilakukan dengan penggunaan metode Admiralty guna mengetahui tipe pasang surut pada area tersebut.

Metode penyelidikan yang dipergunakan adalah percontohan sedimen dasar laut, sehingga memungkinkan sampel sedimen bagian dasar terperangkap pada alat tersebut. Metode analisis ukuran butir dan jenis sedimen menggunakan metode ayak kering pada saringan bertingkat (*sieve analysis*), serta analisis laboratorium (*granulometri*) dilakukan di laboratorium sedimen Pusat Penyelidikan dan Pengembangan Geologi Laut (P3GL) Cirebon, dengan analisis besar butir (*grain size*), dilakukan dengan memisahkan berat asal 100 gram (tanpa cangkang). Pemisahan butir dilakukan mulai dari fraksi -2.0 phi hingga 4.0 phi, dan 4.0 phi hingga 8.0 phi setelah melalui proses pengeringan. Data tersebut kemudian diolah pada komputer dengan menggunakan program *Sel*, *Kum* dan *Kummod* (Susilohadi, 1980), untuk mendapatkan beberapa parameter, antara lain: *X (phi)*, *sortasi*, *skewness*, *kurtosis* serta komposisi kerikil, pasir, lanau dan lempung (lumpur). Klasifikasi sedimen disusun berdasarkan Folk (1980) dengan memperhatikan parameter persentase dari kandungan butiran yang terdapat tiap 100 gram sedimen. Penafsiran sebaran, mekanisme pengangkutan, dan pengendapan sedimen menggunakan pendekatan statistik dari masing-masing kelompok sedimen. Analisis statistik sedimen berupa *sorting*, *skewnees* dan *kurtosis* menggunakan klasifikasi Folk dan Ward (1957), kemudian dihitung persentase ukuran butir dan statistik sedimen. Atribut tekstur sedimen meliputi *mean (Mz)*, *sorting (SD)*, *skewness (Ski)* dan *kurtosis (KG)*, secara umum digunakan untuk merekonstruksi lingkungan pengendapan sedimen.

Metode Oseanografi

Metode yang digunakan dalam kajian pola distribusi kecepatan dan arah arus laut adalah metode deskriptif, dari data skunder yaitu metode penyelidikan untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian yang diteliti atau dikaji pada waktu terbatas dan tempat tertentu untuk mendapatkan gambaran tentang situasi dan kondisi secara local. Pengukuran arus dilakukan dengan

109.7369 BT, 6.8598 LS

109.7694 BT, 6.8598 LS



Gambar 1. Lokasi Penyelidikan Pantai Sigandu, Kabupaten Batang, Provinsi Jawa Tengah.

menggunakan teknologi *Acoustic Doppler Current meter Profiler (ADCP) Sontek Argonaut-XR Extended Range*. Hasil pengukuran digambarkan dalam beberapa grafik yaitu scatter plot, vektor plot, dan grafik hasil analisis data arus lapangan untuk menggambarkan pola arus yang terjadi (Guzman, dkk., 2013). Analisa *suspended sediment* dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui besarnya nilai sebaran sedimen dasar dan pengaruh arus di Pantai Sigandu, Kabupaten Batang.

Simulasi arus dengan pemodelan hidrodinamika 2D dilakukan dengan menggunakan data bathimetri dan pasang surut sebagai masukan data. Arah arus bergerak bolak balik pada kondisi pasang dan surut. Pada saat pasang menuju surut, arus bergerak menuju laut dengan arah utara, sedangkan pada saat surut menuju pasang arus bergerak menuju darat dengan arah selatan.

Metoda Penyelidikan yaitu Pemetaan Karakteristik Pantai sepanjang Pantai Sigandu, analisis ukuran besar butir yaitu menggunakan klasifikasi skala wenworth, analisa distribusi sedimen dengan pendekatan statistik (mean modus). Penamaan sedimen menggunakan segitiga sedimen menurut Folk (1996). Sedangkan metoda oseanografi berupa data skunder berdasarkan data angin untuk mengetahui besarnya gelombang, dan Pengukuran arus yang merupakan gejala alam yang saling terkait dalam proses erosi dan sedimentasi dilakukan untuk dapat memprediksi arah pergerakan sedimen dasar perairan.

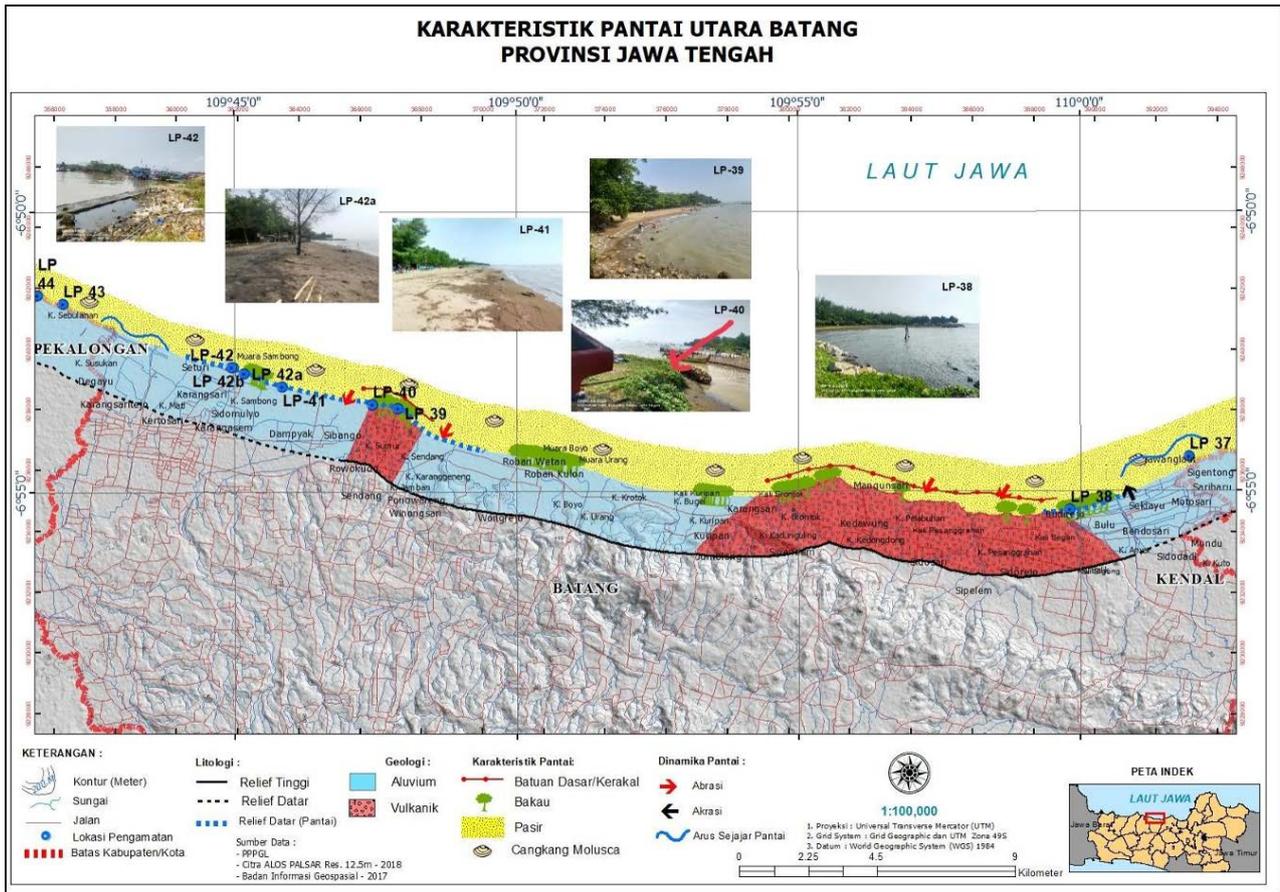
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pantai

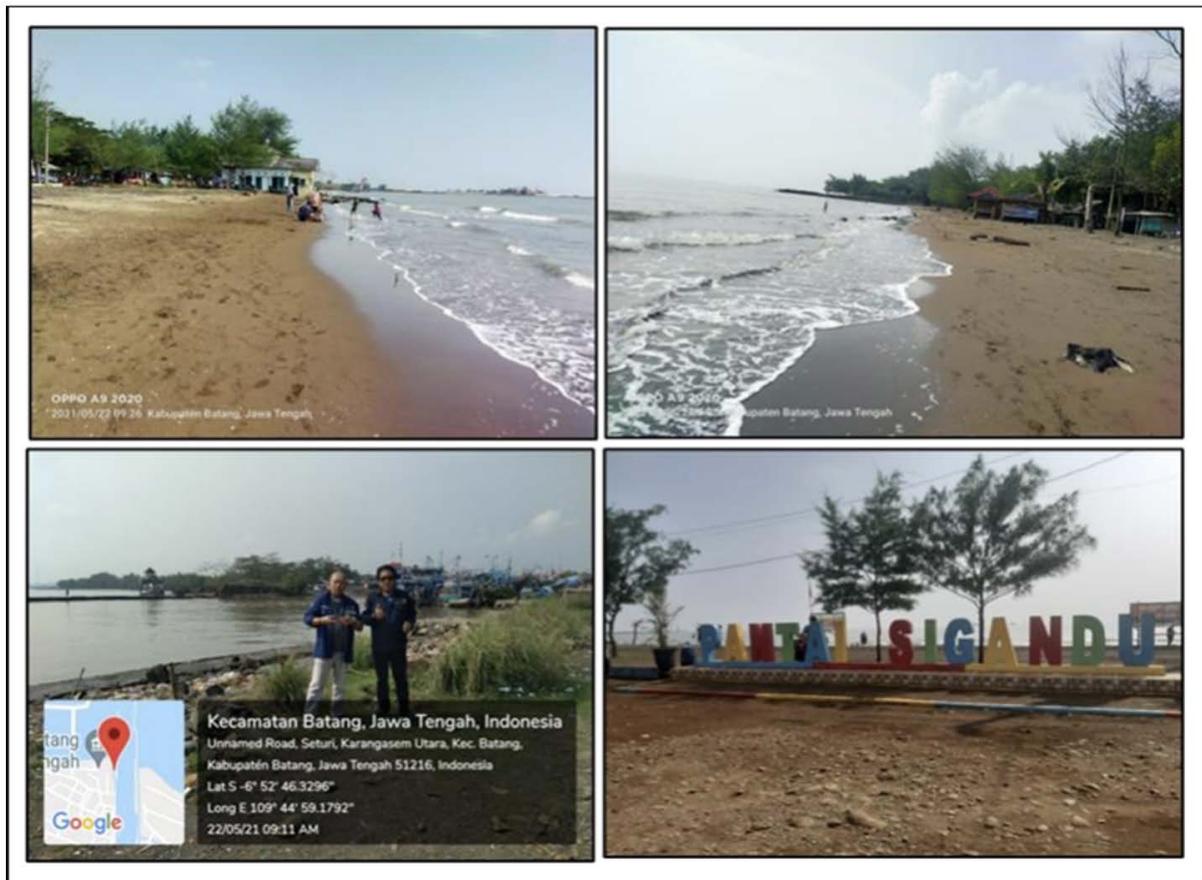
Berdasarkan pengamatan di lapangan, karakter dan dinamika pantai utara Kabupaten/Kota Batang secara umum hanya terdiri atas satu jenis/tipe pantai, yaitu: Pantai berpasir (*sandy coast*) pada Gambar 2.

Pantai berpasir, yang terletak di bagian utara pulau Jawa, tepatnya di Desa Klidang Lor, Batang, Kabupaten Batang, Jawa Tengah, karena letaknya yang di daerah utara pulau Jawa membuat ombak yang ada di pantai ini tidak terlalu besar, pantainya yang landai juga nyaman digunakan untuk bermain. Kemiringan (*Slope*) pantai $< 2^\circ$, arus sejajar pantai, pantai berpasir kecoklatan sampai hitam, dengan paras pantai (*berm*) di gunakan untuk fasilitas wisata Pantai Sigandu (LP-42a, Gambar 3), dicirikan dengan terdapat *revetment* pemecah gelombang, yang rentan juga terhadap abrasi pantai.

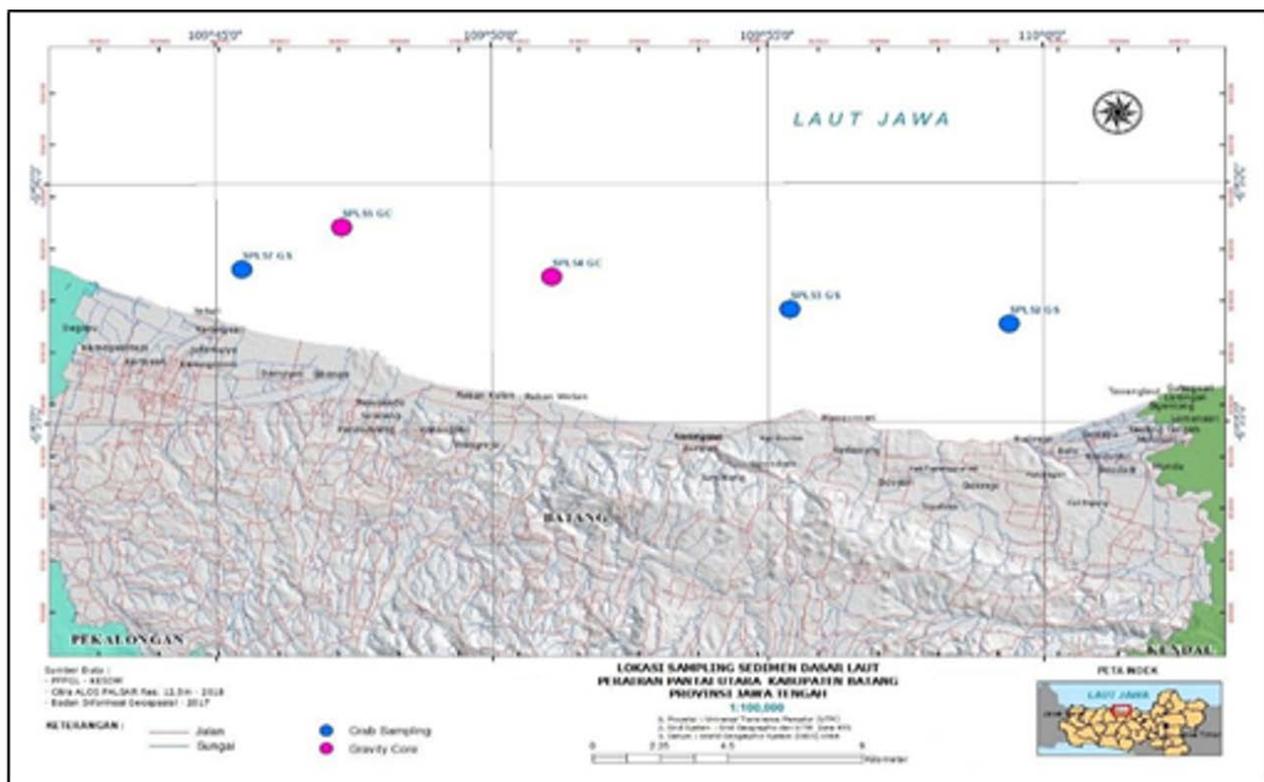
Pengambilan Data Geologi *Nearshore* yang terdiri dari pengambilan Data Pengambilan Contoh Sedimen Dasar Laut dilakukan di Kabupaten Batang Jawa Tengah pada koordinat survey $109_045'0'' - 110_005'0''$ BT dan $6_045'0'' - 6_055'0''$ LS dengan total pengambilan contoh sedimen sebanyak 3 sampel *grab* sedimen (GS) dan 2 sampel *gravity core* (GC), yang terdiri dari SPL 52 GS, SPL 53 GS, SPL 54 GS dan SPL 57 GS. Berikut Peta Pengambilan Contoh Sedimen Dasar Laut di Kabupaten Batang Jawa Tengah pada Gambar 4.



Gambar 2. Peta karakteristik dan dinamika pantai utara Batang (Setiady., 2021)



Gambar 3. Panorama Pantai Sigandu di Pantai Utara Kab. Batang (Setiady, 2021)



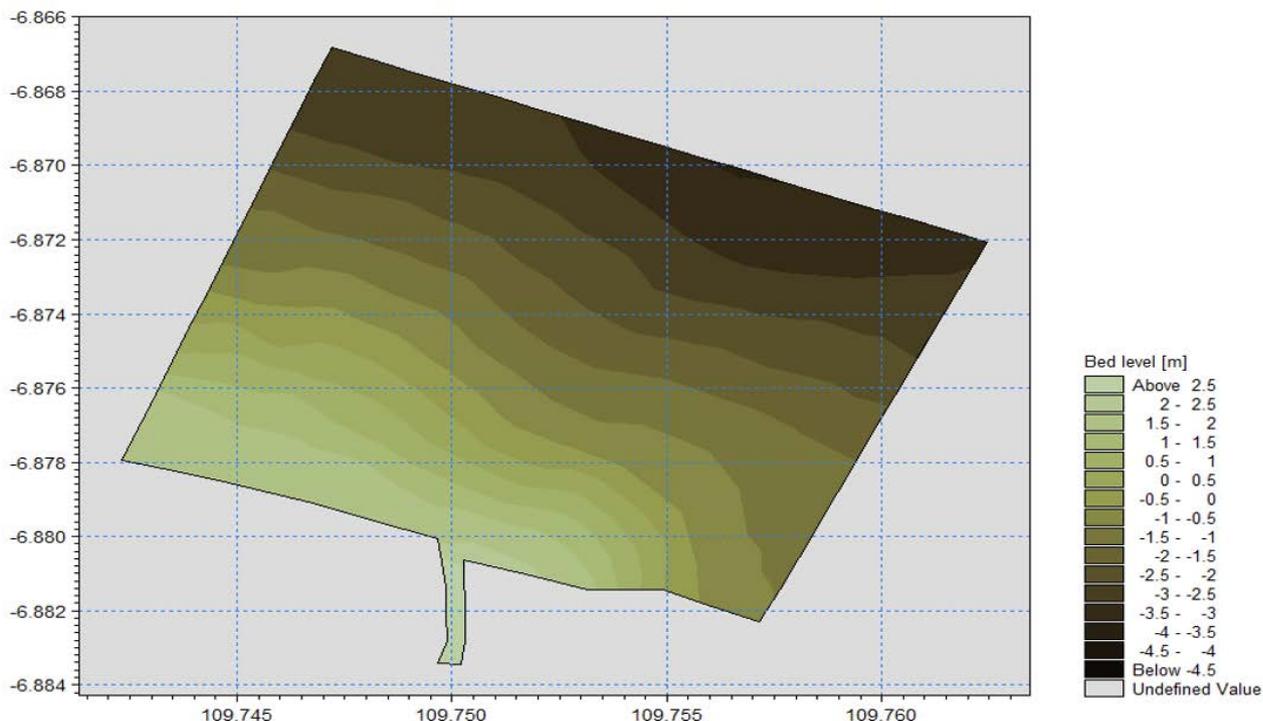
Gambar 4. Peta Pengambilan Contoh Sedimen Dasar Laut di Kabupaten Batang (Setiady, 2021)

Kemiringan (*Slope*) pantai $< 2^\circ$, arus sejahar pantai, pantai berpasir kecoklatan sampai hitam, dengan paras pantai (*berm*) di gunakan untuk fasilitas wisata Pantai Sigandu dicirikan dengan

terdapat *revetment* pemecah gelombang, yang rentan juga terhadap abrasi pantai.

Sedimen Permukaan Dasar Laut

Secara umum berdasarkan persentase ukuran butir sedimen dapat terlihat bahwa jenis sedimen yang ada di perairan Batang terbagi atas 2 jenis sedimen



Gambar 5. Diagram Pola Sebaran Sedimentasi di Perairan Pantai Sigandu Batang (Suherman, Setiady, dan Setyanto. BBSPGL, 2022)

berdasarkan persentase ukuran butir sedimen yaitu lanau pasir (sZ) dan lanau (z) (Tabel 2). Distribusi sedimen lanau terletak pada kedalaman 8 - 14 meter, lanau pasir terdapat pada kedalaman 2 - 8 meter. Sebaran lanau pasir (SPL-57) terdapat di bagian timur pada daerah penyelidikan (Gambar 10). Satuan ini menempati kedalaman laut, berkisar antara 4 - 10 meter. Proporsi persentase butirannya terdiri dari: kerikil 0 %, pasir 7%, lanau 96.4% dan lempung 8.3%. Sedangkan sebaran lanau (SPL-52, SPL-53, SPL-54, SPL-55) terdapat di bagian barat sampai timur pada daerah penyelidikan (Gambar 13). Satuan ini menempati kedalaman laut, masing-masing berkisar terdapat pada kedalaman 4 - 18 meter. Proporsi persentase butirannya terdiri dari: pasir 1.8 - 2.2 %, lanau 89.5 - 94.4% dan lempung 2.6 - 4.8%. Begitupun dengan ketebalan sedimen (*Bed level*) didapat sekitar 1 m hingga 2.4 m di dekat sungai pantai Sigandu (Gambar 12).

Interpretasi statistik ukuran butir sedimen

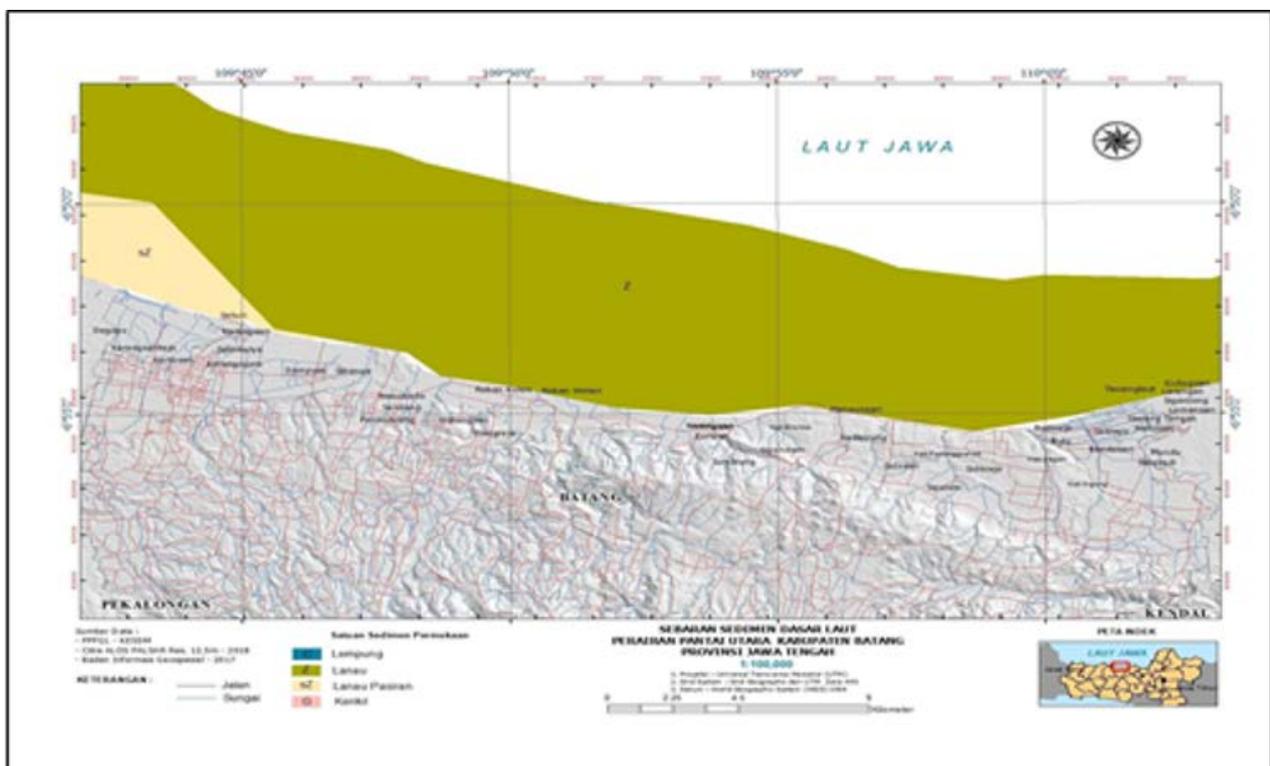
Hasil perhitungan terhadap parameter statistik sedimen berupa sortasi menunjukkan nilai 1,0 - 1,3 sehingga masuk dalam klasifikasi tingkat pemilahan baik (Folk & Ward, 1977). Nilai sortasi sedimen di lokasi penyelidikan termasuk dalam pemilahan baik, Ingmanson & Wallace (1989) menjelaskan bahwa sedimen dengan ranulometri terpilah baik diakibatkan oleh ukuran partikel yang terakumulasi relatif secara acak. perairan ini tergolong kedalam perairan dengan tingkat sapuan gelombang dan arus tidak stabil. Hal ditunjukkan oleh sedimen yang berasal dari dua mekanisme

transport dan aktivitas sedimen yang *poorly sorted*. Hal ini memiliki arti bahwa kekuatan gelombang dan kecepatan arus selalu berubah dan membawa berbagai ukuran butir sedimen ke daerah penyelidikan.

Nilai kemencengan (*skewness*) pada 5 sampel sedimen dasar perairan Batang menunjukkan variasi nilai yang berbeda-beda dengan kisaran 0,3 - 1,5, sehingga berdasarkan klasifikasi kemencengan daerah penyelidikan memiliki jenis klasifikasi tingkat kemencengan butir sedimen yaitu menceng sangat kasar dan menceng kasar. Hal ini menunjukkan bahwa sedimen telah mengalami proses transportasi dan mengendap pada kawasan perairan tersebut. Nilai positif yang mencirikan bahwa bentuk butir lebih halus dengan kekuatan arus yang lebih lambat. Nilai kemencengan (*skewness*) yang didapat dari hasil perhitungan menunjukkan perbedaan tekstur sedimen antara stasiun. Perbedaan nilai kemencengan menggambarkan kekuatan energi yang bekerja di perairan tersebut tidak dominan sama, atau berubah-ubah (Arjenggi et al., 2013).

Kondisi kemencengan yang condong positif mengindikasikan bahwa kondisi di lokasi berada pada sedimen berukuran halus yaitu lanau. Berdasarkan hasil perhitungan statistik sedimen nilai kurtosis 3.2 - 6.8 daerah penyelidikan terdapat 1 jenis grafik kurtosis yaitu kurva yang runcing disebut *very leptokurtic*, menandakan adanya ukuran sedimen tertentu yang mendominasi pada distribusi sedimen di daerah tersebut.

Mekanisme Sistem Pengendapan Sedimen



Gambar 6. Peta Distribusi Sebaran Sedimen Dasar Laut di Kabupaten Batang (Profil dan Kajian Pemetaan Potensi Wilayah Pesisir Pantai Utara Jawa Tengah, P3GL. 2021)

Proses pengendapan sedimen di perairan Batang dapat diperkirakan berdasarkan data hasil analisis granulometri dan statistik sedimen. Karakteristik ukuran butir sedimen digunakan untuk menafsirkan sebaran dan mekanisme pengangkutan dan pengendapan sedimen di suatu kawasan (Korwa dkk., 2013). Secara umum jenis sedimen daerah penyelidikan di dominasi oleh partikel ukuran halus (lanau). Berdasarkan ukuran butir sedimen tersebut menggambarkan bahwa kondisi perairan Batang saat sedimen tersebut mengendap di pengaruhi oleh kecepatan arus kuat dicirikan dengan partikel ukuran halus dicirikan oleh arus yang lemah. Ukuran butir merupakan indikasi besar/kuatnya kekuatan arus dan

gelombang yang bekerja pada lingkungan pengendapan tersebut (Rifardi dkk., 1998). Nilai sortasi mengindikasikan tipe pengendapan, karakteristik arus pengendapan dan kecepatan waktu pengendapan. Sedimen yang tersebar dan diendapkan di perairan daerah penyelidikan menunjukkan bahwa sedimen memiliki waktu yang pendek untuk mengendap ditunjukkan dengan tingginya nilai sortasi (terpilah baik) menunjukkan keseragaman butir sedimen yang kekuatan gelombang dan kecepatan arus selalu berubah dan membawa berbagai ukuran butir sedimen. Ukuran butir sedimen daerah penyelidikan masuk dalam fraksi halus sehingga dapat diinterpretasikan bahwa jenis mekanisme

Tabel 2. Tabel jenis ukuran butir sedimen dasar.

No Sampel	Kandungan			Nama Sedimen	Ukuran ButirD50 (mm)
	Sand	Silt	Clay		
SPL52	1,8%	94,4%	3,8%	Lanau (Z)	0,435
SPL53	0,5%	96,4%	3,1%	Lanau (Z)	0,452
SPL54	7,0%	90,4%	2,6%	Lanau (Z)	0,435
SPL55	1,9%	93,3%	4,8%	Lanau (Z)	0,342
SPL57	2,2%	89,5%	8,3%	Lanau Pasiran (sZ)	0,329

Tabel 3. Nilai kecepatan arus dan ukuran butir di titik sampling

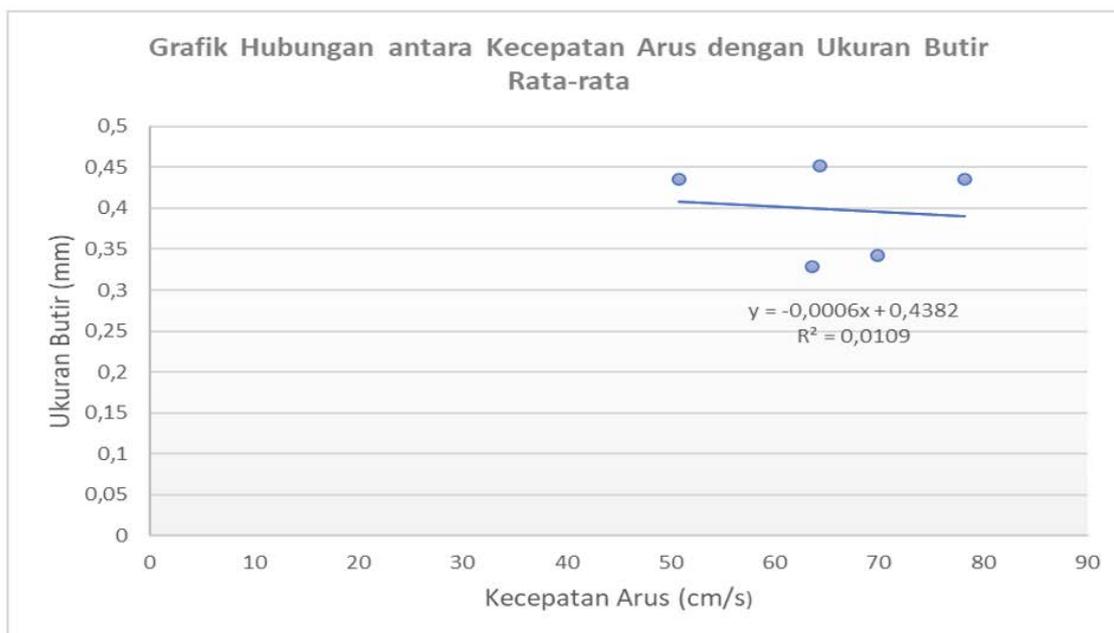
Titik	Kecepatan Arus	Ukuran Butir Rata-Rata
SPL52	78,3	0,435
SPL53	64,4	0,452
SPL54	50,8	0,435
SPL55	69,9	0,342
SPL57	63,6	0,329

transportasi sedimen berupa suspension load bekerja mentranspor sedimen halus (lempung) berbentuk suspensi yang terangkut cukup jauh dalam aliran, sebelum pada akhirnya mengendap dengan kecepatan arus yang melemah (Nugroho, 2014).

Hasil Analisis Granulometri

Hasil dari analisa granulometri menunjukkan ukuran butir di tiap sampel seperti yang tertera pada Tabel 3.

Hasil analisis grafik antara ukuran butir serta kecepatan arus menunjukkan nilai korelasi yang sangat



Gambar 7. Grafik Hubungan Kecepatan Arus dengan Ukuran Butir

kecil sehingga tidak ada korelasi antara keduanya seperti yang tertera pada Tabel 4 dan Gambar 7.

Pasang Surut

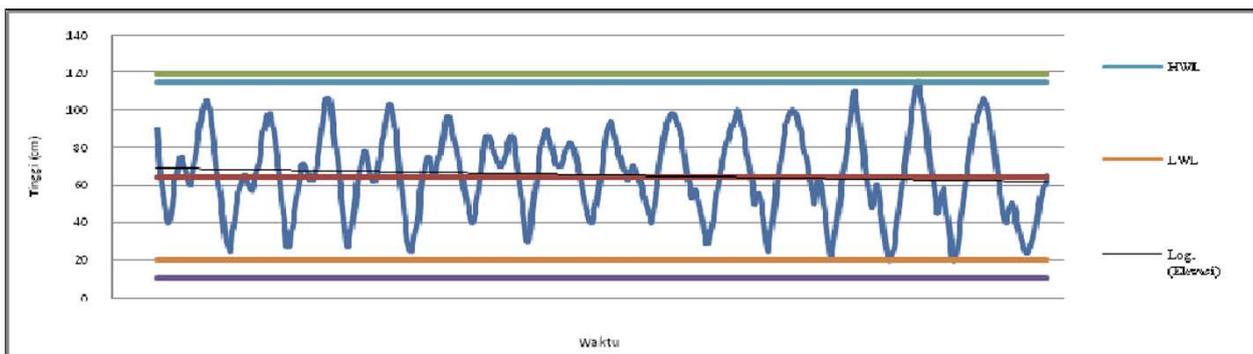
Berdasarkan Pengolahan data pasang surut di perairan Pantai Sigandu Batang Kabupaten Batang yang terletak pada 6° 51' 46" sampai 7° 11' 47" Lintang Selatan dan antara 109° 40' 19" sampai 110° 03' 06" Bujur Timur, yang dilakukan oleh Rifda, 2014, dengan menggunakan

Hasil pada tabel tersebut di atas, diperoleh nilai tinggi muka air rata-rata (MSL) sebesar 64 cm, tinggi muka air tinggi (HHWL) sebesar 119,0218 cm, tinggi muka air rendah (LLWL) sebesar 9,96163 cm. Dari data pasang surut diperoleh juga bilangan Formzahl sebesar 1,70463 yang menunjukkan bahwa pasang surut di daerah penyelidikan bertipe pasang surut campuran condong harian tunggal yaitu dalam satu hari hanya terjadi satu kali

Tabel 4. Nilai Konstanta Harmonik Pasang Surut.(Rifda, 2014).

HASIL TERAKHIR :											
	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1	
A	cm	64	13	3	2	28	0	1	0	1	9
g*			1	139	117	73	6	353	321	139	73

F (Formhzal)	K1+O1/M2+S2	1,70463	Pasang Surut Campuran Condong Harian Tunggal
HHWL	MSL+(M2+S2+K1+O1+P1+K2)	119,02181	
LLWL	MSL-(M2+S2+K1+O1+P1+K2)	9,96163	

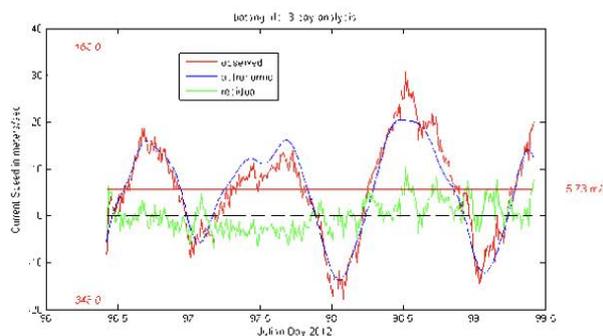
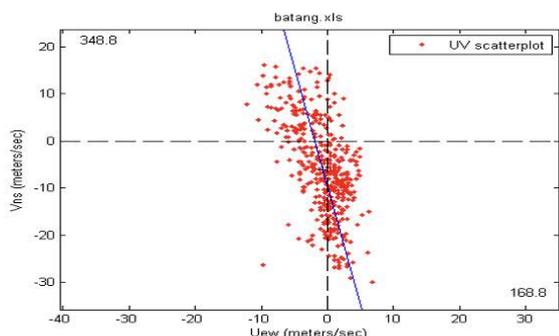


Gambar 8. Grafik Pengamatan Pasang Surut Daerah Penyelidikan (2021)

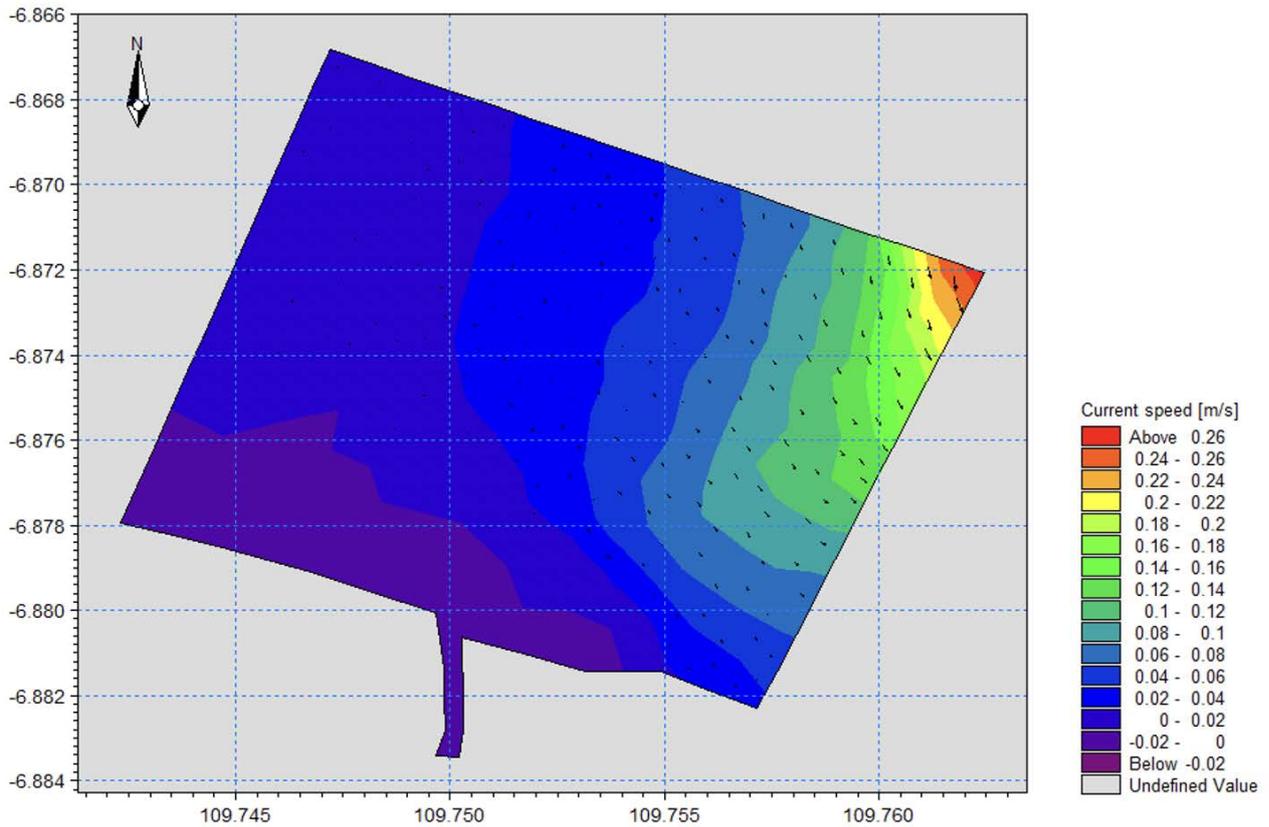
metode admiralty diperoleh hasil konstanta harmonik pasang surut sebagai berikut, :

pasang tinggi dan satu kali pasang rendah. Grafik pasang surut hasil pengukuran lapangan dapat dilihat pada gambar 8.

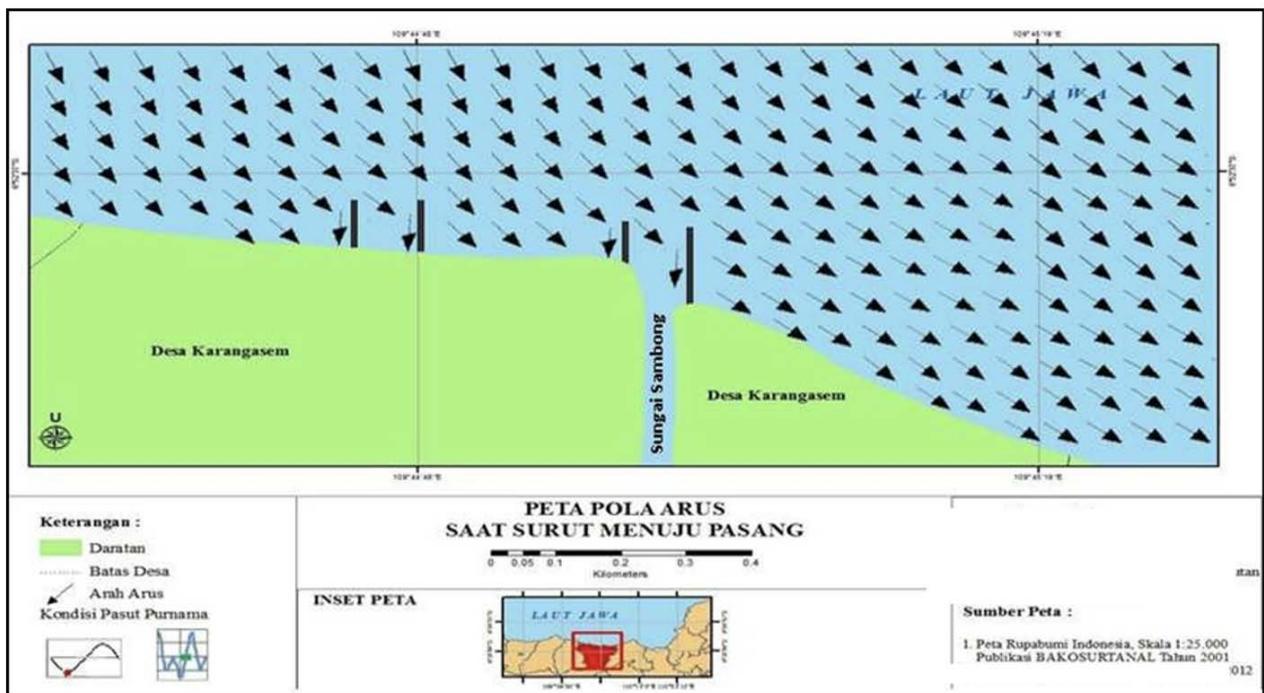
a)



Gambar 9. a) Grafik dan b) Scatter Plot Data Arus Lapangan Menggunakan Software World Currents 1.03 (Sartika, R.A., dkk., 2014)



Gambar 10. diagram Pola Arus pada saat Surut Menuju Pasang di Perairan Pantai Sigandu Batang (Suherman, Setiady, dan Seyanto., BBSPGL, 2022)



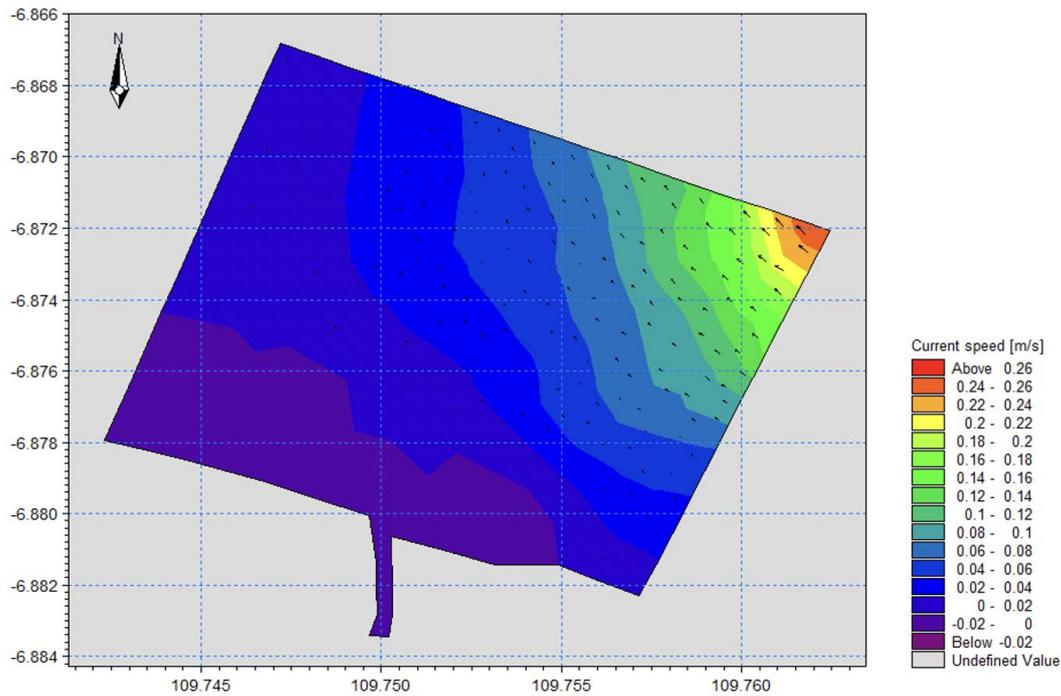
Gambar 11. Peta Pola Arus pada saat Surut Menuju Pasang di Perairan Pantai Sigandu Batang (Sartika, R.A., dkk. 2014)

Arus Laut

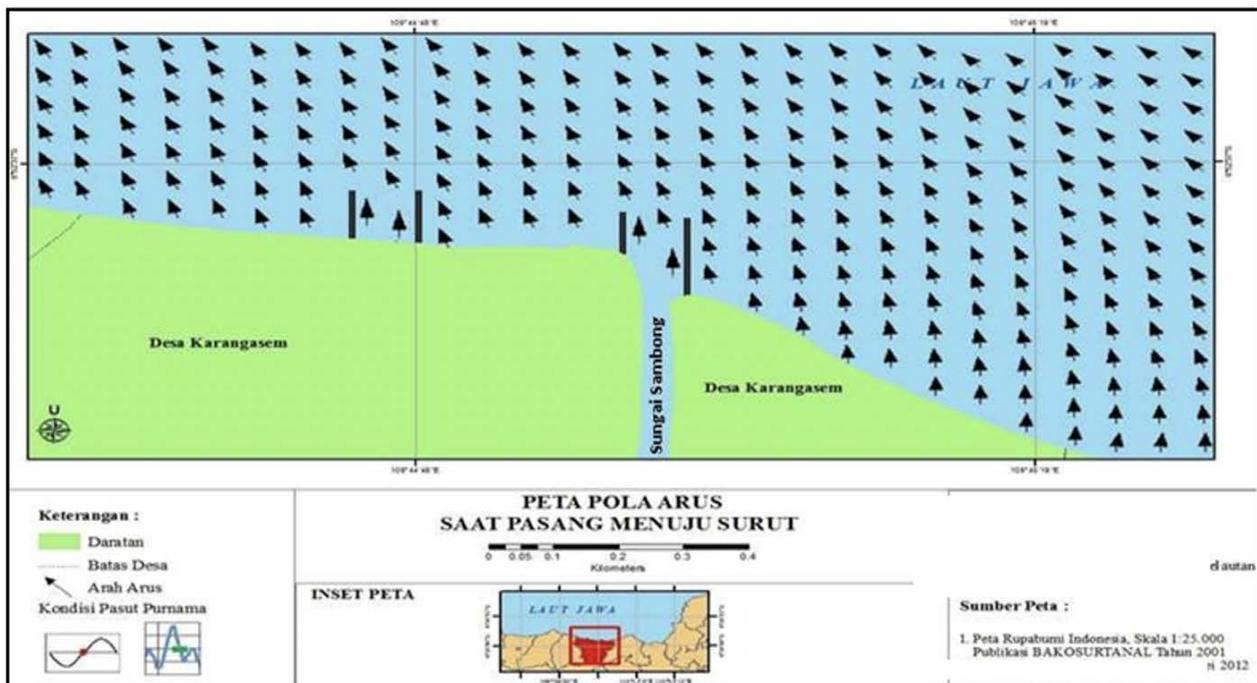
Data arus lapangan dianalisis dengan menggunakan software World Currents 1.03 hasil grafik dan scatter plot

pada masing-masing lapisan cell seperti terlihat pada gambar 9 yang dilakukan oleh Sartika, R.A., dkk., 2014.

Berdasarkan gambar 9 terlihat bahwa arus pasut lebih besar daripada arus non pasut. Nilai maksimal



Gambar 12. Diagram Pola Arus pada saat Pasang Menuju Surut di Perairan Pantai Sigandu Batang (Suherman, Setiady, dan Setyanto., BBSPGL, 2022)



Gambar 13. Peta Pola Arus pada saat Pasang Menuju Surut di Perairan Pantai Sigandu Batang (Sartika, R.A., dkk. 2014)

kecepatan arus pada cell 02 yaitu lapisan dasar diperoleh 26.7 (cm/s) dan nilai minimum diperoleh 0.3 (cm/s), pada cell 03 yaitu lapisan tengah nilai maksimum kecepatan arus diperoleh 29.6 (cm/s) dan nilai minimum diperoleh 0.2 (cm/s), sedangkan pada cell 04 yaitu pada lapisan permukaan diperoleh nilai maksimum kecepatan arus 34.4 (cm/s) dan nilai minimum diperoleh 0.4 (cm/s).

Hasil pemodelan hidrodinamika 2 Dimensi menggunakan *Surface Water Modelling System 8.1* (SMS

8.1). Hasil simulasi memperlihatkan bahwa pergerakan arus di daerah model kecil cenderung memiliki arah bolak-balik secara periodik sesuai dengan kondisi pasang surut yang terjadi. Gambaran pola penyebaran arus disajikan dalam bentuk vektor pola arus seperti yang terlihat pada gambar 10 - gambar 11, yang menunjukkan pola arus saat surut menuju pasang, dimana arus bergerak dari utara menuju ke selatan. Gambar 12 dan 13

menunjukkan pola arus saat pasang menuju surut, dimana arus bergerak dari selatan menuju ke utara.

Hasil verifikasi yang dilakukan oleh Sartika, R.A., dkk., 2014 arus diperoleh nilai *Mean Relative Error* (%) dari data arus kesalahan yang diperoleh dari hasil verifikasi data lapangan dengan data ramalan adalah 29,71 %. Penyimpangan yang terjadi disebabkan adanya perbedaan nilai kedua data tersebut meskipun berasal dari sumber yang sama yaitu data pengukuran lapangan dan data hasil analisis model adalah data lapangan yang telah mengalami *filtering* untuk menghilangkan gangguan sebelum dilakukan pemisahan komponen arus.

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *World Current* yaitu berupa *grafik* dan *scatterplot*, diketahui bahwa pada lokasi penyelidikan jenis arus yang lebih mempengaruhi adalah arus pasut. Tipe pasang surut di perairan Pantai Sigandu adalah tipe pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*), yaitu dalam satu hari terjadi satu kali pasang tinggi dan satu kali pasang rendah tetapi terkadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang tinggi dan dua kali pasang rendah dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda (Triatmodjo, 1999).

KESIMPULAN

Ukuran butir merupakan indikasi besar/kuatnya kekuatan arus dan gelombang yang bekerja pada lingkungan pengendapan tersebut. Nilai sortasi mengindikasikan tipe pengendapan, karakteristik arus pengendapan dan kecepatan waktu pengendapan.

Sedimen yang tersebar dan diendapkan di perairan daerah penyelidikan menunjukkan bahwa sedimen memiliki waktu yang pendek untuk mengendap ditunjukkan dengan tingginya nilai sortasi (terpilah baik) menunjukkan keseragaman butir sedimen yang kekuatan gelombang dan kecepatan arus selalu berubah dan membawa berbagai ukuran butir sedimen. Ukuran butir sedimen daerah penyelidikan masuk dalam fraksi halus sehingga dapat diinterpretasikan bahwa jenis mekanisme transportasi sedimen berupa suspension load bekerja mentranspor sedimen halus (lempung) berbentuk suspensi yang terangkut cukup jauh dalam aliran, sebelum pada akhirnya mengendap dengan kecepatan arus yang melemah

Secara umum jenis sedimen daerah penyelidikan di dominasi oleh partikel ukuran halus (lanau). Berdasarkan ukuran butir sedimen tersebut menggambarkan bahwa kondisi perairan Batang saat sedimen tersebut mengendap di pengaruhi oleh kecepatan arus rendah dicirikan dengan partikel ukuran halus dicirikan oleh arus yang lemah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan (BBSPGL) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral atas izinnya untuk melakukan kajian analisis sebaran sedimen berdasarkan hubungan kecepatan arus

dengan ukuran butir di perairan pantai Batang, Propinsi Jawa Tengah. Secara khusus kepada Bapak Dr. Ir. Noor Cahyo atas sara dan masukannya, terimakasih juga disampaikan kepada rekan-rekan BBSPGL dan semua pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini.

DAFTAR ACUAN

- Arjenggi, E. K., Muzahar, M., Yandri, F., 2013. Karakteristik Sedimen Permukaan Dasar di Perairan Kelurahan Tarempa Barat Kecamatan Siantan Kabupaten Anambas. Jurusan Ilmu Kelautan. Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Folk, 1980. *Sedimentology of Rock*. Hemphill University., Texas. USA.
- Folk, F.J. 1996. *Sedimentology of Rock*. Hemphill University. USA.
- Folk, R. L., & Ward, P. B. 1977. *Student operator error in determination of roundness, sphericity and grain size. Sed Petrology*, 25, 297-301p. 200 hlm.
- Guzman, D. V., Widada, S., dan Satriadi, A., 2013. Pengaruh Arus Terhadap Sebaran Material Padatan Tersuspensi Di Pantai Sigandu, Kabupaten Batang, Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, *JURNAL OSEANOGRAFI. Volume 2, Nomor 1, Tahun 2013, Halaman 66 – 72*.
- Ingmanson, D. E., & Wallace. W. J., 1989. *Oceanography an Introduction*. Fouth Edition. Wadsworth Publishing Company. Belmont, California. 541p.
- Korwa, J. I. S., Opa, E. T., & Djamaludin, R., 2013. Karakteristik sedimen litoral di pantai Sindulang Satu. *J. Pesisir dan Laut Tropis*, 1(1), 48-54.
- Nugroho, S. H., & Basit, A., 2014. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir di Teluk Weda, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(1), 229-240.
- Profil dan Kajian Pemetaan Potensi Wilayah Pesisir Pantai Utara Jawa Tengah, Pusat Penyelidikan dan Pengembangan Geologi Kelautan, Balitbang Energi dan Sumber Daya Mineral dengan Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Jawa Tengah., 2021
- Rifardi, Oki, K., & Tomiyasu, T., 1998. *Sedimentary Environments Based on Texture Surface Sediments and Sedimentation Rates in the South Yatsushiro (Sea)*, Southwest Kyushu, Japan. *Jour. Sedimentol. Soc. Japan*, 48, 67-84.
- Sartika, R.A., dkk. 2014. Kajian Pola Sebaran Sedimen di Perairan Pantai Sigandu Batang, Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, *JURNAL OSEANOGRAFI. Volume 3, Nomor 3, Tahun 2014, Halaman 462 – 469*

- Setiady, D. Aryanto, N C D, Setyanto, A. Suherman I., 2021. Profil dan Kajian Pemetaan Potensi Wilayah Pesisir Pantai Utara Jawa Tengah, Pusat Penyelidikan dan Pengembangan Geologi Kelautan, Balitbang Energi dan Sumber Daya Mineral dengan Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Jawa Tengah.,(Laporan Intern)
- Suherman, Setiady, dan Seyanto., BBSPGL, 2022. Diagram Pola Arus pada saat Surut Menuju Pasang di Perairan Pantai Sigandu Batang, Laporan Intern
- Susilohadi, 1980 program besar butir *Sel, Kum* dan *Kummod*, (Intern)
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta

KARAKTERISTIK INTRUSI AIR LAUT SERTA HUBUNGANNYA DENGAN KETINGGIAN DAN KEMIRINGAN LERENG

CHARACTERISTICS OF SEA WATER INTRUSION AND THEIR RELATIONSHIP WITH ELEVATION AND SLOPE

Lauditta Zahra^{1*}, Mochamad Firman Ghazali¹, Ananda Dermawan¹, Choirunnisa Salsabila¹, Mila Aulia¹, Ni Made Mega Melliana S¹

¹Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145

*lauditta.zahra3009@students.unila.ac.id

Diterima : 04-08-2022, Disetujui : 23-12-2022

ABSTRAK

Wilayah pesisir merupakan daerah yang memiliki banyak potensi, namun terdapat banyak permasalahan di dalamnya, salah satunya intrusi air laut. Intrusi air laut merupakan permasalahan yang belum mendapatkan perhatian, baik dari masyarakat maupun pemerintah. Didukung dengan bentuk topografi daerah pesisir berupa dataran, sehingga semakin mempercepat terjadinya intrusi air laut. Penelitian dilakukan di daerah pesisir Kecamatan Kalianda, lebih tepatnya di Desa Way Urang, Desa Way Lubuk dan Kelurahan Kedaton. Tujuan penelitian ini untuk mendeskripsikan karakteristik intrusi air laut serta hubungan terhadap perubahan ketinggian dan kemiringan lereng. Data yang digunakan berupa data salinitas yang dikumpulkan menggunakan teknik *purposive sampling*. Data lainnya berupa SRTM yang diekstraksi menghasilkan data ketinggian dan kemiringan lereng. Data tersebut dilakukan analisis regresi polinomial untuk melihat hubungan intrusi air laut terhadap ketinggian dan kemiringan lereng. Berdasarkan hasil analisis, hubungan intrusi air laut terhadap ketinggian memiliki nilai $R^2 = 0,2334$ sedangkan terhadap kemiringan lereng dengan nilai $R^2 = 0,317$. Dari hasil penelitian, disimpulkan bahwa besarnya intrusi air laut memiliki hubungan yang lemah terhadap ketinggian dan kemiringan lereng.

Kata kunci: wilayah pesisir, intrusi air laut, salinitas, SRTM, analisis regresi

ABSTRACT

The coastal area is an area that has a lot of potential, but there are many problems in it, one of which is sea water intrusion. Seawater intrusion is a problem that has not received attention, both from the community and the government. Supported by topography of the coastal area in the form of plains, thus accelerating the occurrence of sea water intrusion. The research was conducted in the coastal area of Kalianda District, more precisely in Way Urang Village, Way Lubuk Village and Kedaton Village. The purpose of this study is to describe the characteristics of seawater intrusion and the relationship to changes in elevation and slope. The data used in the form of salinity data collected using purposive sampling technique. Other data in the form of SRTM which is extracted produces elevation and slope data. The data was analyzed by polynomial regression to see the relationship of sea water intrusion to elevation and slope. Based on the results of the analysis, the relationship of sea water intrusion to elevation has an R^2 value of 0.2334, while the slope with an R^2 value of 0.317. From the results of the study, it was concluded that the magnitude of seawater intrusion had a weak relationship with elevation and slope.

Keyword: coastal area, seawater intrusion, salinity, SRTM, regression analysis

PENDAHULUAN

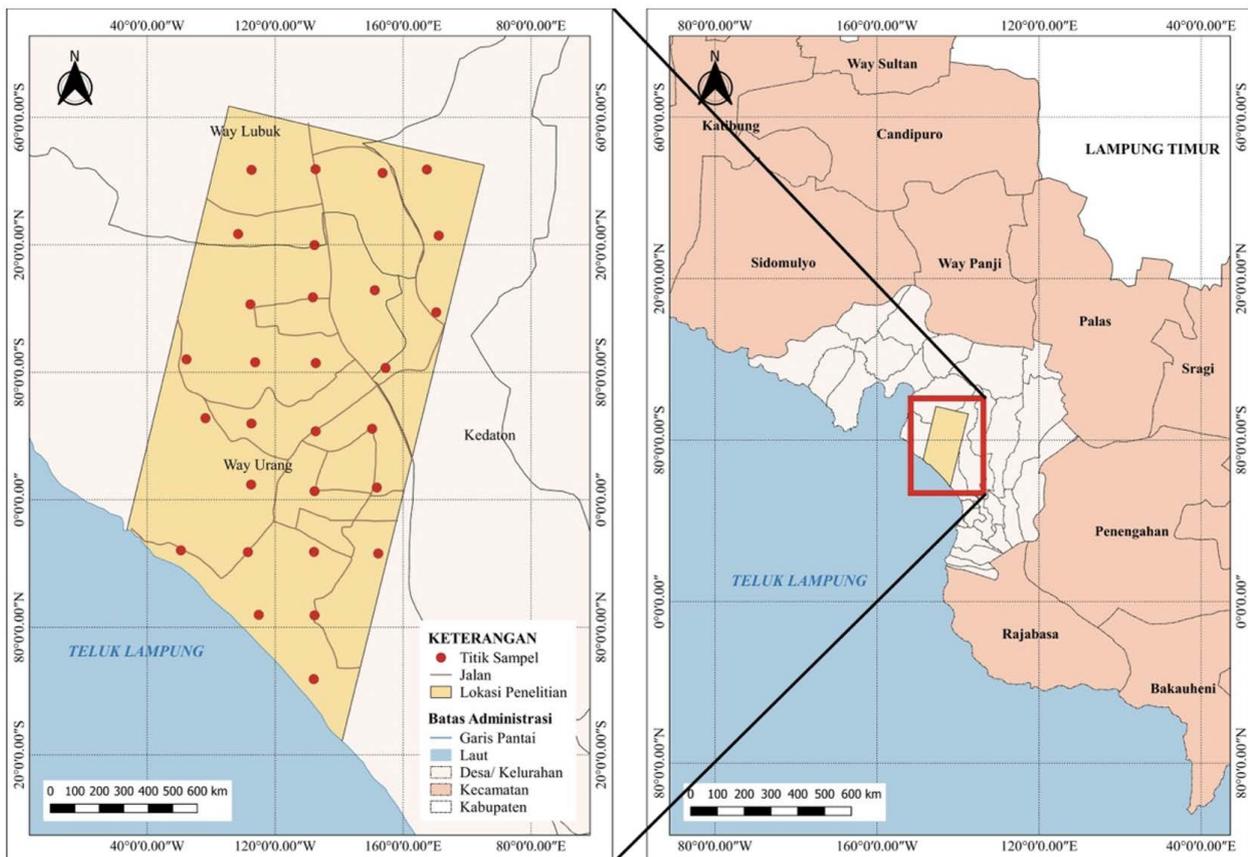
Wilayah pesisir adalah wilayah produktif yang berpotensi sebagai sumber mata pencaharian masyarakat pesisir (Lewaherilla, 2007). Walaupun terdapat banyak potensi, namun banyak permasalahan didalamnya seperti intrusi air laut (Afrianita dkk., 2017; Santosa dkk., 2021). Intrusi air laut merupakan pencemaran air tanah yang diakibatkan oleh masuknya air laut di bawah permukaan tanah melalui akuifer (Supriyadi dan Khumaedi, 2016). Terjadinya intrusi air laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti tipe akuifer, konduktivitas hidraulik akuifer, tinggi muka air tanah, tutupan lahan dan lainnya (Damayanti dan Notodarmodjo, 2021). Didukung dengan bentuk topografi berupa dataran, sehingga mempercepat proses terjadinya intrusi air laut.

Intrusi air laut memiliki dampak negatif yang merugikan masyarakat dan lingkungan seperti terjadinya penurunan kualitas air tanah, kerusakan bangunan, penurunan kesuburan tanah dan lain sebagainya (Putri, 2016). Wilayah pesisir di Kota Tegal pada tahun 2017 mengalami intrusi air laut, terdapat 534 ha pada intrusi sedang dan 1.430 ha intrusi tinggi. Pada tahun 2018 berdasarkan penelitian Bali Water Protection (BWP) sebagian besar pesisir Bali mengalami intrusi air laut, khususnya di kawasan wisata. Sehingga perlu dilakukan identifikasi terhadap area yang berpotensi mengalami intrusi air laut dengan tujuan meminimalisir kerugian yang ada.

Berdasarkan hasil identifikasi isu pengelolaan wilayah pesisir, terdapat ancaman intrusi air laut di Kota Bandar Lampung, Kabupaten Lampung Selatan dan Kabupaten Lampung Timur (Pemda, 2000). Kabupaten Lampung Selatan berpotensi mengalami intrusi air laut, karena adanya wilayah pesisir salah satunya Kecamatan Kalianda. Kecamatan Kalianda terdiri dari 25 Desa dan 4 Kelurahan dengan luas wilayah sebesar 226,06km² yang dihuni oleh 116.157 jiwa. Secara geografis Kecamatan Kalianda berbatasan dengan Kecamatan Sidomulyo di sebelah Utara, sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Rajabasa, sebelah Barat berbatasan dengan selat Sunda, sedangkan sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Penengahan dan Palas (BPS, 2020).

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Kalianda, tepatnya di Desa Kedaton, Kelurahan Way Urang dan Way Lubuk. Lokasi penelitian memiliki luas sebesar 8,4km² dengan topografi hingga 42m diatas permukaan laut (mdpl) dan kemiringan lereng bervariasi hingga 14%. Serta kondisi geologi yang terdiri dari Gunungapi Rajabasa dan Formasi lampung, sedangkan kondisi litologi tersusun dari litosol kromik. Selain itu, terdapat persebaran penggunaan lahan yang terbagi menjadi 6 yaitu hutan, pemukiman, sawah, tambak, perkebunan dan lahan terbuka. Oleh karena itu, berdasarkan kondisi tersebut sangat memungkinkan Kecamatan Kalianda mengalami fenomena intrusi air laut.

Pada penelitian ini dibutuhkan nilai Daya Hantar Listrik (DHL) dan SRTM. SRTM diekstraksi



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Intrusi Air Laut di Pesisir Kalianda serta Distribusi Sampel DHL

menghasilkan data topografi dan data kemiringan lereng. Ketiga data tersebut dilakukan analisis regresi untuk mengetahui karakteristik intrusi air laut serta melihat hubungannya terhadap ketinggian dan kemiringan lereng.

METODE

Data

Data yang digunakan yaitu SRTM dan nilai DHL. SRTM diunduh secara gratis di laman resmi *United States Geological Survey* (USGS). Sementara itu, nilai DHL diperoleh secara langsung pada 21 April 2022 menggunakan teknik *purposive sampling*. Penentuan sampel dengan pembuatan grid berjarak 500m setiap sampelnya yang bertujuan untuk melihat perubahan

ketinggian dan data kemiringan lereng. Menurut Kurniawan (2014) SRTM diekstraksi akan menghasilkan data baru berupa kontur, kemiringan lereng, *hillside* dan lain-lain.

Ketiga data tersebut yaitu nilai DHL, ketinggian dan kemiringan lereng dianalisis berdasarkan regresi non-linier metode polinomial. Regresi non linier adalah metode analisis regresi dengan model non-linier yang berfungsi melihat hubungan antara variabel (Saputra dkk., 2015). Hubungan antara variabel dilihat dari nilai koefisien Determinasi atau *R-square* (R^2). Menurut (Harahap dkk., 2013) R^2 merupakan informasi yang digunakan untuk melihat hubungan antara variabel dan dinyatakan dalam bentuk angka indeks.

Tabel 1. Jarak Titik Sampel

Kode	Jarak (m)	Sumber
T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T16, T18, T21 dan T22	±100	Air Sumur
T1, T17, T20, T24 dan T25	±200	
T19	±300	
T14, T15 dan T23	>500	

ketinggian dan kemiringan lereng. Berdasarkan pembuatan grid diperoleh sebanyak 25 titik sampel. Pada lokasi penelitian terdapat sumber air berupa air sumur dengan jarak ±100m, ±200m, ±300m dan >500m terdapat setiap titik sampel (Tabel 1). Pengambilan sampel berupa tanah dengan kedalaman 10-20cm yang dilarutkan dengan *aquades* perbandingan 1:5 (Nguyen dkk., 2020). Pada tabel 1 menunjukkan lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik DHL, Ketinggian dan Kemiringan Lereng

Berdasarkan hasil pengukuran nilai DHL pada 25 titik sampel (Tabel 2). Pada tabel 2 menunjukkan DHL di Kecamatan Kalianda memiliki nilai minimal 49 μ S/cm dengan maksimal 451 μ S/cm dan nilai rata-rata 114,48 μ S/cm. Menurut Rhoades dan Loveday (1990) apabila

Tabel 2. Nilai DHL, Ketinggian dan Kemiringan Lereng berdasarkan 25 Titik Sampel

Kode	DHL (μ S/cm)	Ketinggian (m)	Kemiringan Lereng (%)	Kode	DHL (μ S/cm)	Ketinggian (m)	Kemiringan Lereng (%)
T1	112	23	3.24	T14	56	32	2.51
T2	55	38	4.70	T15	106	5	1.68
T3	83	35	2.65	T16	117	3	1.64
T4	51	42	5.91	T17	104	2	2.81
T5	72	39	3.55	T18	49	13	7.54
T6	95	33	0.74	T19	103	3	2.21
T7	97	34	1.92	T20	69	24	3.63
T8	72	38	0.74	T21	87	31	3.50
T9	92	15	8.19	T22	94	29	2.08
T10	88	31	2.21	T23	122	26	2.08
T11	83	40	1.92	T24	127	29	4.58
T12	90	29	3.63	T25	125	16	3.67
T13	57	32	11.72				

Pengolahan Data

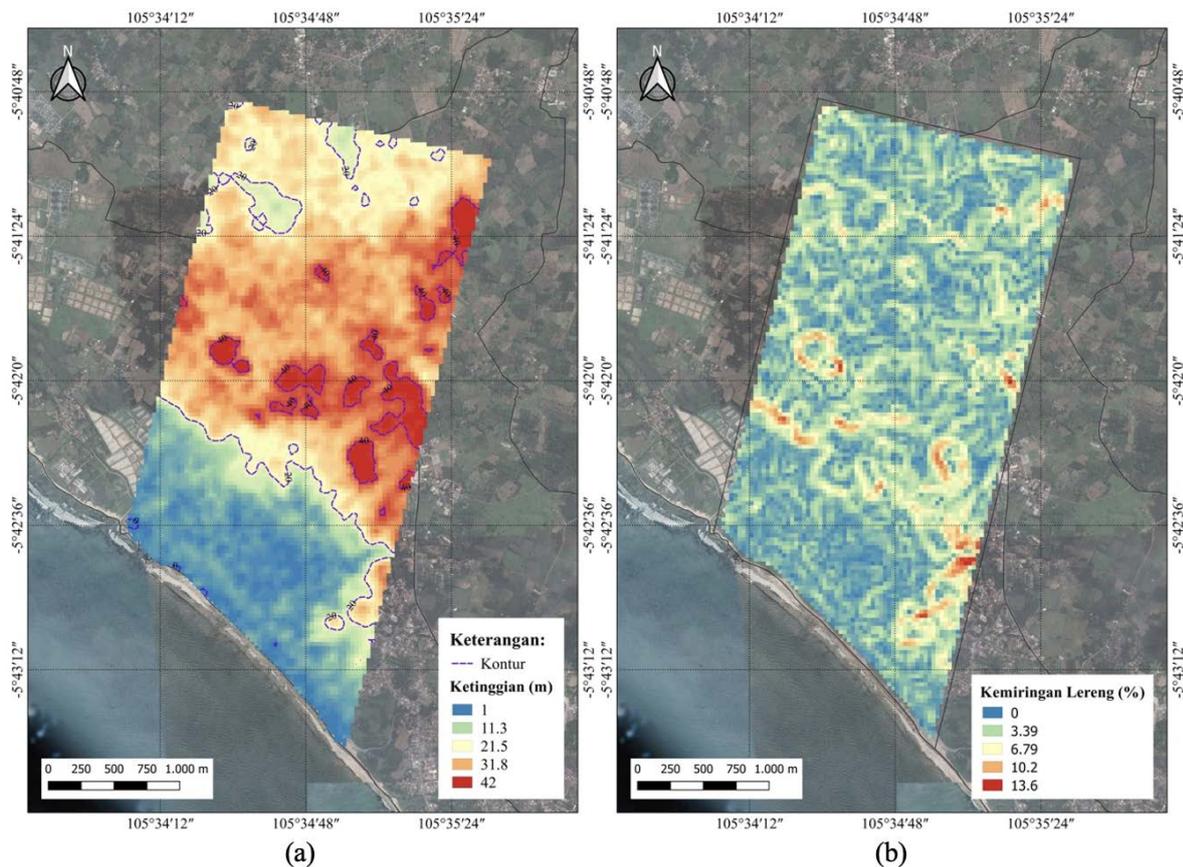
Nilai daya hantar listrik (DHL) digunakan untuk mengidentifikasi intrusi air laut. Metode DHL merupakan metode *electrical conductivity meter* berfungsi memberikan informasi yang akurat terhadap kandungan salinitas pada tanah (Muliawan dkk., 2016). Data lainnya berupa SRTM yang digunakan untuk mengetahui data

kandungan salinitas berdasarkan DHL < 700 μ S/cm, maka wilayah pesisir tidak mengalami intrusi air laut. Kandungan salinitas tanah yang rendah berdampak baik pada lingkungan seperti tingkat kesuburan tanah masih terjaga (Mindari, 2009). Selain berdampak baik pada lingkungan, rendahnya salinitas sangat menguntungkan bagi masyarakat sekitar. Dimana air tanah dapat

digunakan untuk kebutuhan sehari-hari, sehingga tidak perlu mengeluarkan biaya tambahan (Ismawan dkk., 2016).

Sementara itu, nilai ketinggian dan kemiringan lereng diakuisisi berdasarkan 25 titik sampel (Tabel 2). Lokasi penelitian memiliki ketinggian dengan nilai minimal 1m dan maksimal 42m (Gambar 2a). Menurut Menurut Darmawan dan Theml (2008) daerah dengan ketinggian <50m merupakan dataran rendah. Selain itu, kemiringan lereng memiliki nilai minimal 0% dan

$0,2 \leq R^2 \leq 0,399$ maka menunjukkan hubungan yang lemah antara variabel. Pada gambar 4 dan gambar 5 menunjukkan kurva memiliki arah negatif, dimana semakin besar nilai intrusi air laut diikuti dengan semakin rendah nilai ketinggian maupun kemiringan lereng. Ketinggian maupun kemiringan lereng memiliki pengaruh terhadap perubahan intrusi air laut, walaupun hubungannya bersifat lemah. Namun, kemiringan lereng memiliki pengaruh lebih besar bandingkan dengan ketinggian.



Gambar 2. (a) Peta Ketinggian dan (b) Peta Kemiringan Lereng

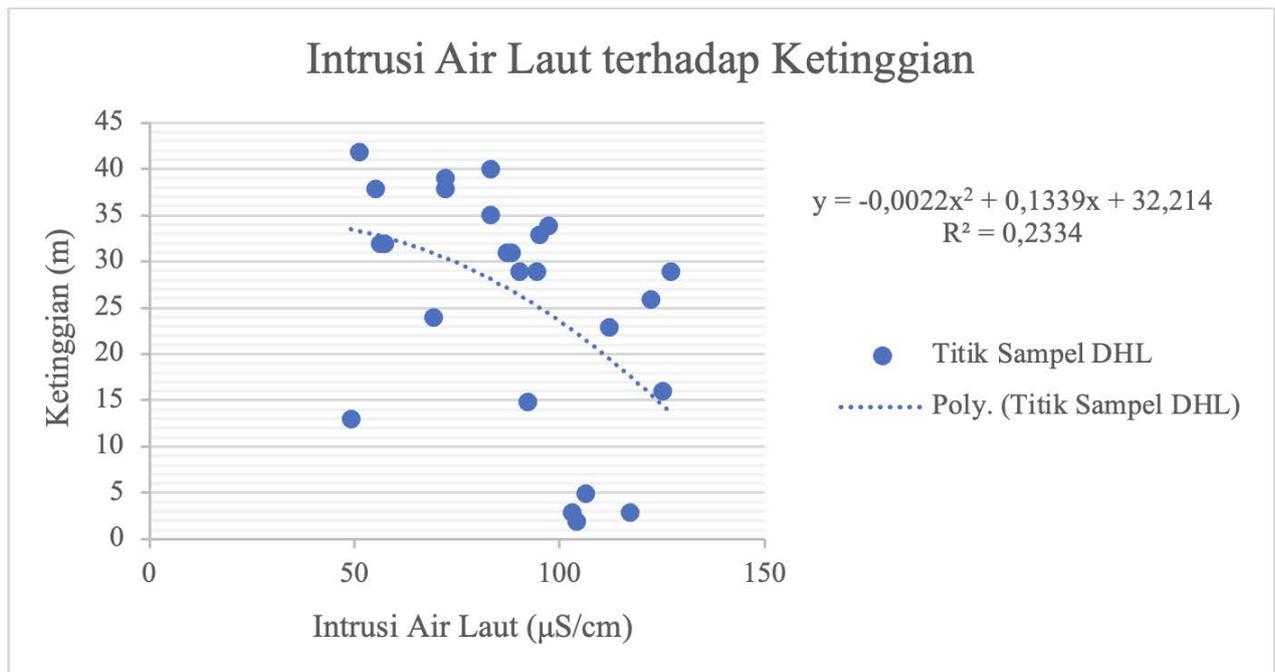
maksimal 13,6% (Gambar 2b). Menurut Asdak (2018) wilayah yang memiliki kemiringan lereng <15% merupakan wilayah yang datar dan landai. Walaupun memiliki kondisi tersebut, Kecamatan Kalianda tidak mengalami permasalahan intrusi air laut dilihat dari persebaran nilai DHL.

Hubungan Intrusi Air Laut dengan Perubahan Ketinggian dan Kemiringan Lereng

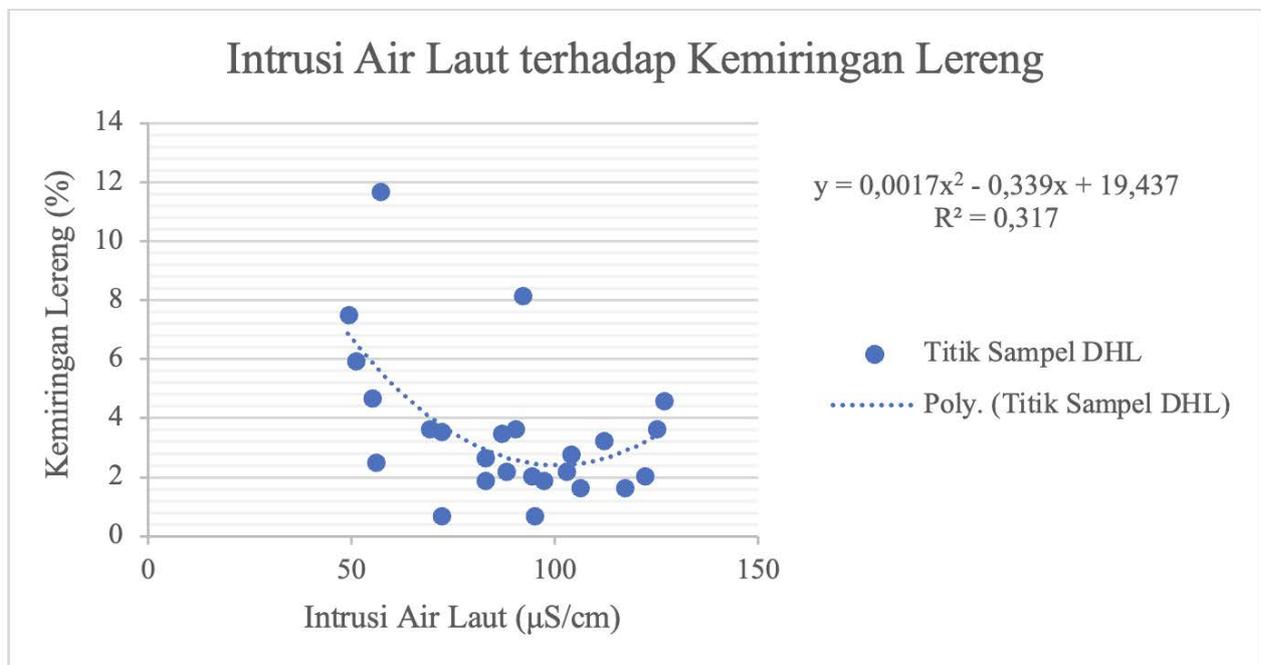
Hubungan intrusi air laut dengan perubahan ketinggian maupun kemiringan lereng dilihat berdasarkan analisis regresi polinomial. Hasil analisis menunjukkan korelasi antara intrusi air laut terhadap ketinggian memiliki nilai $R^2 = 0,2334$ (Gambar 4). Sementara itu, korelasi antara intrusi air laut terhadap kemiringan lereng memiliki nilai $R^2 = 0,317$ (Gambar 5). Menurut Harahap dkk (2013) apabila angka indeks berada diantara

Karakteristik Intrusi Air Laut

Pada dasarnya intrusi air laut dipengaruhi oleh berbagai kriteria seperti tipe akuifer, tinggi muka air tanah, jarak dari pantai, dampak intrusi sebelumnya, tutupan lahan, dan jarak terhadap muara sungai (Damayanti dan Notodarmodjo, 2021). Selain itu, ketinggian juga merupakan salah satu kriteria yang mempengaruhi terjadinya intrusi air laut (Ashriyati, 2011). Menurut (Wulandari, 2010) dalam mengidentifikasi intrusi air laut di daerah pesisir dapat menggunakan berbagai metode salah satunya metode DRASTIC. Metode DRASTIC merupakan model yang digunakan dalam mengevaluasi kerentanan air tanah. Model tersebut mempertimbangkan 7 parameter yaitu kedalaman muka air tanah (D), jumlah area *recharge* (R), litologi akuifer (A), jenis media tanah (S), topografi (T), jenis media zona tak jenuh air (I) dan konduktivitas



Gambar 3. Hubungan Non Linier Intrusi Air Laut terhadap Ketinggian



Gambar 4. Hubungan Non Linier Intrusi Air Laut terhadap Kemiringan Lereng

hidrolika (C). Ketujuh parameter tersebut memiliki bobot, dimana parameter D dan I dengan bobot 5, parameter R memiliki bobot 4, parameter A dan C dengan bobot 3, parameter S memiliki bobot 2 dan parameter T dengan bobot 1 (Gad dan El-Hattab, 2019). Berdasarkan hasil analisis regresi polinomial, intrusi air laut memiliki hubungan yang lemah terhadap ketinggian maupun kemiringan lereng. Selaras dengan metode DRASTIC yang menyatakan bahwa topografi memiliki bobot terendah dalam mengevaluasi kerentanan air tanah. Dengan demikian ketinggian maupun kemiringan lereng berpengaruh terhadap terjadinya intrusi air laut. Walaupun

terdapat faktor-faktor lainnya yang memiliki pengaruh lebih besar terhadap terjadinya intrusi air laut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Secara umum Kecamatan Kalianda memiliki topografi berupa dataran dengan ketinggian hingga 42m dan kemiringan lereng 0-8,84%. Namun Kecamatan Kalianda tidak mengalami intrusi air laut berdasarkan nilai persebaran DHL yang $<700\mu\text{S/cm}$. Penelitian tentang karakteristik intrusi air laut serta hubungannya

terhadap perubahan topografi dan kemiringan lereng secara obyektif belum dilakukan. Berdasarkan hasil analisis, intrusi air laut memiliki hubungan yang lemah terhadap perubahan topografi dengan nilai $R^2 = 0,2226$. Sedangkan intrusi air laut terhadap kemiringan lereng memiliki hubungan yang lemah dengan nilai $R^2 = 0,2544$. Kedua faktor tersebut, memiliki pengaruh yang rendah terhadap karakteristik intrusi air laut.

Saran

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui karakteristik intrusi air laut dengan mempertimbangkan metode pengambilan data sampel di lapangan. Pengambilan sampel diharapkan dapat mempertimbangkan kondisi iklim, kedalaman tanah, teknik pengambilan sampel dan alat yang digunakan. Selain itu, terdapat kriteria-kriteria lainnya yang dipertimbangkan dalam mendeskripsikan karakteristik intrusi air laut, seperti batuan penyusun, penggunaan lahan, jarak dari pantai dan lain-lain. Harapannya dapat mengetahui kriteria-kriteria dengan bobot terbesar dalam mengetahui karakteristik intrusi air laut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kecamatan Kalianda, atas izinnya untuk melakukan penelitian di Desa Way Urang, Way Lubuk dan Kelurahan Kedaton. Terima kasih disampaikan kepada Bapak Mochamad Firman Ghazali serta rekan-rekan satu tim yang telah membantu dalam pengambilan data maupun penulisan ini.

DAFTAR ACUAN

- Afriani, R., Edwin, T., & Alawiyah, A. 2017. Analisis Intrusi Air Laut dengan Pengukuran Total Dissolved Solids (TDS) Air Sumur Gali di Kecamatan Padang Utara. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 14(1), 62–72. <https://doi.org/10.25077/dampak.14.1.62-72.2017>
- Asdak, C. 2018. *Hidrologi Dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press.
- Ashriyati, H. 2011. Kajian Kerentanan Pada Wilayah Terintrusi Air Laut di DKI Jakarta. In *Universitas Indonesia*. Universitas Indonesia.
- BPS. 2020. *Kecamatan Kalianda Dalam Angka 2020*.
- Damayanti, A. D., & Notodarmodjo, S. 2021. Metode G-ALDIT dan G-ALDITLcR untuk Evaluasi Kerentanan Air Tanah Dangkal Akibat Pengaruh Intrusi Air Laut (Studi Kasus: Air Tanah Dangkal Kawasan Pesisir Bagian Utara dan Selatan Kota Makassar). *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 12(2), 107–123. <https://doi.org/10.34126/jlbg.v12i2.368>
- Darmawan, M., & Theml, S. 2008. Katalog Metodologi Penyusunan Peta Geo Hazard Dengan GIS. *Aceh, Indonesia: BRR-NAD*.
- Gad, M., & El-Hattab, M. 2019. Integration of water pollution indices and DRASTIC model for assessment of groundwater quality in El Fayoum depression, western desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 158(February). <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103554>
- Harahap, Y. M., Bu'ulolo, F., & Sitepu, H. R. 2013. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Permintaan Air Minum Pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtanadi Medan. *Saintia Matematika*, 1(4), 323–336.
- Ismawan, M. F., Sanjoto, T. B., & Setyaningsih, W. 2016. Kajian Intrusi Air Laut Dan Dampaknya Terhadap Masyarakat Di Pesisir Kota Tegal. *Geo Image*, 5(1), 1–5.
- Kurniawan, I. 2014. *Pemanfaatan Citra DEM-SRTM untuk Mengetahui Sebaran Temperatur di Pulau Lombok*.
- Lewaherilla, N. E. 2007. Pemanfaatan Wilayah Pesisir Teluk Youtefa-Jayapura Secara Partisipatif. *Akselerasi Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi Mendukung Ketahanan Pangan Di Wilayah Kepulauan*, 705–715.
- Mindari, W. 2009. Cekaman Garam dan Dampaknya pada Kesuburan Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. In M. Prof. Dr. Ir. Syekhfani & P. E. Sasongko (Eds.), *UPN "Veteran" Jawa Timur*. UPN "Veteran" Jawa Timur.
- Muliawan, N. R. E., Sampurno, J., & Jumarang, M. I. 2016. Identifikasi Nilai Salinitas Pada Lahan Pertanian di Daerah Jungkat Berdasarkan Metode Daya Hantar Listrik (DHL). *Prisma Fisika*, IV(02), 69–72.
- Nguyen, K. A., Liou, Y. A., Tran, H. P., Hoang, P. P., & Nguyen, T. H. 2020. Soil salinity assessment by using near-infrared channel and Vegetation Soil Salinity Index derived from Landsat 8 OLI data: a case study in the Tra Vinh Province, Mekong Delta, Vietnam. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40645-019-0311-0>
- Pemda, P. L. 2000. *Rencana Strategis Pengelolaan Wilayah Pesisir Lampung*. Kerjasama Pemerintah Daerah Provinsi Lampung dengan Proyek Pesisir Lampung dan PKSPL-IPB. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Putri, A. W. 2016. *Identifikasi Pencemaran Air Tanah Akibat Intrusi Air Laut (Studi Kasus Pesisir Pantai Ketah Kabupaten Situbondo)*. Universitas Brawijaya.
- Rhoades, J. D., & Loveday, J. 1990. Salinity in Irrigated Agriculture. *Irrigation of Agriculture Crops*, 30(30), 1089–1142.
- Santosa, R. R. B., Yulianto, G., & Damar, A. 2021. Sebaran Spasial Intrusi Air Laut di Wilayah Pesisir Teluk Banten dan Alternatif Upaya

- Pengendaliannya. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 11(1), 1–15. <https://doi.org/10.33512/jpk.v11i1.10822>
- Saputra, R., Yuniarti, D., & Wahyuningsih, S. 2015. Analisis Regresi Eksponensial Berganda (Studi Kasus: Jumlah Kelahiran Bayi di Kalimantan Timur pada Tahun 2013 dan 2014). *Jurnal Eksponensial*, 6(2), 171–178.
- Supriyadi, & Khumaedi. 2016. Edukasi Fenomena Amblesan-Intrusi Air Laut dan Penanggulangannya di Semarang Utara. *Jurnal Abdimas*, 20(1), 55–60.
- Wulandari, D. W. 2010. *Pola Wilayah Kerentanan Airtanah Dangkal Terhadap Pencemaran Di Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor*. Universitas Indonesia.

KARAKTER ARUS PASUT DI PERAIRAN PULAU PUTRI, NONGSA, BATAM BERDASARKAN PEMODELAN HIDRODINAMIKA 2D

THE CHARACTER OF TIDAL CURRENTS IN PUTRI ISLAND WATERS, NONGSA, BATAM BASED ON 2D HYDRODYNAMIC MODELLING

Putri Wibawanti^{1*}, Aniq Taofiqurohman¹, Nineu Yuyu Gerhaneu², Subiyanto¹, Ibnu Faizal¹

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran

²Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Djunjunan No. 236 Bandung

*putri17023@mail.unpad.ac.id

Diterima : 14-07-2022, Disetujui : 05-12-2022

ABSTRAK

Pulau Putri merupakan pulau kecil terdepan bagian dari Nongsa, Batam yang sempat terancam hilang akibat perubahan garis pantai besar-besaran. Arus dan pasang surut ini merupakan parameter oseanografi yang penting diketahui dalam menganalisis karakteristik perairan. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan arus pasang surut di perairan Pulau Putri. Pada penelitian ini digunakan pendekatan numeris 2D dengan menggunakan model Delft3D-FLOW. Simulasi dimulai pada Maret-Mei 2020 Validasi model dengan data elevasi muka air laut menghasilkan nilai yang baik, yaitu dengan RMSE 0,135 dan bias 0,018. Adapun validasi komponen pasang surut menunjukkan selisih yang kecil yaitu 0 - 8 cm untuk amplitudo dan 0° - 9° untuk fase. Berdasarkan simulasi, pasang surut di Pulau Putri termasuk tipe condong semidiurnal dan termasuk perairan *microtidal* dan sedikit *mesotidal* dengan tunggang pasut kurang dari 2 - 2,5 m. Hasil model arus pasut menghasilkan nilai rata-rata residu 0,1 m/s dan rata-rata arus pasang surut yang dapat mencapai 0,5 m/s. Pola pergerakan arus pasut yang dihasilkan adalah *bidirectional*, yaitu dari barat menuju timur dan tenggara.

Kata kunci: Pulau Putri, Model 2D, dan Delft3D-FLOW

ABSTRACT

Putri Island is a small-frontier island part of Nongsa, Batam was in danger of being lost due to massive coastal evolution. Currents and tides are included in oceanographic parameters that are important to study in analyzing waters characteristics. This study aims to make ocean tidal current around Putri Island waters. This study was using a 2D numerical approach in Delft3D-FLOW model. The simulation time started from March - May 2020. Validation of model using elevation data produces an acceptable value, the RMSE and bias 0.135 and 0.018 respectively. Comparably with the tidal components shows small difference, 0 - 8 cm and 0° - 9° amplitude and phase respectively. Based on the simulation, the tidal in Putri Island shows the mixed predominantly semi-diurnal type and microtidal and a bit mesotidal category with tidal range less than 2.5 m. The model result of tidal currents show an average of each velocity 0.5 m/s (the tidal currents) and 0.1 m/s (the residuals). The pattern of tidal current shows two-way movement (bidirectional), from the westward to the eastward and souteastward.

Keyword: Putri Island, 2D Hydrodynamic Model, and Delft3D-FLOW

PENDAHULUAN

Pulau Putri merupakan salah satu dari 19 pulau kecil terdepan di daerah perbatasan negara yang berlokasi di Provinsi Kepulauan Riau (Pasal 60 Peraturan Daerah Provinsi Kepulauan Riau Nomor 1 Tahun 2017). Pulau ini sempat terancam hilang akibat perubahan garis pantai yang cukup signifikan. Berdasarkan penelitian Geurhaneu dan Susantoro (2016), luas Pulau Putri menyusut di tahun 2016 menjadi 24.266 m² yang sebelumnya memiliki luas 131.374 m² di tahun 2000. Namun, di tahun 2019 melalui proyek Gurindam 12, Pulau Putri telah direklamasi dan dibangun *revetment* baru di sekeliling pulau.

Berdasarkan penelitian Geurhaneu dan Susantoro (2016), pasang surut atau pasut yang berada di perairan Pulau Putri termasuk ke dalam campuran dominan semidiurnal. Sedangkan untuk arus cenderung dipengaruhi oleh kondisi pasang surut. Sehingga pada penelitian ini hanya berfokus pada arus yang dibangkitkan pasang surut saja (barotropik). Asumsi arus barotropik ini adalah kondisi dimana densitas bersifat konstan dan perbedaan temperatur diabaikan, sehingga arus dibangkitkan oleh pasang surut (Mustikasari, dkk., 2015). Di daerah pesisir, skala arus barotropik ini dianggap lebih besar energinya dibandingkan laut terbuka sehingga pasut memiliki peran yang penting pada daerah pesisir (Solano, dkk., 2020). Pada penelitian yang lebih lanjut, arus pasut juga dapat dihubungkan dengan potensi energi arus yang mampu menggantikan penggunaan energi gas alam

(Burić, dkk., 2021) dan juga untuk menyimulasikan fenomena *upwelling* (Mustikasari, dkk., 2015).

Model hidrodinamika berupa arus dan pasang surut di Pulau Putri ini dilakukan dengan pendekatan numeris melalui model 2D di Delft3D-FLOW yang diselesaikan dengan metode beda hingga. Kajian model hidrodinamika ini menggunakan teknik peniruan kondisi hidrodinamika sebenarnya yang dapat menghasilkan prediksi dari berbagai skenario dan hasil analisis atau hitungannya dapat terkontrol. Pemodelan kondisi hidrodinamika ini menggunakan *software* Delft3D dengan berlakunya persamaan kontinuitas dan kekekalan momentum.

Beberapa penelitian mengenai Pulau Putri adalah penelitian Geurhaneu dan Susantoro (2016) mengenai perubahan garis pantai dengan citra satelit dari tahun 2000-2016, Hernawan, dkk. (2018) mengenai karakteristik pantai dan bahaya abrasi, dan Geurhaneu dan Susantoro (2020) mengenai analisis kanal-kanal OLI untuk pemetaan batimetri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menampilkan karakter arus pasut di Perairan Pulau Putri dengan pendekatan model numerik menggunakan *software* Delft3D-FLOW.

Adapun penelitian-penelitian model hidrodinamika pasang surut dengan metode serupa adalah Budiman, dkk. (2014) mengenai arus pasang surut Teluk Mayalibit dengan menggunakan Fortran 90 yang hasil keluarannya disimulasikan oleh Matlab dan Surfer, Mustikasari, dkk. (2015) mengenai pola arus barotropik musiman 3D dengan pendekatan volume hingga, Susanti, dkk. (2019)



Gambar 1. Peta Lokasi Pulau Putri

mengenai pola pasut dengan model 2D di perairan Teluk Tambelan dengan Princeton Ocean Model, dan Putra, dkk. (2021) mengenai pola arus Perairan Kemujan di Delft3D-FLOW. Secara garis besar, pendekatan yang digunakan pada penelitian ini serupa dengan metode yang digunakan oleh Budiman, dkk. (2014) dan Susanti, dkk. (2019), dimana model hidrodinamika 2D ini hanya membutuhkan data batimetri dan pasang surut sebagai masukan model yang utama. Penelitian tersebut juga menggunakan metode beda hingga sebagai penyelesaian solusi, namun perhitungan dilakukan dengan *software* yang berbeda.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Studi model hidrodinamika pasang surut dan arus ini dilakukan di perairan pesisir yang menghadap langsung daratan Singapura atau bagian barat Pulau Putri, Nongsa, Batam, dengan batas wilayah model 104,0563° - 104,755° BT dan 1,1918° - 1,2122° LS (**Gambar 1**).

Adapun waktu simulasi dimulai dari Maret 2021 hingga Februari 2022. Pada peta domain model (**Gambar 2**), batas *open boundary* ditandai oleh garis berwarna biru, sedangkan yang tidak ditandai garis biru adalah *close boundary*. *Close boundary* ini ditentukan oleh titik nol dari *sounding* batimetri.

Dataset

Data yang digunakan dalam masukan model meliputi batimetri (resolusi spasial dan temporal secara berurutan adalah 20 x 120 m dan 7 detik) dan pasang surut. Batimetri didapat dari tim P3GL melalui metode

pemeruman dengan menggunakan *single beam echo sounder* yang dipasang di samping kapal. Data ini telah dikoreksi dengan data pasang surut. Pasang surut sebagai data validasi didapat dari P3GL yang diamati dengan menggunakan *peilschaal* pada titik koordinat 1,201659° LS; 104,076863° BT. Pengambilan data pasang surut ini dilakukan pada pengamatan 15 piantan, yaitu pada tanggal 14 - 28 Mei 2014 (Hernawan, dkk., 2018). Proses pembangunan model hidrodinamika 2D dilakukan dengan *software* Delft3D-FLOW (Putra, dkk., 2021) dan program T Tide Matlab R2014a (Budiman, dkk., 2014; Tarya, dkk., 2018, Susanti, dkk., 2019) untuk perhitungan komponen pasut yang akan dihasilkan oleh model.

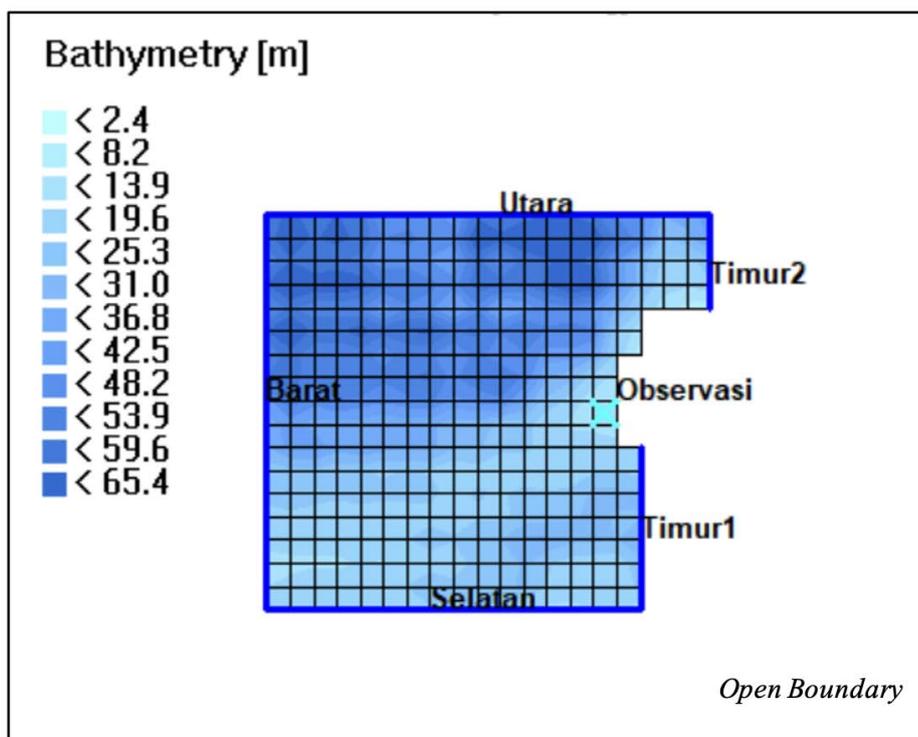
Pada hal ini, T Tide hanya mengeluarkan 6 komponen pasut untuk data yang dihasilkan oleh model (*O1, K1, N2, M2, M4, MS4*). Umumnya konstanta pasut yang paling dominan adalah *M2*, contohnya pada Selat Malaka (Rizal, dkk., 2012), Perairan Pulau Putri (Hernawan, dkk., 2018), dan Perairan Segara Anakan (Tarya, dkk., 2018).

Persamaan Model

Persamaan kontinuitas dalam model 2D yang dirata-ratakan terhadap kedalaman adalah sebagai berikut (Deltares, 2021):

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial [(d + \zeta)U]}{\partial x} + \frac{\partial [(d + \zeta)V]}{\partial y} = Q \dots \dots (1)$$

dengan nilai *U* dan *V* merupakan kecepatan rata-rata terhadap kedalaman,



Gambar 2. Domain Model

$$U = \frac{1}{d + \zeta} \int_d^\zeta u \, dz$$

$$V = \frac{1}{d + \zeta} \int_d^\zeta v \, dz \dots \dots (2)$$

Kemudian nilai Q mempresentasikan *inlet* dan *outlet* pada model,

$$Q = \int_{-1}^0 (q_{in} - q_{out}) \, d\sigma + P - E \dots \dots (3)$$

Pada persamaan di atas ζ adalah elevasi muka air (m), d adalah kedalaman di bawah datum (m), Q sumber atau buangan air global per unit area (m/s) dengan q_{in} dan q_{out} sebagai sumber air lokal dan buangan lokal per unit volume, sedangkan P dan E adalah sumber air non lokal dari presipitasi dan evaporasi. Pada penelitian ini, nilai P dan E dianggap 0 sehingga sumber air non-lokal bersifat *impermeable*.

Adapun untuk persamaan momentum dalam model 2D yang berlaku di Delft3D adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + fV &= -\frac{1}{\rho} P_u + \frac{\tau_{sx} - \tau_{bx}}{\rho(d + \zeta)} + F_u \\ \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} - fU &= -\frac{1}{\rho} P_v + \frac{\tau_{sy} - \tau_{by}}{\rho(d + \zeta)} + F_v \dots \dots (4) \end{aligned}$$

Pada persamaan (4) terdapat suku-suku ruas kanan berupa τ_{sx} atau τ_{sy} dan τ_{bx} atau τ_{by} , yang secara berturut-turut menggambarkan tegangan pada permukaan (*surface*) dan dasar (*bottom*). Pada penelitian ini tegangan permukaan dapat diabaikan karena tidak digunakannya data angin. Secara sederhana persamaan tegangan geser dasar (*the bed stresses*) dapat ditulis sebagai berikut

$$\begin{aligned} \tau_{bx} &= \frac{\rho g U \sqrt{U^2 + V^2}}{C_{2D}^2} = c_f U \sqrt{U^2 + V^2} \\ \tau_{by} &= \frac{\rho g V \sqrt{U^2 + V^2}}{C_{2D}^2} = c_f V \sqrt{U^2 + V^2} \dots \dots (5) \end{aligned}$$

Pada persamaan (5) g adalah percepatan gravitasi (m/s^2), C_{2D} adalah koefisien tegangan geser dasar dan C_{2D}^2 adalah koefisien *Chézy* 2D ($m^{1/2}/s$). Namun, dalam penelitian ini koefisien *Chézy* 2D diubah menjadi *Manning* secara otomatis dalam perhitungan pada Delft3D-FLOW.

Selanjutnya, suku F_u dan F_v pada ruas kanan menggambarkan tegangan *Reynolds* horizontal sebagai pengaruh dari fluktuasi kecepatan (turbulensi) yang bergantung pada jenis alirannya. Pada konsep viskositas

eddy, tegangan *Reynolds* telah digambarkan dengan nilai viskositas *eddy* (Deltares, 2021). Pada Delft3D persamaan tegangan *Reynolds* dengan $\overline{v_H}$ sebagai koefisien viskositas *eddy* horizontal (viskositas horizontal), dapat ditulis secara sederhana menjadi:

$$\begin{aligned} F_u &= v_H \left[\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right] \\ F_v &= v_H \left[\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right] \dots \dots (7) \end{aligned}$$

dan persamaan tekanan untuk densitas $\bar{\rho}$ yang konstan, gaya tekanan pada persamaan momentum dapat ditulis sebagai berikut,

$$\frac{1}{\rho} P_u = g \frac{\partial \zeta}{\partial x}, \frac{1}{\rho} P_v = g \frac{\partial \zeta}{\partial y} \dots \dots (8).$$

Skenario Model

Domain model yang digunakan adalah dua jenis syarat batas, yaitu batas tertutup dan terbuka dengan tipe *water level* berupa masukan data konstanta harmonik. Sedangkan untuk nilai kekasaran dasar *Manning* yang digunakan dihasilkan dari uji sensitivitas untuk menghasilkan nilai kekasaran dasar yang baik (Tarya, dkk., 2018) (**Tabel 1**). Dikarenakan fokus penelitian ini hanya pada arus dan pasang surut, asumsi barotropik ini tidak membutuhkan stratifikasi data seperti pada asumsi baroklinik. Sehingga dalam hal ini, perairan akan selalu memiliki densitas yang konstan (Li, dkk., 2021).

Waktu *running* model dilakukan pada bulan Maret hingga Mei 2020. Dikarenakan dalam hal ini arus dipengaruhi oleh gaya tarik bumi-bulan-matahari, pergerakan arus pasut ini akan bersifat periodik dan tidak dipengaruhi oleh musim (tidak digunakan data angin). Sehingga waktu *running* tiga bulan dianggap sudah cukup dengan asumsi satu bulan pertama adalah waktu stabil yang dibutuhkan model. Selain itu, untuk memvalidasi ketepatan parameter yang digunakan, dilakukan pula *running* model dengan data pasut *time-series* hasil observasi lapangan oleh P3GL.

Pada batas-batas terbuka model skenario dimasukkan nilai konstanta pasut untuk membangkitkan pasang surut oleh Delft3D-FLOW (**Tabel 2**). Konstanta pasut ini didapatkan dari data lapangan pada penelitian Geurhaneu dan Susantoro (2016).

Proses validasi dilakukan dengan membandingkan hasil pasang surut model pada waktu yang sama dengan data observasi. Pada model MAM, JJA, SON, dan DJF, data akan divalidasi dengan membandingkan nilai RMSE dan hasil konstanta pasang surut yang dihitung di program T Tide. Validasi juga akan dilakukan dengan menghitung

nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) dan bias yang dihitung secara *time series*.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}} \dots \dots \dots (3.31)$$

$$Bias = |\overline{A_t} - \overline{F_t}| \dots \dots \dots (3.32)$$

dengan A_t adalah nilai observasi dan F_t adalah nilai hasil model.

data observasi disajikan pada Tabel 3. Adapun hasil perbandingan grafik elevasi muka air laut dapat dilihat pada Gambar 3. Validasi yang baik menunjukkan bahwa skenario model sudah cukup stabil sehingga dapat dilakukan simulasi dengan waktu simulasi berikutnya. Hal ini didukung oleh interpretasi dalam Putra, dkk. (2021), yaitu nilai 0 - 0,21 m termasuk kategori *error* yang rendah dan oleh penelitian Li, dkk. (2021) yang menghasilkan RMSE pada 4 model dengan masing-

Tabel 1. Asumsi dalam Skenario Model

No.	Parameter	Keterangan
1	Luas Domain	2,538 x 2,271 km
2	$\Delta x, \Delta y$	135 x 135 m
3	<i>Time step</i>	0,03 menit
4	<i>Local time zone</i>	GMT +7
5	<i>Initial conditions</i>	<i>Water level</i> = 0 m
6	Densitas air (<i>uniform</i>)	1025 kg/m ³
7	<i>Roughness (uniform)</i>	<i>Manning (n)</i> = 0,17 m ^{-1/3} s
8	Viskositas <i>Eddy Horizontal (uniform)</i>	1 m ² /s

Tabel 2. Komponen Pasang Surut (Sumber: Geurhaneu dan Susantoro, 2016)

Keterangan	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A (cm)	76,55	22,63	12,29	5,20	51,82	24,60	17,10	0,67	1,52
g (°)	285	342	290	342	71	25	71	288	28

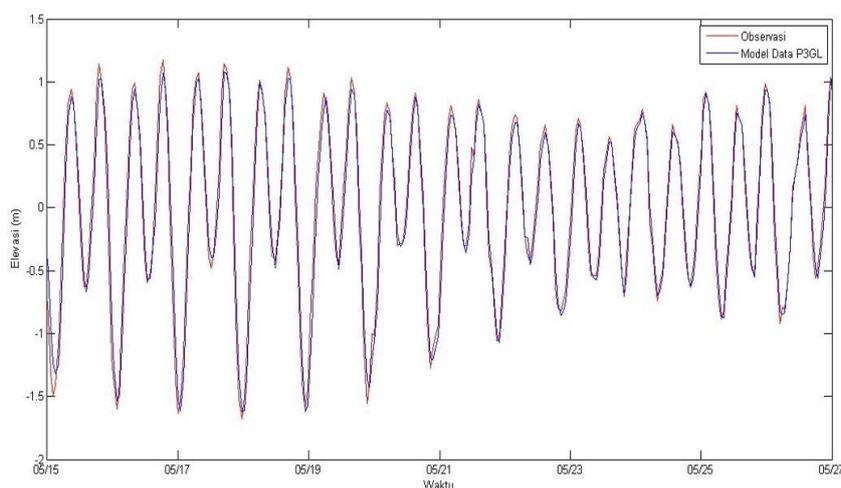
HASIL

Validasi Model

Proses validasi dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan membandingkan data pasang surut observasi langsung P3GL dengan skenario model P3GL (waktu simulasi yang disamakan dengan waktu pengambilan data) dan membandingkan konstanta pasut hasil model tiap musim yang telah dihitung pada program T Tide dengan konstanta pasut penelitian Geurhaneu dan Susantoro (2016) (Tabel 2). Hasil validasi data model P3GL dengan

Tabel 3. Perbandingan Hasil Parameter Statistika antara Observasi P3GL dengan Model

Parameter Statistika	Observasi	Model
Max	1,172 m	1,076 m
Min	-1,678 m	-1,622 m
Rata-rata	0,002 m	-0,001 m
Tanggung Pasut	2,81 m	2,68 m
RMSE	0,135	
Bias	0,018	



Gambar 3. Hasil Perbandingan Elevasi Muka Air pada Tanggal 14 - 28 Mei 2014 di Pulau Putri, Batam

masing nilai 0,19 m, 0,23 m, 0,27 m, 0,27 m.

Hasil perbandingan konstanta pasut model dengan data jurnal Geurhaneu dan Susantoro (2016) menunjukkan hasil yang sangat baik, yaitu dengan selisih yang cukup kecil (Tabel 4). Hasil konstanta pasut juga menunjukkan bahwa perairan Pulau Putri memang dominan M2. M2 merupakan salah satu komponen semidiurnal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

Tabel 4. Perbandingan Konstanta Pasang Surut Model dengan Data Jurnal Geurhaneu dan Susantoro (2016)

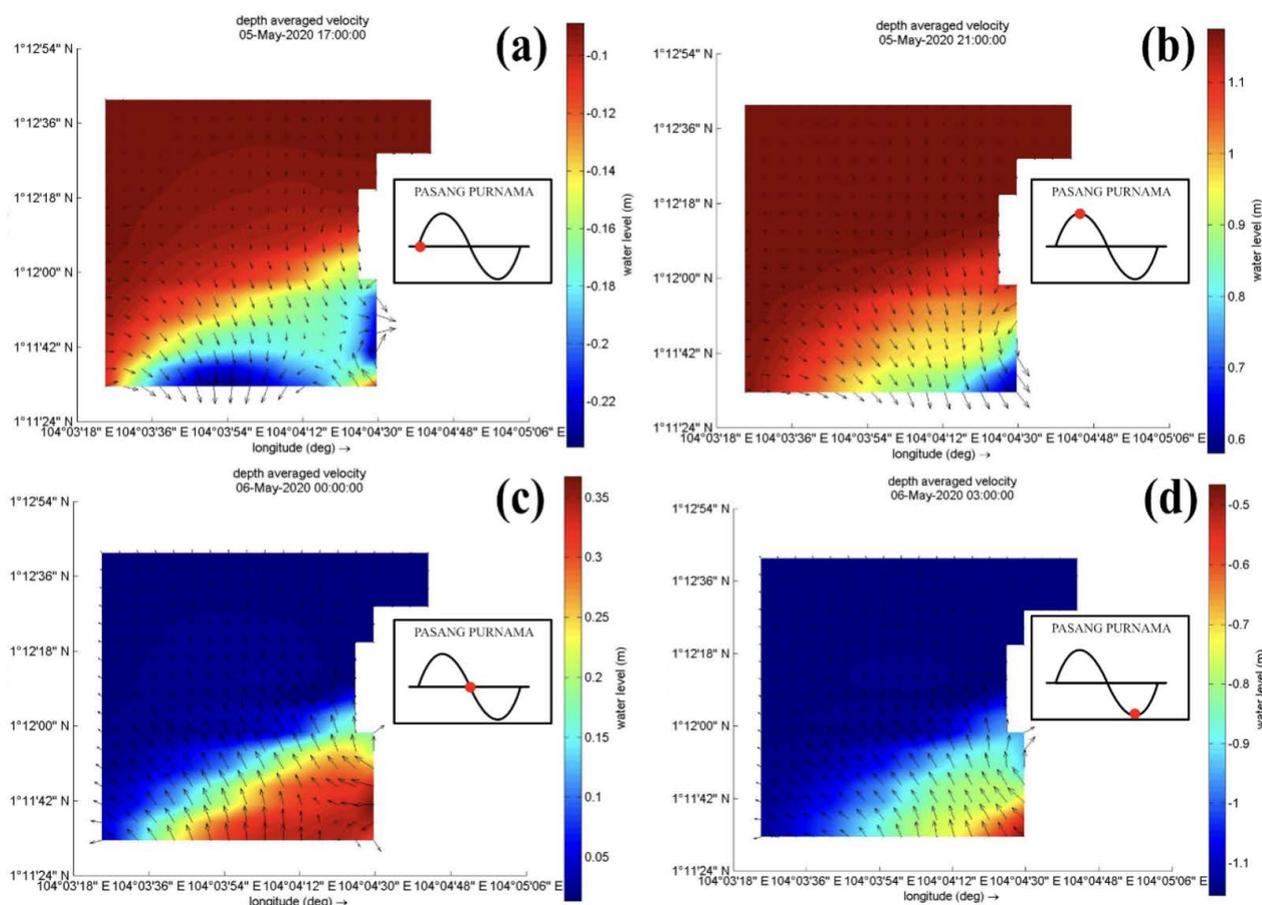
Konstanta	A (cm)	g (°)	Selisih A (cm)	Selisih g (°)	Konstanta	A (cm)	g (°)	Selisih A (cm)	Selisih g (°)
O1	24,48	25	0,12	0,00	M2	69,44	288	7,11	3,00
K1	44,04	62	7,78	9,00	M4	1,43	287	0,76	1,00
N2	12,32	291	0,03	1,00	MS4	1,48	27	0,04	1,00

Pola Pergerakan Pasang Surut

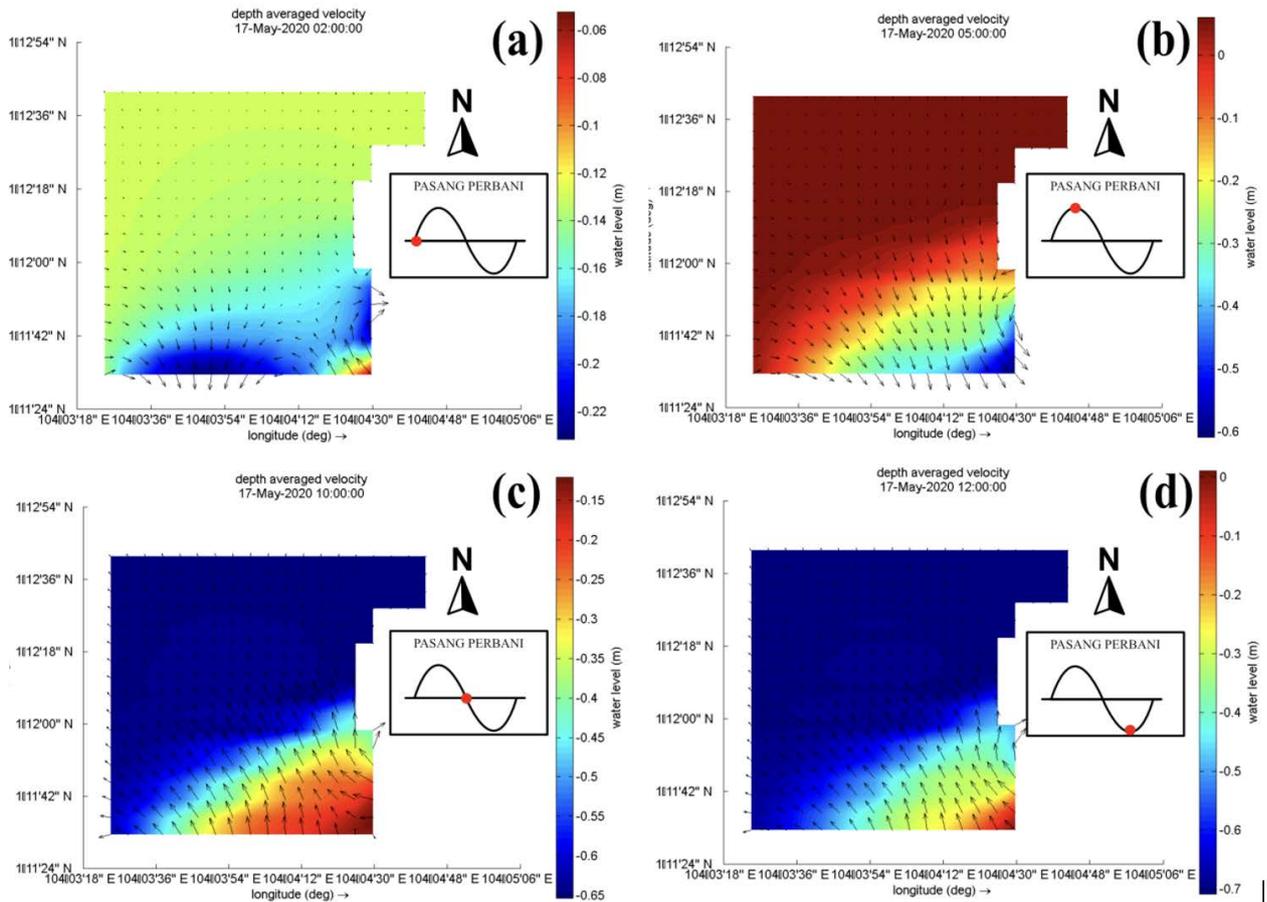
Berdasarkan perhitungan bilangan *Formzahl* dihasilkan nilai *Formzahl* untuk bulan Maret, April, dan Mei secara berturut-turut adalah 0,85; 0,84; dan 0,83; artinya pasang surut yang terjadi disekitar Pulau Putri adalah tipe campuran condong semidiurnal ($F = 0,25 - 1,5$). Hal ini juga sesuai dengan jurnal penelitian Geurhaneu dan Susantoro (2016) yang memperoleh bilangan *Formzahl* sebesar 0,77 yang berada di tipe pasang surut campuran condong semidiurnal. Selain itu, pasang surut pada titik observasi (**Gambar 2**) menunjukkan kondisi pasang pada elevasi muka air laut tertentu cenderung akan menghasilkan elevasi muka air laut yang sama pada hari berikutnya dengan keterlambatan waktu sekitar 1 jam. Pasang surut ini memang tidak terjadi pada waktu yang sama setiap

harinya, melainkan akan terjadi 50 menit lebih lambat dari hari sebelumnya. Hal ini dipengaruhi oleh orbit bulan yang mengelilingi bumi (Webb, 2017).

Hasil simulasi model yang diambil pada bulan Mei 2020 menunjukkan kondisi pasang purnama, elevasi muka air laut pada saat pasang dapat mencapai 1,1 m dengan terendahnya 0,6 m. Pada saat pasang surut menuju pasang (**Gambar 4 a**), perairan sekitar Pulau Putri sudah mendapatkan elevasi muka air laut tertinggi lebih dulu dari area bagian selatannya. Sedangkan pada saat kondisi menuju dan saat surut (**Gambar 4 c dan d**), elevasi muka air laut pada perairan menuju Pantai Nongsa, yaitu menuju timur pada area komputasi, cenderung lebih tinggi. Namun pada kondisi ini, Pulau Putri tetap mendapatkan elevasi muka air laut yang jauh lebih tinggi daripada elevasi muka air laut yang menuju pantai



Gambar 4. Hasil Elevasi Muka Air Laut Beserta Arah Arus pada Saat Pasang Purnama Dibulan Mei; (a) Menuju pasang, (b) Puncak pasang, (c) Menuju surut, (d) Puncak surut



Gambar 5. Hasil Elevasi Muka Air Laut Beserta Arah Arus pada Saat Pasang Perbani Dibulan Mei; (a) Menuju pasang, (b) Puncak pasang, (c) Menuju surut, (d) Puncak surut

Nongsa. Panah-panah yang terdapat pada **Gambar 4** menunjukkan arah arus pasang surut yang terbentuk. Kondisi pasang menyebabkan arus menuju pantai (timur dan tenggara) sedangkan pada saat kondisi surut arus akan berbalik kembali ke laut lepas, yaitu menuju barat pada area komputasi. Apabila dilihat dari anak panah yang menunjukkan arah arus, dari keseluruhan gambar menunjukkan arus berbelok ke Pantai Nongsa, sehingga pada Pulau Putri, terlihat arus cenderung bergerak sejajar pantai. Dari keseluruhan hasil simulasi pada tiap bulan juga menunjukkan pola yang sama namun hanya berbeda angka elevasi muka air laut dan kecepatan arus (**Gambar 4**).

Pada kondisi pasang perbani untuk bulan Mei (**Gambar 5**) menunjukkan pola yang sama dengan pasang purnama untuk arah arusnya. Hal yang membedakannya terletak pada elevasi yang dihasilkan, dimana elevasi tertinggi hanya dapat mencapai $-0,02$ m dengan elevasi terendahnya $-0,65$ m. Pada hal ini hanya ditampilkan model simulasi untuk bulan Mei dikarenakan model arus pasut barotropik tanpa stratifikasi akan selalu menghasilkan pola yang sama (mengikuti pola pasut), kemudian dipilih pada bulan Mei diasumsikan bahwa pada waktu simulasi tersebut model sudah dianggap stabil.

Pola Pergerakan Arus

Pada penelitian ini kecepatan arus yang didapatkan merupakan kecepatan arus yang sudah dirata-ratakan terhadap kedalaman (*depth averaged velocity*). Arus yang dihasilkan cenderung dipengaruhi pasang surut dimana nilai residu yang dihasilkan memiliki nilai rata-rata $0,1$ m/s dan arus pasang surut $0,5$ m/s yang diambil pada titik observasi. Kecepatan arus pada kondisi pasang cenderung lebih rendah dibanding pada saat kondisi surut (**Tabel 5**).

Tabel 5. Perbandingan Kecepatan Arus pada saat Pasang dan Surut

Tanggal	Kecepatan (m/s)	
	Pasang	Surut
12/03/2020	0,50	0,74
20/03/2020	0,55	0,71
08/04/2020	0,46	0,70
18/04/2020	0,51	0,65
05/05/2020	0,44	0,68
17/05/2020	0,55	0,80
18/04/2020	0,51	0,65
05/05/2020	0,44	0,68
17/05/2020	0,55	0,80

Arah arus yang digambarkan model menunjukkan pergerakan *bidirectional* berupa arah menuju dan keluar pantai (**Gambar 4 dan 5**). Arus yang berada di sekitar Pulau Putri cenderung lebih kecil dibandingkan arus yang menuju perairan antara Pantai Nongsa dan Pulau Putri (arah selatan dan tenggara). Hal ini dapat disebabkan air akan seperti dipaksakan masuk pada area yang kecil, sehingga kecepatan arus menuju perairan yang lebih sempit cenderung meningkat dibandingkan area yang lebih luas (Webb, 2017). Pada beberapa kasus, kecepatan arus terendah yang dapat mencapai kondisi diam adalah ketika terjadinya perubahan arah dan pada saat menuju pasang atau surut (*slack water*).

PEMBAHASAN

Pasang surut Pulau Putri memiliki kategori dominan *microtidal* (kisaran < 2 m) dan sedikit *mesotidal* (kisaran 2 - 2,5 m) dikarenakan tunggang pasutnya berada di rentan 0,23 - 1,35 m. Sedangkan pada saat pasang purnama, nilai tunggang pasutnya berkisar dari 1,29 - 2,47 m. Dalam pengkajian lebih lanjut pada daerah pesisir, tunggang pasut ini perlu diperhatikan. Mengingat kenaikan tunggang pasut juga dapat menyebabkan luapan/banjir yang lebih besar di daerah pesisir serta ancaman lainnya yang berhubungan dengan lingkungan pesisir dan aktivitas marine (Li, dkk., 2021). Seperti pada daerah *macrotidal* (kisaran > 3 m), memungkinkan untuk terjadinya genangan permanen atau banjir berkala. Sebaliknya, daerah dengan kondisi *microtidal* ini dianggap cukup aman sehingga cocok untuk dijadikan tempat rekreasi. Informasi mengenai tunggang pasut ini juga dapat berguna untuk perencanaan bangunan pantai ataupun pelabuhan.

Pasang surut juga akan memengaruhi arus, dimana nilai residu yang kecil menandakan bahwa arus dominan dibangkitkan pasang surut. Hal ini juga dapat ditandakan dari arah arus yang dihasilkan yang umumnya bersifat *bidirectional*. Penelitian ini tidak melibatkan pengaruh angin, sehingga residu yang dihasilkan diasumsikan adanya efek topografi yang dominan. Selain angin, arus residu juga dapat disebabkan oleh pengaruh gaya lain seperti efek *coriolis* dan viskositas *eddy*. Akan tetapi, area yang tergolong kecil menyebabkan efek *coriolis* kurang berpengaruh karena memiliki nilai yang konstan. Pada Delft3D rangka model *cartesian* dengan dimensi kurang dari $\sim 500 \times \sim 500$ km dan pada lintang sedang $\left[(|\phi| > 40^\circ)^0 \right]$, *coriolis* akan dianggap konstan (Deltares, 2021). Sedangkan untuk viskositas *eddy* horizontal yang digunakan pada model ini tidak digunakan stratifikasi sehingga sepanjang area komputasi juga dianggap konstan.

Pada hasil model arus, kecepatan arus maksimum tidak melebihi 1,5 atau bahkan 2 m/s. Pola arus yang dihasilkan pada penelitian ini mirip dengan yang dihasilkan oleh Putra, dkk. (2021) pada penelitiannya di Perairan Kemujan, Karimunjawa, yaitu memiliki pola arus 2 arah. Meskipun pada model Putra, dkk. (2021)

dilibatkan data angin, namun ada kemungkinan bahwa angin tidak akan memiliki pengaruh signifikan dalam model hidrodinamika 2D ini. Karena hal ini sudah pernah dilakukan sebelumnya dengan data angin *time-series* dan *uniform* untuk setiap *grid*. Pada Delft3D, ketika aliran fluida vertikal diabaikan atau homogen (hidrodinamika 2D), maka berlaku pendekatan *depth-averaged* yang artinya pada hal ini arus telah dirata-ratakan terhadap kedalaman. Sedangkan pada model 3D, variasi terhadap arah vertikal akan terlihat signifikan, dimana variasi ini dibangkitkan oleh angin salah satunya (Deltares, 2021). Maka dari itu, pada penelitian ini tidak melibatkan data angin seperti yang telah dilakukan oleh Budiman, dkk. (2014) dan Susanti, dkk. (2019).

Serupa dengan Putra, dkk. (2021) yang juga merupakan perairan dekat pantai dengan tipe model barotropik, sehingga juga dihasilkan pola arus dominan pasang surut yang sangat jelas. Pergerakan pasang surut yang bersifat periodik, menyebabkan pasang surut dapat diprediksi. Begitu pula pada arus pasang surut. Hal ini dapat dilihat dari pola pergerakan arus pasut yang terlihat selalu sama. Selain itu, sama halnya dalam penelitian Putra, dkk. (2021), apabila diperhatikan arah arus cenderung sejajar terhadap *closed boundary* ketika melewati *closed boundary* dan akan tampak seperti keluar masuk pada *open boundary*. Hal ini dikarenakan pada area *open boundary* terjadi pertukaran aliran fluida antara perairan di luar area komputasi dengan fluida pada area komputasi. Sedangkan pada *closed boundary*, dianggap tidak terjadi pertukaran fluida, sehingga fluida akan diteruskan sejajar garis *closed boundary*.

Arus umum yang dipengaruhi pasang surut ini juga berpengaruh terhadap kecepatan arus itu sendiri, dimana kecepatan arus maksimum terjadi pada saat surut. Sebaliknya kecepatan arus akan menurun pada saat kondisi pasang. Perbandingan kecepatan saat pasang dan surut disajikan pada **Tabel 5**. Tanggal pasang dan surut yang disajikan merupakan kondisi saat purnama dan perbani tertinggi di setiap bulan.

KESIMPULAN

Pemodelan arus pasut hidrodinamika 2D yang telah dilakukan dengan pendekatan barotropik dapat menghasilkan pola arus pasut yang cukup baik meskipun tanpa adanya stratifikasi pada model. Pasut Pulau Putri memiliki nilai *Formzahl* 0,85; 0,84; dan 0,83 untuk masing-masing bulan Maret hingga Mei secara berurutan. Selain itu pasut di perairan Pulau Putri dominan oleh konstanta pasut *M2* dengan tunggang pasut berkisar 0,23 - 1,35 m (perbani) dan 1,29 - 2,47 m (purnama). Adapun kecepatan rata-rata arus yang dihasilkan pada titik observasi adalah 0,5 m/s untuk arus pasut dan 0,1 m/s untuk arus residu dengan kecepatan arus yang meningkat pada saat surut dan menurun di saat pasang. Dihasilkan pula arah arus pasut yang bergerak secara *bidirectional* dengan arah yang cenderung sejajar pada saat melewati *closed boundary*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan serta kepada seluruh anggota tim penelitian Pulau Putri, Nongsa, Batam atas sumber data lapangan yang digunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR ACUAN

- Budiman, Asep Sandra, Alan F. Koropitan, I Wayan Nurjaya. 2014. Pemodelan Hidrodinamika Arus Pasang Surut Teluk Mayalibit Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat. *Depik*. Vol. 3. No. 2. Hal. 146-156.
- Burić, Melita, Sanja Grgurić, Hrvoje Mukulčić, Xuebin Wang. 2021. A Numerical Investigation of Tidal Current Energy Resource Potential in a Sea Strait. *Energy*. Vol. 234. hal. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121241>.
- Deltares. 2021. *Deltares Manual Book: Hydro-Morphodynamics*. Deltares: Netherland.
- Geurhaneu, N. Y., dan T. M. Susantoro. 2016. Perubahan garis pantai berdasarkan data penginderaan jauh di Pulau Putri, Nongsa, Kota Batam, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Geologi Kelautan*. 14 (2):79-90.
- _____. 2020. Analisis Kanal-kanal Landsat 9 Operational Land Imager (OLI) untuk Pemetaan Batimetri di Sekitar Pulau Putri, Kota Batam. *Jurnal Geologi Kelautan*. Vol. 18. No. 1.
- Hernawan, Undang, Nineu Yayu, dan Godwin Latuputty. 2018. Karakteristik Pantai dan Bahaya Abrasi di Pulau Putri, Nongsa, Batam. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. Vol. 3. No. 2. Hal 137 – 153.
- Li Wenguo, Bernhard Mayer, Thomas Pohlmann. 2021. The Influence of Baroclinity on Tidal Ranges in the North Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Vol 250. ISSN 0272-7714. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107126>.
- Mustikasari, Eva, Lestari Cendikia Dewi, Aida Heriati, dan Widodo Setiyo Pranowo. 2015. Pemodelan Pola Arus Barotropik Musiman 3 Dimensi (3D) untuk Mensimulasikan Fenomena Upwelling di Perairan Indonesia. *J. Segara*. Vol. 11. No. 1. Hal. 25-35.
- Peraturan Daerah Provinsi Kepulauan Riau Nomor 1 Tahun 2017. *Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Kepulauan Riau Tahun 2017-2037*.
- Putra, Yolansyah Rahmat, Elis Indrayanti, Dwi Haryo Ismunarti, Gentur Handoyo, dan Aris Ismanto. 2021. Pola Arus Perairan Kemujan, Karimunjawa pada Musim Peralihan II dengan Menggunakan Model Delft3D. *Indonesia Journal of Oceanography (IJOCE)*. Vol. 03. No. 03. Hal. 83-98. ISSN:2714-8726.
- Susanti, Fratiwi, Desti Ardiani, Yulianti, Muliadi, Arie Antasari Kushadiwijiyanto. 2019. Pola Pasang Surut Komponen Diurnal di Perairan Teluk Tambelan Provinsi Kepulauan Riau. *Prisma Fisika*. Vol. 7. No. 2. Hal. 94 - 100.
- Solano, M., M. Canals, S. Leonardi. 2020. Barotropic Boundary Conditions and Tide Forcing in Split-Explicit High Resolution Coastal Ocean Models. *Journal of Ocean Engineering and Science* 5. pg. 249-260.
- Rizal, Syamsul, Peter Damm, Mulyadi A. Wahid, Jurgen Sundermann, Yopi Ilhamsyah, Taufiq Iskandar, dan Muhammad. 2012. General Circulation in the Malacca Strait and Andaman Sea: A Numerical Model Study. *American Journal of Environmental Science*. No. 8. vol. 5. pg. 479-4788.
- Tarya, Ayi, Larasati C. Sunaringati, dan Nining Sari Ningsih. 2018. Identifikasi Pengaruh Kerapatan Mangrove terhadap Dinamika Pasang Surut di Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan IV 2018*.
- Webb, P. 2017. *Introduction to Oceanography*. Online OER textbook. <https://webboceanography.pressbooks.com>

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. 24th 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 melalui *Open Journal System (OJS)* dengan alamat : <http://ejournal.mgi.esdm.go.id/index.php/jgk>, disiapkan dengan program *Microsoft Word*.

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

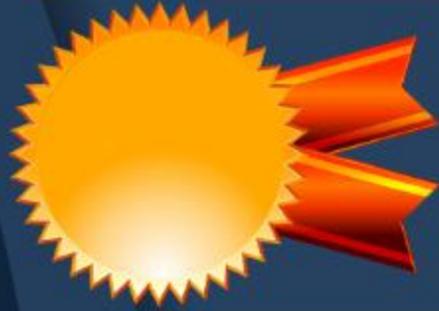
TERAKREDITASI PERINGKAT 2

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





BALAI BESAR SURVEI DAN PEMETAAN GEOLOGI KELAUTAN
KANTOR PUSAT :

Jl. Dr. Djunjunan No. 236, Bandung - 40174

Telp. +62 22 6032020, +62 22 6032201, Fax. +62 22 6017887

KANTOR PENDUKUNG :

Jl. Kalijaga No. 101, Cirebon - 45113

Telp. +62 231 207037, Fax. +62 231 246304

<https://www.mgi.esdm.go.id>, email : ejournal.p3gl@esdm.go.id; humasbbbspgl@esdm.go.id

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