

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

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

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

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan

\*dida.kusnida@esdm.go.id

Jl. Dr. Junjuran 236, Bandung-40174

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

### ABSTRAK

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

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

### ABSTRACT

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

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

#### **Kontribusi:**

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

## PENDAHULUAN

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

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

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

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

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



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

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

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

## METODE

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

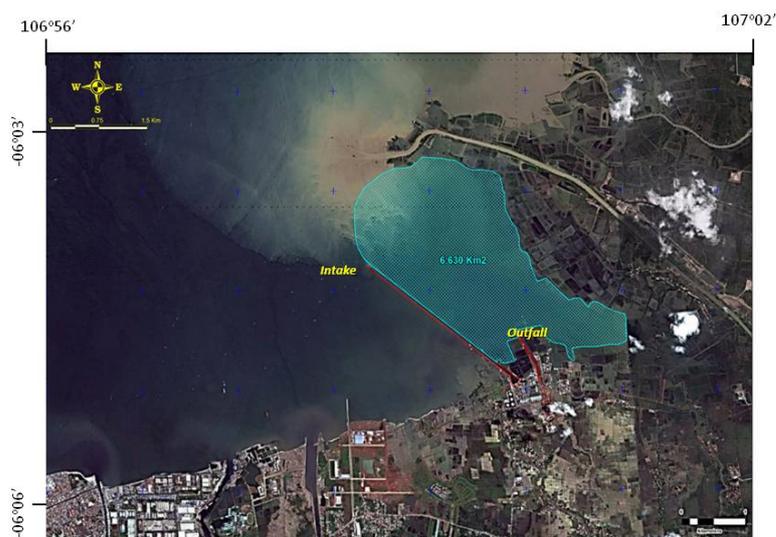
## HASIL DAN PEMBAHASAN

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

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

### Perubahan Luasan *Mixing Zone*

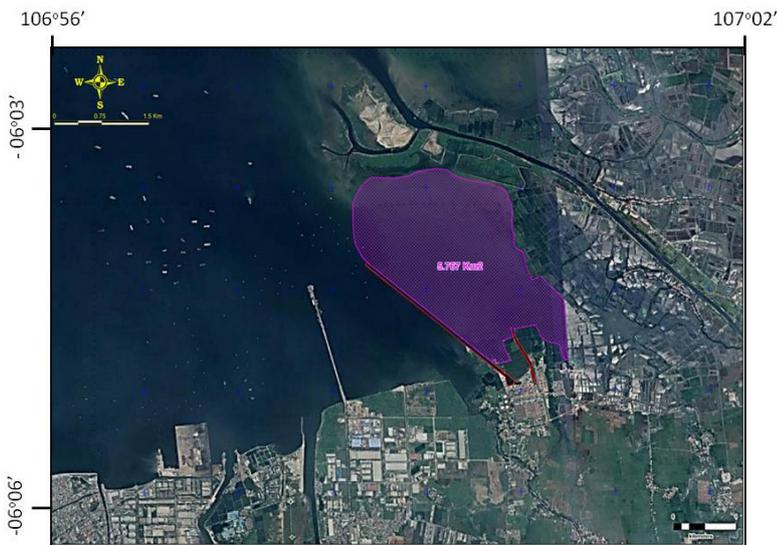
Pembandingan luasan perairan *mixing zone* hasil digitasi garis pantai pesisir Muara Tawar dengan batas saluran *intake* di sebelah barat secara temporal pada citra satelit *Google Earth* tahun 2010 dan 2019, menunjukkan masing-masing seluas 6,630 km<sup>2</sup> pada tahun 2010 dan 5,767 km<sup>2</sup>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



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

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

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



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

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

### Penyebab Perubahan Luasan *Mixing Zone*

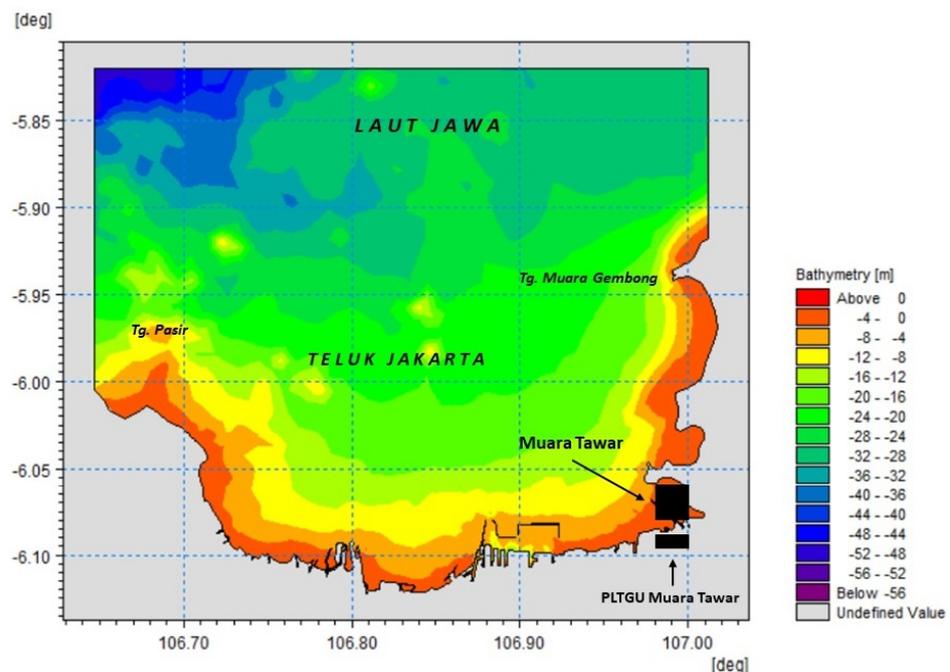
Berdasarkan peta batimetri regional (Pranowo, 2016), kedalaman Perairan Teluk Jakarta dapat dikatakan landai ke arah laut dengan kedalaman maksimal 15-20 meter pada jarak sekitar 20 km dari pesisir selatan. Kedua ujung teluk yaitu Tanjung Pasir di sebelah barat dan Tanjung Muara Gembong di sebelah timur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

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

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

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

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



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

### Dugaan Dampak Akibat Penyempitan *Mixing Zone*

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

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

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

### KESIMPULAN DAN SARAN

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

### UCAPAN TERIMA KASIH

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

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

### DAFTAR ACUAN

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

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

