

Pola Sebaran *Total Suspended Solid* (TSS) di Teluk Jakarta Sebelum dan Sesudah Reklamasi

Ahmad Arif Zulfikar¹, Eko Kusratmoko²

¹ Jurusan Geografi, Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat
E-mail : Ahmad.arif31@ui.ac.id

² Jurusan Geografi, Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat
E-mail : Eko.kusratmoko@sci.ui.ac.id

ABSTRAK

Perairan Teluk Jakarta telah mengalami degradasi ditandai dengan meningkatnya sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS), ditambah dengan adanya reklamasi yang akan mengubah morfologi pesisir. Faktor yang mempengaruhi sebaran konsentrasi TSS ialah debit, arus dan pasang-surut. Tujuan penelitian ini untuk melihat pengaruh reklamasi terhadap kualitas perairan dengan menganalisis pola sebaran TSS. Penelitian ini menggunakan citra Landsat 5 dan Landsat 8 OLI/TRS dalam mengidentifikasi sebaran konsentrasi TSS sebelum dan sesudah reklamasi, serta menggunakan metode *Trend Surface Analysis* untuk melihat kecenderungannya. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif, analisis temporal, dan analisis komparatif spasial. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan pola sebaran sebelum dan sesudah reklamasi, Debit dan Arus Laut berpengaruh besar terhadap sebaran perairan keruh pada periode sebelum reklamasi. Serta tidak terlepas juga oleh pengaruh pasang-surut sebagai variasi spasial.

Kata Kunci

Teluk Jakarta, Reklamasi, TSS, *Trend Surface Analysis*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas perairan Teluk Jakarta terus mengalami degradasi dari tahun ke tahun. Berdasarkan hasil pemantauan dan laporan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah DKI Jakarta (2004), kualitas perairan Teluk Jakarta telah tercemar cukup parah dari tahun ke tahun. Debit sungai berperan dalam perubahan kondisi kualitas perairan karena aliran sungai membawa partikel-partikel dari hulu menuju ke hilir, salah satu partikel tersebut adalah Total Suspended Solid (TSS) [1].

Sebaran TSS di perairan dipengaruhi oleh pasang surut, angin, arus laut, aktivitas manusia dan sebagainya [2]. Daerah aliran sungai di DKI Jakarta merupakan bagian muka bumi yang relatif cepat berubah. [3] Pengaruh debit sungai ialah sebagai pemasok material sedimen ke hilir. Kadar TSS dan kekeruhan memiliki korelasi positif, yaitu semakin tinggi nilai TSS maka semakin tinggi pula nilai kekeruhan [4]. Akibat dari kekeruhan perairan menyebabkan menurunnya produktivitas biota air dan

mengganggu ekosistem perairan. Seiring dengan desakan pertumbuhan penduduk yang sangat pesat di DKI Jakarta kebutuhan lahan juga ikut meningkat, sedangkan begitu sulit mendapatkan lahan untuk pengembangan Kota Jakarta menjadi sebuah permasalahan bagi Pemerintah DKI. Salah satu solusi yang dipilih oleh Pemerintah DKI Jakarta ialah membuat kebijakan untuk mengembangkan wilayah utara Jakarta. Kebijakan ini ditandai dengan terbentuknya program pemerintah dengan mereklamasi Teluk Jakarta.

Dampak dari reklamasi memengaruhi morfologi pantai mengakibatkan perubahan bentuk pesisir yang berpengaruh terhadap perubahan hidrodinamik pantai. Hal ini terjadi karena memengaruhi proses pasang-surut dan berubahnya bentuk pesisir. Hasil dari perubahan hidrodinamik perairan memengaruhi konsentrasi TSS di wilayah tepi laut. Kini dengan adanya teknologi penginderaan jauh dapat mempermudah pemantauan kualitas perairan. Teknologi penginderaan jauh dapat membantu pemantauan karena membutuhkan waktu yang relatif singkat dan biaya yang relatif murah dan jangkauan wilayah yang luas. Salah satu data

yang dapat digunakan dari teknologi penginderaan jauh ialah citra Landsat 5 dan Landsat 8 OLI/TRS.

1.2 Tujuan dan Sasaran

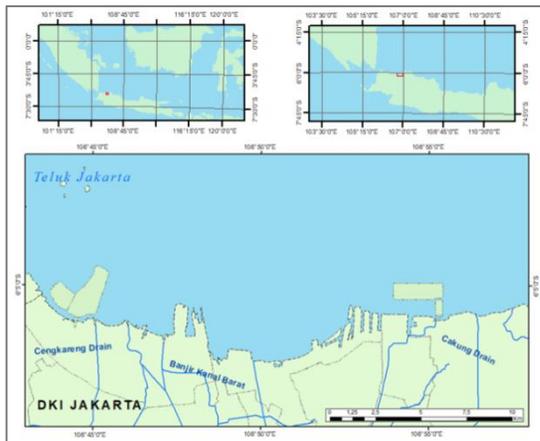
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan pola spasial dan temporal TSS sebelum dan sesudah reklamasi di Teluk Jakarta. Adapun sasarannya adalah mendidik masyarakat dalam pandangan terhadap pengelolaan lingkungan dan keberlangsungan reklamasi. Dengan menampilkan data dan fakta yang aktual diharapkan kedepannya pemerintah dapat mengelola lingkungan khususnya wilayah pesisir dengan baik dan bijaksana.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian berada di perairan Teluk Jakarta yang terletak pada koordinat $5^{\circ} 48' 29.88''$ LS – $6^{\circ} 10' 30''$ LS dan $106^{\circ} 33' 00''$ BT – $107^{\circ} 03' 00''$ BT. Waktu penelitian dibagi menjadi dua periode, yaitu sebelum reklamasi pada tahun 2009 dan sesudah reklamasi pada tahun 2015-2016.

2.2 Pengumpulan Data



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Pola sebaran TSS dalam penelitian ini dibahas dengan pendekatan spasial dan temporal. Data TSS didapatkan dari pengolahan citra satelit Landsat 5 dan Landsat 8 OLI/TRS, berikut langkah-langkah untuk mendapatkan pola sebaran TSS:

- Memilih citra landsat 5 dan landsat 8 OLI/TRS pada path 122 row 64 dengan *cloud cover* kurang dari 10%

- Melakukan koreksi geometrik kepada citra landsat 5
- Melakukan koreksi radiometrik kepada kedua jenis citra
- Memotong citra sesuai dengan daerah penelitian
- Mengaplikasikan algoritma kepada kedua jenis citra
- Melakukan klasifikasi berdasarkan pembagian kelas dari Kementerian Lingkungan Hidup
- Melakukan interpolasi *trend surface analysis* kepada kedua jenis citra

Citra yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 16 citra satelit landsat dengan path 122 row 64. Transformasi citra menggunakan formula untuk mendeteksi sebaran TSS dengan algoritma Syarif Budhiman [5]

$$TSS \left(\frac{mg}{l} \right) = 8.1429 * \exp (23,704 * Red \ Band) \quad (1)$$

Data Debit Sungai didapatkan dari Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisadane Jakarta dalam bentuk data tabuler. Data yang diambil berupa data rata-rata debit mingguan sesuai tanggal pengambilan citra. Data pasang-surut didapatkan dari Dishidros TNI-AL dalam bentuk data tabuler. Data yang diambil berupa data ketinggian pasang sesuai jam pengambilan citra. Data arus perairan didapatkan dari www.earth.school.net dalam bentuk data berupa data arah arus dan kecepatan arus.

2.3 Analisis Data

Analisis data menggunakan analisis temporal, analisis komparatif spasial, analisis kuantitatif, dan analisis deskriptif statistik dengan cara:

- Memaparkan dan membandingkan pola spasial TSS sebelum dan sesudah reklamasi dengan perbandingan tahun 2009 dan tahun 2015-2016,
- Memaparkan dan membandingkan kecenderungan pola spasial TSS sebelum dan sesudah reklamasi
- Memaparkan hasil uji akurasi antara nilai konsentrasi hasil algoritma dengan nilai konsentrasi titik sampel dari Kementerian Lingkungan Hidup DKI Jakarta menggunakan *Root Mean Square Error (RMSE)* dan *Normalize Objection Function (NOF)*

- Memaparkan hasil uji regresi antara debit dengan sebaran TSS
- Memaparkan dan dan membandingkan pola spasial TSS dengan arah arus laut
- Memaparkan dan dan membandingkan pola spasial TSS dengan pasang-surut

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

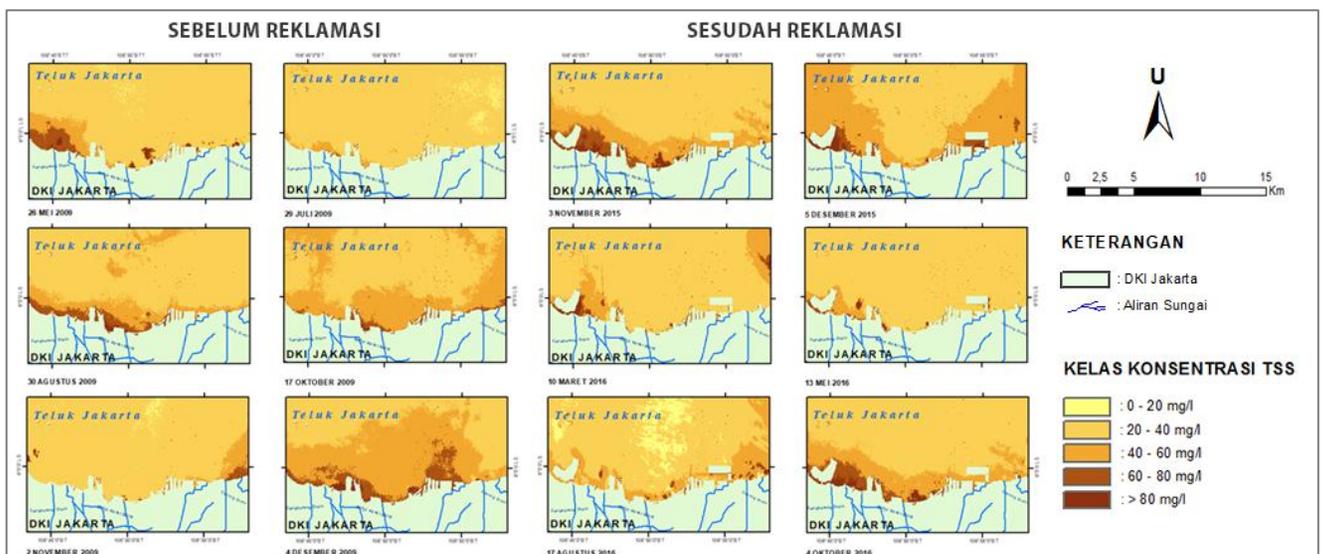
Hasil penelitian ini kelas yang digunakan sebagai pembagian sebaran TSS (Kementerian Lingkungan Hidup, 2010), yaitu

- Wilayah konsentrasi TSS 0-20 mg/l
- Wilayah konsentrasi TSS 20-40 mg/l
- Wilayah konsentrasi TSS 40-60 mg/l
- Wilayah konsentrasi TSS 60-80 mg/l
- Wilayah konsentrasi TSS >80 mg/l

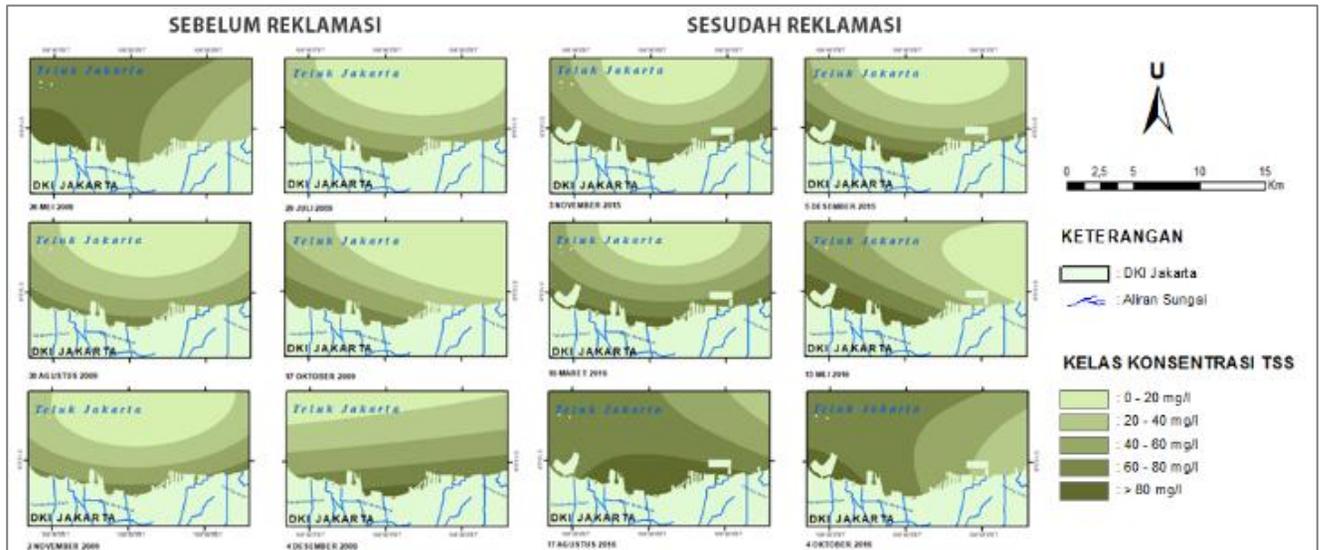
Hasil peta sebaran TSS menunjukkan bahwa pada periode sebelum program reklamasi wilayah perairan konsentrasi TSS >80 mg/l (melebihi batas baku mutu) cenderung berada di beberapa titik dekat muara sungai dan dekat dengan daratan. Kemudian, pada periode sesudah adanya program reklamasi wilayah perairan yang melebihi batas baku cenderung tersebar di beberapa titik dekat muara sungai, dekat dengan daratan dan dekat pulau reklamasi. Hal ini mengindikasikan wilayah tersebut telah melampaui ambang baku perairan atau keruh (Gambar 2).

Lalu, hasil berdasarkan metode *trend surface analysis* dengan menggunakan titik-titik yang memiliki nilai spektral dengan jarak 30 m x 30 m sesuai dengan resolusi spasial citra. Kemudian, titik-titik tersebut diolah menggunakan interpolasi *trend surface analysis* dengan besaran polynomial 2 atau secara matematik $f(x) = a_1 + a_2x + a_3x^2$. Pemilihan polynomial 2 sebab grafik yang terbentuk berupa parabola, serta persamaan ini cukup sederhana dan sesuai untuk melihat pola sebaran. Hasil metode ini menunjukkan kecenderungan tertentu pada periode sebelum dan sesudah reklamasi (Gambar 3), yaitu:

- Sebelum reklamasi
 - 26 Mei 2009: Pola sebaran cenderung ke arah barat
 - 29 Juli 2009: Pola sebaran tersebar merata
 - 20 Agustus 2009: Pola sebaran tersebar merata
 - 17 Oktober 2009: Pola sebaran bergeser ke arah barat
 - 2 November 2009: Pola sebaran tersebar merata dan condong ke timur
 - 4 Desember 2009: Pola sebaran cenderung ke arah selatan
- Sesudah reklamasi
 - 3 November 2015: pola sebaran cenderung merata dan condong ke arah barat
 - 5 Desember 2015: pola sebaran cenderung merata dan condong ke arah barat



Gambar 2. Peta Sebaran *Total Suspended Solid* (TSS) di Teluk Jakarta



Gambar 3. Peta Kecenderungan Sebaran *Total Suspended Solid* (TSS) di Teluk Jakarta

- 10 Maret 2015: pola sebaran cenderung merata dan condong ke arah barat
- 13 Mei 2016: pola sebaran cenderung ke arah barat
- 17 Agustus 2016: pola sebaran cenderung tersebar memusat di pesisir
- 4 Oktober 2016: pola sebaran cenderung ke arah barat

Perbedaan sebaran konsentrasi TSS pada periode sebelum dan sesudah reklamasi jika dibandingkan antara tanggal 30 Agustus 2009 dengan 10 Maret 2016, terlihat bahwa kedua hasil pengolahan citra memiliki kecenderungan yang relatif sama tetapi jika diperhatikan terdapat perbedaan pada jangkauan wilayah perairan keruh. Pada tanggal 30 Agustus 2009 hanya memiliki jangkauan wilayah antara <20 mg/l sampai 60-80 mg/l, sedangkan pada tanggal 10 Maret 2016 memiliki jangkauan wilayah antara <20 mg/l sampai >80 mg/l. Perbandingan tersebut menunjukkan terjadi perbedaan kecenderungan sebelum dan sesudah reklamasi dalam jangkauan wilayah kekeruhan.

3.2 Pembahasan

a. Uji Akurasi

Uji akurasi terhadap algoritma bertujuan agar nilai konsentrasi yang dihasilkan memiliki nilai yang akurat dan mendekati nilai konsentrasi pada kondisi sebenarnya dilapangan. Uji akurasi menggunakan uji statistik RMSE dan NOF untuk menevaluasi data pada periode sebelum reklamasi dan sesudah reklamasi dengan data

konsentrasi TSS dari Kementerian Lingkungan Hidup DKI Jakarta. Uji akurasi RMSE menghasilkan nilai pada tahun 2009 (sebelum reklamasi) sebesar 8,71 dan pada tahun 2015-2016 (sesudah reklamasi) sebesar 12,87 dan 11,50. Lalu, untuk uji NOF pada tahun 2009 menghasilkan nilai 0,98 dan pada tahun 2015-2016 menghasilkan nilai 0,82 dan 0,85. Berdasarkan nilai NOF yang masih berada pada rentang 0 sampai 1 maka algoritma yang digunakan dalam mengidentifikasi nilai konsentrasi TSS dapat digunakan.

b. Debit

Hasil dari metode regresi linear dari hubungan antara debit sungai dengan luas sebaran TSS >80 mg/l pada daerah dekat pantai (zona 1) sebelum reklamasi menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,14 (Tabel 1). Nilai tersebut menunjukkan bahwa 14% variasi luas sebaran TSS dipengaruhi oleh debit sungai. Pada jarak 1-2 km (zona 2) nilai koefisien determinasi sebesar 0,62 atau 62% variasi luas sebaran TSS dipengaruhi oleh debit.

Tabel 1. Regresi Linear hubungan Debit dengan Luas Sebaran TSS

	Sebelum Reklamasi	Sesudah Reklamasi
Zona 1	$y = 0,4157x + 2,471$ $R^2 = 0,1356$	$y = 0,3301x + 6,8469$ $R^2 = 0,0615$
Zona 2	$y = 0,1325x + 0,9024$ $R^2 = 0,6162$	$y = 0,2912x + 0,9054$ $R^2 = 0,2616$

Sumber: Pengolahan Data, 2017

Nilai koefisien determinasi pada zona 1 sesudah reklamasi sangat kecil, yaitu sebesar 0,06. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pengaruh debit sungai terhadap variasi luas sebaran TSS hanya 6%. Nilai ini dapat diinterpretasikan bahwa hubungan kedua variabel lemah. Pada jarak 1-2 km (zona 2) nilai koefisien determinasi lebih rendah sebesar 0,26 atau 26% variasi luas sebaran TSS dipengaruhi oleh debit dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain.

c. Arus Laut

Periode sesudah adanya reklamasi tercatat kecepatan arus berkisar antara 0,15 – 0,70 m/s. Kecepatan arus tertinggi terjadi pada tanggal 3 November 2015 (Tabel 2) dengan arah arus ke tenggara dengan kecepatan 0,70 m/s. Pada bulan ini terlihat sebaran TSS dengan nilai konsentrasi yang melebihi batas baku berada di sisi timur dan barat laut atau di sekitar Cakung Drain dan Cengkareng Drain. Hal ini mengindikasikan terjadinya pertemuan arus laut dengan debit sungai di wilayah Cengkareng Drain, serta terhalang pulau reklamasi sehingga sebaran TSS tidak dapat menyebar luas ke arah lautan. Kemudian, dibagian timur atau di wilayah Cakung Drain terlihat hal yang sama dengan kejadian di sisi barat laut, terjadinya pertemuan antara arus laut dengan debit sungai. Pada saat kecepatan arus terendah pada tanggal 17 Agustus 2016 arah arus ke barat daya dengan kecepatan 0,15 m/s. Pada bulan ini sebaran TSS dengan nilai konsentrasi melebihi batas baku berada di timur dan tenggara atau di sekitar Cakung Drain. Hal ini mengindikasikan terhalangnya sebaran materil dari debit sungi ke arah laut akibat pertemuan arus.

Tabel 2. Kondisi Arus Teluk Jakarta Sebelum dan Sesudah Reklamasi

Periode	Ketinggian Pasut	Kondisi Pasut	Luas Sebaran TSS Zona 1
Sebelum Reklamasi	meter	-	%
26 Mei 2009	0,096	Surut	11
29 Juli 2009	0,488	Surut	2
30 Agustus 2009	0,571	Surut	17
17 Oktober 2009	0,848	Pasang	15
2 November 2009	1,031	Pasang	12
4 Desember 2009	1,156	Pasang	24
Sesudah Reklamasi	meter	-	%
3 November 2015	0,862	Pasang	36
5 Desember 2015	0,834	Pasang	26
10 Maret 2016	0,667	Pasang	23
13 Mei 2016	0,300	Surut	13
17 Agustus 2016	0,418	Surut	11
4 Oktober 2016	0,832	Pasang	51

Sumber: www.Earth.nullschool.net, 2017

d. Pasang-Surut

Hubungan sebaran konsentrasi TSS dengan pasang surut dapat dilihat pada tabel 3. pada tanggal 29 Juli 2009 menunjukkan nilai persentase sebaran TSS sebesar 2% dan kondisi perairan menunjukkan surut. Lalu, pada tanggal 4 Desember 2009 menunjukkan nilai persentase sebaran TSS sebesar 24% dan kondisi perairan menunjukkan pasang. Hal ini mengindikasikan bahwa ketika kondisi perairan pasang maka konsentrasi tinggi dan ketika kondisi perairan surut maka konsentrasi rendah.

Hal ini terjadi karena ketika kondisi pasang-surut memengaruhi luas sebaran TSS di perairan, ketika kondisi perairan pasang menyebabkan semakin tinggi luas sebaran TSS. Sebab pengaruh masuknya air laut ke dalam muara sungai akibat kondisi pasang dan begitu juga sebaliknya ketika kondisi surut. Ketika kondisi pasang terjadi proses transportasi air dari laut menuju perairan

pantai dan ketika kondisi surut terjadi proses transportasi air dari perairan pantai ke laut lepas. Reklamasi menyebabkan perubahan pola sebaran *total suspended solid* (TSS) di Teluk Jakarta. Sebelum reklamasi pola sebaran konsentrasi TSS beragam tetapi sesudah reklamasi pola sebaran cenderung ke arah barat dan merata. Perairan dekat garis pantai (zona 1) mengalami kenaikan rata-rata sebaran perairan keruh (TSS >80 mg/l). Debit pada zona 2 dan arus laut berpengaruh besar terhadap sebaran perairan keruh pada periode sebelum reklamasi. Namun, tidak lagi sesudah adanya reklamasi akibat sebaran material dari daratan tidak tersebar bebas serta terpengaruh oleh pola arus yang kompleks. Variasi spasial dari perairan keruh juga tidak terlepas oleh pengaruh pasang-surut perairan.

Tabel 3. Kondisi Pasang-Surut Teluk Jakarta Sebelum dan Sesudah Reklamasi

Periode	Kecepatan Arus rata-rata	Arah Arus
Sebelum Reklamasi		
26 Mei 2009	0.74	Selatan
29 Juli 2009	0.26	Tenggara
30 Agustus 2009	0.44	Selatan
17 Oktober 2009	0.19	Barat Daya
2 November 2009	0.27	Tenggara
4 Desember 2009	0.41	Barat Laut
Sesudah Reklamasi		
3 November 2015	0.70	Tenggara
5 Desember 2015	0.40	Timur
10 Maret 2016	0.57	Barat Daya
13 Maret 2016	0.30	Barat Daya
17 Agustus 2016	0.15	Selatan
4 Oktober 2016	0.28	Barat Laut

Sumber: Dishidros TNI-AL, 2017

4. KESIMPULAN

Reklamasi menyebabkan perubahan pola sebaran *total suspended solid* (TSS) di Teluk Jakarta. Sebelum reklamasi pola sebaran konsentrasi TSS beragam tetapi sesudah reklamasi pola sebaran

cenderung ke arah barat dan merata. Perairan dekat garis pantai (zona 1) mengalami kenaikan rata-rata sebaran perairan keruh (TSS >80 mg/l). Debit pada zona 2 dan arus laut berpengaruh besar terhadap sebaran perairan keruh pada periode sebelum reklamasi. Namun, tidak lagi sesudah adanya reklamasi akibat sebaran material dari daratan tidak tersebar bebas serta terpengaruh oleh pola arus yang kompleks. Variasi spasial dari perairan keruh juga tidak terlepas oleh pengaruh pasang-surut perairan.

5. SARAN

Sebagai upaya pengendalian lingkungan pesisir sudah seharusnya Pemerintah aktif melakukan langkah-langkah nyata untuk pemantauan kualitas air laut, penanganan kasus-kasus pencemaran dan pembangunan reklamasi yang mempengaruhi lingkungan pesisir, serta mengedepankan pengelolaan wilayah pantai yang baik dan bijaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. Burhanuddin, A. D. Siswanto, & Z. Hidayah, "Kajian Pengaruh Debit Sungai Terhadap Sebaran TSS di Muara Sungai Wonokromo dan Kebun Agung Surabaya," *Seminar Nasional: Menggagas Kebangkitan Komoditas Unggulan Lokal Pertanian dan Kelautan*. Madura: Universitas Trunojoyo Madura Press, 2013, pp. 637–644.
- [2] E. Kusratmoko, "Curah Hujan dan Karakteristik Aliran Ci Liwung". *Jurnal Geografi*, Depok, Jawa Barat: Jurusan Geografi-FMIPA, Universitas Indonesia. 2001.
- [3] Z. Chen, Hu, Chuanmin, F. Muller-Karger, "Monitoring turbidity in Tampa Bay using MODIS/Aqua 250-m imagery". *Remote Sensing of Environment.*, 109 (2), 2007, pp. 207–220.
- [4] F. Arafah, M. Taufik, L. M. Jaelani, "Analisis Parameter Kualitas Air Laut di Perairan Kabupaten Sumenep untuk Pembuat Peta Sebaran Potensi Ikan Pelagis (Studi Kasus: *Total Suspended Solid*)," *Rekayasa Lingkungan*. ISSN 2301-6752. Surabaya: FTSP ITS. 2015
- [5] S. Budhiman, "Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta, Indonesia," Master of Science Thesis, Netherlands: ITC, Enschede. 2004.

Lampiran 1. Persentase Luas Wilayah Perairan dengan Konsentrasi TSS >80 mg/l

Periode Sebelum Reklamasi	Cengkareng Drain (A)			Banjir Kanal Barat (B)			Cakung Drain (C)		
	1 km (%)	2 km (%)	3 km (%)	1 km (%)	2 km (%)	3 km (%)	1 km (%)	2 km (%)	3 km (%)
26 Mei 2009	3	2	0	6	4	0	2	2	0
29 Juli 2009	0	0	0	1	0	0	1	0	0
30 Agustus 2009	3	0	0	12	1	0	2	0	0
17 Oktober 2009	0	0	0	6	0	0	9	2	1
2 November 2009	3	2	1	2	0	0	7	1	0
4 Desember 2009	2	0	0	20	0	0	2	1	0
Rata-rata	2	1	0	8	1	0	4	1	0
Sesudah Reklamasi	1 km (%)	2 km (%)	3 km (%)	1 km (%)	2 km (%)	3 km (%)	1 km (%)	2 km (%)	3 km (%)
3 November 2015	11	1	0	21	5	0	4	0	0
5 Desember 2015	13	4	0	8	0	0	5	1	0
10 Maret 2016	10	2	1	5	1	0	8	5	0
13 Mei 2016	3	0	0	7	2	0	3	3	3
17 Agustus 2016	0	0	0	7	2	0	4	3	2
4 Oktober 2016	14	2	0	30	10	0	7	0	0
Rata-rata	9	2	0	13	3	0	5	2	1

Sumber: Pengolahan Data, 2017