

# Dampak Penurunan Kualitas Air Laut Dari Kegiatan Operasi *Floating Storage and Offloading* (FSO) Challenger Lepas Pantai Blok Bawean

Ai Siti Patimah<sup>1,2</sup>, Sigit Heru Murti<sup>3\*</sup>, Agus Prasetya<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Universitas Papua, 98314 Papua Barat, Indonesia

<sup>2</sup>Mahasiswa Program Doktor Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, 55281 Yogyakarta, Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Sains Informasi Geografi, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, 55281 Yogyakarta Indonesia

<sup>4</sup>Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 55281 Yogyakarta, Indonesia

## ABSTRAK

*Floating Storage and Offloading* (FSO) terletak pada koordinat 6° 43'51.84" LS dan 112° 09'19.84" BT berada di Blok Bawean. Fasilitas FSO adalah tanker pengangkut dan penyimpan *crude oil* dengan kapasitas 900.000 *barrel*. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui parameter kualitas air laut di FSO Challenger semester II 2018 (2) mengevaluasi kecenderungan dan tingkat kekritisan kualitas air laut di FSO Challenger tahun 2015-2018. Lokasi penelitian pada bagian *Up stream* dan *Down stream* FSO Challenger, parameter yang diuji yaitu kekeruhan, TSS, suhu, pH, BOD5, N-NH<sub>3</sub>, lemak dan minyak (*grease and oil*), dan N-NO<sub>3</sub>. Pengambilan sampel kualitas air laut dilakukan secara langsung, Sampel air laut yang diperoleh kemudian dilakukan pengujian sesuai metode yang mengacu pada peraturan yang berlaku sesuai izin lingkungan no.02.85.12 tahun 2014. Sampel hasil analisis laboratorium dibandingkan dengan baku mutu sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004. Hasil analisis laboratorium kualitas air laut yaitu kekeruhan kisaran <0,40 – 0,60 NTU, TSS <1,6 – 3,6 mg/L, BOD5 9,3 – 11,1 mg/L, N-NH<sub>3</sub> <0,03 mg/L, lemak dan minyak (*grease dan oil*) <0,2 mg/L, N-NO<sub>3</sub> < 0,006 mg/L, suhu 31,2 – 31,7°C, serta pH 8,01 – 8,17. Kecenderungan tingkat kekritisan kualitas air laut di FSO Challenger yang fluktuatif mengakibatkan dampak terhadap kualitas air laut sekitar FSO Challenger. Pengawasan kualitas dari air laut di sekitar FSO Challenger dengan pengolahan air terproduksi yang di *setting* kembali di *slope tank* dan dialirkan ke separator, pengelolaan pada air pendingin dengan mengatur debit maksimum dan pengoperasian sistem secara kontinyu.

**Kata kunci:** FSO Challenger, *up stream*, *down stream*, air laut, separator

## ABSTRACT

Floating Storage and Offloading (FSO) is located at coordinates 6° 43'51.84" South Latitude and 112° 09'19.84" East Longitude is in the Bawean Block. The FSO facility is a crude oil carrier and storage tanker with a capacity of 900,000 barrels. This study aims to (1) determine the parameters of sea water quality in FSO Challenger in the second semester of 2018 (2) find the potential and criticality of sea water quality in FSO Challenger in 2015-2018. The research location is in the Upstream and Downstream sections of the FSO Challenger, the parameters tested are turbidity, TSS, temperature, pH, BOD5, N-NH<sub>3</sub>, grease and oil (grease and oil), and N-NO<sub>3</sub>. Sampling of seawater quality is carried out directly. The seawater samples obtained are then tested based on methods that refer to applicable regulations according to environmental permits no. 02.85.12 of 2014. Samples from laboratory analysis are compared with quality standards according to Decree of the Minister of the Environment Number 51 of 2004. The results of laboratory analysis of sea water are turbidity in the range of <0.40 – 0.60 NTU, TSS <1.6 – 3.6 mg/L, BOD5 9.3 – 11.1 mg/L, N- NH<sub>3</sub> <0.03 mg/L, fats and oils (grease and oil) <0.2 mg/L, N-NO<sub>3</sub> < 0.006 mg/L, temperature 31.2 – 31.7°C, and pH 8.01 – 8.17. The level of criticality of sea water quality in FSO Challenger which fluctuates has an impact on sea water quality around FSO Challenger. Monitoring the quality of seawater around the Challenger FSO by treating the produced water which is set back in the slope tank and into the separator, managing the air conditioner by adjusting the maximum flowrate and operating the system continuously.

**Keywords:** FSO Challenger, *up stream*, *down stream*, sea water, separator

**Citation:** Patimah, A. S., Sigit, S.H., dan Prasetya, A. (2022). Dampak Penurunan Kualitas Air Laut Dari Kegiatan Operasi Floating Storage and Offloading (FSO) Challenger Lepas Pantai Blok Bawean. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 484-493, doi:10.14710/jil.20.3.484-493

## 1. Pendahuluan

Kualitas air bersifat dinamis seiring dengan bertambahnya populasi serta meningkatnya aktivitas disekitar FSO (Rohmawati & Kustomo, 2020). Aktifitas

dari *Floating Storage and Offloading* (FSO) Challenger merupakan tanker pengangkut dan penyimpan crude oil yang berada di lepas pantai Tuban. FSO Cinta Natomas mampu menampung produksi minyak sampai dengan 900.000 barrel (JOB-PPEJ, 2014).

\* Penulis korespondensi: sigit.heru.m@ugm.ac.id

Dampak dari aktifitas FSO *Challenger* akan menyebabkan degradasi air laut dengan menurunnya kualitas dari air laut fisik, kimia, biologi. konsentrasi logam berat mempengaruhi kondisi mikroba di air laut. Hal tersebut dapat menyebabkan pencemaran biologis yang membawa dampak langsung terhadap ekosistem. Pencemaran air menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan terutama perairan yang dapat berakibat pada menurunnya kekayaan sumberdaya alam (Hamuna, 2018). Adanya degradasi kualitas air juga dapat berdampak pada kesehatan masyarakat (Patimah & Suratman, 2020). Hal tersebut karena kontaminasi mikrobiologi sangat berpengaruh bagi kondisi kesehatan manusia dan spesies laut.

Tumpahan minyak bumi yang terjadi baik saat proses produksi, distribusi, maupun konsumsinya menyebabkan terlepasnya komponen-komponen minyak bumi ke perairan. Contohnya yaitu saat terjadinya kebocoran pada peralatan seperti pipa transmisi yang tidak terawat dengan baik (Hartanto, 2008). Adanya masukan beban pencemar baik organik maupun anorganik ke badan air tersebut memicu terjadinya degradasi fungsi biologis (Hamuna, 2018). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kecenderungan dan tingkat kekritisitas kualitas air laut di FSO *Challenger* ditinjau dari sifat fisik, kimia, dan biologinya. Pengelolaan yang tepat perlu dilakukan untuk menjaga kelestarian sumberdaya laut. Pengelolaan yang dilakukan di sekitar FSO *Challenger* untuk mengatasi terjadinya penurunan kualitas air laut yaitu dengan *men-setting* kembali air terproduksi ke *slope tank* dan dialirkan ke separator. Sedangkan pengelolaan air pendingin dilakukan dengan mengatur debit maksimum dan pengoperasian sistem yang dilakukan secara kontinyu. Oleh karena itu, untuk pelestarian disekitar FSO *Challenger* perlu dilakukan pengelolaan air laut secara holistik dan bijaksana serta keseimbangan ekologis.

## 2. Metodologi

### 2.1. Metode Sampling

Lokasi penelitian yaitu *Up stream* dan *Down stream* di FSO *Challenger*, parameter yang diuji yaitu parameter fisika, kimia dan biologi air laut dari FSO *Challenger* pada semester II tahun 2018. Penelitian ini juga menggunakan data sekunder kualitas air laut FSO *Challenger* tahun 2015-2018. Pengambilan sampel kualitas air laut dilakukan secara langsung. Sampel yang akan diuji merupakan air laut dari *Up stream* dan *Down stream* FSO *Challenger*. Pengambilan sampel kualitas air laut dilakukan secara langsung, dengan jenis parameter pengujian kekeruhan, TSS, suhu *on site*, pH *on site*, salinitas sebagai NaCl, DO, BOD<sub>5</sub>, fosfat, amoniak, minyak dan lemak, total coliform. Sampel air laut sekitar FSO *Challenger* kemudian dilakukan uji laboratorium dengan mengacu pada standar peraturan yang berlaku sesuai izin lingkungan no. 02.85.12 tahun 2014. Sampel dianalisis dilabolatorium berdasarkan metode SNI dan APHA seperti pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Metode Pengukuran On site

Parameter	Titik sampling	Metode Pengukuran
Kekeruhan	Up Stream, Mix Point FSO, Down Stream	APHA 2130 B #)
TSS	Up Stream, Mix Point FSO, Down Stream	APHA 2540 D #)
Suhu on site	Up Stream, Mix Point FSO, Down Stream	APHA 2550 B #)
pH on site	Up Stream, Mix Point FSO, Down Stream	APHA 4500-H+-B #)
Salinitas sebagai NaCl	Up Stream, Mix Point FSO, Down Stream	APHA 4500 Cl B #)
DO	Up Stream, Mix Point FSO, Down Stream	APHA 4500-O B #)
BOD <sub>5</sub>	Up Stream, Mix Point FSO, Down Stream	APHA 5210 B #)
Fosfat	Up Stream, Mix Point FSO, Down Stream	APHA 4500-P C #)
Amoniak	Up Stream, Mix Point FSO, Down Stream	APHA 4500-NH <sub>3</sub> -F #)
Nitrat	Up Stream, Mix Point FSO, Down Stream	APHA 4500-NO <sub>3</sub> -E #)
Minyak dan lemak	Up Stream, Mix Point FSO, Down Stream	APHA 5520 B #)
Total Coliform	Up Stream, Mix Point FSO, Down Stream	APHA 9221 B #)

### 2.2. Metode Analisis

Parameter air laut hasil pengujian laboratorium dibandingkan dan dianalisis sesuai peraturan yang berlaku yaitu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004. Sedangkan kualitas air laut berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004. Secara lebih spesifik, parameter kualitas air laut FSO *Challenger* yang di uji: kekeruhan, TSS, Suhu, pH, BOD<sub>5</sub>, N-NH<sub>3</sub>, lemak dan minyak (*grease and oil*), dan N-NO<sub>3</sub>. Tabel 2 menunjukkan metode analisis laboratorium yang digunakan.

Langkah selanjutnya yaitu melakukan evaluasi kecenderungan dan evaluasi tingkat kritis. Evaluasi tingkat kecenderungan untuk mengetahui kualitas dampak kualitas lingkungan sedangkan evaluasi kritis untuk mengetahui potensi resiko suatu kondisi apakah melebihi baku mutu atau tidak. Lokasi penelitian di sekitar FSO *Challenger* sebagai terdampak yang menyebabkan terjadinya degradasi kualitas air di area FSO *Challenger* ditampilkan pada Gambar 1.

**Tabel 2.** Metode Analisis Laboratorium.

Karakteristik	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Fisika	TSS	mg/L	20
	Kekeruhan	NTU	< 5
	Suhu on site	°C	28-30
Kimia	pH on site	-	7-8,5
	Salinitas sebagai NaCl	-	Natural/33-34
	DO	mg/L	5
	BOD <sub>5</sub>	mg/L	0,015
	Fosfat	mg/L	100
	Amoniak (NH <sub>3</sub> )	mg/L	0,3
Biologi	Nitrat	mg/L	0,008
	Minyak dan Lemak	mg/L	1
	Total Coliform	jumlah/10 0 mL	1000



Gambar 1 Peta pengambilan sampel di FSO Challenger.

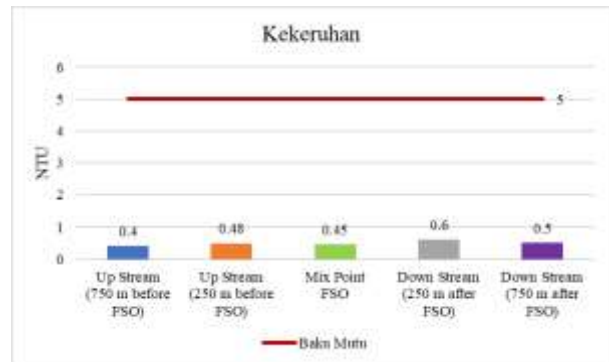
### 3. Hasil dan Pembahasan

Sumber pencemaran di laut didominasi oleh bahan kimia yang terdapat pada plastik serta atau bahan kimia dari kapal laut (Darza, 2020). Jenis logam berat yang sering ditemukan di perairan berupa Ti, Cu, Fe, Cd, dan Pb. Sifat logam yang mudah terabsorpsi dan tergradasi dapat membahayakan biota perairan. Kondisi kualitas suatu perairan dilihat melalui kondisi fisik, kimia, dan biologisnya. Selanjutnya, dari hasil analisis kualitas air laut dilakukan evaluasi

kecenderungan dan tingkat kekritisan kualitas air laut di *Up stream* dan *Down stream* FSO Challenger. Evaluasi kecenderungan di sekitar FSO Challenger dalam rentan waktu 3 (tiga) tahun pada parameter kritis dan parameter utama. Parameter parameter tersebut antara lain kekeruhan, TSS, suhu, pH, BOD5, N-NH<sub>3</sub>, lemak dan minyak (*grease and oil*), dan N-NO<sub>3</sub>.

#### 3.1. Parameter Kualitas Air Laut

Hasil pengujian kualitas air laut di area sekitar FSO Challenger dianalisis sesuai yang dipersyaratkan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 (Tabel 3). Hasil pemantauan kualitas air juga ditampilkan melalui grafik pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 7.

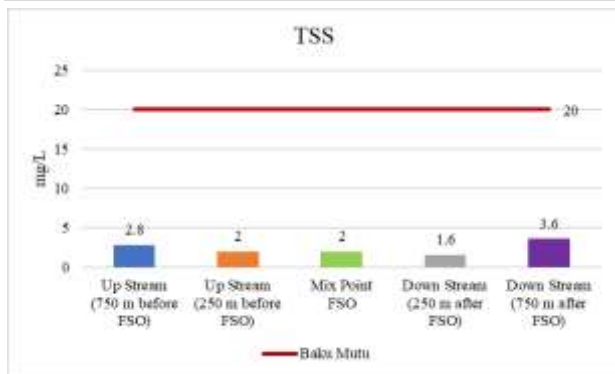


Gambar 2 Parameter kekeruhan (air laut) semester II di FSO Challenger

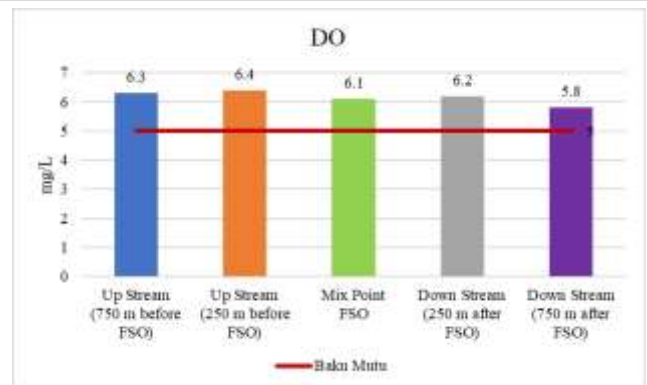
Tabel 3. Parameter kualitas air laut di area sekitar FSO Challenger

Parameter	Lokasi Sampling					Baku mutu	Unit
	Up Stream (750 m before FSO)	Up Stream (250 m before FSO)	Mix Point FSO	Down Stream (250 m after FSO)	Down Stream (750 m after FSO)		
<b>FISIKA</b>							
Kekeruhan	0,4	0,48	0,45	0,60	0,5	< 5	NTU
TSS	2,8	2,0	2,0	1,6	3,6	20	mg/L
Suhu on site	31,2	31,6	31,7	31,1	31,6	28-30	°C
<b>KIMIA</b>							
pH on site	8,16	8,24	8,09	8,18	8,16	7-8,5	-
Salinitas sebagai NaCl	2,9	2,9	3,0	3,0	2,9	Natural/ 33-34	-
DO	6,3	6,4	6,1	6,2	5,8	5	mg/L
BOD 20°C. Hari ke-5	9,3	11,1	10,5	11,1	10,8	20	mg/L
Total amoniak	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,3	mg/L
Fosfat (PO <sub>4</sub> -P)	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	< 0,33	0,015	mg/L
Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	< 0,006	0,008	mg/L
Minyak dan lemak	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1	mg/L
Total Coliform	-	-	-	-	-	1000	MPN/100 mL

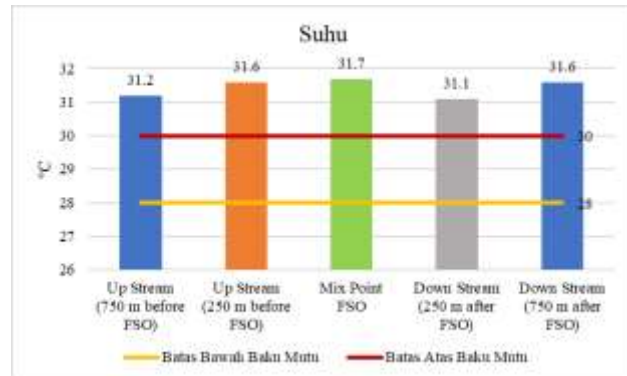
Sumber JOB PPEJ 2018



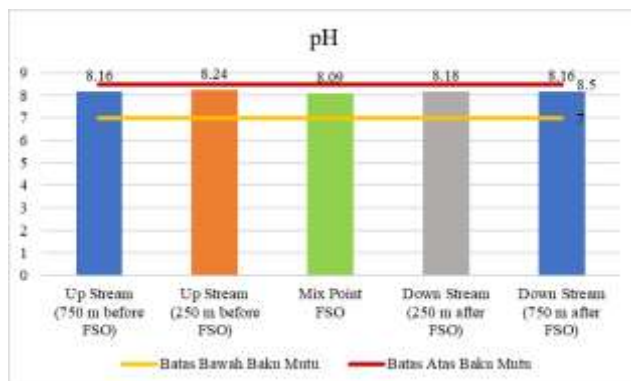
Gambar 3 Parameter TSS (air laut) semester II di FSO Challenger.



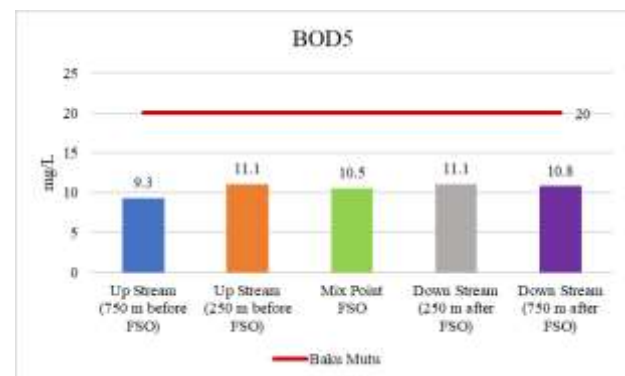
Gambar 7 Parameter DO (air laut) semester II di FSO Challenger



Gambar 4 Parameter suhu (air laut) semester II tahun FSO Challenger



Gambar 5 Parameter pH (air laut) semester II di FSO Challenger

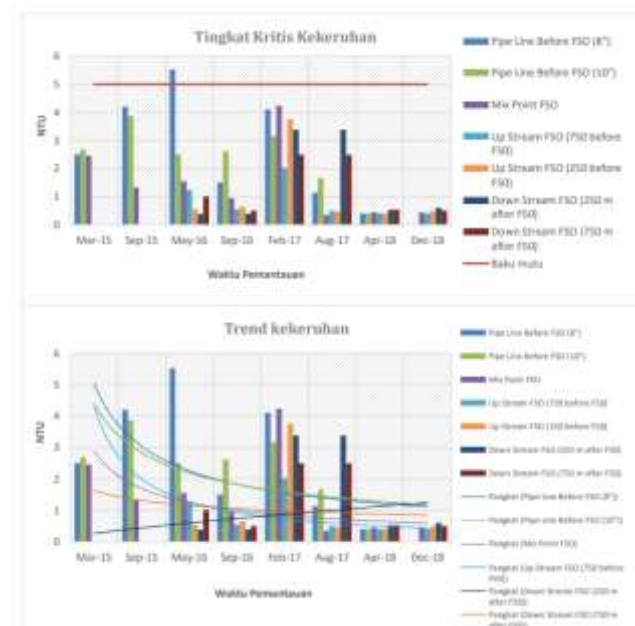


Gambar 6 Parameter BOD5 (air laut) semester II di FSO Challenger

### 3.2. Tingkat Kekritisitas Air Laut

#### a. Kekeruhan

Kekeruhan akan berpengaruh terhadap kemampuan cahaya matahari merambat dalam laut. Pada kondisi air yang sangat keruh, cahaya matahari hanya dapat merambat sampai kedalaman 3 m dan pada kondisi keruh cahaya dapat merambat hingga kedalaman 10-30 m. Evaluasi kekeruhan dilakukan pada tahun 2013-2018. Hasil pemantauan kekeruhan berada pada kisaran nilai <math><0.40 - 0.60</math> NTU. Hasil tersebut memenuhi standar baku mutu yang tercantum dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 yaitu 5 NTU. Hasil pemantauan dari tahun 2015 - 2018 menunjukkan kecenderungan yang fluktuatif. Kekeruhan air laut dipengaruhi oleh adanya arus, gelombang dan pasang surut (Indrayana et al., 2014). Berdasarkan pemantauan yang dilakukan terlihat pada bulan Mei 2016 tingkat kekeruhan pada *Pipe Line before FSO* (8") melebihi baku mutu yang ditentukan yaitu 5.52 NTU seperti pada Gambar 8.

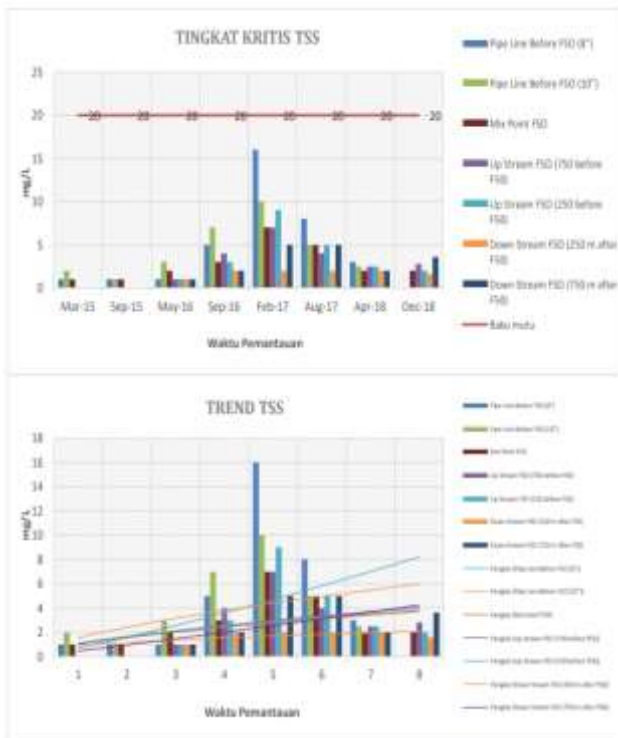


Sumber : JOB PPEJ 2018

Gambar 8 Grafik Kecenderungan pemantauan kekeruhan (air laut) pada area sekitar FSO Challenger.

**b. TSS (Total Suspended Solid)**

Menurut Fardiaz (1992). proses fotosintesis memerlukan regenerasi oksigen yang dipengaruhi oleh masukan cahaya matahari ke dalam air. Hal ini berkaitan erat dengan jumlah padatan tersuspensi yang terkandung di suatu perairan. TSS mendapat pengaruh masukan dari daratan, aliran sungai, serta faktor oseanografi (Yonar et al., 2021). Komposisi TSS sendiri meliputi lumpur dan mikroorganisme dari kikisan tanah (Ambalika et al., 2021). Evaluasi tingkat kecenderungan dan kekritisan dilakukan selama 3 tahun yaitu tahun 2015-2018. Hasil pengujian *Total Suspended Soil* (TSS) berada pada kisaran nilai <math>1.6 - 3.6 \text{ mg/L}</math>. Hasil tersebut masih di bawah standar baku mutu yang terdapat pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 yaitu  $20 \text{ mg/L}$ . Hasil analisis parameter TSS dari tahun 2015-2018 cenderung fluktuatif dan stabil. Parameter TSS paling tinggi  $16.0 \text{ mg/L}$  (masih sekitar 80% dari baku mutu) pada Februari 2017 di *Pipe Line before FSO* (8"). Semakin tinggi angka kekeruhan semakin tinggi pula angka padatan tersuspensinya. Hal ini menunjukkan bahwa keduanya memiliki korelasi positif. Sebaliknya, tingginya kandungan padatan tersuspensi belum tentu menunjukkan tingginya tingkat kekeruhan seperti halnya air laut. Air laut memiliki kandungan padatan tersuspensi yang tinggi, namun tidak memberi pengaruh terhadap kekeruhannya (Effendi, 2003). Kenaikan yang signifikan bulan tersebut membuat pengelolaan lingkungan dilakukan lebih intens sehingga pada pertengahan 2017 terjadi penurunan nilai TSS hingga 50% yaitu  $8 \text{ mg/L}$  seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Sumber: JOB PPEJ 2018

**Gambar 9** Grafik kecenderungan pemantauan TSS (air laut) pada area sekitar FSO Challenger di wilayah Tuban.



Sumber: JOB PPEJ 2018

**Gambar 10** Grafik parameter suhu (air laut) pada wilayah Bojonegoro dan Gresik.

**c. Suhu**

Adanya perubahan ekosistem ataupun dinamika iklim global dapat diketahui melalui parameter suhu permukaan laut menandakan adanya perubahan pada daur hidrologi yang memberikan dampak terhadap lingkungan tersebut (Azizah dkk., 2018). Parameter suhu dianalisis dalam kurun waktu 3 tahun dengan mengevaluasi tingkat kecenderungan dan tingkat kekritisan. Hasil pemantauan suhu berada pada kisaran  $31.2 - 31.7 \text{ }^\circ\text{C}$ . Suhu umum permukaan laut biasanya dalam rentang  $28 - 31 \text{ }^\circ\text{C}$  (Nontji, 2005). Suhu permukaan laut dipengaruhi beberapa faktor diantaranya yaitu musim, cuaca, ketinggian/topografi, sirkulasi udara, dan intensitas cahaya matahari (Umasugi et al., 2021). Hasil tersebut sesuai dengan standar baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 yaitu sebesar  $28 - 32 \text{ }^\circ\text{C}$ . Hasil pemantauan menunjukkan kecenderungan yang fluktuatif seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.

Berdasarkan hasil pemantauan yang dilakukan, pada tahun 2015 - tahun 2018 dapat dilihat pada bulan September 2015 suhu pada *Pipe Line before FSO* (8") dan *Pipe Line before FSO* (10") melebihi batas baku mutu yang ditentukan yaitu  $32.4$  dan  $32.1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Hal ini dikarenakan adanya perubahan musim yang sedikit mempengaruhi suhu air laut. Pada semester II tahun 2017 hasil pemantauan juga masih memenuhi standar baku mutu yang ditentukan yaitu  $26.8 - 27.1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Kecenderungan dari hasil pemantauan dari tahun tahun 2015 -2018 cenderung fluktuatif.

**d. Biological Oxygen Demand (BOD5)**

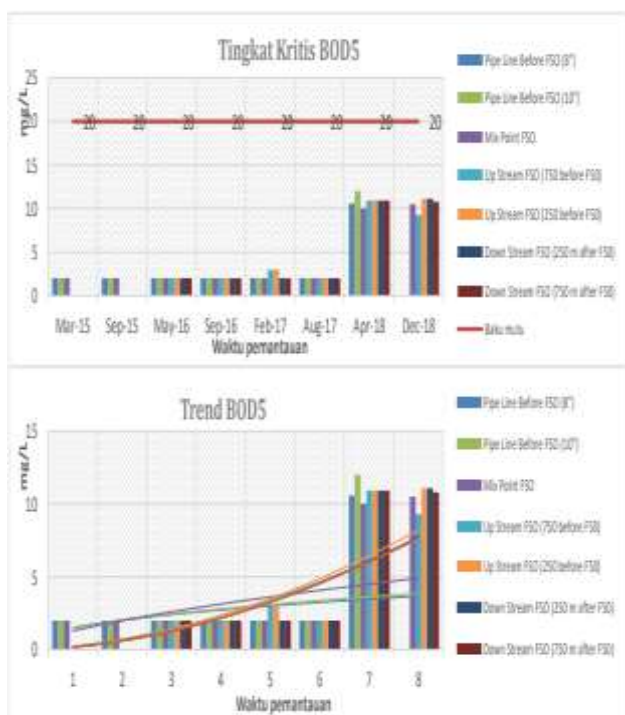
BOD atau *Biological Oxygen Demand* adalah parameter untuk mengetahui kadar oksigen yang dibutuhkan oleh suatu mikroorganisme yang tinggal di perairan untuk memecah bahan organik secara aerobik (Daroni & Arisandi, 2020). Analisis evaluasi parameter

BOD5 untuk tingkat kecenderungan serta tingkat kekritisan dilakukan selama 3 tahun yaitu pada tahun 2015 – tahun 2018. Hasil analisis dari pemantauan menunjukkan kadar BOD5 pada kisaran 9.3 – 11.1 mg/L. Hasil tersebut masih memenuhi standar baku mutu yang ditentukan pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 yaitu 20 mg/L. Berdasarkan pemantauan yang dilakukan, pada tahun 2015-2018 menunjukkan kecenderungan kadar BOD5 yang cenderung mengalami kenaikan. Nilai tertinggi kenaikan BOD5 berada pada kisaran 12.0 mg/L di bulan April 2018 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.

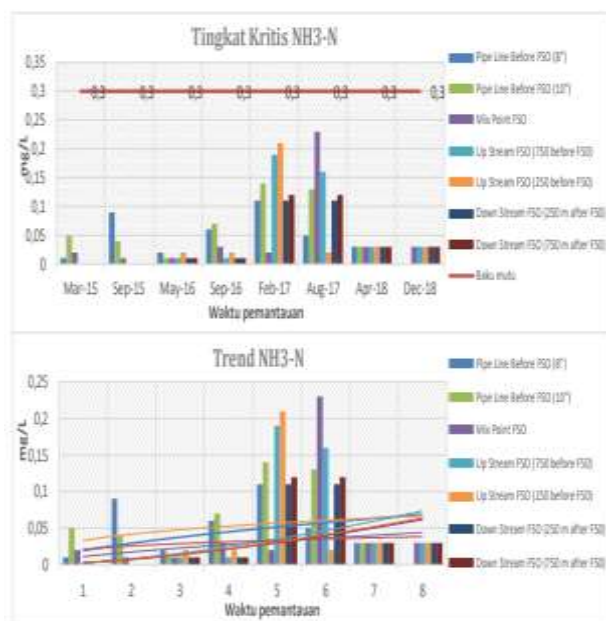
*e. Nitrogen sebagai Amoniak (N-NH<sub>3</sub>)*

Salah satu zat yang banyak terkandung dalam limbah adalah amonia (NH<sub>3</sub>). Sumber amonia dalam air berasal dari kotoran binatang dan manusia, air buangan industri dan aktivitas masyarakat, serta oksidasi zat organik (Putri et al., 2019). Kadar amonia dalam perairan laut dapat berubah dengan cepat dan sangat bervariasi. Amoniak (NH<sub>3</sub>) yang memiliki konsentrasi 0.2 mg/L sudah beracun bagi ikan yang sensitif dan > 0.5 mg/L bagi ikan biasa (Patimah et al., 2022).

Analisis tingkat kecenderungan serta tingkat kekritisan untuk parameter N-NH<sub>3</sub> dengan rentang waktu 3 tahun (2015-2018). Hasil pemantauan N-NH<sub>3</sub> berada pada kisaran <0.03 mg/L. Menurut Effendi (2000) proses volatilisasi dapat menghilang akibat adanya tekanan parsial amonia dalam perairan yang dapat meningkatkan pH.



Sumber : JOB PPEJ 2018  
**Gambar 11** Grafik kecenderungan parameter BOD5 pada area sekitar FSO Challenger.

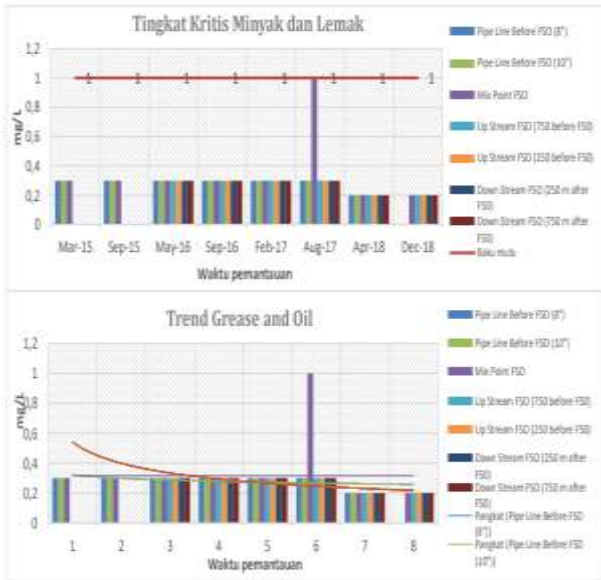


Sumber : JOB PPEJ 2018  
**Gambar 12** Grafik Parameter N-NH<sub>3</sub> (air laut) pada area sekitar FSO Challenger di wilayah Tuban.

Hasil tersebut memenuhi standar baku mutu yang tercantum dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 yaitu 0.3 mg/L. Hasil pemantauan dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2018 cenderung fluktuatif. Pada tahun 2017, kadar N-NH<sub>3</sub> mengalami kenaikan. Namun, kadar maksimum kenaikan N-NH<sub>3</sub> masih berada pada kisaran 0.23 mg/L (masih sekitar 70% dari standar baku mutu). Pemantauan yang dilakukan selanjutnya dapat dilihat kadar N-NH<sub>3</sub> di air laut mengalami penurunan hingga pada semester II tahun 2018 ini. Hal ini dapat menunjukkan hasil pengelolaan lingkungan yang lebih intens dilakukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.

*f. Lemak dan Minyak (Grease dan Oil)*

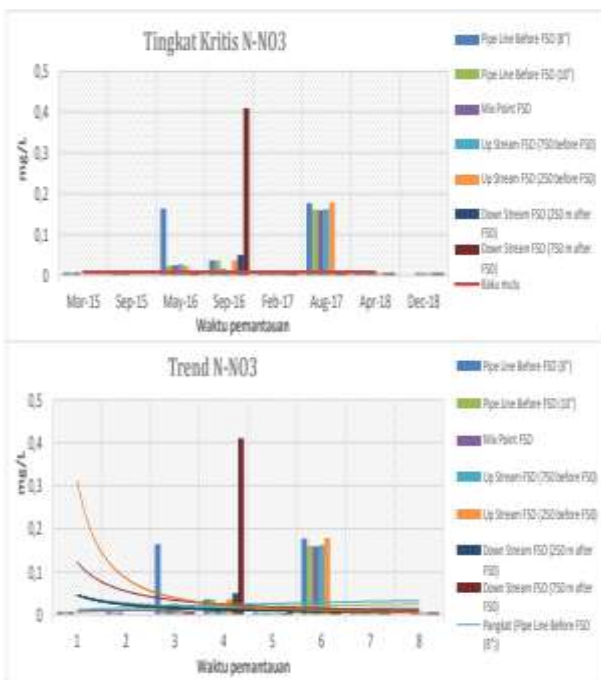
Kandungan minyak dan lemak dalam suatu perairan harus dibatasi karena dapat menyebabkan pencemaran. Walaupun minyak dan lemak termasuk komponen organik, namun keduanya tidak mudah untuk diuraikan oleh bakteri (Andreozzi dkk. 2000; Atlas dkk. 1992). Walaupun sukar untuk larut di dalam air, lemak dan minyak larut dalam pelarut non-polar (Najamuddin et al., 2020). Analisis tingkat kecenderungan dan tingkat kekritisan dengan rentan waktu 3 tahun (2015-2018). Parameter minyak dan lemak <0.2 mg/L. Parameter lemak dan minyak masih di bawah baku mutu yang dipersyaratkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 yaitu 1 mg/L. Hasil analisis pemantauan tingkat kecenderungan lemak dan minyak selama 3 tahun yaitu konstan atau stabil.



Sumber : JOB PPEJ 2018

**Gambar 13** Grafik kecenderungan parameter minyak dan lemak pada area sekitar FSO Challenger.

Hasil analisis pemantauan menunjukkan bahwa pada semester II tahun 2017 kadar minyak dan lemak mengalami kenaikan. Namun kadar maksimum kenaikan minyak dan lemak pada kisaran 1.0 mg/L. Pemantauan yang dilakukan selanjutnya dapat dilihat kadar minyak dan lemak di air laut mengalami penurunan hingga pada semester II tahun 2018 ini. Hal ini dapat menunjukkan hasil pengelolaan lingkungan yang lebih intens dilakukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.



Sumber: JOB PPEJ 2018

**Gambar 14** Grafik kecenderungan parameter N-NO<sub>3</sub> pada area sekitar FSO Challenger.

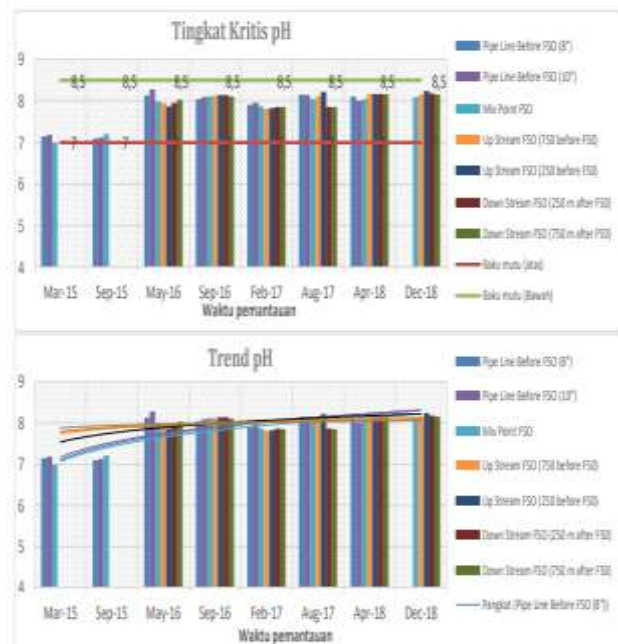
*g. Nitrogen sebagai Nitrat (N-NO<sub>3</sub>)*

Analisis tingkat kecenderungan serta tingkat kekritisan pada parameter N-NO<sub>3</sub> dalam rentang waktu 3 tahun (2015-2018). NO<sub>3</sub> bila memiliki kadar yang terlalu tinggi akan bersifat racun terhadap biota laut. Hasil pemantauan parameter N-NO<sub>3</sub> <0.006 mg/L. Hasil parameter N-NO<sub>3</sub> memenuhi standar mutu yang ditentukan pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 yaitu sebesar 0.008 mg/L. Hasil pemantauan dari tahun 2015 - 2018 menunjukkan tingkat kecenderungan yang fluktuatif, seperti Gambar berikut.

Berdasarkan analisis selama kurun waktu tiga tahun dapat dilihat pada tahun 2016 dan 2017 kadar N-NO<sub>3</sub> mengalami kenaikan. Kadar maksimum kenaikan N-NO<sub>3</sub> paling tinggi masih pada kisaran 0.270 - 0.410 mg/L. Pemantauan yang dilakukan selanjutnya dapat dilihat kadar N-NH<sub>3</sub> di air laut mengalami penurunan hingga pada semester II tahun 2018 ini. Hal ini dapat menunjukkan hasil pengelolaan lingkungan yang lebih intens dilakukan.

*h. pH*

Suatu perairan laut dikategorikan baik apabila bersifat basa atau memiliki derajat keasaman (pH>7) (Patty et al., 2021). Analisis tingkat kecenderungan serta tingkat kekritisan parameter pH dalam rentan waktu 3 tahun (2015-2018). Parameter minyak dan lemak pada semester II tahun 2018 dengan kisaran 8.01 - 8.17. Hasil tersebut masih memenuhi standar baku mutu yang dipersyaratkan pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 yaitu 7 - 8.5. Hasil pemantauan dari tahun 2015 - 2018 menunjukkan kecenderungan yang naik turun, seperti Gambar berikut.



Sumber: JOB PPEJ 2018

**Gambar 15** Grafik kecenderungan Parameter pH pada area sekitar FSO Challenger.

### 3.3. Degradasi Air Laut sekitar FSO Challenger

Degradasi air laut dapat memberikan pengaruh buruk terhadap lingkungan sekitar, terutama bagi produktivitas biologis biota perairan (Djalal, 1979). Hasil dari analisis kecenderungan dan tingkat kekritisitas kualitas air laut di wilayah Tuban, Bojonegoro, dan Gresik. Dengan hasil analisis parameter kekeruhan <0.40 – 0.60 NTU, TSS <1.6 – 3.6 mg/L, suhu 31.2 – 31.7 °C, BOD<sub>5</sub> 9.3 – 11.1 mg/L, N-NH<sub>3</sub> 0.3 mg/L, lemak dan minyak (*grease and oil*) 1 mg/L, dan N-NO<sub>3</sub> <0.006 mg/L, dan pH pada kisaran 8.01 – 8.17. Hasil analisis yang fluktuatif di *Up stream* dan *Down stream* FSO Challenger setelah dibandingkan sesuai baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004. Berdampak pada kualitas air laut, mengalami penurunan kualitas air laut.

Sumber pencemar di laut dapat berasal dari tumpahan dan buangan limbah industri minyak bumi. Tumpahan tersebut sebenarnya bisa diatasi menggunakan prinsip bioremediasi. Prinsip bioremediasi memanfaatkan proses metabolisme mikroorganisme yang dapat memecah pencemar menjadi senyawa tidak toksik (Wardhani & Titah, 2020). Salah satu teknik remediasi yang dapat menjadi alternatif pengelolaan lingkungan adalah *land farming*. Teknik ini dapat menghasilkan komponen kimia yang dapat dimanfaatkan untuk lahan tanaman jarak karena mengandung unsur N, P, dan K (Patimah, 2011). Diperlukan pengelolaan kualitas dan pengendalian pencemaran air laut di *Up stream* dan *Down stream* FSO Challenger. Pengelolaan lingkungan akibat limbah industri minyak bumi dapat dilakukan *in-situ* dan *ex-situ*. Pengelolaan secara kimia, dapat menggunakan surfaktan nonionik dan secara biologi menggunakan teknik bioremediasi. Teknik bioremediasi dengan memanfaatkan bakteri dapat mengurangi atau mencegah dampak negatif pencemaran terhadap lingkungan sekitar (Oktavia, et al. 2012).

### 3.4. Pengelolaan di sekitar FSO Challenger

Pengelolaan di *Up stream* dan *Down stream* FSO Challenger untuk pengendalian pencemaran air laut. Bioremediasi meningkatkan kinerja biodegradasi ilmiah dengan menambahkan nutrisi, mikroba, dan donor elektron (Nugroho, 2007). Alternatif lainnya dapat dilakukan secara kimiawi dengan menggunakan biosurfaktan. Biosurfaktan mempunyai kemampuan untuk mengemulsikan senyawa hidrokarbon dan membuatnya mudah untuk terdegradasi (Koch et al., 1991). Surfaktan nonionik merupakan komponen esensial yang tidak mengandung bahan beracun (konsentrasi ambang batas >100g/kg) dan memiliki sifat yang *biodegradable* (Clark, 2004). Salah satu contoh surfaktan nonionik yaitu *polyether hydrophobe* yang merupakan turunan dari *ethylene oxide* (Hidayat, 2015). Keuntungan lain dari surfaktan nonionik adalah memiliki sifat yang lebih mudah terdegradasi oleh mikroorganisme (Richana et al., 1998). Pengelolaan

yang dilakukan di *Up stream* dan *Down stream* FSO Challenger yaitu:

- Pengelolaan air terproduksi yang dilakukan dengan cara di *setting* kembali pada *slope tank* dan dialirkan ke separator.
- Pengelolaan air pendingin dilakukan dengan mengatur debit maksimum dan pengoperasian sistem ini dilakukan secara kontinyu.
- Pengelolaan air limbah saniter berupa air bersih dari *Reverse Osmosis* yang ditampung dalam *fresh water tank*.
- Air limbah *blowdown boiler* yang merupakan air bersih digunakan untuk air umpan *boiler* dan untuk air tambahan (*make up water*) jika volume di dalam *boiler* berkurang karena loss pemanasan.

### 4. Kesimpulan

Kualitas air laut di *Up Stream* dan *Down Stream* FSO Challenger, secara umum masih dalam kondisi baik. Hasil dari analisis laboratorium kualitas air laut dibandingkan dengan baku mutu sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004. Parameter kualitas air laut yang di uji adalah kekeruhan, TSS, suhu, pH, BOD<sub>5</sub>, N-NH<sub>3</sub>, lemak dan minyak (*grease and oil*), dan N-NO<sub>3</sub>. Dari hasil analisis kualitas air laut, kekeruhan kisaran <0.40 – 0.60 NTU, TSS <1.6 – 3.6 mg/L dengan TSS paling tinggi masih pada 16.0 mg/L (masih sekitar 80% dari baku mutu), suhu kisaran 31.2 – 31.7 °C, BOD<sub>5</sub> 9.3 – 11.1 mg/L, N-NH<sub>3</sub> <0.03 mg/L, lemak dan minyak (*grease and oil*) <0.2 mg/L, N-NO<sub>3</sub> <0.006 mg/L, pH 8.01 – 8.17. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi kualitas air laut memenuhi standar baku mutu yang dipersyaratkan. Hasil analisis kualitas air laut dari tahun 2015-2018 menunjukkan kecenderungan yang fluktuatif. Cara meminimalkan degradasi pada air laut dapat dilakukan melalui pengelolaan lingkungan hidup di lokasi *Up stream* dan *Down stream* FSO Challenger. Proses pengelolaan tersebut meliputi: pengelolaan air terproduksi yang di *setting* kembali di *slope tank* dan dialirkan ke separator, pengelolaan air pendingin dilakukan dengan mengatur debit maksimum dan sistem dioperasikan secara kontinyu, serta pengelolaan air limbah *saniter* berupa air bersih dari *Reverse Osmosis* yang ditampung dalam *fresh water tank*.

Diperlukan kajian lanjutan mengenai kualitas air laut di *Up stream* dan *Down stream* FSO Challenger untuk mengetahui kondisi kualitas air laut di *Up stream* dan *Down stream* FSO Challenger dengan jenis parameter tambahan.

### Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih dipersembahkan kepada Promotor Dr. Sigit Heru Murti BS, S.Si., M.Si. dan Ir. Agus Prasetya, M.Eng.Sc., Ph.D. serta kepada pihak PT Pertamina EP, Pertamina PHE Tuban Jawa Timur dan LPDP.



## DAFTAR PUSTAKA

- Andreozzi. R., Caprio. V., Insola. A., Maritta. R., Sanchirico. R. (2000). Advanced oxidation processes for the treatment of mineral oil-contaminated wastewater. *Water Resource* 34. No.2. 620-628.
- Ambalika. I., Umroh. Nugraha, Mohammad Agung Pamungkas. A., Utami. E., Akhrianti. I., Hudatwi. M., Sari. S. P., & Marfuah. M. (2021). Distribution of Total Suspended Solid, Total Dissolved Solid and Sedimentation Rate in Kelabat Luar Bay. The Area of Tin Mining. *Journal Sci.Line*. 1(2).
- Amelia. N., & Titah. S. (2021). Kajian Pengaruh Penggunaan Biosurfaktan Rhamnolipida dan Surfaktin pada Proses Bioremediasi Tanah Tercemar Crude Oil. *Jurnal Teknik ITS*. 10(2).
- Azizah. A., & Wibisana. H. (2020). Analisa Temporal Sebaran Suhu Permukaan Laut Tahun 2018 Hingga 2020 Dengan Data Citra Terra Modis. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. 13(3). 196-205. <https://doi.org/10.21107/jk.v13i3.7550>.
- Daroni. T. A., & Arisandi. A. (2020). Analisis BOD (Biological Oxygen Demand) Di Perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu. Bangkalan. *Journal Juvenil*. 1(4). 558-566.
- Darza. S. E. (2020). Dampak Pencemaran Bahan Kimia dari Perusahaan Kapal Indonesia terhadap Ekosistem Laut. *Jurnal Ilmiah MEA*. 4(3). 1831-1852.
- Clark J. (2004). Mechanism, chemistry, and physics dispersants in oil spill response. Presentation to NRC committee on understanding oil spill dispersants: efficacy and effects. Exxon Mobile Research and Engineering.
- Djalal. Hasjim. (1979). Hukum Laut Indonesia. Percetakan Ekonomi. Bandung.
- Effendi H. (2000). Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan. Bogor: Institut Pertanian Bogor. 259 hlm.
- Effendi. H. (2003). Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Fardiaz. S. (1992). Polusi Air dan Udara: Kanisius. Bogor.
- Hartanto. Benny. (2008). Oil Spill (Tumpahan Minyak) di Laut dan Beberapa kasus di Indonesia. Bahari Jogja Vol.VIII No.12.
- Hamuna. B., Tanjung. R., Suwito. Maury. K., Alianto. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre. Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Pascasarjana UNDIP. Semarang.
- Hidayat. Y. M. (2015). Model Kematian Biota Air Sebagai Fungsi Waktu Kontak pada Air Limbah Deterjen dan Gagasan Sederhana Pengendaliannya. *Jurnal Sumber Daya Air*. 12(2). 131-146. <https://doi.org/10.32679/jsda.v12i2.60>.
- Indrayana. R., Yusuf. M., Rifai. A., Kelautan. J. I., Perikanan. F., Diponegoro. U., Soedharto. J. P. H., Semarang. T., & Fax. T. (2014). Pengaruh Arus Permukaan Terhadap Sebaran Kualitas Air di Perairan Genuk Semarang. *Journal of Oceanography*. 3(4). 651-659.
- JOB P-PEJ. (2014). Adendum ANDAL dan RKL - RPL Pengembangan Lapangan Sukowati PAD A dan PAD B Beserta Fasilitas Penunjangnya di Blok Tuban West Area Kabupaten Bojonegoro dan Kabupaten Tuban Provinsi Jawa Timur.
- JOB P-PEJ. (2018). Laporan Monitoring RKL RPL Pertamina PetroChina East Java Tuban Jawa Timur
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut.
- Koch AK, Kappeli O, Fiechter A and Reiser J. (1991). Hydrocarbon Assimilation and Biosurfactant Production in *Pseudomonas aeruginosa* Mutans. *J bacterial* 173(13). United State of America.
- Kusumaningtyas. M.A., Bramawanto. R., Daulat. A dan Pranowo. W.S. (2014). Kualitas Perairan Natuna Pada Musim Transisi. *Jurnal Depik*. 3 (1): 10-20.
- Najamuddin. Kasim. I. J., Baksir. A., Paembonan. R. E., Tahir. I., & Lessy. M. R. (2020). Kualitas Perairan dan Status Pencemaran Perairan Pantai Kota Ternate. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*. 3(1). 35-45.
- Nontji.A. (2005). Laut Nusantara. Jakarta : Penerbit DjambatanNugroho.
- Astri. (2007). Pertumbuhan Konsorsium Isolat Bakteri Asal Benakat pada Media Minyak Bumi Bersalinitas Tinggi: Studi Kasus Biodegradasi Minyak Bumi Skala Laboratorium. Jakarta: Universitas Trisakti.
- Oktavia. D. A., Mangunwidjaja. D., Wibowo. S., & Sunarti. T. C. (2012). Pengolahan Limbah Cair Perikanan Menggunakan Konsorsium Mikroba Indegenous Proteolitik dan Lipolitik. *Agrointek*.6(2). 65-71.
- Patimah. A. S., Prasetya. A., & Murti. S. H. (2022). Study of Domestic Wastewater in Oil and Gas Field: A Case Study in the Cangkring River. Tuban. East Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 963(1). 012051. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/963/1/012051>.
- Patimah. A. S., & Suratman. (2020). Dampak Eksploitasi Minyak dan Gas Bumi Pada Degradasi Biota Perairan dan Penurunan Kualitas Air Permukaan. *Jurnal Offshore: Oil. Production Facilities and ....* 4(1). 17-27. <https://ejournal.up45.ac.id/index.php/Jurnal OFFSHORE/article/view/732%0Ahttps://ejournal.up45.ac.id/index.php/jurnal OFFSHORE/article/download/732/572>.
- Patimah. A. S. (2011). *Bioremediasi Sebagai Usaha Konservasi Lingkungan pada Pencemaran Limbah Pemboran Minyak di JOB Pertamina Petrochina East Java Tuban - Jawa Timur*. Tesis. Universitas Gadjah Mada.
- Patty. S. I., Yalindua. F. Y., & Ibrahim. P. S. (2021). Analisis Kualitas Perairan Bolaang Mongondow. Sulawesi Utara Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Air Laut. *Jurnal Kelautan Tropis*. 24(1). 113-122. <https://doi.org/10.14710/jkt.v24i1.7596>.
- Putri. W. A. E., Purwiyanto. A. I. S., Fauziah. .. Agustriani. F., & Suteja. Y. (2019). Kondisi Nitrat, Nitrit, Amonia, Fosfat Dan Bod Di Muara Sungai Banyuasin. Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*. 11(1). 65-74. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i1.18861>.
- Richana N. Helena YM, Ani S, Tun Tedja I. (1998). Produksi Biosurfaktan Lipopeptida oleh Isolat Bakteri Indigenous. Prosiding Seminar Pertemuan Ilmiah Tahunan: Peranan Mikrobiologi Dalam Agroindustri Untuk Menunjang Ketahanan Pangan Nasional: 191-198.
- Rohmawati. Y., & Kustomo. K. (2020). Analisis Kualitas Air pada Reservoir PDAM Kota Semarang Menggunakan Uji Parameter Fisika, Kimia, dan Mikrobiologi, serta Dikombinasikan dengan Analisis Kemometri. *Walisongo Journal of Chemistry*. 3(2). 100. <https://doi.org/10.21580/wjc.v3i2.6603>.
- Umasugi. S., Ismail. I., Studi. P., Perairan. B., Perikanan. F., Ilmu. D., Buru. U. I., Studi. P., Perairan. B., Perikanan. F., Ilmu. D., Buru. U. I., Studi. P., Biologi. P., & Buru. U. I. (2021).

- Kualitas Perairan Laut Desa Jikumerasa Kabupaten Buru Berdasarkan Parameter Fisik, Kimia dan Biologi. *Jurnal Biologi Pendidikan Dan Terapan*. 8. 29-35.
- Wardhani, W. K., & Titah, H. S. (2020). Studi Literatur Alternatif Penanganan Tumpahan Minyak Mentah Menggunakan *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas putida* (Studi Kasus: Tumpahan Minyak Mentah Sumur YYA-1). *Jurnal Teknik ITS*. 9(2). 97-102.
- Wilson, P.C. (2010). *Water Quality Notes: Water Clarity (Turbidity, Suspended Solids, and Color)*. Department of Soil and Water Science. University of Florida.
- Yonar, M., Luthfi, O. M., & Isdianto, A. (2021). Dinamika Total Suspended Solid (TSS) di Sekitar Terumbu Karang Pantai Damas, Trenggalek. *Journal of Marine and Coastal Science*. 10(1). 48-57. [https://www.researchgate.net/publication/349522981\\_Dynamics\\_Of\\_Total\\_Suspended\\_Solid\\_TSS\\_Around\\_Coral\\_Reef\\_Beach\\_Damas\\_Trenggalek/fulltext/6034fe1d4585158939c41fd1/Dynamics-Of-Total-Suspended-Solid-TSS-Around-Coral-Reef-Beach-Damas-Trenggalek.pdf](https://www.researchgate.net/publication/349522981_Dynamics_Of_Total_Suspended_Solid_TSS_Around_Coral_Reef_Beach_Damas_Trenggalek/fulltext/6034fe1d4585158939c41fd1/Dynamics-Of-Total-Suspended-Solid-TSS-Around-Coral-Reef-Beach-Damas-Trenggalek.pdf).