

Respon Tingkah Laku Lobster Pasir (*Panulirus homarus*, Linnaeus, 1758) Terhadap Kontaminasi Bahan Baku Minyak Bumi (*Crude Oil*)

*Behavioural Response of Spiny Lobster (*Panulirus homarus*, Linnaeus,
1758) to Crude Oil Contamination*

Hartoyo^{1*}, Amron¹, Bella Izmi Meilasari¹

¹*Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas
Jenderal Soedirman*

*corr_author: hartoyo2910@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Tumpahan minyak sering terjadi di perairan dan memiliki dampak negatif terhadap kelangsungan hidup organisme laut, salah satunya Lobster Pasir (*Panulirus homarus*). Keadaan perairan yang terkontaminasi akan mengakibatkan perubahan tingkah laku hingga terjadinya kematian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola pergerakan dan jumlah pergerakan *Panulirus homarus* terhadap kontaminasi minyak bumi (*crude oil*). Pengamatan dilakukan dengan perlakuan penambahan *crude oil* sebesar 0 ppm, 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, dan 100 ppm yang dilakukan secara kontinyu. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode observasi skala laboratorium menggunakan kamera *Closed Circuit Television* (CCTV) sebagai instrument utama dalam pengamatan tingkah laku lobster. Lobster yang digunakan adalah lobster jantan dengan ukuran panjang 10-12 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pergerakan lobster meningkat dengan meningkatnya konsentrasi *crude oil*, namun tidak memiliki pola pergerakan tertentu. Berdasarkan respon tingkah laku yang teramati. Lobster Pasir mulai terganggu pada konsentrasi 5 ppm. Konsentrasi *crude oil* memiliki hubungan yang cukup erat dengan jumlah pergerakan lobster. Parameter kualitas air yang diduga berperan dalam serangkaian penyebab perubahan pergerakan lobster adalah kandungan oksigen terlarut (DO) yang menurun dengan meningkatnya konsentrasi *crude oil*.

Kata-kata Kunci : *Crude oil*, tingkah laku ikan, lobster pasir, *Panulirus homarus*

ABSTRACT

Oil spill often occurs in the water and have negative impact to the survival of marine organisms, one of which is the Spiny Lobster (*Panulirus homarus*). The crude oil contamination potential to change in behavior until the death of organism. This study aimed to determine the pattern of movement and the amount of movement of *P. homarus* against crude oil contamination. Observations have been carried out with the additional crude oil treatment at concentrations of 0 ppm, 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, and 100 ppm continuously. The method used in this research was a laboratory-scale using *Closed Circuit Television* (CCTV) camera as a main instrument in the movement observation. Male lobsters with length of 10-12 cm used in this research. The results indicated that

lobster movement increased with increasing of crude oil concentration, but it did not have any specific pattern. Based on behaviour observed, P. humarus disturbed in crude oil concentration of 5 ppm. The concentration of crude oil has a fairly close relationship with the amount of movement of the lobster. The water quality parameter might play a role in a series of causes of changes in lobster movement was the dissolved oxygen (DO) concentration which decreased with increasing concentrations of crude oil.

Keywords: *Crude oil, fish behaviour, spiny lobster, Panulirus homarus*

PENDAHULUAN

Habitat hidup organisme laut semakin terancam seiring dengan perkembangan aktifitas manusia. Salah satu faktor yang berpotensi mempengaruhi dan mengganggu kelangsungan biota laut adalah pencemaran minyak bumi (*crude oil*). Pencemaran *crude oil* di perairan dalam skala besar dapat disebabkan oleh adanya tumpahan minyak (Hutagalung, 2010). Hal tersebut terjadi akibat peningkatan permintaan minyak pada dunia, adanya aktifitas pengeboran minyak lepas pantai dan meningkatnya transportasi perairan. Tumpahan minyak termasuk dalam katagori bahan berbahaya dan beracun (Darza, 2020). Sumber utama penyebab pencemaran *crude oil* di perairan laut adalah tumpahan dari proses-proses yang terjadi di kapal, pengeboran lepas pantai, serta akibat kecelakaan kapal.

Tumpahan minyak pada perairan dapat mempengaruhi kondisi pada biota perairan, baik secara langsung maupun tidak langsung (Chang *et al.*, 2014). Menurut Hutagalung (2010), permukaan perairan yang terdapat minyak akan meningkatkan suhu perairan, menghalangi intensitas cahaya matahari, menghambat pertukaran gas dari atmosfer, serta berpengaruh terhadap kualitas air dan kandungan pigmen dalam makanan (Suhery., *et al.*, 2017). Sementara itu komponen hidrokarbon yang bersifat racun dapat mempengaruhi reproduksi, perkembangan, pertumbuhan dan perilaku biota, seperti mencari makan dan bahkan dapat menyebabkan kematian serta menurunkan produktifitas. *Crude oil* adalah fase cair minyak bumi yang terjadi secara alami, terutama terdiri dari senyawa hidrokarbon dan diekstraksi dari bumi dalam keadaan cair (Chinenyeze, 2017). Lebih lanjut dijelaskan bahwa senyawa hidrokarbon dalam *crude oil* termasuk *parafin* mulai dari *pentana* hingga *pentadecane*, *alkilparafin*, *naftena*, *alkilbenzena* dan aromatik nuklir, serta hal-hal terkait lainnya yang meliputi gas alam, lilin hidrokarbon, dan air garam. *Crude oil* juga mengandung berbagai konstituen kimia lainnya yang terdiri dari belerang, oksigen, karbondioksida, nitrogen dan trace logam. Komponen utama dari *crude oil* merupakan racun yang sangat ekstrim untuk beberapa mikroorganisme atau organisme lainnya (DeFoe and Ankley, 2003; Gerdes *et al.*, 2005).

Lobster pasir merupakan organisme laut genus dari crustacea yang banyak ditemukan di perairan Indonesia dan menjadi salah satu komoditas perikanan bernilai ekonomi tinggi (Afriadi, 2018; Kembaren, *et al.*, 2015). Pada umumnya penyebaran lobster meliputi daerah karang berbatu, pasir berbatu, pasir halus hingga tempat-tempat karang berbatu yang tidak jauh dari pantai, pulau atau teluk. Lobster pasir hidup baik pada habitat perairan dengan kedalaman 1-90 m dengan perairan pantai yang jernih pada bebatuan, terumbu karang maupun karang berpasir (Rahman *et al.*, 2018). Menurut Junaidi, *et al* (2018), nilai optimal habitat hidup lobster berada pada salinitas dengan nilai kisaran 30-35 ppt, suhu 27-32°C dan oksigen terlarut >5 ppm.

Kondisi perairan yang terkontaminasi *crude oil* berpotensi mempengaruhi kehidupan lobster. Dampak potensial dari kontaminasi *crude oil* terhadap organisme laut telah banyak diteliti. *Crude oil* yang tersebar pada lingkungan perairan memberikan dampak terhadap organisme laut dalam berbagai cara (Hose and Brown, 1998; Hester

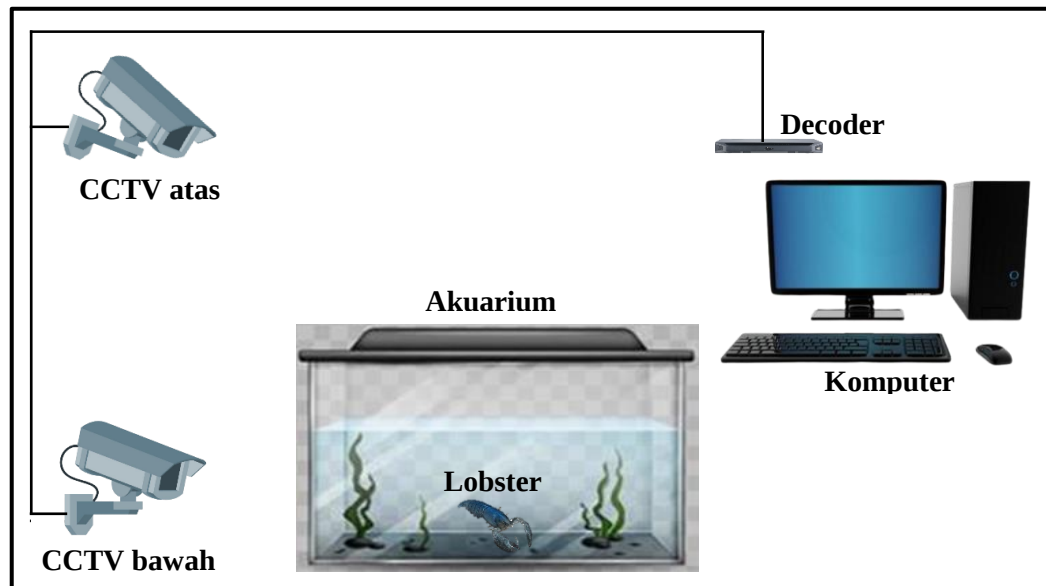
and Mendelssohn, 2000; Fodrie *et al.*, 2014). Kematian ikan dapat terjadi akibat proses biodegradasi *crude oil*, dimana terjadi konsumsi oksigen terlarut selama proses degradasi yang menyebabkan kekurangan oksigen sehingga berakibat fatal bagi organisme hidup di dalam air (Ambrose, 1995). Dispersan *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH) yang merupakan komponen utama *crude oil* mengakibatkan peningkatan tingkat resiko ikan (Ramachandran *et al.*, 2006). Incardona *et al.*, (2014) menemukan bahwa ketika salmon merah muda remaja (*Oncorhynchus gorbuscha*) terkontaminasi *crude oil* menunjukkan reaksi tertegun, gerakan lambat dan rendah, kehilangan stabilitas dan keseimbangan, melanosis dan renang yang tidak konsisten. Sementara itu, Hartoyo *et al.*, (2022) telah mengamati dari aspek bioakustik yang menunjukkan adanya pengaruh kontaminasi *crude oil* di air terhadap produktivitas suara lobster pasir. Menurut Collier *et al.*, (1995), ikan dapat terakumulasi oleh senyawa hidrokarbon dari *crude oil* dengan cepat, sehingga dapat menjadi bioindikator kontaminasi *crude oil* dalam perairan. Salah satu indikator ikan mengalami kondisi yang stress akibat dari perubahan lingkungan adalah perubahan tingkah laku dari ikan tersebut.

Studi tingkah laku biota laut terhadap kontaminasi *crude oil* sangat memungkinkan untuk dilakukan karena biota laut mudah untuk terakumulasi oleh senyawa hidrokarbon dari *crude oil*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon tingkah laku yang direpresentasikan dengan pola dan jumlah pergerakan lobster pasir terhadap kontaminasi *crude oil* di perairan.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode observasi skala laboratorium yang dibagi dalam tiga tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pengamatan, dan tahap analisis data lobster pasir dewasa (*Panulirus homarus*) jantan dengan ukuran 10-20 cm diperoleh dari hasil tangkapan nelayan di perairan Cilacap, Jawa Tengah. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Kelautan Pascasarjana-Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.

Aklimatisasi dan proses pemeliharaan masing-masing dilakukan selama 14 hari dalam bak fiber yang berisi air laut dengan salinitas 30 ppt. Pemasangan instrumentasi penelitian dilakukan berupa CCTV pada bagian atas dan depan akuarium yang terhubung dengan komputer (Gambar 1). Perlakuan penelitian dilakukan pada akuarium berukuran 60×30×35 cm yang berisi air laut 30 ppt dengan volume 36 L. Perlakuan konsentrasi *crude oil* adalah 0 ppm, 1 ppm, 5 ppm, 10 ppm, dan 100 ppm dan dilakukan perekaman selama 24 jam untuk setiap konsentrasi. Pengamatan dilakukan untuk mendapatkan pola pergerakan dan jumlah pergerakan dilakukan secara horizontal. Pengamatan kualitas air dilakukan terhadap perubahan salinitas, suhu, pH dan oksigen terlarut (DO).



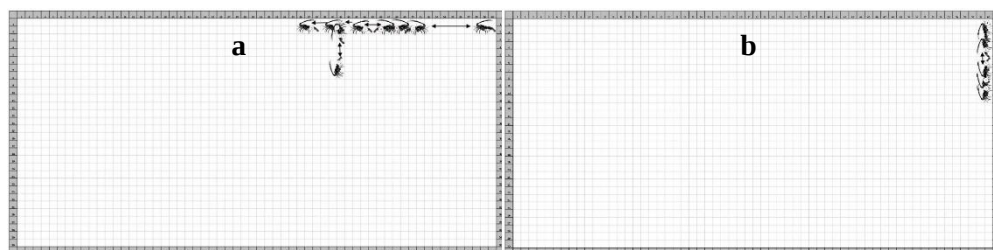
Gambar1. Bagan desain instrumen penelitian

Keterangan : kamera CCTV telah dilengkapi dengan infra red yang secara otomatis akan aktif pada saat gelap/cahaya terbatas

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pola Pergerakan Lobster Pasir (*Panulirus homarus*) Terhadap Kontaminasi Crude oil

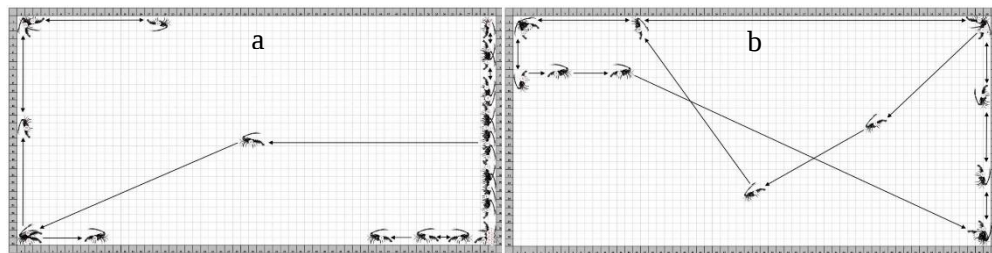
Secara umum hasil pengamatan menunjukkan bahwa pergerakan lobster tidak memiliki pola tertentu dengan arah pergerakan lobster tidak menentu. Pergerakan lobster terlihat tidak terlalu banyak pada kontrol hingga pada konsentrasi *crude oil* 1 ppm lobster lebih banyak menghabiskan waktu untuk berdiam diri (**Gambar 2**). Pada konsentrasi *crude oil* 5 dan 10 ppm, pergerakan yang dihasilkan lobster lebih banyak, dimana lobster terlihat mulai mengelilingi akuarium, terutama pada malam hari. Saat konsentrasi *crude oil* mencapai 100 ppm lobster bergerak semakin aktif dengan berpindah-pindah tempat saat malam maupun siang hari.



Gambar 2. Ilustrasi tingkah laku pergerakan lobster pasir pada konsentrasi crude oil 0 ppm (a) dan 1 ppm (b)

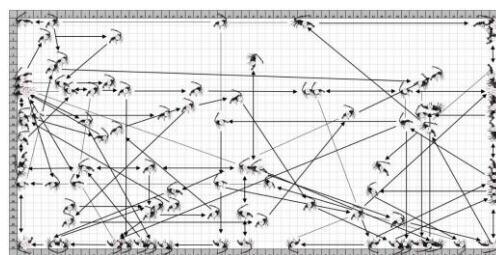
Lobster mengalami peningkatan pola pergerakan pada tingkat konsentrasi *crude oil* mencapai 5 ppm dan mulai bergerak dengan jarak yang lebih panjang. Diduga pada konsentrasi ini, lobster sudah dapat mendeteksi adanya gangguan. Lobster membuat lubang pada sudut-sudut akuarium dari tumpukan batu karang yang berada di dasar perairan dan

bergerak mengelilingi akuarium untuk mencari cara menghindari dari sumber gangguan, beberapa kali lobster mencoba melarikan diri dengan cara badan diangkat ke dinding akuarium. Hal ini sesuai dengan pernyataan Prariska *et al.*, (2020) bahwa ketika mendeteksi adanya ancaman, lobster akan segera menghindari dan membentuk gua atau liang-liang seperti habitat aslinya, kemudian masuk kedalam liang atau gua tersebut. Pola pergerakan yang dilakukan lobster pada konsentrasi *crude oil* 5 ppm tidak begitu berbeda pada konsentrasi 10 ppm (Gambar 3). Pada konsentrasi 0 – 10 ppm, lobster terlihat lebih banyak bergerak pada malam hari. Hal tersebut sesuai dengan Afriadi (2018) bahwa lobster bersifat nokturnal, dimana lobster bergerak lebih aktif pada malam hari.



Gambar 3. Ilustrasi tingkah laku pergerakan lobster pasir pada konsentrasi *crude oil* 5 ppm (a) dan 10 ppm (b)

Pada konsentrasi *crude oil* 100 ppm, perilaku yang tidak biasa dilakukan oleh lobster dimana lobster aktif bergerak malam maupun siang hari. Pola pergerakan mulai terlihat tidak beraturan, bergerak pada pinggiran akuarium hingga mengelilingi bagian dalam akuarium (Gambar 4). Lobster terlihat seperti mencari jalan untuk menyelamatkan diri dari perairan yang berpotensi mematikan. Menurut Prariska *et al.*, (2020), lobster mampu bergerak dengan cepat apabila merasakan gangguan. Perubahan tingkah laku yang dialami lobster dapat dipengaruhi adanya faktor eksternal maupun internal. Tingkah laku lobster dapat dipengaruhi adanya polutan pada perairan yaitu salah satunya adalah *crude oil* (Parmentier *et al.*, 2010).



Gambar 4. Ilustrasi tingkah laku pergerakan lobster pasir pada konsentrasi *Crude Oil* 100 ppm

Menurut Ali *et al.*, (2017), pencemaran yang diakibatkan oleh *crude oil* dapat mengganggu organisme perairan, karena komponen *crude oil* yang tidak larut dalam air akan mengapung di permukaan serta beberapa komponen *crude oil* akan tenggelam dan pada akhirnya akan terakumulasi di dalam sedimen. Respon yang dilakukan oleh lobster karena adanya perubahan perairan yang tercemar adalah bergerak menghindari perairan yang berpotensi berbahaya bagi kelangsungan hidup lobster dan akan pindah ke daerah yang tidak mengalami perairan tercemar atau normal untuk berlindung (Jury *et al.*, 1994).

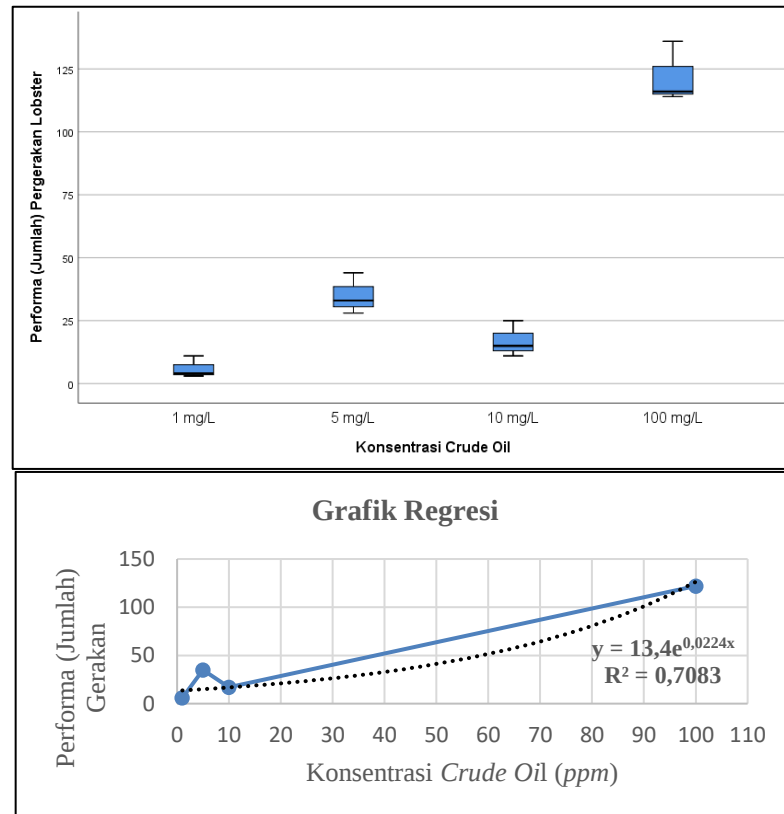
Perubahan perilaku yang dilakukan lobster disebabkan karena adanya hidrokarbon tertentu dari lapisan minyak, dimana seluruh *crude oil* mengakibatkan perubahan perilaku pada hewan laut. Larutan hidrokarbon pada *crude oil* adalah larutan yang sangat berbahaya bagi hewan laut, termasuk lobster. Molekul hidrokarbon pada *crude oil* dapat mengakibatkan rusaknya membran sel pada biota laut (Ali *et al.*, (2017).

Pergerakan yang dilakukan lobster ketika beraktivitas dibantu oleh alat indranya yaitu kedua antenanya yang sangat berperan dalam beraktivitas. Kedua antenna lobster berfungsi sebagai indera perasa yang cukup peka terhadap rangsangan suara, cahaya dan bau (Bakhtiar *et al.*, (2014). Gerakan pada antenna lobster digunakan sebagai cara tambahan untuk mendapatkan informasi tentang lingkungannya, dimana lobster meningkatkan tingkat informasi yang terjadi dengan cara sentuhan dan rabaan. Lobster lebih sadar akan adanya stimulus kimia yang hadir. Mendeteksi adanya rasa dan bau yang disebabkan oleh adanya hidrokarbon di perairan dengan meningkatkan sensorik pada lobster (Atema dan Stein, 1974). Antena pada lobster digunakan sebagai pendeteksi adanya benda asing yang dianggap sebagai pengganggu keamanan bagi lobster (Prariska *et al.*, 2020).

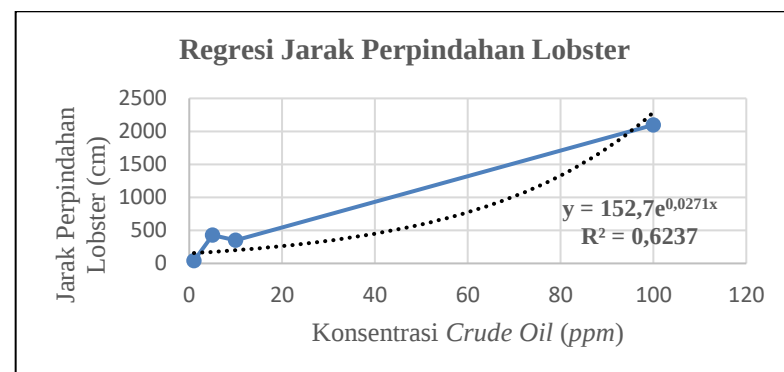
2. Jumlah Pergerakan Lobster Pasir (*Panulirus homarus*) Terhadap Kontaminasi *Crude Oil*

Jumlah pergerakan lobster pada saat terkontaminasi *crude oil* berbeda-beda pada setiap konsentrasi. Secara umum pergerakan mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan konsentrasi *crude oil*. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kontaminasi *crude oil* berdampak terhadap tingkah laku lobster dan memiliki hubungan yang cukup erat berdasarkan analisis regresi (Gambar 5). Menurut Harahap *et al.*, (2013), nilai regresi antara konsentrasi *crude oil* yang diberikan dan jumlah pergerakan memiliki tingkah hubungan kuat dengan nilai interpretasi koefisien di atas 0,5. Seiring dengan jumlah gerakan lobster, jarak tempuh yang dihasilkan oleh pergerakan lobster semakin panjang jarak yang ditempuh dengan peningkatan konsentrasi *crude oil* (Gambar 6).

Respon stress yang diberikan oleh lobster merupakan salah satu variable fisiologi yang sangat penting bagi kelangsungan hidup lobster. Meningkatnya respon stress diakibatkan oleh perubahan salinitas, penyakit, dan polutan. Perubahan kondisi lingkungan dapat menyebabkan terjadinya stress terhadap lobster *Panulirus homarus*. Respon stress yang dihasilkan berkaitan dengan tingkah laku lobster (Adiyana *et al.*, 2014). Terlihat saat perubahan pergerakan yang semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi juga jumlah pergerakan yang dilakukan oleh lobster. Pemberian *crude oil* pada perairan juga dapat menghambat pengambilan oksigen. Pergerakan pada lobster dapat dipengaruhi karena adanya peluang makanan, peningkatan pertumbuhan, mencari lokasi terbaik untuk berkembang biak, dan menghindari habitat yang tidak optimal seperti adanya gangguan fisik yang tinggi, salinitas yang rendah dan oksigen terlarut yang rendah (Wijaya dan Nurfiarini, 2018).



Gambar 5. Grafik jumlah pergerakan lobster pasir pada perlakuan konsentrasi *crude oil*



Gambar 6. Grafik jarak perpindahan pergerakan lobster pasir

Kecenderungan pergerakan lobster diduga juga dipengaruhi oleh kondisi kualitas air, terutama kandungan oksigen terlarut (DO). Parameter kualitas air salinitas, suhu dan pH relatif stabil selama penelitian. Sementara itu, kondisi DO mengalami penurunan dengan peningkatan konsentrasi *crude oil*. Terlihat pada Tabel 1, konsentrasi DO menurun dari 6 mg/L hingga ke konsentrasi 1,2 mg/L. Penurunan konsentrasi DO di air merupakan bagian dari perubahan lingkungan yang dapat menyebabkan perubahan tingkah laku dan penurunan produktivitas suara lobster. Di alam, lapisan *crude oil* mengakibatkan terganggunya penetrasi sinar matahari ke dalam air serta kematian pada organisme yang dikarenakan rendahnya konsentrasi oksigen terlarut yang ikut menurun (Sulaiman, 2019).

Tabel 1. Kondisi Kualitas Air Rata-Rata Penelitian

Konsentrasi <i>Crude Oil</i>	Parameter Kualitas							
	Salinitas (ppt)		Suhu (°C)		DO (mg/L)		pH	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1 ppm	30	30	26.7	26.8	6	5.1	8	7.98
5 ppm	30	30	26.8	26.7	5	4.9	8	7.99
10 ppm	30	30	26.7	26.9	4.5	2.2	7.97	8
100 ppm	30	30	26.8	27.5	1.6	1.2	7.99	7.99

Selain itu, limbah cair *crude oil* terdiri dari unsur-unsur dan bahan kimia yang sangat beracun yang sangat mengganggu kehidupan organisme laut termasuk lobster (Ahyadi *et al.*, 2021). Menurut Langangen *et al.*, (2017), jaringan insang merupakan bagian pertama yang terakumulasi senyawa *crude oil* melalui sistem pernafasan dan saat senyawa tersebut larut dalam air akan mempercepat penyebarannya dalam organ tubuh lobster melalui sistem peredaran darah.

Penurunan oksigen terlarut (DO) diakibatkan karena minyak yang berada pada permukaan perairan dapat menghambat masuknya penetrasi sinar ke dalam air (Hendrawan, 2005). Kurangnya penetrasi cahaya pada perairan karena terhalang adanya lapisan minyak mengakibatkan adanya perubahan temperatur pada perairan (Widhayanti *et al.*, (2015). Kadar oksigen terlarut semakin menurun seiring dengan semakin meningkatnya limbah pada perairan. Penurunan kadar oksigen terlarut dipengaruhi juga oleh banyaknya biota laut yang menggunakan oksigen terlarut untuk respirasi serta kurang lancarnya proses difusi. Penurunan kadar oksigen terlarut di dalam air juga merupakan indikasi kuat adanya pencemaran pada perairan (Budiastuti *et al.*, 2016).

Menurut Patty (2018), kadar oksigen terlarut termasuk dalam salah satu indikator kualitas perairan. Keputusan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 22 tahun 2021 untuk kehidupan biota laut dengan nilai DO >5 mg/L, namun pada penelitian ini, kadar oksigen terlarut mencapai 1,2 mg/L, termasuk dalam kriteria kualitas air tercemar berat. Kondisi tersebut dapat berbahaya bagi biota laut yang hidup pada perairan tersebut. Menurunnya kualitas perairan salah satunya oksigen terlarut dapat menyebabkan kelumpuhan pada biota laut karena otak tidak mendapatkan suplai oksigen, hal ini mampu mengakibatkan tingkat stress pada biota laut meningkat, hingga pada akhirnya dapat menyebabkan kematian karena kekurangan oksigen (Salmin, 2005).

KESIMPULAN

Pergerakan lobster meningkat dengan meningkatnya konsentrasi *crude oil*, namun tidak memiliki pola pergerakan tertentu. Terdapat kecenderungan semakin tinggi konsentrasi *crude oil*, pergerakan lobster semakin tidak terarah (disorientasi). Hasil analisis regresi eksponensial menunjukkan bahwa konsentrasi *crude oil* memiliki hubungan yang cukup erat dengan pergerakan lobster. Hal ini mengindikasikan bahwa kontaminasi *crude oil* di perairan berperangaruh terhadap tingkah laku lobster. Kontaminasi *crude oil* mulai memberikan gangguan terhadap Lobster Pasir pada konsentrasi 5 ppm. Parameter kualitas air yang sangat dipengaruhi oleh adanya kontaminasi *crude oil* adalah kandungan oksigen terlarut (DO). Kandungan DO yang menurun akibat kontaminasi *crude oil* diduga berperan dalam rangkaian penyebab perubahan pergerakan lobster. Penelitian ini masih terbatas untuk dapat menentukan ambang batas kontaminasi *crude oil* di perairan laut. Oleh karenanya,

diperlukan penelitian lanjutan berkaitan dengan respon fisiologis dan hormonal terhadap kontaminasi *crude oil*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyana, K., E. Supriyono, M.Z. Junior, dan L. Thesiana. (2014). Aplikasi Teknologi Shelter Terhadap Respon Stress dan Kelangsungan Hidup Pada Pendederan Lobster Pasir Panulirus homarus. *Jurnal Kelautan Nasional*, Vol 9 (1): 1–9.
- Afriadi, R. (2018). Keanekaragaman dan Potensi Lobster (Malacostraca: Palinuridae) di Pantai Pameungpeuk, Garut Selatan, Jawa Barat. *Biosfera*, 35. doi: 10.20884/1.mib.2018.35.1.524.
- Ahyadi, M.Y., S.A. Putra, K.A. Zahira, X.J. Dacosta, dan H.M. Hilal. (2021). Analisis Dampak Oil Spill di Teluk Balikpapan Terhadap Kehidupan Masyarakat dalam Perspektif Hukum dan Lingkungan. *Bumi Lestari Journal of Environment*. Vol 21 No 1 (2021) DO-10.24843/blje.2021.v21.i01.p03. Available at: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/blje/article/view/72979>.
- Ali, F., Fithri, A. R. and Adhitya, R. H. (2017). Pemanfaatan Limbah Karet Alam Dan Ampas Tebu Sebagai Adsorben Crude oil Spills. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(23): 9–16.
- Ambrose, O. E. (1995). Environmental Impact of Oil on Water: A Comparative Overview of The Law and Policy in The United States and Nigeria. *Denver Journal of International Law and Policy*, Vol 24(1): 55–108.
- Atema, J. dan Stein, L. S. (1974). Effects of crude oil on the feeding behaviour of the lobster Homarus Americanus, *Environmental Pollution* (1970), 6(2), pp. 77–86. doi: [https://doi.org/10.1016/0013-9327\(74\)90025-1](https://doi.org/10.1016/0013-9327(74)90025-1).
- Bakhtiar, E., Boesono, H. and Sardiyatmo (2014). Pengaruh Perbedaan Waktu dan Umpan Penangkapan Lobster (Panulirus sp.) dengan Alat Tangkap Krendet (Trap Net) di Perairan Watukarung Kabupaten Pacitan. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*, Vol 3(3): 168–175.
- Budiastuti, P., Rahadjo, M. and Dewanti, N. A. Y. (2016). Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*; Vol 4 (5). September. doi: 10.14710/jkm.v4i5.14489.
- Chang, S.E., S. Jeremy., D. Kyle dan P. Marina. (2014). Consequences of oil spills. *Ecology and Society*, Vol 19 (2). Available at: <http://www.jstor.org/stable/26269587>.
- Chinenyeze, M. A. J. (2017). Physical and Chemical Properties of Crude Oils and Their Geologic Significances, in.
- Collier, T. K., A. Bernadita, F., S. John, E., V. Usha, dan G. Anders. (1995). A Field Evaluation of Cytochrome P4501A As a Biomarker of Contaminant Exposure in Three Species of Flatfish. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol 14 (1): 143–152.
- Darza, S. E. (2020). Dampak Pencemaran Bahan Kimia Dari Perusahaan Kapal Indonesia Terhadap Ekosistem Laut. *Jurnal Ilmiah MEA (Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi)*. VOL 4 (3). SE-Articles. doi: 10.31955/mea.vol4.iss3.pp1831-1852.
- DeFoe, D. L. and Ankley, G. T. (2003). Evaluation of time-to-effects as a basis for quantifying the toxicity of contaminated sediments. *Chemosphere*, Vol 51 (1): 1–5. doi: 10.1016/s0045-6535(02)00768-3.
- Fodrie, F. J., A. Kenneth, W., G. Fernando, H. Kenneth, L., J. Olaf, P., L. Duarte, Paola, C., M. Charles, W., T.R. Eugene, W. Andrew. (2014). Integrating organismal and

- population responses of estuarine fishes in macondo spill research. *BioScience*, Vol 64 (9): 778–788.
- Gerdes, B., B. Robin, D. Gerhard, H. Elisabeth. (2005). Influence of Crude Oil on Changes of Bacterial Communities in Arctic Sea-Ice. *FEMS Microbiology Ecology*, Vol 53 (1): 129–139.
- Harahap, Y. M., Bu'ulolo, F. and Sitepu, H. R. (2013). Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Permintaan Air Minum Pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirtanadi Medan. *Saintia Matematika*, Vol 1 (4): 323–336.
- Hartoyo, H., A. Amron, A.D.P, Fitri, dan Y.S. Darmanto. (2022). Sound Productivity of Spiny Lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus, 1758) due to Crude Oil Contamination. *Jurnal Omni-Akuatika*, Vol 18 (1): 72–78.
- Hendrawan, D. (2005). Kualitas Air Sungai Dan Situ Di DKI Jakarta. *Makara Journal of Technology*, 9 (1). doi: 10.7454/mst.v9i1.315.
- Hester, M. W. and Mendelssohn, I. A. (2000). Long-term recovery of a Louisiana brackish marsh plant community from oil-spill impact: vegetation response and mitigating effects of marsh surface elevation. *Marine Environmental Research*, Vol 49 (3): 233–254. doi: [https://doi.org/10.1016/S0141-1136\(99\)00071-9](https://doi.org/10.1016/S0141-1136(99)00071-9).
- Hose, J. E. and Brown, E. D. (1998). Field applications of the piscine anaphase aberration test: lessons from the Exxon Valdez oil spill. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, Vol 399 (2): 167–178. doi: 10.1016/S0027-5107(97)00254-6.
- Hutagalung, H. P. (2010). Pengaruh Minyak Mineral Terhadap Organisme Laut. Pusat Penelitian Oseanografi–LIPI. Jakarta. *Oseana*, 25: 13–27.
- Incardona, J. P., G, Luke, D., L, Tiffany, L., B, Tanya, L., E, Andrew, J., M, Edward, J., S, John, D., F, Barbara, L., L, Jana, S., L, Cathy, A., T, Mark, S, Catherine, A., E, Abigail, B, Daniel, D., G, Martin, B, Barbara, A., dan S, Nathaniel, L. (2014). Deepwater Horizon crude oil impacts the developing hearts of large predatory pelagic fish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol 111 (15): E1510–E1518. doi: 10.1073/pnas.1320950111.
- Junaidi, M., Buhari, N. and Azhar, F. (2018). Kondisi Kualitas Perairan untuk Mendukung Budidaya Lobster di Kabupaten Lombok Utara, Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, Vol 4: 108. doi: 10.29303/jstl.v4i2.92.
- Jury, S. H., K. Kinnison, T., H. Howell, W., dan Winsor, H. (1994). The behavior of lobsters in response to reduced salinity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol 180 (1): 23–37. doi: [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(94\)90076-0](https://doi.org/10.1016/0022-0981(94)90076-0).
- Kembaren, D. D., Lestari, P. and Ramadhani, R. (2015). Parameter Biologi Lobster Pasir (*Panulirus homarus*) di Perairan Tabanan, Bali. doi: 10.15578/bawal.7.1.2015.35-42.
- Langangen, O., E, Stige, L.C., J, Ohlberger, N.A. Yaragina, F,B, Vikebo, B. Bogstad, N.C, dan Hjermann, D. (2017). The effects of oil spills on marine fish: Implications of spatial variation in natural mortality. *Marine pollution bulletin*, Vol 119 (1): 102–109. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.03.037.
- Parmentier, E., G. Fabri, I. Kaatz, N. Decloux, P. Serge, dan V. Pierre. (2010). Functional study of the pectoral spine stridulation mechanism in different mochokid catfishes. *The Journal of experimental biology*, 213: 1107–1114. doi: 10.1242/jeb.039461.
- Patty, S. I. (2018). Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Platax*, Vol 6 (1): 54–60.
- Prariska, D. et al. (2020). Continuity Life Of Spiny Lobster *Panulirus homarus* Sand Litters.

Jurnal Ilmu Perikanan Air Tawar (clarias) Vol 1 (1): 1-7.

- Rahman, A., Hediando, D. A. and Wijaya, D. (2018) ‘Sebaran Ukuran dan Faktor Kondisi Lobster Pasir (*Panulirus homarus* Linnaeus 1758) di Pananjung Pangandaran. *Widyariset*, Vol 4 (2): 205–211.
- Ramachandran, S. D., Sweezy, M. J., Hodson, P. V, Boudreau, M., Courtenay, S. C., Lee, K., King, T., dan Dixon, J. A. (2006). Influence of salinity and fish species on PAH uptake from dispersed crude oil. *Marine Pollution Bulletin*, Vol 52 (10): 1182–1189. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.02.009>
- Salmin (2005). Oksigen Terlarut (Do) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (Bod) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, Vol XXX (3): 21–26.
- Suhery, N., Damar, A. and Effendi, H. (2017). Indeks Kerentanan Ekosistem Terumbu Karang Terhadap Tumpahan Minyak: Kasus Pulau Pramuka Dan Pulau Belanda di Kepulauan Seribu. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 9 (1): 67-90
- Sulaiman, I. (2019). Kelimpahan Bakteri Pendegradasi Minyak Bumi di PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) Makassar. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, Vol 5: 48. doi: 10.26858/jptp.v5i0.8558.
- Widhayanti, A., Ismanto, A. and Yulianto, B. (2015). Sebaran Tumpahan Minyak Dengan Pendekatan Model Hidrodinamika dan Spill Analysis di Perairan Cilacap, Jawa Tengah. *Jurnal Oseanografi*, Vol 4 (4): 641–650.
- Wijaya, D. and Nurfiarini, A. (2018). Percobaan Penandaan Lobster Pasir (*Panulirus homarus* Linnaeus, 1758) di Teluk Prigi. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, Vol 24 (4),: 273–282.