

**POTENSI PENCEMARAN MINYAK SAWIT KASAR (CPO)
DI PERAIRAN DUMAI DAN TOKSISITAS AKUT
TERHADAP ORGANISME**

HAYATUN NUFUS



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2016**

**PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN
SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA***

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul Potensi Pencemaran Minyak Sawit Kasar (CPO) di Perairan Dumai dan Toksisitas Akut terhadap Organisme adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Januari 2016

Hayatun Nufus
NIM C551130111

RINGKASAN

HAYATUN NUFUS. Potensi Pencemaran Minyak Sawit Kasar (CPO) di Perairan Dumai dan Toksisitas Akut terhadap Organisme. Dibimbing oleh TRI PRARTONO dan ETTY RIANI.

Perairan Dumai termasuk kategori rentan terhadap tumpahan minyak. Hal ini disebabkan oleh banyaknya aktifitas industri di wilayah tersebut, terutama industri *crude palm oil* (CPO). Kegiatan yang terus menerus menyebabkan terjadinya tekanan terhadap ekologis perairan di Selat Rupat yang telah menurunkan kualitas perairan sebagai akibat dari adanya peningkatan masukan limbah.

Penelitian ini bertujuan untuk untuk menentukan tingkat pencemaran minyak di kawasan Pesisir Dumai Provinsi Riau dan menganalisis besarnya toleransi biota terhadap CPO. Penelitian ini telah dilakukan pada bulan September 2014 sampai Maret 2015 di Selat Rupat, Dumai Propinsi Riau. Analisis parameter kualitas air seperti arus, suhu, salinitas dan oksigen terlarut (DO) dilakukan secara *in situ*. Analisis minyak pada air dan sedimen menggunakan metode ekstraksi dan untuk melihat efek akut terhadap organisme menggunakan uji toksisitas.

Konsentrasi minyak pada air di Perairan Dumai berkisar antara 0.13-0.51 mg/l dan pada sedimen berkisar antara 0.32-1.51 mg/kg. Berdasarkan hasil analisis probit diperoleh nilai LC-50 CPO terhadap benur udang windu pada waktu pemaparan 48 adalah 7.50×10^3 mg/l.

Hasil uji toksisitas CPO menunjukkan bahwa pada konsentrasi tinggi telah memberikan pengaruh yang sensitive terhadap kehidupan larva. Konsentrasi terendah yang memberikan dampak kematian adalah 7.50×10^3 mg/l untuk massa pemaparan 48 jam. Dengan memperhatikan konsentrasi hasil pengamatan lapang yang telah disebutkan terdahulu, kandungan minyak dan lemak yang terukur adalah setinggi 0.51 mg/l. Konsentrasi ini masih jauh lebih kecil dari konsentrasi yang mematikan untuk massa 48 jam. Konsentrasi minyak di Perairan Dumai masih dalam kategori normal yaitu sekitar 0.51 mg/l, jika konsentrasi ini terus seperti itu maka membutuhkan waktu seluruh siklus hidup udang windu untuk menyebabkan efek kronis terhadap larva udang windu. Mengingat larva udang windu makin tumbuh besar maka sifat toksit minyak terhadap udang juga semakin rendah. Oleh sebab itu, konsentrasi minyak yang ada di Perairan Dumai masih kategori belum tercemar dan belum berbahaya untuk biota.

Kata kunci: minyak sawit kasar, toksisitas, udang windu, konsentrasi letal

SUMMARY

HAYATUN NUFUS. Potential Contamination of Crude Palm Oil (CPO) in Coastal Area of Dumai and Acute Toksidity on Organisms. Guided by TRI PRARTONO and ETTY RIANI.

Coastal area of Dumai is categorized as oil spills sensitive environment. This is caused by intensive industrial activities especially crude palm oil (CPO) industry. The continuous activities influence to environment quality resulting in an ecological pressure.

This research aimed to determine the oil and for polutan in control area of Dumai and to analyze the biotic tolerant against CPO. This research was conducted this research aimed in September 2014 until March 2015 in the Strait Rupa, Dumai in Riau Province. The water quality parameters such as currents, temperature, salinity and dissolved oxygen (DO) in situ were analyzed by current meter and water quality checker, the oil in water and sediment were analyzed by extraction methods to test the toxicity effects on organism.

The oil concentration on water samples were observed in the range of 0.13 to 0.51 mg/l, while in sediments ranged from 0.32 to 1.51 mg/kg. Based on probit analysis, the CPO LC-50 of tiger prawn larvae at 48 is 7.50×10^3 mg/l.

The CPO toxicity test showed that the high concentration has sensitive impact. The lowest concentration causing mortality in 7.50×10^3 mg/l for exposure time of 48 hours. The analysis showed that the oil concentration was 0.51 mg/l. These concentration was less than lethal concentrations for 48 hours exposure time. The oil concentration on coastal waters of Dumai was in normal condition around 0.51 mg/l. The concentration may cause chronic effect in tiger prawn. The larvae will grow up continuously, and the toxicity will reduce in the body accordingly. Therefore, the current oil concentration in Dumai coastal area can be categorized as unpolluted and not harmful for organism.

Key words: crude palm oil, toksidity, tiger prawn, lethal concentration

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2016
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB

**POTENSI PENCEMARAN MINYAK SAWIT MENTAH (CPO)
DI PERAIRAN DUMAI DAN TOKSISITAS AKUT
TERHADAP ORGANISME**

HAYATUN NUFUS

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains
Pada
Program Studi Ilmu Kelautan

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2016**

Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis : Prof. Dr. Ir. Suprihatin, Dipl. Eng

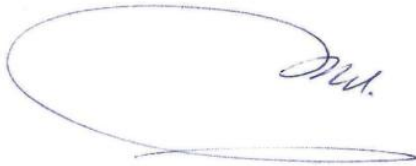
Judul Tesis :Potensi Pencemaran Minyak Sawit Kasar (CPO) di Perairan Dumai
dan Toksisitas Akut terhadap Organisme

Nama :Hayatun Nufus

NIM :C551130111

Disetujui oleh

Komisi Pembimbing



Dr Ir Tri Prartono, MSc

Ketua



Dr Ir Etty Riani, MS

Anggota

Diketahui oleh

Ketua Program Studi
Ilmu Kelautan



Dr Ir Neviati P Zamani, MSc

Dekan Sekolah Pascasarjana



Dr Ir Dahrul Syah, MScAgr

Tanggal Ujian : 02 Desember 2015

Tanggal Pengesahan : 04 JAN 2016

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga penulisan tesis tentang Potensi Pencemaran Minyak Sawit Kasar (CPO) di Perairan Dumai dan Toksisitas Akut terhadap Organisme berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak sejak bulan Agustus 2014 sampai April 2015.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr Ir Tri Prariono, MSc dan Ibu Dr Ir Ety Riani, MS selaku pembimbing yang telah banyak memberi masukan dan saran yang membangun selama ini. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, seluruh keluarga serta teman-teman IKL 2013 atas segala doa dan kasih sayangnya.

Tesis ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan segala bentuk kritik dan saran demi penyempurnaan isi dan tulisan dalam tesis ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Januari 2016

Hayatun Nufus

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
1 PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	2
Manfaat Penelitian	2
Kerangka Pemikiran	2
Perumusan Masalah	3
2 METODE PENELITIAN	4
Waktu dan Lokasi Penelitian	4
Alat dan Bahan	4
Pengamatan Data Lapangan	4
Uji Toksisitas	6
Analisis Data	8
3 HASIL DAN PEMBAHASAN	10
Kondisi Kualitas Perairan	10
Toksisitas Minyak Sawit Kasar (CPO)	12
4 KESIMPULAN DAN SARAN	15
Simpulan	15
Saran	15
DAFTAR PUSTAKA	16

DAFTAR TABEL

1	Penentuan stasiun pengamatan	5
2	Data kualitas air yang diambil di lapangan, peralatan, satuan dan tingkat keakurasian	5
3	Konsentrasi minyak sawit kasar (CPO) di air dan sedimen	12
4	Data rata-rata kematian larva udang pada berbagai konsentrasi CPO	13
5	Nilai LC-50 pada setiap waktu pemaparan	14

DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pikir penelitian	3
2	Peta lokasi penelitian	4
3	Desain penelitian uji toksisitas	7
4	Parameter fisika perairan (a) Kecepatan arus (b) Suhu (c) Salinitas dan (d) Oksigen terlarut (DO) pada saat pasang dan surut di permukaan Perairan Selat Rupert, Riau	11

DAFTAR LAMPIRAN

1	Langkah-langkah perhitungan nilai LC-50	18
---	---	----

1 PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pesisir Kota Dumai, Perairan Selat Rupat Propinsi Riau, telah berkembang pesat sebagai wilayah perindustrian, perdagangan, pertanian dan pelayaran. Tekanan ekologis perairan di Selat Rupat telah nampak dari penurunan kualitas perairan pesisir, sebagai akibat dari adanya peningkatan masukan limbah (Badrun 2008). Salah satu sumber limbah tersebut berasal dari limbah pengolahan minyak sawit kasar (CPO). Beberapa kejadian tumpahan CPO dalam beberapa tahun terakhir terjadi di sekitar Perairan Dumai, Riau yaitu tumpahan CPO pada tanggal 29 Agustus 2009 di Perairan Laut Dumai, di Perairan Sungai Dumai, tanggal 10 Agustus 2010, kemudian pada 30 November 2012, pada 19 Januari 2013 dan September 2014 merupakan kasus terbaru tumpahan CPO, dimana terjadinya tumpahan CPO diakibatkan oleh patahnya empat tanki uji coba dengan kapasitas 3000 ton CPO tiap tanki (Dumaiheadlines.com).

Minyak sawit kasar (CPO) merupakan salah satu jenis trigliserida yang banyak digunakan sebagai bahan baku pembuatan metil ester. Sifat fisik trigliserida ditentukan oleh proporsi dan struktur kimia asam lemak yang membentuknya (Almatsier 2001). Minyak sawit mentah juga mengandung asam lemak dengan rantai karbon C14-C20 (Tania *et al.* 2007).

Pencemaran minyak di laut dapat membahayakan ekosistem laut. Pencemaran minyak berpengaruh besar terhadap penurunan penetrasi cahaya matahari karena perairan tertutup oleh lapisan minyak pada permukaan perairan. Minyak cenderung mengapung akibat berat jenis lemak yang lebih ringan. Kondisi ini akan menurunkan proses fotosintesis pada zona *euphotic* yang selanjutnya dapat mengganggu sistem rantai makanan. Lapisan minyak juga menghalangi pertukaran gas dari atmosfer dan mengurangi kelarutan oksigen sehingga pasokan oksigen terlarut dapat menurun dan mengganggu metabolisme organisme dalam air (IPIECA 2000).

Menurut Qadeer dan Rehan (2002) degradasi minyak dapat dilakukan dengan bantuan mikroorganisme yang ada pada air laut. Namun jumlah dan kemampuan mikroorganisme pengurai minyak sangat terbatas karena kemampuannya dipengaruhi beberapa faktor seperti jenis mikroba, konsentrasi minyak dan kondisi lingkungan.

Endapan molekul minyak berukuran besar di dasar perairan dapat mengganggu aktifitas serta merusak kehidupan bentos dan daerah pemijahan ikan (*spawning ground*) dan meningkatkan pencemaran organik yang diindikasikan oleh terjadinya peningkatan nilai BOD dan COD. Fadil (2011) menyatakan bahwa semakin tinggi kadar pencemar pada perairan, tingkat konsumsi oksigen pada perairan juga akan semakin meningkat. Namun kondisi tersebut tidak selalu berjalan seperti itu mengingat pada satu titik ikan dan biota air lainnya akan mati akibat CPO yang terlalu banyak. Selain hal tersebut keberadaan CPO pada perairan dapat mengganggu bahkan mematikan biota air pada fase larva seperti halnya larva udang windu.

Uji toksisitas akut dengan menggunakan hewan uji merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk mengetahui tingkat bahaya suatu senyawa.

Menurut Esmiralda (2010) Parameter yang diukur biasanya berupa kematian hewan uji, yang hasilnya dinyatakan sebagai konsentrasi yang menyebabkan 50% kematian hewan uji (LC50) dalam waktu yang relatif pendek satu sampai empat hari. Keberadaan minyak CPO di dalam tubuh larva udang windu sangat mempengaruhi metabolisme tubuh baik mulai dari gangguan pernafasan hingga mengakibatkan terjadinya kematian. Oleh karena itu maka sering digunakan uji *bioassay* karena pada stadia larva misalnya larva udang sangat peka terhadap berbagai faktor yang berasal dari lingkungan sekitarnya. Menurut Parwati dan Simajuntak (1998) larva udang merupakan organisme sederhana dari biota laut yang sangat kecil dan mempunyai kepekaan yang cukup tinggi terhadap bahan toksik. Mengingat larva udang windu pada stadia juwana sering digunakan untuk uji *bioassay* dan pada penelitian ini juga digunakan larva tersebut dengan tujuan untuk menentukan konsentrasi letal median (LC-50) CPO terhadap larva udang windu (*Penaeus monodon*).

Penelitian tentang pencemaran CPO sebelumnya pernah dilakukan oleh Manurung (2011) tentang Persepsi masyarakat pesisir terhadap keberadaan industri/pabrik dan aktivitasnya di kawasan pesisir berkontribusi memasukkan limbah ke perairan pesisir Dumai, dan penelitian Nedi (2012) tentang *stakeholder* yang berperan dalam pengendalian pencemaran minyak di selat Rupert. Namun penelitian tentang uji toksisitas belum pernah dilakukan, oleh karena itulah penelitian ini penting untuk dilakukan.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan tingkat pencemaran minyak di kawasan Pesisir Dumai Provinsi Riau.
2. Menganalisis besarnya toleransi biota terhadap CPO.

Manfaat Penelitian

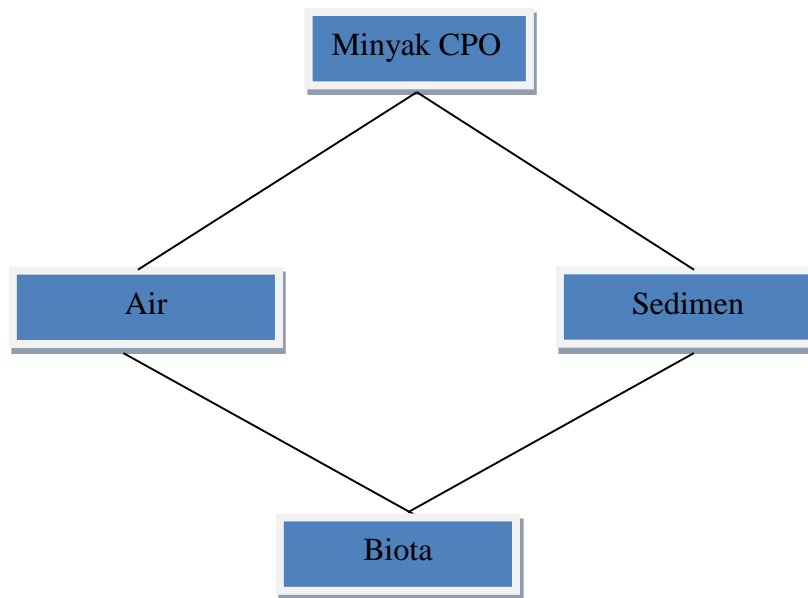
Adapun manfaat dari penelitian ini untuk memberikan informasi mengenai dampak yang ditimbulkan dari pencemaran CPO dalam lingkungan perairan terhadap biota yang hidup di dalamnya.

Kerangka Pemikiran

Perairan Dumai termasuk kategori rentan terhadap tumpahan minyak. Hal ini disebabkan oleh banyaknya aktifitas industri di wilayah tersebut, terutama industri CPO. Banyaknya aktifitas industri CPO diperkirakan dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap masuknya bahan pencemar seperti CPO ke Perairan, baik melalui proses *loading*, kebocoran pipa dan kelalaian operasional, sehingga pada akhirnya mengakibatkan terjadinya pencemaran CPO yang berbahaya pada lingkungan dan pada biota yang ada di dalamnya.

Perairan Dumai merupakan perairan yang semi tertutup dan di wilayah ini dalam waktu 24 jam terjadi dua kali pasang dan dua kali surut (Nedi *et al.* 2010). Menurut Nontji (2007) tipe pasang surut tersebut termasuk ke dalam tipe pasang-surut campuran condong ke harian ganda. Pada umumnya polutan minyak di Perairan Dumai hanya mengalami pergerakan bolak-balik tanpa mampu keluar mencapai laut lepas (Selat Malaka).

Secara diagram kerangka pikir penelitian dapat disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Kerangka pikir penelitian

Perumusan Masalah

Kawasan pesisir Dumai telah tumbuh berbagai kegiatan industri dan salah satu kegiatan industri yang paling banyak di pesisir Dumai adalah industri CPO. Kegiatan pabrik atau industri CPO berpotensi menimbulkan pencemaran minyak yang dapat membahayakan ekosistem laut di sekitar Perairan Dumai.

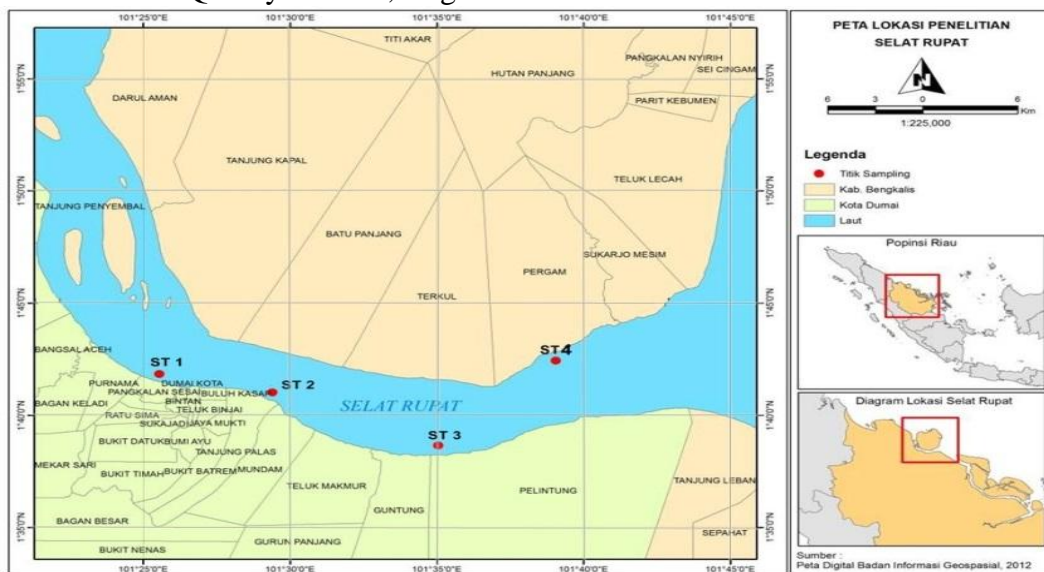
Minyak CPO yang menutupi permukaan akan menghalangi penetrasi sinar matahari ke dalam air. Selain itu, lapisan minyak juga dapat mengurangi konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena fiksasi oksigen bebas menjadi terhambat. Semakin tinggi konsentrasi limbah organik dalam perairan maka semakin menurunkan difusi oksigen terlarut dan semakin meningkat kadar amonia. Akibatnya, terjadi ketidak seimbangan rantai makanan di dalam air. Berdasarkan latar belakang dan kerangka pemikiran di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah kandungan minyak sawit kasar (CPO) dalam air laut di Perairan Dumai sudah termasuk kedalam kategori tinggi atau rendah.
2. Apakah CPO yang ada di dalam air di perairan Dumai sudah berbahaya terhadap ekosistem perairan yang hidup di dalamnya.

2 METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan September 2014 sampai Maret 2015, di Selat Rupat, Dumai Provinsi Riau (Gambar 2). Pemilihan kawasan Pesisir Dumai didasarkan pada tingkat aktivitas pabrik atau industri CPO tinggi yang memungkinkan memberikan kontribusi bahan pencemar di suatu perairan. Analisis LC-50 telah dilakukan pada Februari 2015 di Lab. Balai Budidaya Air Payau Ujung Batee, Banda Aceh. Analisis minyak telah dilakukan di Laboratorium Quality Control, Bogor.



Gambar 2 Peta lokasi penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan: *Ekman Grab*, *Van Dorn Water Sample*, *current meter*, seperangkat peralatan ekstraksi, *water quality checker (WQC)*, desikator dan oven.

Bahan yang digunakan: Sample air, sedimen, biota uji, CPO, larutan H_2SO_4 dan n-heksan.

Pengamatan Data Lapangan

Penentuan Stasiun Pengamatan

Penentuan titik sampling mempertimbangkan keterwakilan daerah penelitian, ditentukan berdasarkan karakteristik dan aktivitas industri yang berbeda (Tabel 1). Titik sampling terbagi atas empat stasiun yang dianggap telah mewakili daerah penelitian. Penentuan lokasi sampling menggunakan *global positioning system (GPS)*.

Tabel 1 Penentuan stasiun pengamatan

Stasiun	Kawasan	Titik Koordinat	Karakteristik
1	Geniot	N 01°56'27,6" S 101°19'45,9"	Daerah minapolitan, muara sungai
2	Kawasan Industri Dumai (KID) Lubuk Gaung	N 01°45'44,2" E 101°21'50,9"	Bongkar muat minyak, dan industri minyak CPO
3	Kawasan Industri Dumai (KID) Bukit Raksa	N 01°41'18,8" E 101°27'32,7"	Pelabuhan Dumai, kilang minyak, industri CPO
4	Kawasan Industri Dumai (KID) Pelintung	N 01°39'27,9" E 101°37'53,7"	Perusahaan pupuk, perusahaan batu bara, bongkar muat minyak, perusahaan minyak CPO)

Pengukuran Data Lapangan

Pengukuran data lapangan meliputi suhu, salinitas, kecepatan arus dan *dissolve oksigen* (DO) yang dilakukan secara *in situ*, sedangkan analisis minyak CPO dilakukan di laboratorium (Tabel 2).

Tabel 2 Data kualitas air yang diambil di lapangan, peralatan, satuan dan tingkat keakurasian.

Jenis data	Alat	Satuan	Keakurasian
Salinitas	<i>Water quality checker</i> (WQC)	mg/l	0.01
Suhu	<i>Water quality checker</i> (WQC)	mg/l	0.1
Kecepatan arus	<i>Current meter</i>	m/det	0.1
<i>Dissolve oksigen</i> (DO)	<i>Water quality checker</i> (WQC)	mg/l	0.1
Minyak CPO	Seperangkat ekstraksi	mg/l	

Analisis Lab

Pengambilan Sampel Air Laut dan Sedimen

Sampel air laut bagian permukaan diambil sebanyak 1L dengan menggunakan *Van Dorn Water Sample* berbahan *poly vinyl clorida* (PVC). Contoh air laut dimasukkan ke dalam botol *polyetilen* yang bervolume 1 liter. Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan *Ekman Grab* pada lapisan kedalaman 0–10 cm. Berat sampel sedimen diambil sebanyak 500 gram, kemudian dimasukkan ke dalam plastik sampel. Sampel air laut dan sedimen disimpan di dalam *cool box* kemudian dibawa ke Laboratorium untuk dilakukan analisis lebih lanjut.

Analisis Konsentrasi Minyak pada Air

Sampel air laut sebanyak 1000 ml dimasukkan ke dalam corong pisah, kemudian ditambahkan 30 ml pelarut organik (n-heksana), corong ditutup kemudian diekstraksi selama dua menit. Larutan didiamkan hingga membentuk 2 lapisan. Fase organik dikumpulkan dalam satu wadah dan dilakukan ekstraksi ulang terhadap sampel (2x30 ml). Fase organik yang terkumpul tersebut dipindahkan ke dalam labu destilasi dengan melewati Na₂SO₄ anhidrat yang dipasang kertas saring untuk menghilangkan air yang masih tersisa. Labu destilasi dimasukkan ke dalam oven selama satu jam dengan suhu 85°C agar seluruh pelarut teruapkan. Labu destilasi selanjutnya dimasukkan ke dalam desikator untuk didinginkan yang kemudian timbang konsentrasi minyak dan lemak yang didapat (SNI 06-6989.10-2004).

Analisis Konsentrasi Minyak pada Sedimen

Kertas saring dan labu bebas lemak dioven 105⁰ C selama dua jam dan ditimbang. Sampel dioven selama 12 jam. Sampel sebanyak 5 g ditimbang dan dimasukkan ke dalam selongsong kertas saring bertujuan agar material padat tidak ikut larut bersama pelarut. Selongsong dimasukkan ke dalam alat soxhlet dan labu bebas lemak yang telah diketahui bobotnya di pasang pada alat soxhlet. 175 ml hexane dimasukkan ke dalam alat soxhlet. Sampel diekstrak dengan pelarut hexane Diekstraksi dalam soxhlet selama lima jam. Labu lemak dikeringkan dalam oven 105⁰C selama 30 menit, hingga aroma hexana tidak tercium. Kemudian labu didinginkan dalam desikator selama 15 menit, selanjutnya labu lemak ditimbang (Darmasih 1997).

Analisa Data Minyak CPO

Perhitungan kadar minyak yang diperoleh dapat menggunakan rumus menurut SNI (06-6989.10-2004) sebagai berikut :

$$\text{Kadar minyak dan lemak } \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{ml contoh uji}} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan : A = berat labu + ekstrak, mg;
B = berat labu kosong, mg.

Uji Toksisitas

Persiapan Air

Akuarium yang berukuran 59 x 39 x 50 cm dibersihkan dan dicuci dengan kalium permanganat 20 mg/l, lalu dimasukkan air laut yang telah dianalisis suhu, salinitas, pH dan oksigen terlarut. Selanjutnya dimasukkan organisme uji.

Persiapan Organisme Uji

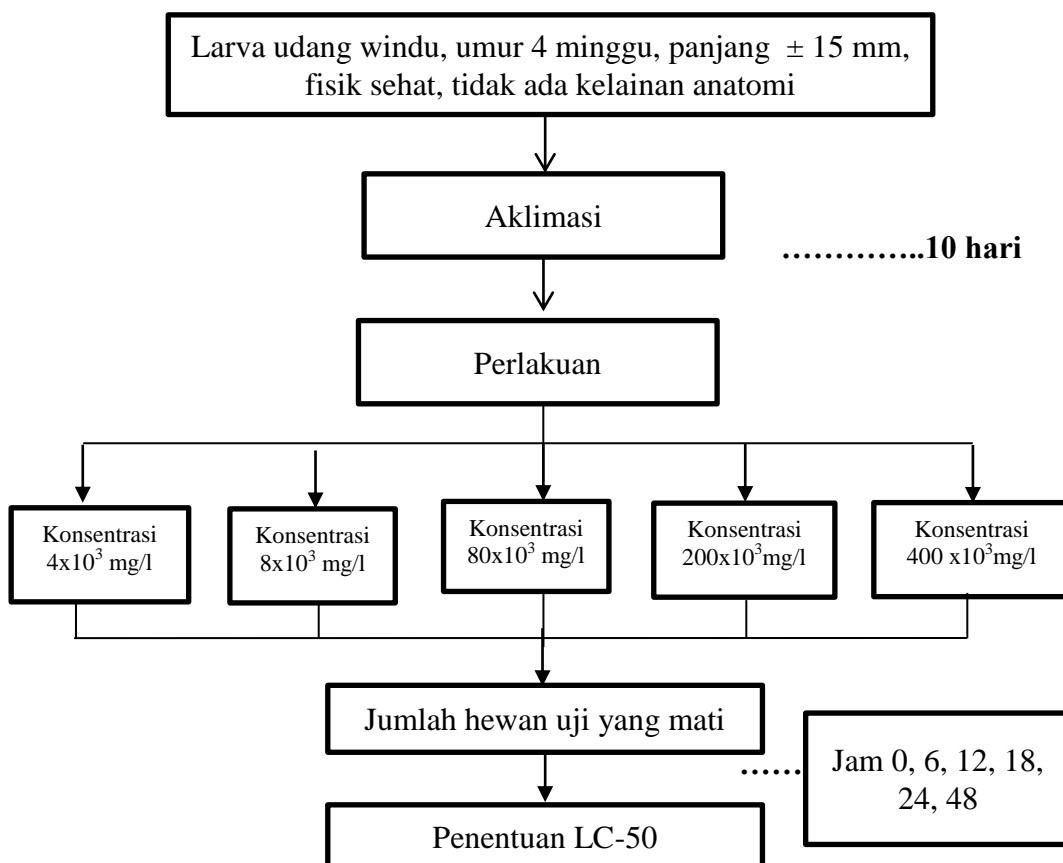
Organisme yang digunakan dalam penelitian ini adalah larva udang windu yang didapat dari Wilayah Pembenuhan di Daerah Aceh, dengan kriteria sampel yaitu larva udang windu sehat yang telah berumur empat minggu (PL 17) dengan panjang rata-rata 15 mm dan memiliki pergerakan yang aktif. Sebelum dilakukan uji toksisitas, organisme uji diaklimatisasi terlebih dahulu selama 10 hari. Aklimatisasi hewan uji dilakukan untuk mengkondisikan larva udang windu pada

kultur media air laut dan memberikan waktu bagi hewan uji beradaptasi dengan lingkungan yang baru. Selama aklimatisasi, hewan uji diberi pakan buatan serta diberi aerasi untuk menjaga kandungan oksigen terlarut.

Desain Penelitian

Uji toksisitas merupakan uji hayati yang berguna untuk menentukan tingkat toksisitas dari suatu zat atau bahan pencemar. Uji toksisitas akut dengan menggunakan hewan uji merupakan salah satu bentuk penelitian toksikologi perairan yang berfungsi untuk mengetahui apakah badan perairan penerima mengandung senyawa toksik dalam konsentrasi yang menyebabkan toksisitas akut. Parameter yang diukur biasanya berupa kematian hewan uji, yang hasilnya dinyatakan sebagai konsentrasi yang menyebabkan 50% Kematian hewan uji (LC50) dalam waktu yang relatif pendek .

Pengujian toksisitas biasanya dilakukan dalam waktu jangka pendek (uji toksisitas akut) dan dalam waktu jangka panjang (kronis). Uji toksisitas akut ini dilakukan dengan memberikan zat kimia yang sedang diuji sebanyak satu kali atau beberapa kali dalam jangka waktu 24 jam. Uji kronis merupakan pemberian zat kimia secara berulang selama 3-6 bulan atau seumur hidup hewan, misalnya 18 bulan untuk mencit, 24 bulan untuk tikus, dan 7-10 tahun untuk anjing dan monyet (Harmita 2004).



Gambar 3 Desain penelitian uji toksisitas
Pengamatan Uji dan Analisis Lab

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Balai Budidaya Air Payau Ujung Batee, Banda Aceh. Media uji dalam penelitian ini berupa air laut yang berasal dari penyaringan air laut di Laboratorium Balai Budidaya Air Payau Ujung Batee, Banda Aceh dengan mengkondisikan media selalu mempunyai salinitas 29- 34 psu, kandungan DO lebih tinggi dari 5.00 mg/l dan temperatur antara 29-32⁰C (SNI 01-6144-1999). Selanjutnya minyak CPO ditambahkan ke dalam air laut tersebut yang diambil dari Dumai. Pemberian pakan dengan frekuensi 4 kali perhari berupa Pakan buatan dengan ukuran pakan 1 mm sebanyak 50 mg setiap aquarium dengan merek rotemia.

Uji toksisitas mengacu pada US. EPA (2002). Uji toksisitas akut dilakukan dengan menggunakan minyak CPO terhadap larva udang windu. Jumlah larva udang windu untuk setiap wadah uji dalam penelitian ini adalah 25 ekor. Perlakuan pada percobaan ini dilakukan dengan 5 variasi konsentrasi dan satu sebagai control. Masing-masing konsentrasi yang diberikan dalam perlakuan uji yaitu 4x10³, 8x10³, 80x10³, 200x10³ dan 400x10³ mg/l (Amalia *et al.* 2013 dan Effendi *et al.* 2010) dengan tiga kali ulangan. Uji toksisitas ini dilakukan dengan waktu pengamatan 48 jam. Hasil uji dapat diterima apabila 75% hewan uji pada kontrol diakhir pengamatan masih hidup. Apabila yang bertahan hidup lebih kecil dari 75% maka uji harus diulang. Selain kematian juga dilakukan pengamatan terhadap gerakan dari larva udang, cara renang, respon terhadap rangsangan dan perubahan pada warna tubuh udang.

Metode yang digunakan untuk mengestimasi nilai LC-50 dari berbagai konsentrasi limbah pada uji toksisitas merupakan metode analisis Probit. Analisis uji toksisitas akut meliputi penentuan nilai LC-50 yang dilakukan berdasarkan pola kematian hewan uji pada masing-masing tingkat konsentrasi.

Analisis Data

Meyer *et al.* (1982) menyatakan efek toksisitas dianalisis dari pengamatan dengan persen kematian dengan rumus Abbot sebagai berikut:

$$\% \text{ kematian} = \frac{\text{Jumlah larva mati}}{\text{Jumlah larva total awal}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Berdasarkan kematian larva udang windu, kemudian dicari angka probit melalui tabel probit dan dibuat persamaan garis : $Y = Bx + A$ dengan $y = \log$ konsentrasi, dan $x = \text{Angka probit}$.

Analisis jumlah kematian larva *Penaeus monodon* digunakan analisa analitik (uji statistik) dengan menggunakan metode analisa probit untuk mengetahui harga LC50 dari minyak sait kasar (CPO). Penentuan LC-50 larva udang windu (*Penaeus monodon*) digunakan analisis probit dengan cara sebagai berikut:

a. Koreksi Mortalitas

Jika pada kontrol terdapat ikan yang mati, mortalitas tersebut dihitung dengan rumus Abbott's dalam Effendi (2010) yaitu:

$$Pt (\%) = \frac{\rho_0 - \rho_c (g)}{100 - \rho_c} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

- Pt = Koreksi mortalitas untuk setiap perlakuan (%)
 ρ_{∞} = Persentasi ikan yang mati untuk setiap perlakuan
 ρ_c = persentasi ikan yang mati pada kontrol

Jika persentasi ikan yang mati pada kontrol (ρ_c) lebih besar dari 25% maka percobaan tersebut harus diulangi kembali.

- b. Menentukan nilai persentase mortalitas ikan yang telah dikoreksi dari setiap probit.
 c. Menentukan nilai probit yang diharapkan (*expected probit*)

$$Y' = \frac{\sum xy}{x}, x = X - \bar{X} \quad \text{dan} \quad y = Y - \bar{Y} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$Y' = \frac{\sum xy}{\sum x^2} (x - \bar{x}) + Y \quad \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- Y' = *Expected probit*
 X = Log konsentrasi
 Y = *Probit empiric* (diperoleh dari table transformasi probit)
 \bar{x} = Rerata X
 \bar{y} = Rerata Y
 X = $X - \bar{x}$
 Y = $Y - \bar{y}$

- d. Menentukan nilai probit yang dikerjakan (y) untuk setiap nilai probit yang diharapkan (Y') dari setiap perlakuan, dengan menggunakan rumus seperti di bawah ini.

$$Y = y_0 + k.p' \quad \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan:

- y = nilai probit yang dikerjakan untuk setiap nilai y' dari setiap perlakuan
 Y_0 dan k = didapat dari table untuk setiap nilai y' dari setiap perlakuan.
 P' = persentase koreksi mortalitaas untuk setiap perlakuan.

- e. Menentukan nilai persentase mortalitas ikan yang telah dikoreksi dari setiap probit.
 f. Menentukan nilai probit yang diharapkan (*expected probit*).

$$Y' = \frac{\sum xy}{X}, x = X - \bar{X} \quad \text{dan} \quad y = Y - \bar{Y} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$Y' = \frac{\sum xy}{X} (x - \bar{x}) \quad \dots\dots\dots(8)$$

- g. Perhitungan nilai \bar{Y} , \bar{X} dan kemungkinan garis regresi probit (b) dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{S_{wx}}{S_w} \quad b = \frac{S_{wxy} - \bar{x} S_{wx}}{S_{wx}^2} \quad \bar{Y} = \frac{S_{wy}}{S_w} \quad \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

- S = Jumlah
 w = Koefisien berat dalam table
 y = Probit yang dikerjakan
 x = log konsentrasi
 S_{wx} = perkalian w dan x
 S_{wy} = perkalian w dan y

- h. Menentukan persamaan garis regresi probit

$$Y = \bar{y} + b(x - \bar{x}) \quad \dots\dots\dots(10)$$

\bar{x} , dan b diperoleh dari langkah g

- i. Menentukan LC-50 dan LC-90 yang sesungguhnya (m)

$$\text{Log } m = \bar{x} + \frac{(\text{probit LC} - \bar{y})}{b} \quad \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

- m = nilai LC yang sesungguhnya
 \bar{x} = mean x
 \bar{y} = mean y
 b = kemiringan garis regresi probit
 \bar{x} , \bar{y} = dan b diperoleh dari langkah

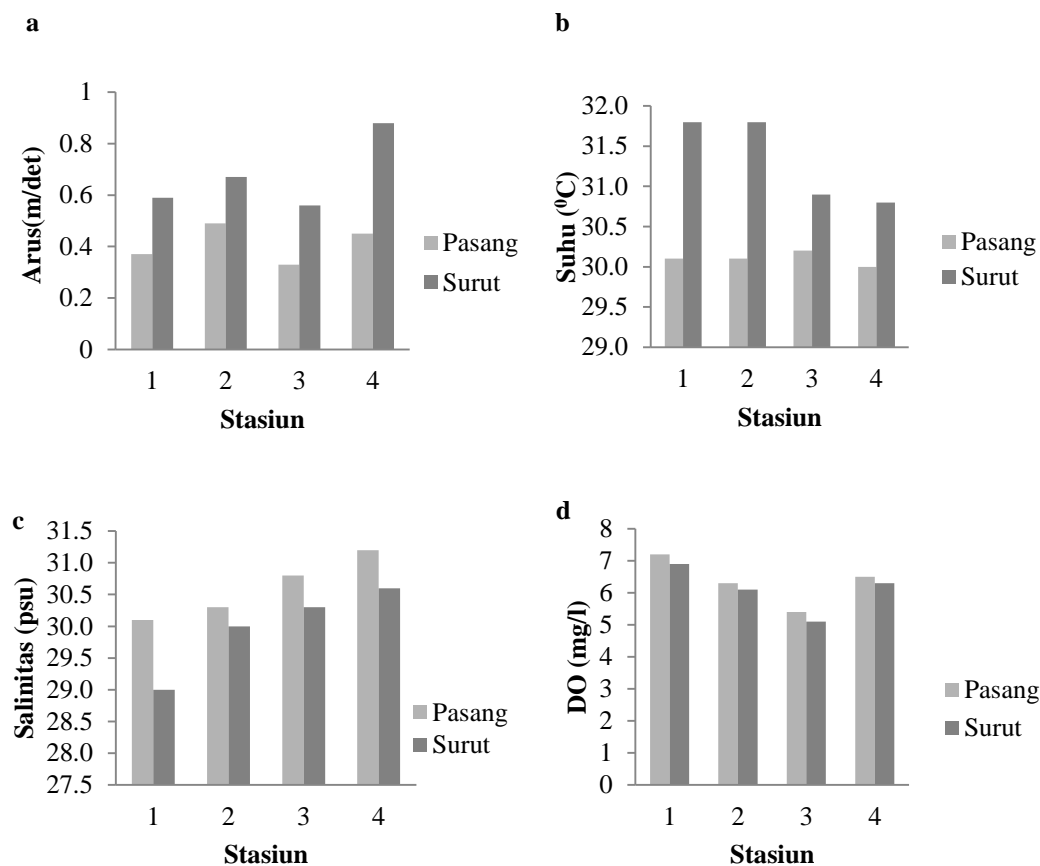
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Kualitas Perairan

Arus Selat Rupaat merupakan arus pantai yang sangat dipengaruhi oleh pasang surut hasil rambatan dari pasang surut di Perairan Selat Malaka. Saat pasang air merambat dari utara menuju selatan dan membelok ke timur dan bergabung kembali dengan arus di Selat Malaka menuju ke tenggara dan sebagian masuk menuju Selat Bengkalis. Sebaliknya pada saat surut, arus akan bergerak dari arah timur menuju barat dan membelok ke utara dan ke luar di Selat Malaka (Nedi *et al.* 2010). Kecepatan arus di Selat Rupaat saat surut lebih tinggi dibanding saat pasang, yakni berkisar antara 0.50-0.86 m/det (Gambar 4a). Pola pergerakan arus sangat penting dihubungkan dengan pasut, khususnya pada perairan teluk karena pasut merupakan gaya penggerak utama sirkulasi massa airnya.

Suhu menunjukkan nilai kisaran 30 -32 °C (Gambar 4b). Besaran variasi suhu diduga terkait dengan pengaruh pasang dan surut. Namun demikian variasi suhu di lokasi pengamatan ini masih baik untuk kehidupan organisme. Udang

windu memiliki toleransi yang tinggi terhadap perubahan suhu, dan masih dapat tumbuh dan berkembang pada kisaran suhu 26 -32 °C (Tricahyo 1995). Suhu pada stasiun 1 dan 2 memiliki variasi nilai yang agak jauh berbeda antara pasang dan surut, mungkin ini dipengaruhi oleh waktu pengambilan sampel, yaitu pada saat siang atau sore hari.



Gambar 4 Parameter fisika perairan (a) Kecepatan arus (b) Suhu (c) Salinitas dan (d) Oksigen terlarut (DO) pada saat pasang dan surut di permukaan Perairan Selat Rupa, Riau.

Salinitas menunjukkan nilai kisaran 29.40-31.40 psu dan juga nampaknya dipengaruhi oleh kondisi pasang surut (Gambar 4c). Variasi salinitas ini masih dalam kisaran alami untuk kawasan wilayah Indonesia. Menurut Nontji (2002) umumnya nilai salinitas wilayah laut Indonesia berkisar antara 28-33 psu. Kondisi salinitas di lokasi pengamatan masih masuk pada kategori baik untuk kehidupan organisme laut.

Kandungan oksigen di Selat Rupa berkisar antara 5.10-7.20 mg/l (Gambar 4d). Variasi oksigen terlarut nampaknya lebih banyak dipengaruhi oleh lokasi pengamatan dari pada pengaruh pasang dan surut. konsentrasi oksigen terlarut terendah terdapat pada stasiun tiga, mungkin terkait dengan banyaknya terdapat aktifitas industri di daerah tersebut. Menurut Affan (2010) kadar oksigen terlarut di perairan Indonesia umumnya berkisar antara 4.50-7.00 mg/l. Berdasarkan data

tersebut, maka kondisi oksigen terlarut di lokasi pengamatan ini berada dalam kondisi yang cukup mendukung untuk kehidupan.

Konsentrasi CPO juga menunjukkan adanya pengaruh terhadap pasang surut, hal ini terlihat saat surut lebih tinggi dibandingkan saat pasang. Konsentrasi CPO saat surut berkisar 0.24-0.51 mg/l, sedangkan saat pasang berkisar 0.12-0.48 mg/l (Tabel 3).

Tabel 3 Konsentrasi minyak sawit kasar (CPO) di air dan sedimen

Stasiun	Lokasi	Air Laut (mg/l)		Sedimen (mg/kg)
		Pasang	Surut	
1	Geniot	0.12	0.24	1.45
2	Lubuk Gaung	0.36	0.36	0.32
3	Bukit Raksa	0.48	0.51	1.51
4	Pelintung	0.39	0.42	1.13

Informasi di atas menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi bahan organik banyak dipengaruhi oleh letak stasiun. Semakin jauh dari sumber maka konsentrasi bahan organik semakin rendah dan sebaliknya konsentrasi bahan organik tinggi ketika berada di dekat sumber. Saat pasang, muara sungai akan didominasi oleh air laut. Air laut akan mengencerkan minyak yang berada di daerah muara, sehingga konsentrasi minyak pada saat pasang lebih rendah dibandingkan pada saat surut. Konsentrasi minyak pada sedimen tertinggi terdapat pada stasiun bukit raksa, tingginya konsentrasi ini diduga karena wilayah ini merupakan wilayah pelabuhan, Industri CPO dan kilang minyak.

Konsentrasi minyak yang ada pada sedimen lebih tinggi dibandingkan pada kolom perairan. Menurut Stumm (1995) dalam Sanusi dan Prutanto (2009) ini disebabkan oleh adanya padatan tersuspensi dalam kolom air yang memiliki sifat adsorpsi pada lapisan permukaannya melalui interaksi dengan gugus fungsional. Interaksi tersebut akan membentuk ikatan koordinasi kompleks, sehingga membentuk flokulasi atau agregasi yang lebih besar dan berat yang selanjutnya disusul terjadinya pengendapan partikel karena adanya gaya gravitasi.

Kecepatan arus, suhu, salinitas, DO, dan minyak lemak merupakan faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap kelangsungan hidup biota terutama larva udang windu. Secara keseluruhan kondisi perairan berdasarkan data-data tersebut di atas menunjukkan bahwa Perairan Dumai masih dalam kondisi yang baik untuk kehidupan.

Toksisitas Minyak Sawit Kasar (CPO)

Hasil uji daya racun CPO telah memberikan pengaruh kematian pada hewan uji larva udang windu (*Penaeus monodon*) terutama pada konsentrasi yang sangat tinggi (Tabel 4). Tingkat toksisitas CPO dari semua perlakuan pada waktu pemaparan dari 0-6 jam belum memberikan dampak yang serius terhadap organisme uji. Kematian organisme uji mulai nampak pada pemaparan dengan waktu yang paling cepat 12 jam, yaitu pada konsentrasi terendah 8×10^3 mg/l.

Tabel 4 Data rata-rata kematian larva udang windu pada berbagai konsentrasi CPO.

Konsentrasi CPO mg/l	Jumlah rata-rata kematian dalam (%)					
	0 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam	48 jam
0	0	0	0	0	0	0
4×10^3	0	0	0	28	35	53
8×10^3	0	0	37	77	84	100
80×10^3	0	0	41	88	100	100
200×10^3	0	0	55	100	100	100
400×10^3	0	0	100	100	100	100

Keterangan : 0 = tidak ada kematian pada perlakuan

Semakin tinggi konsentrasi minyak CPO yang diberikan pada setiap perlakuan, maka lapisan minyak yang mengapung di permukaan media uji juga semakin meningkat. Amalia *et al.* (2013) menyatakan lapisan minyak CPO juga dapat mengganggu fungsi insang melalui penempelan pada epitel insang. Fujaya (2004) menambahkan bahwa insang merupakan komponen penting dalam pertukaran gas. Apabila fungsi insang terhambat, maka proses respirasi tidak dapat berjalan dengan baik.

Penelitian ini terlihat bahwa pada udang yang mengalami kematian, ditandai dengan adanya lendir dan terjadi perubahan warna pada tubuh udang. Kematian pada hewan uji diduga akibat pengaruh dari pemberian minyak CPO. Bahan dasar penyusun CPO itu sendiri antara lain minyak sawit yang mengandung lemak alkohol, metil ester, dan asam lemak. Minyak CPO terdiri dari fraksi padat yang merupakan asam lemak jenuh (miristat 1%; palmitat 45%, stearat 4%) serta fraksi cair merupakan asam lemak tidak jenuh (oleat 39%; linoleat 11%) (Deffense 1985). Kandungan bahan penyusun CPO tersebut diduga dapat mempengaruhi fungsi fisiologis pada organisme uji, sehingga mempercepat terjadinya kematian hewan uji.

Uji toksisitas dengan konsentrasi CPO $0-400 \times 10^3$ mg/l saat pemaparan jam ke-6 tingkah laku dari hewan uji masih dalam keadaan normal. Udang mulai mengalami stres dengan bergerak tanpa arah pada saat pemaparan lebih dari 6 jam. Saat pemaparan jam ke-12, semua organisme uji mati pada konsentrasi 400×10^3 mg/l. Pemaparan jam ke-12 konsentrasi CPO $8 \times 10^3-200 \times 10^3$ mg/l sebagian besar hewan uji responnya mulai melemah dan pergerakan yang menurun, itu terjadi pada seluruh benur pada media uji, kecuali pada kontrol. Pemaparan jam ke-18, sebagian besar benur pada seluruh media uji sudah mengalami kematian, kecuali pada kontrol dan pada uji dengan konsentrasi 4×10^3 mg/l. Pemaparan jam ke-24 pada konsentrasi 80×10^3 dan 400×10^3 mg/l, tingkat mortalitas larva udang windu menunjukkan bahwa semua hewan uji mati, sedangkan pada konsentrasi 0 mg/l sebagai kontrol, semua hewan uji masih hidup. Toksisitas CPO semakin meningkat pada pemberian konsentrasi yang lebih tinggi.

Semakin tinggi konsentrasi yang diberikan, maka semakin tinggi mortalitas dari larva udang windu. Semakin lama waktu pemaparan maka semakin sedikit konsentrasi yang dibutuhkan untuk menyebabkan kematian pada

organisme uji (Tabel 5). Semakin tinggi konsentrasi suatu senyawa, maka sifat toksiknya akan semakin tinggi. Menghitung nilai LC-50 pada setiap waktu pemaparan dengan melewati beberapa langkah (Lampiran 1).

Tabel 5 Nilai LC-50 pada setiap waktu pemaparan

No	Waktu Pemaparan	LC-50 (g/l)
1	12 Jam	66.71
2	18 Jam	16.11
3	24 Jam	11.87
4	48 Jam	7.50

Konsentrasi CPO yang terdapat pada air dan sedimen di Perairan Pesisir Dumai sangat kecil, sehingga masih sangat jauh dengan nilai LC-50 pada waktu 48 jam pemaparan yaitu 7.50×10^3 g/l. Mudahnya CPO terdegradasi disebabkan CPO merupakan senyawa yang mengandung asam lemak jenuh dalam jumlah cukup banyak. Menurut Soedarmo *et al.* (1988) kerusakan dapat terjadi sebagai akibat proses hidrolisa, terutama banyak terjadi pada minyak atau lemak yang mengandung asam lemak jenuh dalam jumlah cukup banyak seperti pada minyak nabati yang mengandung asam laurat, sedangkan bau yang tengik ditimbulkan oleh asam lemak bebas yang terbentuk selama proses hidrolisa. Proses hidrolisa pada minyak atau lemak umumnya disebabkan oleh aktifitas enzim dan mikroba. Proses hidrolisa dapat dipercepat dengan kondisi kelembaban, kadar air serta temperatur tinggi. Proses hidrolisa pada minyak dan lemak akan menghasilkan ketengikan hidrolitik, sehingga terjadi pembebasan asam-asam lemak yang mempengaruhi rasa dari minyak tersebut. Enzim yang dapat menimbulkan ketengikan hidrolitik adalah enzim lipase. Ketengikan pada minyak dan lemak nabati terjadi karena berkurangnya kandungan vitamin E (*tocopherol*) yang dapat berfungsi sebagai anti oksidan.

CPO merupakan senyawa mudah didegradasi, karena memiliki rantai alifatik lurus, umumnya tersusun dari asam lemak jenuh dan memiliki rantai yang panjang, sedangkan minyak bumi umumnya memiliki rantai aromatik, memiliki rantai pendek dan umumnya tersusun dari asam lemak tak jenuh. Menurut Udiharto (1996) kemampuan bakteri mendegradasi hidrokarbon minyak berbeda-beda. Panjang rantai optimum untuk didegradasi antara 10-20 rantai karbon. Hidrokarbon dengan panjang rantai kurang dari sembilan sulit didegradasi, karena senyawa ini bersifat toksik tetapi beberapa bakteri tertentu (methanotrop) dapat mendegradasinya. Beberapa hasil percobaan menunjukkan bahwa: (i) hidrokarbon alifatik umumnya mudah didegradasi daripada aromatik, (ii) hidrokarbon alifatik rantai lurus umumnya lebih mudah terdegradasi daripada rantai cabang. Introduksi cabang ke molekul hidrokarbon menghambat proses biodegradasi, (iii) hidrokarbon jenuh lebih mudah terdegradasi daripada yang tidak jenuh. Adanya ikatan double atau triple antar karbon menghambat proses biodegradasi dan (iv) hidrokarbon alifatik rantai panjang lebih mudah didegradasi daripada rantai pendek.

Tingkat kemudahan minyak didegradasi oleh bakteri tergantung kepada struktur dan bobot molekulnya (Atlas 1981). Secara umum kemampuan biodegradasi naik dengan kenaikan panjang rantai (Kadarwati *et al.* 1996); sedangkan naftenik dan aromatik lebih sulit terdegradasi (Leahly & Colwell 1990).

Terkait hal tersebut maka, pada dasarnya CPO merupakan senyawa yang mudah mengalami degradasi oleh bakteri, namun dalam jumlah banyak lebih dari 400×10^3 mg/l mengakibatkan terjadi kematian yang sangat cepat pada organisme yang hidup didalamnya.

Hasil uji toksisitas CPO menunjukkan dengan nyata bahwa pada konsentrasi tinggi telah memberikan pengaruh yang sensitive terhadap kehidupan larva. Konsentrasi LC-50 pada waktu pemaparan 48 jam yaitu 7.50×10^3 mg/l. Berdasarkan konsentrasi hasil pengamatan lapang yang telah disebutkan terdahulu, kandungan minyak yang terukur adalah setinggi 0.51 mg/l. Konsentrasi ini masih sangat jauh lebih kecil dari konsentrasi yang mematikan untuk waktu pemaparan 48 jam yaitu 7.50×10^3 mg/l. Menurut Koesoemadinata (1983) tingkat daya racun berdasarkan nilai LC-50 besar dari 100 mg/l maka tergolong tingkat daya racun ringan. Berdasarkan kriteria tersebut, dapat disimpulkan bahwa CPO tergolong kedalam senyawa tingkat racun yang rendah. Namun, mengingat banyaknya kasus tumpahan CPO dalam skala tinggi di Perairan Dumai, maka perlu dilakukan uji toksisitas.

Konsentrasi minyak CPO di Perairan Dumai masih dalam kategori normal yaitu sekitar 0.51 mg/l. Apabila konsentrasi yang ada di Perairan Dumai ini terus dengan jumlah tersebut di atas, maka membutuhkan waktu yang lebih dari seluruh siklus hidup dari udang windu untuk menyebabkan efek kronis. Mengingat larva udang windu makin tumbuh besar maka sifat toksit minyak terhadap udang juga semakin rendah. Oleh sebab itu minyak CPO yang ada di Perairan Dumai masih dapat ditolerir oleh biota yang hidup di dalamnya.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Konsentrasi CPO di Kawasan Pesisir Dumai Provinsi Riau belum membahayakan biota yang hidup di dalamnya. Larva udang windu uji (skala laboratorium) yang terpapar CPO dengan konsentrasi $4-400 \times 10^3$ mg/l hingga enam jam tidak mengakibatkan kematian, namun lama pemaparan mulai 12 jam pada konsentrasi 8×10^3 mg/liter bersifat akut pada larva udang windu.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai dampak dari pencemaran CPO di lapangan saat terjadi musibah tumpahan CPO, khususnya di Perairan Dumai terhadap biota laut. Selain itu perlu dilakukan penelitian mengenai dampak dari pencemaran CPO dengan konsentrasi yang rendah dalam waktu yang lebih lama (efek kronis).

DAFTAR PUSTAKA

- Affan JM. 2010. Analisis potensi sumberdaya laut dan kualitas perairan berdasarkan parameter fisika dan kimia di Pantai Timur Kabupaten Bangka Tengah. *Spektra*. 10(2):99-113.
- Almatsier S. 2001. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Jakarta(ID): PT.Gramedia Pustaka Utama.
- Amalia R, Marsi, Ferdinand HT. 2013. Kelangsungan hidup, pertumbuhan dan tingkat konsumsi oksigen ikan patin (*Pangasius sp.*) yang terpapar limbah cair pabrik kelapa sawit. *J. Akuakultur Rawa Indonesia*. 1(2):203-215.
- Atlas RM. 1981. Microbial degradation of petroleum hydrocarbon: an Environmental Perspective. *Microbial Review Atlas*. RM. 1991. Microbial hydrocarbon degradation. *Bioremediation of oil spills*. 45(1) : 180-09.
- Badrun Y. 2008. Analisis kualitas perairan selat rupaat sekitar aktivitas industri minyak bumi kota Dumai. *J. Environmental Science*. 1(2):17-25.
- Darmasih. 1997. Prinsip Soxhlet. **Peternakan.litbang.deptan.go.id/user/ptek97-24.pdf. Tanggal 03 Januari 2015.**
- Deffense. 1985. Fractional of palm oil. *JAOCS*. 62:376-385.
- Effendi H, Utomo BA, Wardiatno Y. 2010. Toksisitas limbah pengeboran minyak terhadap benur udang windu (*Penaeus monodon*). *J. Lingkungan Tropis*. 4(2):93-103.
- Esmiralda. 2010. Uji toksisitas akut limbah cair industri biodiesel hasil biodegradasi secara aerob skala Laboratorium. *J. TeknikA*. 33(1) :73-77
- Fadil MS. 2011. Kajian Beberapa Aspek Parameter Fisika Kimia Air dan Aspek Fisiologis Ikan yang Ditemukan pada Aliran Buangan Pabrik Karet di Sungai Batang Arau. Artikel Ilmiah. Program Pasca Sarjana: Universitas Andalas. Padang.
- Fujaya Y. 2004. *Fisiologi Ikan: Dasar Pengembangan Teknik Perikanan*. Jakarta (ID): Rineka Cipta
- Harmita. 2004. Petunjuk pelaksanaan validasi metoda dan cara perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*. 1(3):119- 122.
- [IPIECA] International Petroleum Industry Environmental Conservation Association. 2000. *Biological Impacts of Oil Pollution: Fisheries*. London(GB): Report Series. p 8.
- Kadarwati S, Noegroho H, Udiharto M. 1996. Bioproses untuk Penanganan Limbah Kilang Migas. Di dalam: *Proceedings Temu Karya Pengolahan 1996*; Jakarta. 1-13.
- Koesoemadinata. 1983. *Pedoman Umum Pengujian Laboratorium Toksisitas Lethal Pestisida pada Ikan untuk Keperluan Pendaftaran*. Jakarta(ID): Komisi Pestisida Departemen Pertanian.
- Leahy JG, Colwell RR. 1990. Microbial degradation of hydrocarbons in the environment. *Microbiological Review*. 54(3):305-315.
- Manurung MEH. 2012 Pengetahuan masyarakat tentang kondisi dan manfaat perairan pesisir di Kawasan Pesisir Dumai Provinsi Riau. *VISI*. 20 (3):1132-1144.

- Meyer BN, Ferrigni NR, Putman JE, Jacobsen LB, Nicols DE, McLaughlin JL. 1982. Brine Shrimp: A Convenient General Bioassay for Active Plant Constituents. *Planta Medica*. 45: 32-33.
- Nedi S, Pramudya B, Riani E, Manuwoto. 2010. Karakteristik lingkungan perairan Selat Rupert. *J. of Environmental Science*. 1 (4):25-35.
- Nedi S. 2012. *Stakeholder* yang berperan dalam pengendalian pencemaran minyak di Selat Rupert. *J. Perikanan dan Kelautan*. 17(1):26-37.
- Nontji, A. 2002. *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan. cet. 3.
- Parwati T, Simanjuntak P. 1998. Daya toksik beberapa tumbuhan obat tradisional Indonesia asal Nusa Tenggara Barat. *J. Biol. Indonesia* 11:118-125.
- Qadeer R, Rehan AH. 2002. A study of the adsorption of phenol by activated carbon from aqueous solutions. *Turk J Chem*. 26: 357 – 361.
- Sanusi HS, Putranto. 2009. *Kimia Laut dan Pencemaran*. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor(ID) : IPB Press.
- Soedarmo DM, Girindra A, Manaf A, Wahab M, Kustaman F, Bintang M, Sulistiani. 1988. Penuntun Praktikum Biokimia. Bogor(ID): Pusat Antar Universitas IPB.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-6144-1999. Produksi Benih Udang Windu *Penaeus monodon* (Fabricius, 1796) Kelas Benih Sebar.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.10-2004. Air dan air limbah-Bagian 10: Cara uji minyak dan lemak secara gravimetri.
- Tania SU, Rita A, Doddy N. 2007. Kinetika Reaksi Transesterifikasi CPO terhadap Produk Metil Palmitat dalam Reaktor Tumpak. Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. KR2-1.
- Tricahyo E. 1995. *Biologi dan Kultur Udang Windu (Penaeus monodon)*:. Jakarta(ID). Akademika Preesindo. p 43.
- Udiharto M. 1996. Bioremediasi Minyak Bumi. di dalam: Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan. Prosiding Pelatihan dan Lokakarya; Cibinong 24-28 Juni 1996. Cibinong: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 24-3.
- United States Environmental Protection Agency (US-EPA). 2002. Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluent and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms (5th ed.). U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC. United States.

Lampiran 1 Langkah-langkah perhitungan nilai LC-50

1. Membuat tabulasi data konsentrasi dan mortalitas berdasarkan waktu pemaparan.

Konsentrasi CPO mg/l	Log konsentrasi mg/l	Jumlah mortalitas					
		0 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam	48 jam
0	0	0	0	0	0	0	0
5x10 ³	2.60	0	0	0	7	9	13
10x10 ³	2.90	0	0	9	19	21	25
100x10 ³	4.90	0	0	11	22	25	25
250x10 ³	5.30	0	0	14	25	25	25
500x10 ³	5.60	0	0	25	25	25	25

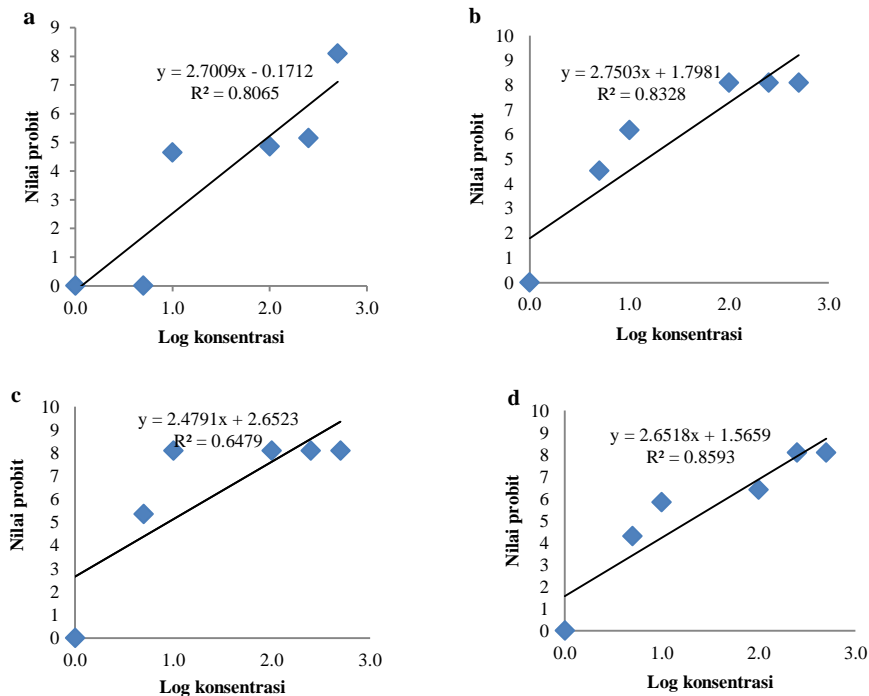
Keterangan :0 = tidak ada kematian

2. Menghitung % mortalitasnya berdasarkan konsentrasi dan waktu pemaparan dengan cara = (Jumlah yang mati / Jumlah total Larva) × 100 %.
3. Menentukan nilai probit (*probability unit*) mortalitas dengan memasukkan ke kolom probit. Mencari nilai probit tinggal dicocokkan dengan tabel probit, misalnya mortalitas 37% nilai probitnya didapat 4.67 dengan melihat pada lajur puluhan dan satuan (30 dan 7).

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	2.67	2.95	3.12	3.25	3.30	3.45	3.52	3.59	3.66
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
30	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
40	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
50	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33
—	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
99	7.33	7.37	7.41	7.46	7.51	7.58	7.65	7.75	7.88	8.09

Meyer *et al.* (1982)

4. Selanjutnya membuat grafik hubungan antara nilai probit mortalitas (sumbu y) dan log konsentrasi (sumbu x) pada waktu pemaparan (a) 12 jam (b) 18 jam (c) 24 jam dan (d) 48 jam.



5. Dari grafik hubungan antara log konsentrasi (sumbu x) dengan nilai probit sumbu y didapatkan persamaan $y = 2.7009x - 0.1712$ dan $R^2 = 0.8065$ (Lampiran 1, point 4a).

6. Penentuan LC-50 (Konsentrasi yang dapat menyebabkan kematian sebesar 50 %) : Nilai probit (y) = 5 (dilihat dari table probit), x = konsentrasi. Perhitungan LC-50 dari persamaan regresi $y = 2.7009x - 0.1712$ dan $R^2 = 0.8065$ adalah sebagai berikut:

$$y = 2.7009x - 0.1712$$

$$x = (5 + 0.1712) / 2.7009$$

$$x = 1.921119$$

$$\text{anti log dari } x = 1.921119$$

$$\text{LC-50} = 83.39101 \text{ ml/l}$$

$$= 66.71 \times 10^3 \text{ mg/l (pada waktu pemaparan 12 jam)}$$

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Aceh pada tanggal 21 November 1988 sebagai anak ke empat dari pasangan M. Yusuf Abdullah dan Rosmani. Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Syiah Kuala, lulus pada tahun 2011. Pada tahun 2013, penulis diterima di Program Studi Ilmu Kelautan pada Program Pascasarjana IPB dan menamatkannya pada tahun 2016.

Semasa kuliah penulis aktif di Laboratorium Kimia Dasar sebagai asisten mata kuliah Kimia Dasar pada tahun 2009-2011.