

22.947/H/05



## TUGAS AKHIR (LL 1327)

### STUDI METODE ALTERNATIF PENGOLAHAN LIMBAH PENGEBORAN DI LAPANGAN MIGAS OYONG MADURA



RS Ke  
665,5389  
Wah  
S-1  
2005

OLEH :

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	5-4-2005
Terima Dari	H/
No. Agenda Prp.	221705

YAYUK TRI WAHYUNINGSIH

4300 100 047

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2005

## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI METODE ALTERNATIF PENGOLAHAN LIMBAH PENGEBORAN DI LAPANGAN MIGAS OYONG MADURA



OLEH :

**YAYUK TRI WAHYUNINGSIH**

4300 100 047

Surabaya, Februari 2005

Mengetahui / Menyetujui

Pembimbing I

Dr. Ir. Mukhtasor, M.Eng  
NIP. 132 105 583

Pembimbing II

Dr. Ir. Haryo D.A., M.Eng  
NIP. 132 133 973

Ketua Jurusan Teknik Kelautan



Ir. Imam Rochani, MSc  
NIP. 131 417 209

## ABSTRAK

Berdirinya industri migas di perairan selat madura dapat menyebabkan potensi lingkungan tercemar semakin tinggi. Potensi ini dipertimbangkan mengingat bahwa limbah pengeboran inculstri migas sarat dengan bahan-bahan kimia yang berupa logam berat, bahan radioaktif serta *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH). Apabila bahan-bahan tersebut, -yang karena proses rantai makanan-, terakumulasi dalam tubuh organisme air (ikan dan kerang) yang selanjutnya dikonsumsi manusia maka dikhawatirkan menyebabkan resiko kontaminasi karsinogen bagi manusia itu sendiri. Untuk mereduksi tingkat toksi bahan-bahan pencemar tersebut sampai pada nilai tertentu dibutuhkan biaya yang mahal. Sehingga perlu dipertimbangkan skenario yang efektif untuk kondisi lokal (selat madura). Berdasarkan 3 skenario yang dipilih yaitu 11%, 7%, dan 3% *base fluid* yang terikut pada cutting maka didapatkan potensi rata-rata masyarakat yang terkena kanker untuk masing-masing skenario yaitu 11%, 7%, dan 3% *base fluid* yang terikut pada cutting maka didapatkan potensi rata-rata masyarakat yang terkena kanker untuk masing-masing skenario yaitu 28, 16 dan 7 jiwa dengan biaya resiko 420 juta, 210 juta, dan 105 juta rupiah. Dari nilai optimum yang diambil dari perpotongan kurva estimasi biaya pengolahan limbah dan biaya resiko kontaminasi karsinogen, didapatkan bahwa reduksi *base fluid* yang terikut pada cutting diperkenankan sekitar 8-9% dengan mempertimbangkan system pembuangan *landfill*.

Kata kunci : *cutting*, resiko kesehatan masyarakat, pengolahan limbah, optimasi biaya

## ABSTRACT

The establishing of oil and gas industry at madura strait had cause higher enviromental pollution potential. This potentioin was considered in order that drilling pollution of oil and gas industry are fully contains heavy metal chemicals, radioactive and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH). If those pollutant chemicals, which caused by food chain, are accumulate in water organism (fish and clamps) and then consumed by human, it is woorded can cause casinogen contamination risk on human it self. To reduces the poisoning level of those pollutant chemicals until certain level are very expensive. In that case it is need to consider the effective scenario for local condition (Madura strait). Based on 3 skenarios choosen, consecutively 11%, 7% and 3% base fluid which is contained in cuttings, we will get the mean potention of community which had cancer for each scenario, consecutively 28, 16 and 7 lives with risk cost 420, 210 and 105 million rupiahs. From the optimum value which is the intersection of processing cost estimation curve and casinogen contamination risk cost curve, we will get proposed to reduce pollutant which ic contained in waste until 8-9%.

Keywords : *cutting*, risk of human health, waste treatment, coat optimition

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan studi mengenai pengaruh adanya limbah pengeboran minyak milik Santos di perairan Madura.

Studi ini mengkaji skenario-skenario pembuangan limbah dengan mempertimbangkan nilai resiko kesehatan masyarakat dan biaya pengolahan. Resiko kesehatan mayarakat ini dipertimbangkan sebagai akibat masuknya logam berat (yang terkandung dalam limbah pengeboran) yang menyebabkan ikan terkontaminasi dan karena proses rantai makanan selanjutnya akan menyebabkan resiko kanker bagi masyarakat yang mengkonsumsinya. Resiko kesehatan mayarakat berupa potensi terkena penyakit.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, baik berupa bimbingan, saran, dorongan moril serta bantuan materi. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Dr. Ir. Mukhtasor, M Eng selaku Pembimbing I
2. Dr. Ir. Haryo .D.A, M Eng, Es selaku Pembimbing II
3. Suamiku tercinta, “Mr. Pablo”, dan anakku tersayang yang sedang aku kandung, telah memberikan kesempatan dan motivasi tiada henti. Aku tidak akan bisa berhasil tanpa kalian.
4. Bapak, Ibu, Mertua serta saudara-saudaraku atas do'a restunya.
5. Sahabat-sahabatku, Ira, Indah, Adi, Maulid, dan Maulana yang telah memberikan masukan dan bantuan.
6. Mbak Santi, Totok, dan teman-teman seperjuangan. Ayo Semangat!!! Jalan masih panjang, dibalik pintu keluar masih ada jalan yang harus kita tempuh lagi
7. Semua teman-teman angkatan 2000.
8. Semua pihak yang telah membantu.

Akhir kata, tak ada gading yang tak retak. Kritik dan saran sangat diperlukan untuk hasil yang lebih baik. Terimakasih.

Surabaya, 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

Abstrak	.....	i
Kata Pengantar	.....	ii
Daftar Isi	.....	iii
Daftar Tabel	.....	iv
Daftar Gambar	.....	ix
Daftar Lampiran	.....	x
Bab 1. Pendahuluan	.....	1
1.1. Latar Belakang	.....	1
1.2. Perumusan Masalah	.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	.....	3
1.4. Manfaat Penelitian	.....	3
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	.....	4
1.6. Sistematika Penulisan	.....	4
Bab 2. Tinjauan Pustaka	.....	6
2.1 Pencemaran	.....	6
2.2 Aktivitas Pengeboran (Drilling)	.....	7
2.2.1 Drilling Fluid (Lumpur Bor)	.....	13
2.2.2 Cutting	.....	18
2.3 Model Penyebaran Polutan	.....	19
2.4 Pencemaran Logam Berat dalam Air	.....	19
2.4.1 Logam Berat	.....	21
2.4.2 Kontaminasi Logam Berat pada Ikan dan Kerang	.....	22
2.4.3 Karsinogen	.....	24
2.5 Prosedur Kuantifikasi Rasio Kesehatan Masyarakat	.....	26
2.5.1 Identifikasi Bahaya (Hazard Identification)	.....	26

2.5.2 Penilaian Dosis – Respon (Dose – Response Assessment) .....	27
2.5.3 Penilaian Paparan (Exposure Assessment) .....	28
2.5.4 Penilaian Resiko (Risk Characterization).....	29
2.6 Optimasi Biaya .....	30
2.6.3 Biaya Resiko Kesehatan .....	30
2.6.4 Biaya Pengolahan Limbah .....	31
Bab 3. Metodelogi Penelitian .....	35
3.1 Diagram Alir Metode Penelitian .....	35
3.2 Metode Penelitian .....	36
Bab 4. Analisis Hasil dan Pembahasan .....	42
4.1 Kondisi Lingkungan Perairan Selat Madura .....	42
4.2 Estimasi Volume Limbah Pengeboran .....	44
4.3 Arus Rata – Rata di Lapangan Migas Oyong .....	44
4.4 Penyebaran Pollutant .....	45
4.6 Perhitungan Konsentrasi Polutan di Perairan .....	46
4.6.1 Konsentrasi Polutan di Water Column .....	46
4.6.2 Konsentrasi Polutan di Pore Water .....	48
4.7 Konsentrasi Polutan pada Organisme .....	50
4.8 Penilaian Resiko Kesehatan Masyarakat.....	52
4.9 Diskusi.....	60
Bab 5. Kesimpulan dan Saran.....	62
Daftar Pustaka	
Lampiran	

## **Daftar Tabel**

Tabel 2.1	Sumur Produksi yang Terdapat di Lapangan Migos Oyong .....	11
Tabel 2.2	Lumpur yang Digunakan dalam Pengeboran .....	11
Tabel 2.3	Limbah yang Dihasilkan dari Kegiatan Pengeboran .....	12
Tabel 2.4	Volume SBF – Cutting yang Dihasilkan Tiap Model Sumur .....	16
Tabel 2.5	Karakteristik Model Sumur .....	16
Tabel 2.6	Konsentrasi Logam Berat pada Barite .....	17
Tabel 2.7	Karakteristik Formation Oil .....	18
Tabel 2.8	Parameter yang digunakan dalam perhitungan resiko karsinogen....	19
Tabel 4.1	Estimasi Volume Limbah Pengeboran .....	44
Tabel 4.2	Penentuan Kecepatan Arus Rata-rata .....	45
Tabel 4.3	Estimasi Konsentrasi Polutan di Water Column .....	47
Tabel 4.4	Estimasi Konsentrasi Polutan di Pore Water .....	49
Tabel 4.5	Konsentrasi Logam Berat untuk Beberapa Skenario .....	50
Tabel 4.6	Hasil Estimasi Perhitungan Resiko Karsinogen .....	56
Tabel 4.7	Estimasi Rata-rata Resiko Karsinogen .....	57
Tabel 4.8	Hasil Estimasi Pengolahan Limbah .....	58

# BAB I

## PENDAHULUAN

Cipta Karya  
(031) 5941926

Akibat kontaminasi karsinogen ini, masyarakat harus mengeluarkan biaya untuk pengobatan. Semakin tinggi resiko masyarakat terkontaminasi logam berat, semakin besar biaya yang harus dikeluarkan. Disisi lain, tingkat pencemaran logam berat berkaitan dengan proses pengolahan limbah yang dilakukan dan akan berpengaruh terhadap biaya yang harus dikeluarkan oleh industri. Semakin kecil konsentrasi yang dihasilkan dari suatu sistem pengolahan, semakin tinggi biaya yang dikeluarkan.

Oyong merupakan salah satu lapangan usaha pertambangan Migas yang terletak di Selat Madura. Kegiatan eksplorasi di lapangan Oyong dimulai sejak tahun 2001 dengan dilakukannya pemboran Sumur Oyong-1 (mei 2001), Oyong-2 (juni 2001), dan Oyong-3 (oktober 2001). Sebagai kegiatan industri, sudah tentu aktivitas ini akan menghasilkan suatu limbah yang nantinya akan mempengaruhi keseimbangan lingkungan khususnya perairan di kawasan tersebut.

Hal ini terjadi karena dalam *drilling fluid*, -yang berfungsi sebagai stabilisator tekanan, sistem pendingin, pelumas mata bor serta sistem transportasi bagi *cutting* pada reservoir-, tersusun dari bahan-bahan yang mengandung minyak (Diesel ataupun crude oil), Polynuclear Aromatic Hidrocarbon (PAH), mineral logam (berat) dan bahan radioaktif (Barite). Dan ketika *drilling fluid* berfungsi sebagai sistem transportasi bagi *cutting* pada reservoir, sudah tentu ia akan tercampur dengan *cutting* dan menyebabkannya tercemar.

Dalam proses pengeboran selanjutnya *cutting* akan dipisahkan dari *drilling fluid* dan material-material lain yang menempel padanya. *Drilling fluid* (yang masih dapat dipakai) akan dipakai kembali dalam proses drilling sedangkan sisa *lumpur pengeboran* yang tidak terpakai serta *cutting* (yang sudah tercemari) tersebut akan dipisahkan dari sistem drilling dan dianggap sebagai limbah yang nantinya akan dibuang. Padahal menurut hasil penelitian Santos (2003), beberapa mineral logam di perairan Selat Madura telah dan bahkan melebihi ambang batas yang dipersyaratkan di perairan.

Limbah pengeboran, -*cutting*-, tersebut bersifat toksik karena telah tercemari oleh *drilling fluid* sehingga sebelum dibuang ke lingkungan perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut. Pengolahan limbah pengeboran ini dimaksudkan untuk mengurangi resiko lingkungan terutama bagi kesehatan manusia yang ditengarai sebagai efek karsinogen (penyebab

kanker). Dalam studi ini pengelolaan tersebut dilakukan dalam beberapa alternatif skenario untuk membandingkan biaya resiko karsinogen dan biaya pengolahannya sehingga didapatkan suatu nilai (*trade off*) yang dapat dipakai sebagai pertimbangan dalam pengolahan limbah di kawasan tersebut (Lapangan Oyong).

Berangkat dari pemikiran tersebut maka diperlukan suatu kajian yang lebih intensif guna mendapatkan skenario alternatif pengelolaan yang ramah lingkungan dan ekonomis terhadap pemberiayanya.

### I.2 Permasalahan

Permasalahan yang hendak diselesaikan dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana menentukan skenario penanganan/pengolahan limbah pengeboran berdasarkan nilai resiko dan biaya ?
2. Bagaimana menentukan nilai alternatif pengolahan (*trade off*) yang paling sesuai dengan kondisi lokal?

### I.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menentukan skenario penanganan/pengolahan limbah pengeboran berdasarkan nilai resiko dan biaya
2. Menentukan skenario alternatif yang paling sesuai dengan kondisi lokal (lapangan Migas Oyong Madura).

### I.4 Manfaat

Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk membandingkan skenario yang sedang berlangsung di daerah studi dengan skenario alternatif pengolahan yang memungkinkan di daerah tersebut. Studi ini diharapkan mampu mendapatkan metode alternatif pengelolaan/penanganan limbah pengeboran yang paling sesuai di kondisi lokal yang lebih mempertimbangkan biaya akibat resiko lingkungan dan biaya pengolahan limbah sehingga dinilai mampu untuk menjaga keseimbangan lingkungan dan tidak menimbulkan gangguan kerusakan dan bahaya bagi masyarakat di sekitarnya.



### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk mempersempit ruang lingkup dan mempermudah penggerjaan Tugas Akhir ini, maka perlu adanya batasan-batasan sebagai berikut :

1. Diasumsikan bahwa air laut belum tercemari oleh limbah lain atau dengan kata lain bahwa kandungan polutan yang sudah ada di perairan tersebut tidak dimasukkan dalam analisa perhitungan resiko lingkungan (metode *end of pipe approach*).
2. Kecepatan arus yang dipakai adalah kecepatan rata-rata yang diperoleh secara aritmatik.
3. Konsentrasi pencemar (polutan) yang dihitung hanya beberapa logam berat dan bahan organik yang dinilai sangat besar pengaruhnya terhadap keseimbangan lingkungan (berbahaya).
4. Metode Brandsma yang melibatkan dua fungsi yaitu konsentrasi toksik dan waktu penyebaran diperhitungkan untuk menentukan banyaknya dilusi yang terjadi di *mixing zone*.
5. Organisme yang diperhitungkan konsentrasi polutan dalam tubuhnya adalah ikan dan kerang. Hal ini karena kedua organisme tersebut mampu mengeluarkan banyak logam (polutan) yang terserap secara tidak normal dan mengakibatkan pengaturan kepekatan dalam tubuh pada tingkat yang paling normal.
6. Resiko lingkungan yang diperhitungkan berupa resiko kesehatan pada manusia yang menyebabkan efek karsinogen (penyebab penyakit kanker).
7. Resiko lingkungan yang berupa efek karsinogen dari beberapa logam berat dan bahan organik diakumulasikan (bersifat additif) dan dibandingkan dengan biaya pengolahannya.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang dipakai dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

Halaman Muka

Lembar Pengesahan

Abstrak

Kata Pengantar

Daftar Isi

Daftar Tabel

Daftar Gambar

Daftar Lampiran

Bab 1. Pendahuluan

- 1.1. Latar Belakang
- 1.2. Perumusan Masalah
- 1.3. Tujuan Penelitian
- 1.4. manfaat Penelitian
- 1.5. Ruang Lingkup Penelitian
- 1.6. Sistematika Penulilsan

Bab 2. Tinjauan Pustaka

- 2.1 Pencemaran
- 2.2 Aktivitas Pengebora (Drilling)
- 2.3 Model Penyebaran Polutan
- 2.4 Pencemaran Logam Berat dalam Air
- 2.5 Prosedur Kuantifikasi Rasio Kesehatan Masyarakat
- 2.6 Optimasi Biaya

Bab 3. Metodelogi Penelitian

- 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian
- 3.2 Metode Penelitian

Bab 4. Analisis Hasil dan Pembahasan

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

Daftar Pustaka

Lampiran

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Cipta Karya  
(031) 5941926

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pencemaran

Pencemaran lingkungan hidup dalam UU No. 4/1992 yang diperbarui dengan UU No. 2/1997 didefinisikan sebagai peristiwa masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain dalam lingkungan dan/atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Anonim, 2000).

Pencemaran laut pesisir pada umumnya terjadi karena adanya pemusatan penduduk, pariwisata, dan industrialisasi di daerah pesisir. Aktivitas-aktivitas tersebut baik secara langsung atau tidak langsung dapat mengganggu kehidupan di perairan laut dan pesisir (Supriharyono, 2000).

Limbah industri termasuk sumber bahan pencemar yang ada di perairan termasuk perairan pesisir atau laut. Dalam banyak hal meskipun limbah industri tersebut sudah diproses menggunakan Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL), permasalahan lingkungan masih sering muncul di daerah industri (Dahuri, dkk, 2001).

Dalam US EPA 1993 disebutkan bahwa pencemaran laut di lokasi pengeboran terutama disebabkan oleh penyebaran lumpur bor dan serbuk bor yang keduanya merupakan hasil aktivitas pengeboran. Meski banyak sekali limbah berbahaya yang dihasilkan selama aktivitas pengeboran dan produksi, namun hanya lumpur bor dan serbuk bor yang bersifat racun dibanding yang lain, sebagaimana dipaparkan oleh Bishop, P.L dalam Marine Pollution and Its Control (1983). Hal ini terjadi karena lumpur bor tersusun dari minyak, logam berat dan bahan organik. Apabila lumpur bor tercampur ke dalam serbuk bor, yang nantinya akan dibuang ke lingkungan sebagai limbah. Akibatnya serbuk bor juga bersifat toksik sebagaimana lumpur bor.

Menurut Triatmojo (1991), Pencemaran yang menimpa laut sangat membahayakan kelestarian air laut. Karena meskipun laut mempunyai kemampuan untuk menetralisir,- dengan cara menguraikan, mencairkan, menyebarkan, dan mengembalikan zat-zat hara ke dalam siklus ekosistem-, tapi kemampuan ini tidak tak terbatas. Artinya apabila kadar polutan sudah melebihi kemampuan (ambang batas) yang dimilikinya, maka polutan yang masuk tidak dapat dinetralisir oleh laut dan air laut akan tercemar. (Soehardjo, 1999).

Pencemaran tersebut mengakibatkan kualitas laut turun sampai ke tingkat tertentu sehingga tidak sesuai lagi dengan baku mutu dan/atau fungsinya. Akibatnya, material pencemar (pollutan) tersebut harus dikelolah lebih lanjut serta dibuang di sarana pengelolaan limbah sesuai dengan PPRI No. 19 Tahun 1999.

Dalam Santos (2003) disebutkan bahwa serbuk bor dapat dibuang ke laut bila kandungan hidrokarbonnya  $< 150$  gr/kg HC. Dan untuk mengetahui tingkat toksitas dari lumpur bor dilakukan analisis LC50 96 jam terhadap lumpur segar dan lumpur bekas. Apabila hasil uji LC50 96 jam terhadap lumpur bekas menunjukkan hasil yang tidak toksik ( $> 30.000$  ppm), maka lumpur dapat langsung dibuang ke laut.

Demikian pula untuk lapangan Migas Oyong yang terletak di lepas pantai Pulau Madura. Adanya aktivitas drilling di sana, tentunya akan menghasilkan limbah berupa lumpur bor dan serbuk bor . Dan apabila limbah ini dibuang ke laut dengan kadar toksik yang melebihi kemampuannya untuk menetralisir, maka air laut akan tercemar. Untuk menghindar hal ini, maka perlu pengelolaan terlebih dahulu sebelum limbah dibuang ke laut.

Dalam pengelolaan limbah ini perlu mempertimbangkan resiko lingkungan yang terjadi, -sebagai akibat dari penurunan kualitas air laut-, selain harga dari teknologi pengelolaan itu sendiri. Sehingga diperlukan beberapa skenario pengelolaan untuk menentukan satu alternatif pengelolaan yang tepat agar dicapai nilai keluaran yang merupakan nilai optimum antara resiko lingkungan dan biaya pengelolaan.

## 2.2 Aktivitas Pengeboran (Drilling)

Guna didapatkan hidrokarbon secara efektif dari sebuah reservoir maka beberapa sumur dibor dengan formasi yang berbeda pada beberapa bagianya. Karena sumur terletak langsung di bawah platform, maka teknik khusus pengeboran perlu digunakan untuk

mempenetrasi bagian yang berbeda dari reservoir (EPA, 1993). Teknik tersebut disebut dengan *controlled directional drilling*. *Directional drilling* meliputi pengeboran bagian paling atas dari sumur dan pengeboran langsung pada lokasi sumur yang dituju. *Directional drilling* juga memerlukan penggunaan lumpur bor khusus untuk mencegah kenaikan temperatur yang berlebihan dan keretakan pipa akibat penambahan tegangan pada *drill bit* dan *drill string*.

Menurut EPA 1993 *Directional drilling* dapat juga disebut dengan *rotary drilling* (pengeboran putar), yaitu proses pengeboran yang digunakan untuk mengebor sumur. Tenaga putarnya diperoleh dari *diesel engine* (komponen tenaga) yang disalurkan ke *drawwork* (pusat kontrol). Pusat kontrol kemudian mentransmisikan tenaga yang ada ke *rotary table* (meja putar) dan *derrick* atau *mast* (menara bor) untuk dipergunakan dalam operasi pengeboran. Meja putar ini dipakai untuk memutar rangkaian pipa bor. Selanjutnya, rangkaian pipa bor dengan mata bor yang ada dibawahnya berfungsi sebagai penetrasi lapisan batu-batuhan (tanah).

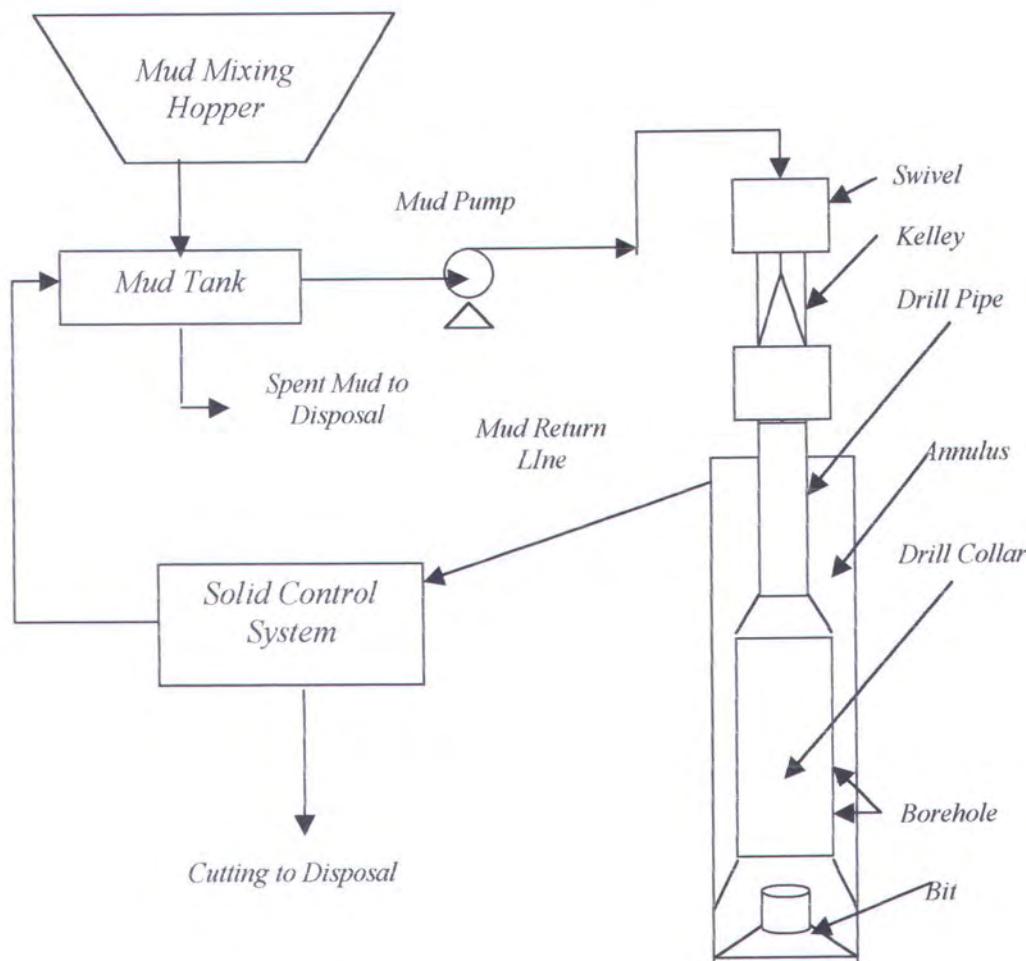
Operasi pengeboran ini dilakukan hingga menembus lapisan batu-batuhan pada kedalaman yang dikehendaki. Pengeboran dihentikan pada setiap lebih kurang 30 kaki untuk penambahan *drill pipe* (pipa bor) atau *drill collar* (setang bor) pada bagian atas rangkaian *drill string* (pipa bor). Pengeboran dilanjutkan kembali setelah penambahan selesai. Jumlah pipa bor yang digunakan pada saat pengeboran tergantung pada kedalaman sumur yang akan dibor. Untuk sumur dengan kedalaman sampai 9000 kaki kira-kira akan memerlukan pipa bor sebanyak 300 buah, dengan asumsi panjang pipa standard adalah 30 kaki. (Wahyudi,1997)

Rangkaian pipa bor beserta mata bornya akan berputar pada kecepatannya antara 40 sampai 250 putaran permenitnya. Kecepatan tinggi digunakan pada lapisan tanah (batu-batuhan) yang relatif lunak sedang kecepatan rendah biasanya dipakai pada batu-batuhan yang relatif keras. Disamping itu keadaan kekerasan dari lapisan batuannya juga menentukan jenis dari mata bor yang akan dipakai. Sehingga secara umum dibedakan tiga jenis mata bor yang akan dipakai untuk melaksanakan operasi pengeboran, yaitu: untuk lapisan tanah yang lunak, sedang serta lapisan tanah yang keras.

*Rotary drilling* dilengkapi dengan sistem sirkulasi untuk lumpur bor dan untuk mengeluarkan serbuk bor dari lubang sumur dan ujung mata bor.

Lumpur bor adalah campuran air, lumpur khusus, beberapa mineral dan bahan kimia. Lumpur bor ini dipompakan ke dalam lubang pengeboran untuk memudahkan mata bor masuk ke dalam tanah. Mata bor ini akan memotong lapisan tanah yang ada di bawahnya yang biasa disebut *drill cutting* (serbuk bor), sehingga terjadi pencampuran antara material hasil pengeboran dengan lumpur bor. (EPA 1993).

Selanjutnya serbuk bor , *silt* dan *sand* akan dipisahkan dari lumpur bor dengan sebuah *solid control processing* (proses pengontrolan padatan) yang terdiri dari *tipe shale shaker*, *desilter* dan *desander*. Gambar 2.1 di bawah ini adalah diagram alir dari sistem sirkulasi lumpur bor. Beberapa lumpur bor akan tercampur dengan serbuk bor setelah pengontrolan padatan. Apabila serbuk bor, *silt*, *sand* dan residu dari *drilling fluid* tidak mengandung minyak mentah, mereka akan dibuang langsung ke laut. Tapi bila serbuk bor terkontaminasi dengan minyak dari formasi ataupun dari minyak bahan dasar lumpur maka akan dikumpulkan dalam *cutting box* dan akan dibuang sebagai limbah. (EPA 1993) .



**Gambar 2.1 Tipe Sistem Sirkulasi Drilling Fluid (EPA, 1993)**

Di lapangan Migas Oyong terdapat 3 sumur produksi yaitu Oyong-1, Oyong-2, dan Oyong-3, dimana dalam rencana pengembangannya akan dibor 3 sumur minyak dan 2 sumur gas (Tabel 2.1). Untuk pengembangannya digunakan lumpur bor berbahan dasar air (Water Base Mud) dan lumpur bor sintetik berbahan dasar Minyak (Synthetic Oil Base Mud). Jenis Lumpur yang digunakan disampaikan pada Tabel 2.2.

Limbah yang dihasilkan dari kegiatan pengeboran meliputi Lumpur bekas jenis WBM, cuttings, limbah cair dan limbah padat domestik. Perkiraan jumlah pengeboran yang dihasilkan disajikan dalam Tabel 2.3. Lumpur bekas hasil pengeboran akan dikirim langsung ke kontraktor di darat sedangkan cutting direncanakan akan dibuang dengan *system landfill*.

Tabel 2.1 Sumur Produksi yang terdapat di Lapangan Migas Oyong

(Santos, 2003)

	Oyong-1	Oyong-2	Oyong-3
Koordinat	113° 21'44.77" E 07° 17'26.35" S	113° 21'44.39" E 07° 17'26.35" S	113° 22'41.22 "E 07° 17'21.009" S
Kedalam Air	44,5 m	41,4 m	41,3 m
Kedalaman Sumur	1.068 m	1.935 m	1.125 m

Tabel 2.2 Lumpur yang Digunakan dalam Pengeboran

(Santos, 2003)

Hole Size	Kedalaman (m)	Volume Lumpur		Jenis dan Komposisi Lumpur	Cuttings	
		Barrels	m <sup>3</sup>		Barrels	m <sup>3</sup>
36"	84	1.100	174,88	<b>WBM-Sea water, Hi Vis Sweeps.</b> Bentonite, Barite, Caustic Soda, Soda Ash, XCD Polymer	350	55,64
26"	1.200	3.000	476,95	<b>WBM10%KLC/PHPA.</b> Bentonite, Barite, Caustic Soda, Polypac R, Polypac UL, Sodium Bicarbonate, Soda Ash, KCL, PHPA	2.400	381,56
22"	1.700	3.100	492,85	<b>OBM (Synthetic Oil Base Mud)</b> Barite, Lime, CaCl <sub>2</sub> Versacom A, Versatrol, VG-S9, Base Oil, Versawet.	750	119,24
17 1/2"	2.600	1.000	158,98	<b>OBM (Synthetic Oil Base Mud)</b> Barite, Lime, CaCl <sub>2</sub> Versacom A, Versatrol, VG-S9, Base Oil, Versawet	900	143,08
12 1/4"	4.200	500	79,, 9	<b>OBM (Synthetic Oil Base Mud)</b> Barite, Lime, CaCl <sub>2</sub> Versacom A, Versatrol, VG-S9, Base Oil, Versawet	750	119,24
8 1/2 "	4.800	200	31,80	<b>OBM (Synthetic Oil Base Mud)</b> Barite, Lime, CaCl <sub>2</sub> Versacom A, Versatrol, VG-S9, Base Oil, Versawet	150	23,85

Tabel 2.3 Limbah yang dihasilkan dari Kegiatan Pengeboran  
(Santos, 2003)

Ukuran Hole	Kedalaman M MD	Volume Lumpur bekas				Cuttings			
		WBM		OBM		WBM		OBM	
		(bbl)	m <sup>3</sup>	(bbl)	m <sup>3</sup>	(bbl)	m <sup>3</sup>	(bbl)	m <sup>3</sup>
36"	84	1.100	175	-	-	350	56	-	-
26"	1.200	3.000	477	-	-	2.400	382	-	-
22"	1.700	3.100	493	-	-	750	119	-	-
17 1/2"	2.600	-	-	1.000	159	-	-	900	143
12 1/4"	4.200	-	-	500	80	-	-	750	119
8 1/2"	4.800	-	-	200	32	-	-	150	24
Jumlah yang dihasilkan setiap sumur		7.200	1.145	1.700	271	3.500	557	1.800	286
Limbah yang dihasilkan dari Lapangan Oyong (5 sumur)		36.000	5.725	8.500	1.355	17.500	2.785	9.000	1.430

### 2.2.1 Drilling Fluid (Lumpur Bor)

Dalam wahyudi, 1997 dijelaskan bahwa disaat mata bor menekan dan berputar pada lapisan batu-batuan, lapisan batu-batuan tersebut akan terpotong-potong dalam bentuk serbuk bor. Serbuk bor tersebut harus segera dikeluarkan dari sumur bor agar tidak mengganggu proses pengeboran. Lumpur bor adalah cairan khusus yang dibuat sedemikian rupa sesuai dengan keadaan lapisan batu-batuan yang akan dibor dan merupakan elemen yang paling penting dalam pelaksanaan pengeboran. Campuran khusus ini bisa berupa air atau minyak diesel dengan campuran beberapa bahan kimia. Lumpur bor tersebut dipompakan melalui rangkaian pipa pengeboran ke bawah menuju mata bor yang dalam keadaan berputar dengan kecepatan yang cukup tinggi. Dari mata bor akan naik ke atas melalui ruangan antara dinding sumur dan rangkaian pipa pengeboran sambil membawa serbuk bor.

Dipermukaan, lumpur bor mengalir melewati beberapa peralatan seperti *shaleshaker* (pengayak lumpur bor), *desander* (peralatan pemisah pasir) untuk pembersihan. Serbuk bor dibuang dengan menggunakan pengayak lumpur sedangkan lumpur bornya direkondisi untuk dipakai kembali. Disamping berfungsi sebagai pengangkat serbuk bor dari sumur bor ke permukaan, lumpur bor juga berfungsi untuk mendinginkan mata bor dan sekaligus

mengontrol tekanan yang datang dari dalam sumur pada saat mata bor menembus lapisan yang bertekanan. *Blow out* (Semburan liar) dapat terjadi bila *hydrostatic head* (tekanan hidrostatik) dari lumpur bor lebih rendah dari tekanan yang datang dari sumur.

Oleh karena itu tekanan dari lumpur bor biasanya lebih tinggi dari tekanan reservoir untuk menghindari penyemburan liar. Namun demikian tekanan yang tinggi dari lumpur bor ini akan dapat mengakibatkan tersumbatnya porositas dari batu-batuhan reservoir (Andriasov, et al, 1976 dalam Wahyudi, 1997). Hal ini disebabkan karena sejumlah lumpur pengeboran akan meresap ke dalam pori-pori batuan reservoir, sehingga akan mengganggu aliran minyak/gas ke dalam sumur bor.

*Drilling fluid* atau lumpur bor adalah suspensi padat dan material lainnya yang berbahan dasar air atau minyak. Lumpur ini banyak sekali mengandung bahan-bahan kimia yang bersifat toksik terhadap lingkungan. Komponen-komponen yang menyusunnya antara lain *Barite, Clay, Lignosulfonates, lignites* dan beberapa zat additif lainnya.

Kebanyakan *drilling fluid* system berbahan dasar air, meskipun bahan dasar minyak masih tetap digunakan untuk proyek pengeboran khusus. Lumpur bor berbahan dasar minyak mempunyai kemampuan menstabilkan temperatur untuk kondisi pengeboran khusus di sumur yang dalam.

Properti yang umum dipakai dalam lumpur bor sebagai *mud engineer control* adalah sebagai berikut : *Rheology, Density, Fluid Loss Controll, Lubricity, Corrosion dan Scale Control, Solvent, Low Solid* serta *Bactericides*.

### 2.2.2 Cutting

Serbuk bor adalah potongan kecil-kecil dari formasi batuan akibat putaran dari *drill bit* (mata bor). Serbuk bor dikeluarkan dari lubang pengeboran mrlalui lumpur bor. *Drill solid* (partikel bor yang padat) terdispersi ke dalam lumpur bor yang secara signifikan mempengaruhi rheological properties dari lumpur. *Solid control* adalah proses pemisahan konsentrasi butiran *drill solid* dalam lumpur bor pada saat tertentu secara konstan. Metode *solid control* secara umum adalah berupa *dilusi* (pengenceran), *displacement* (perbedaan berat) dan *mechanical removal* (pembuangan secara mekanis). Dalam industri

pengeboran lepas pantai kombinasi dari ketiganya sangat menentukan kandungan padatan dalam lumpur bor .

Ketika mencapai permukaan , serbuk bor dan fluida lainnya akan memasuki system control padat. Dasar dari system kontrol padat ini adalah *shale shaker*, *desander* dan *desilter*. (Perhatikan Gambar 2.2 di bawah ini.).

*Shaleshaker* adalah bagian mekanik yang terdiri dari sebuah mud box (yang didesain sedemikian rupa sehingga mampu mendistribusikan lumpur terhadap screen surface), sebuah *vibrating assembly* dan *deck*, serta *stationary bed* yang membelokkan screened *drilling fluid* terhadap arah mud tank system. *Shaleshaker* didesain untuk memisahkan drill solid dengan ukuran 74 mikron atau lebih. Parameter yang mempengaruhi performance dari *shaleshaker* adalah ukuran dan tipe *shaker screen*, besar gaya gravitasi saat mengayak, *drilling fluid properties* dan *solid loading*.

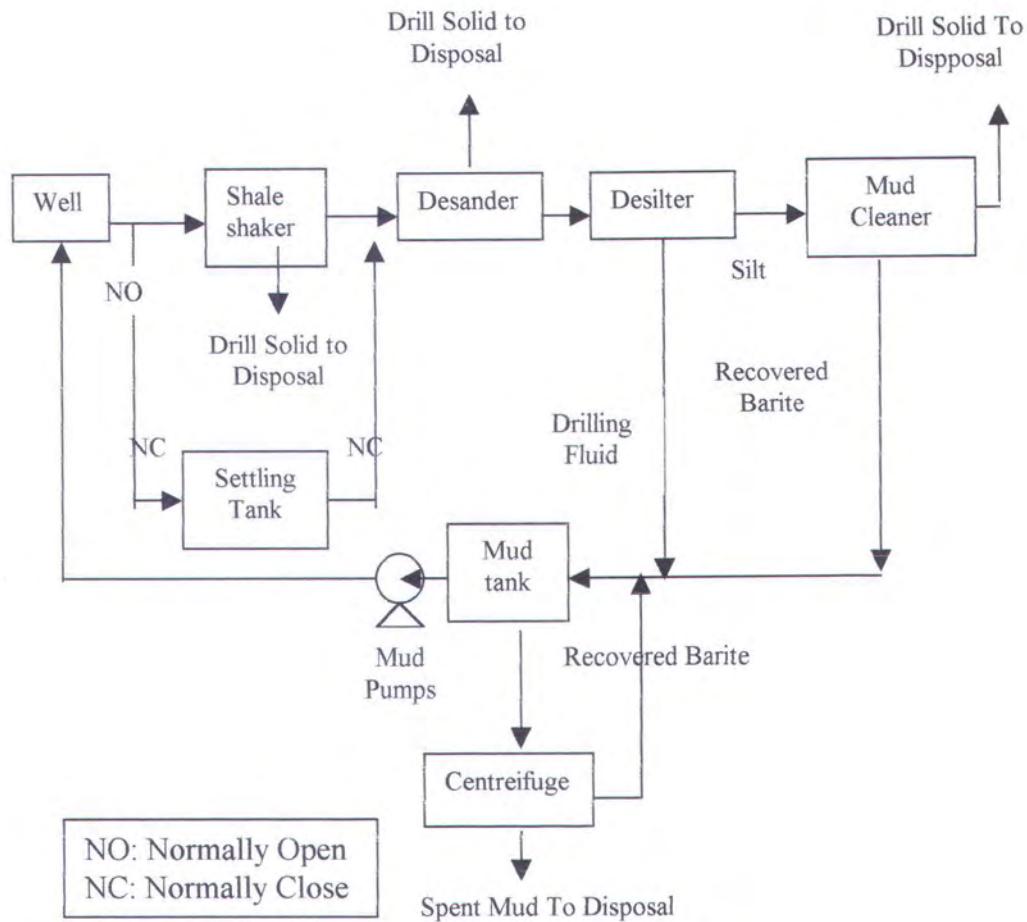
*Desander* adalah sebuah hydrocyclone yang mampu memisahkan partikel pasir dengan ukuran lebih besar dari 44 mikron dengan gaya sentrifugal. Lumpur bor yang mengandung pasir dengan persentase yang tinggi mengakibatkan masalah viskositas dan kelebihan berat.

*Desilter* adalah hydrocyclone yang mampu memisahkan *silt* yang berukuran 8 mikron dengan gaya sentrifugal. Lumpur bor yang mengandung butiran *silt* tinggi berakibat kecenderungan rusaknya bagian sisi dinding.

*Mud cleaner* adalah *desilter* yang dikombinasikan dengan *vibrating screen* yang berakibat terpisahnya padatan di bagian bawah dari screen sebelum discharge dikeluarkan. Di sini perlu sekali ditimbang berat lumpur, karena persentase *barite* yang tinggi akan berada di bawah aliran (dan dikeluarkan dari mud circulating system) sebab *barite* berukuran lebih besar dari 10 mikron. Jadi, jenis mesh screen dengan pintu 74 mikron digunakan untuk parrtikel yang berukuran lebih kecil dari 74 mikron (*barite*) sehingga ia mampu melewati screen dan berbelok ke *mud system*.

“*Barite recovery*” *centrifuge* digunakan untuk mengontrol viskositas lumpur dengan menambahkan fine *solid removal* dan *barite recovery*. *Centrifuge* juga dipakai untuk

*secondary recovery* dari liquid dan bahan kimia yang dengan normal menghilang dari reserve tank.



Gambar 2.2 Tipe Solid Control System untuk Drilling Fluids dan Drill Cutting  
(EPA, 1993)

Dari data limbah yang disajikan dalam Tabel 2.3 di atas, dalam kasus ini yang dipakai adalah data *cutting* (serbuk bor) terutama yang mengandung Synthetic Oil Base Mud. Disebutkan di atas bahwa jumlah cutting yang mengandung SBM yang dihasilkan tiap sumur adalah sebesar 1800 barrel atau sekitar 286 m<sup>3</sup>. Kadar polutan yang terkandung dalam cutting ditentukan dengan mengacu pada hasil estimasi volume SBF-Cutting oleh USEPA seperti tersaji dalam Tabel 2.4 dan Tabel 2.5.

Tabel 2.4 Volume SBF-Cutting yang Dihasilkan Tiap Model Sumur

(USEPA, 1999)

Parameter	Perairan Dangkal (<1000 ft)		Perairan Dalam (>1000 ft)	
	Development	Exploratory	Development	Exploratory
SBF interval volume (bbls)	526	1.101	795	1.768
SBF interval volume+7.5% washout (bbls)	565	1.184	855	1.901
Dry Cutting per interval volume (lbs)	514.150	1.077.440	778.050	1.729.910

Tabel 2.5. Karakteristik Model Sumur (USEPA, 1999)

Parameter	Perairan Dangkal (<1000 ft)		Perairan Dalam (>1000 ft)	
	Development	Exploratory	Development	Exploratory
Cutting (lb) (=TSS berikatan dengan drill cutting)	514.150	1.077.440	778.050	1.729.910
padatan sbg barite (lbs) (=TSS berikatan dengan drilling fluid).				
@ 11%	51.818	108.558	78.414	174.346
@ 7%	29.661	62.158	44.886	99.799
Jumlah SBF yang berikatan dengan drilling fluid (lbs).				
@ 11%	73.834	154.714	111.730	248.420
@ 7%	42.287	88.616	63.992	142.279
Jumlah kontaminasi minyak (crude 0.2% vol). (lbs)				
@ 11%	228	478	345	767
@ 7%	131	274	198	440

USEPA hanya memodelkan sumur dalam 2 skenario pengolahan yaitu Current Technology (11%) dan Discharge option (7%) sedangkan pada Oyong sendiri telah menggunakan

skenario pengolahan 3% (Oyong Skenario). Sehingga nilai komposisi dari 3% didapatkan dari nilai rata-rata hasil estimasi untuk 11% dan 7%.

Estimasi untuk skenario 3% digunakan persamaan di bawah ini:

Jika  $11\% \times A = B$  dan  $7\% \times C = D$ , maka untuk skenario 3% didapat dari:

$$a. \quad 3\% \times A = E_1 \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.1)$$

$$b. \quad 3\% \times C = E_2 \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.2)$$

$$c. \quad E = (E_1+E_2)/2 \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.3)$$

Berdasarkan Tabel 2.4 di atas maka dipilih model sumur exploratory di perairan dalam. Hal ini disebabkan jumlah cutting yang dihasilkan tiap model sumur (1.768 barrel) mendekati dengan jumlah yang dihasilkan oleh sumur di lapangan Oyong (1.800 barrel).

Dari karakteristik model sumur yang disajikan dalam Tabel 2.4. dan 2.5 maka konsentrasi polutan dapat ditentukan dengan mengacu pada konsentrasi rata-rata logam berat dalam Barite dan konsentrasi rata-rata bahan organik dalam SBF yang disajikan dalam Tabel 2.6 dan 2.7 di bawah ini.

Tabel 2.6 Konsentrasi Logam Berat pada Barite (USEPA, 1999)

Polutan	Konsentrasi rata-rata di dalam Barite (mg/Kg)	Referensi
Cadnium (Cd)	1,1	
Mercury (Hg)	13,5	
Nikel (Ni)	7,1	
Arsenik (As)	200,5	
Seng (Zn)	41	

Tabel 2.8 Daftar Peralatan Pengolahan Limbah Pengeboran

Skenario	Peralatan	Harga (US \$)
3%	Shale shaker	40,0
	Desander	55,0
	Desilter	45,0
	Centrifuge	665,0
	Vortex Dryer	85,0
	Conveyer System	65,0
7%	Shale shaker	40,0
	Desander	55,0
	Desilter	45,0
	Centrifuge	665,0
	Mud Cleaner	124,0
11%	Shale shaker	40,0
	Desander	55,0
	Desilter	45,0
	Centrifuge	195,0
	Mud Cleaner (Micro)	124,0

### 2.3 Model Penyebaran Polutan

Penyebaran polutan (lumpur bor dan serbuk bor) dimodelkan dengan metode Brandsma (EPA, 1999). Brandsma mengambil discharge dari 9 pengolahan cutting yang terjadi pada platform drilling di Laut Utara yang meliputi:

1. Maximun deposition densitas (g/m<sup>2</sup>) dari cutting dan minyak
2. Konsentrasi kolom air yang tersuspensi oleh cutting dan minyak
3. Tebal maximal (cm) cutting pada seabed
4. Seabed area (ha).

## 2.4 Pencemaran Logam Berat Dalam Air

Menurut Peraturan Pemerintah No. 19 Tahun 1994, yang dimaksud dengan limbah berbahaya adalah setiap limbah yang mengandung bahan berbahaya dan atau beracun yang karena sifat dan atau konsentrasi dan atau jumlahnya, baik secara langsung atau tidak langsung dapat merusak dan atau dapat membahayakan kesehatan manusia (Mukono, 2000). Lebih lanjut dikatakan bahwa berdasarkan sifatnya limbah berbahaya (B3) dapat diklasifikasikan menjadi enam kategori, yaitu:

- Beracun
- Mudah meledak
- Mudah terbakar
- Dapat menyebabkan infeksi
- Bersifat reaktif
- Bersifat korosif

Sementara itu menurut USEPA dalam Rubin (2001) dinyatakan bahwa suatu limbah dikategorikan sebagai limbah berbahaya apabila mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- *Ignitability*, yaitu mudah terbakar atau dapat menimbulkan api
- *Corrosivity*, yaitu mempunyai kandungan asam dan basa yang tinggi atau mengandung substansi yang dapat mengakibatkan logam berkarat
- *Reactivity*, yaitu mempunyai daya reaksi yang keras atau dapat menimbulkan ledakan termasuk reaksi dengan air
- *Toxicity*, yaitu membahayakan supply air dan kesehatan melalui uji laboratorium.

Menurut Bryant (1976) dalam Supriharyono (2000), secara umum pencemaran logam berat di laut dapat dibagi menjadi 2 sumber, yaitu sumber-sumber yang bersifat alami dan sumber buatan (aktivitas manusia). Selanjutnya dikatakan bahwa logam berat yang masuk ke perairan secara alami berasal dari:

- masukan dari daerah pantai (*coastal supply*), yang berasal dari sungai-sungai dan hasil abrasi pantai oleh aktivitas gelombang

#### 2.4.1 Logam Berat

Logam berat merupakan istilah umum yang digunakan untuk kelompok logam dengan densitas atom lebih besar dari 6 gram/cm<sup>3</sup>. Meskipun istilah tersebut hanya merupakan definisi yang luas, namun secara umum diakui biasanya digunakan untuk elemen-elemen seperti Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb dan Zn. Elemen-elemen tersebut merupakan kelompok utama dalam masalah pencemaran dan daya racun (Alloway, 1997).

Lebih lanjut dikatakan bahwa tidak seperti sebagian polutan organik, logam berat juga terdapat secara alami dalam batuan dan mineral serta terdapat juga pada tanah, sedimen, air dan organisme hidup pada kisaran konsentrasi tertentu. Polusi mengakibatkan kenaikan penyimpangan tingginya konsentrasi logam relatif. Selain di atmosfer dan pada limbah yang dibuang ke perairan, konsentrasi logam berat juga didapatkan di lapisan bumi, di perairan dan organisme laut.

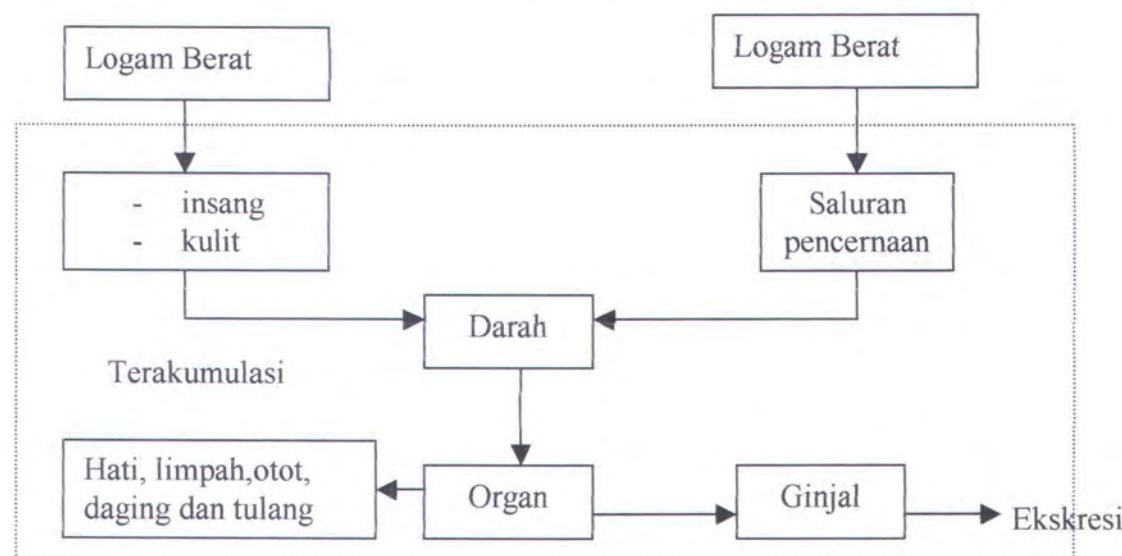
Logam merupakan kelompok toksikan yang unik. Logam ini ditemukan dan menetap di alam, tetapi bentuk kimianya dapat berubah akibat pengaruh *fisikokimia*, *biologis* atau aktivitas manusia. Toksisitasnya dapat berubah drastis bila bentuk kimianya berubah. Dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel air pada badan air, sehingga akan mengendap membentuk Lumpur (O' Neill, 1993).

Pada dasarnya tubuh manusia dan organisme hidup lainnya memerlukan unsur logam khususnya logam berat seperti *Chromium*, *Cobalt*, *Copper*, *besi*, *Mangan* dan *Zinc*. Namun demikian dalam jumlah yang berlebih dapat bersifat sebagai racun. Demikian juga dengan logam berat non-essensial seperti *mercury*, *timbal* dan *arsenik*. Apabila logam-logam tersebut dikonsumsi dalam jumlah tertentu dapat membahayakan organ-organ vital atau dapat juga menyebabkan kematian (Rubin, 2001).

Logam dapat bermanfaat bagi manusia pada umumnya karena penggunaannya di bidang industri, pertanian dan kedokteran. Namun di lain pihak, logam dapat berbahaya bagi kesehatan masyarakat bila terdapat dalam makanan, air atau udara (Lu, 1995).

#### 2.4.2 Kontaminasi Logam Berat Pada Ikan dan Kerang

Perairan yang tercemar mengakibatkan organisme-organisme yang hidup di perairan tersebut dapat terkontaminasi. Logam berat merupakan bahan pencemar yang dapat berakumulasi dalam tubuh makhluk hidup. Proses bioakumulasi logam berat di dalam tubuh ikan dan kerang didapat melalui dua cara, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Kontaminasi secara langsung apabila ikan terkena langsung dari air, sedang kontaminasi tidak langsung akan dialami bila logam berat masuk melalui makanan. Secara lebih jelas proses akumulasi logam berat dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Proses Bioakumulasi logam Berat dalam Tubuh Ikan dan Kerang (Sucui et al, 1982 dalam BTKL, 1999)

Ada dua jenis konsentrasi polutan di perairan yang diperhitungkan sebagai penyebab kontaminasi pada organisme air yaitu konsentrasi polutan di *water column* (badan air) dan konsentrasi di *pore water* (air dalam sedimen).

Konsentrasi polutan di badan air akan mengkontaminasi hewan-hewan yang tinggal di badan air yang dalam kasus ini diperhitungkan akan terakumulasi pada tubuh ikan. Sedangkan Konsentrasi di dalam air pada sedimen akan menyebabkan polutan terakumulasi pada kerang. Kedua organisme tersebut diperkirakan akan menimbulkan resiko karsinogen (penyebab penyakit kanker) pada manusia yang mengkonsumsinya.



### 2.4.3 Karsinogen

Menurut Daugherty (1997), karsinogen adalah agen penyebab kanker, dimana dapat juga disebut *tumorigen*, *oncogen* atau *blasmatogen*. Istilah karsinogen biasanya didefinisikan sebagai induksi atau peningkatan neoplasma oleh zat-zat kimia. Meskipun secara etimologi arti tepatnya adalah indikasi *karsinoma*, istilah karsinogen digunakan secara luas untuk pembentukan tumor (Lu, 1995)

Menurut EPA (1986), berdasarkan sifat karsinogenitasnya, zat kimia biasanya diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok, yaitu:

- Kelompok A : karsinogen manusia, dimana cukup bukti pada manusia
- Kelompok B : sangat mungkin karsinogen pada manusia, dimana bukti terbatas pada manusia (B1) atau tidak ada bukti pada manusia tetapi cukup bukti pada hewan (B2)
- Kelompok C : kemungkinan karsinogen bagi manusia, dimana cukup bukti terbatas pada hewan dan tidak ada data pada manusia
- Kelompok D : tidak dapat digolongkan sebagai karsinogen bagi manusia, dimana tidak cukup data atau tidak ada data
- Kelompok E : terbukti bukan karsinogen bagi manusia, dimana bukti negatif pada sekurang-kurangnya dua species.

*International Commission for Protection Against Environmental Mutagens and Carcinogens* (ICPEMC), 1982 dalam Lu, 1995 mengklasifikasikan karsinogen menjadi dua kelompok, yaitu:

#### 1. Karsinogen Genotoksik

Karsinogen genotoksik menginisiasi tumor dengan cara menimbulkan kerusakan DNA. Pada kelompok ini terdapat dua jenis karsinogen, yaitu:

- a. Karsinogen akhir, bersifat elektrolit dan dapat terikat pada DNA dan makromolekul lainnya

### 2.5.2 Penilaian Dosis – Respon ( Dose – Response Assement )

Hubungan dosis respon atau dose – response relation didefinisikan sebagai ekspresi matematika atau statistik antara intensitas *exposure* (*the dose*) reseptor dan probabilitas terjadinya resiko kesehatan dalam populasi reseptor (*the response*) ( Mukhtasor et al., 2001 ). Sementara itu menurut IRIS ( *Integration Risk Information System* ) dalam Rubin (2001), *dose-response assessment* adalah penentuan hubungan antara besarnya pemberian, penggunaan atau dosis internal dan respon biologis yang spesifik. Connell & Miller (1995) mendefinisikan dosis – respon sebagai hubungan antara setiap perangsang yang dapat terukur, baik secara fisik, kimiawi atau biologi dan tanggapan makhluk yang hidup dalam arti reaksi yang dihasilkan terhadap jumlah kuantitatif yang sama.

Jika pada tahapan identifikasi bahaya menunjukkan bahwa suatu bahan pencemar dapat menyebabkan efek kesehatan, langkah yang perlu dilakukan selanjutnya adalah melakukan analisis (jika memungkinkan kuantitatif) hubungan antara dosis bahan pencemar tersebut dengan respon atau efek merugikan. Biasanya, evaluasi bahan pencemar yang bersifat karsinogenik dilakukan terhadap hewan dalam laboratorium. Analisis laboratorium tipikal dilakukan dengan memberikan perlakuan terhadap organisme tes pada suatu lingkungan yang di set dengan kadar bahan pencemar tertentu, kemudian dilakukan pengamatan respon (misalnya jumlah organisme yang sakit atau mati dalam kurun waktu tes dan konsentrasi bahan pencemar tertentu). Jika percobaan tersebut dapat menimbulkan kanker / tumor secara signifikan, berarti bahan pencemar tersebut dapat dikatakan bersifat karsinogen terhadap hewan tersebut. Hasil percobaan tersebut kemudian dianalisa untuk menghasilkan hubungan dosis – respon untuk suatu bahan kimia tertentu.

### 2.5.3 Penilaian Paparan (Exposure Assement)

Penilaian paparan adalah kegiatan untuk mengidentifikasi dan menghitung jumlah populasi yang terpapar serta lamanya agen tersebut bekerja. Penilaian ini meliputi cara perhitungan dan potensi, frekuensi, deviasi dan perjalanan suatu paparan polutan pada manusia (Mukono 2000). Secara umum dapat dikatakan bahwa penilaian paparan merupakan proses mengkuantifikasi dosis bahan pencemar yang diterima target (manusia atau hewan) pada situasi tertentu. Tujuan penilaian paparan dengan demikian adalah untuk mengukur atau menghitung frekuensi, intensitas dan durasi pencemaran pada manusia akibat kandungan bahan pencemar dalam lingkungan. Penilaian penyebaran bahan pencemar meliputi proses

TPC	:	konsentrasi polutan pada ikan (mg/kg)
EF	:	rekuensi masuknya polutan (365 hari dalam setahun)
ED	:	lamanya kontaminasi (tahun)
BW	:	berat badan rata-rata (kg)
AT	:	ata-rata waktu hidup (hari)

Intake Rate merupakan konsumsi rata-rata masyarakat. *Tissue Pollutant Concentration* (TPC) yaitu konsentrasi polutan yang terkandung dalam tubuh ikan. Exposure Frequency (EF) yaitu frekuensi dari pencemaran. Dalam penelitian ini diasumsikan bahwa masuknya limbah ke perairan berlangsung setiap hari atau frekuensi dalam satu tahun selama 365 hari (USEPA, 1996). Exposure Duration (ED) yaitu durasi pencemaran. USEPA (1996) merekomendasikan bahwa durasi pencemaran dalam perhitungan resiko kesehatan masyarakat untuk kasus kontaminasi logam berat pada ikan adalah 30 tahun. Hal ini berkaitan dengan proses bioakumulasi logam berat dalam tubuh ikan dan manusia yang berlangsung cukup lama. Body Weight (BW) merupakan berat rata-rata orang Indonesia. Menurut Supriharyono (2000) berat rata-rata orang Indonesia adalah 60 kg. Averaging Time (AT) adalah rata-rata waktu hidup orang Indonesia. Secara khusus belum ada data yang pasti mengenai rata-rata waktu hidup orang Indonesia. Dalam penelitian ini digunakan asumsi rata-rata hidup orang Indonesia adalah 60 tahun atau setara dengan 21900 hari (Lu, 1995).

Di bawah ini adalah parameter-parameter yang digunakan untuk perhitungan resiko karsinogen.

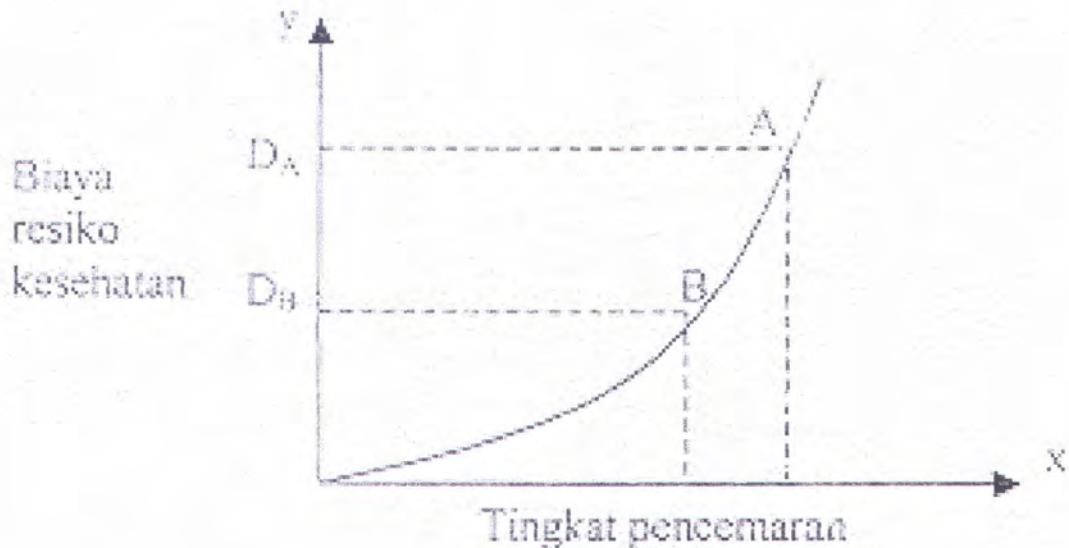
Tabel 2.9 Parameter-parameter Perhitungan Karsinogen

Parameter	Nilai	Referensi
1. Konsumsi makan ikan (IR)	0,63 kg/orang/hari	DKP Jatim (2000)
2. Durasi pencemaran (ED)	30 tahun	USEPA (1999)
3. Frekuensi Pencemaran (EF)	365 hari	USEPA (1996)
4. Berat badan rata – rata (BW)	60 kg	Supriharyono (2000)
5. Rata – rata waktu hidup (AT)	60 tahun =21.900 hari	Lu (1995)
6. Slope factor (SF)	Cd = 6,65 Hg = 2 Ni = 0.02 As = 14 Zn = 0.3	Daugherty (1997) USEPA (1999b)
7. Jumlah penduduk	3.350.816 jiwa	BPS Surabaya (2001)
8. Biaya Pengobatan Kanker	1.50E+07 Rupiah	Yayasan Kanker Wisnu Wardhana (2001)

## 2.6 Optimasi Biaya

### 2.6.1 Biaya Resiko Kesehatan

Secara teoritis dapat dikatakan mengenai adanya biaya yang harus dikeluarkan akibat timbulnya bahaya terhadap kesehatan manusia dan lingkungan yang disebabkan oleh terjadinya pencemaran. Secara umum dapat diasumsikan bahwa tingkat bahaya akan meningkat dengan meningkatnya tingkat pencemaran (Rubin, 2001). Gambar 2.4 di bawah ini mengilustrasikan tipe hubungan tersebut, dimana biaya yang timbul akibat kerusakan lingkungan ditunjukkan pada sumbu y dan tingkat pencemaran diperlihatkan pada sumbu x.



Gambar 2.4 Grafik Hubungan antar Biaya Kerusakan Lingkungan dan Tingkat Pencemaran (Rubin, 2001)

Pada Gambar tersebut, diilustrasikan bahwa tingkat pencemaran yang terjadi pada titik A, dimana biaya resiko kesehatan masyarakat berada pada titik  $D_A$ . Jika tingkat pencemaran mengalami penurunan pada titik B, biaya resiko kesehatan juga mengalami penurunan pada titik  $D_B$ . Selisih antara biaya  $D_A$  dan  $D_B$  merupakan keuntungan biaya akibat terjadinya penurunan tingkat pencemaran dari A ke B.

### 2.6.2 Biaya Pengolahan Limbah

Secara umum, biaya pengolahan limbah semakin meningkat seiring dengan penurunan tingkat pencemaran. Dapat dikatakan bahwa biaya pengolahan limbah makin besar apabila konsentrasi limbah hasil pengolahan tersebut makin kecil. Gambar 2.5 memperlihatkan bahwa biaya yang diperlukan untuk menurunkan tingkat pencemaran dari A ke B didapatkan dari selisih biaya antara  $C_B$  dan  $C_A$ .

## **BAB III**

### METODELOGI PENELITIAN

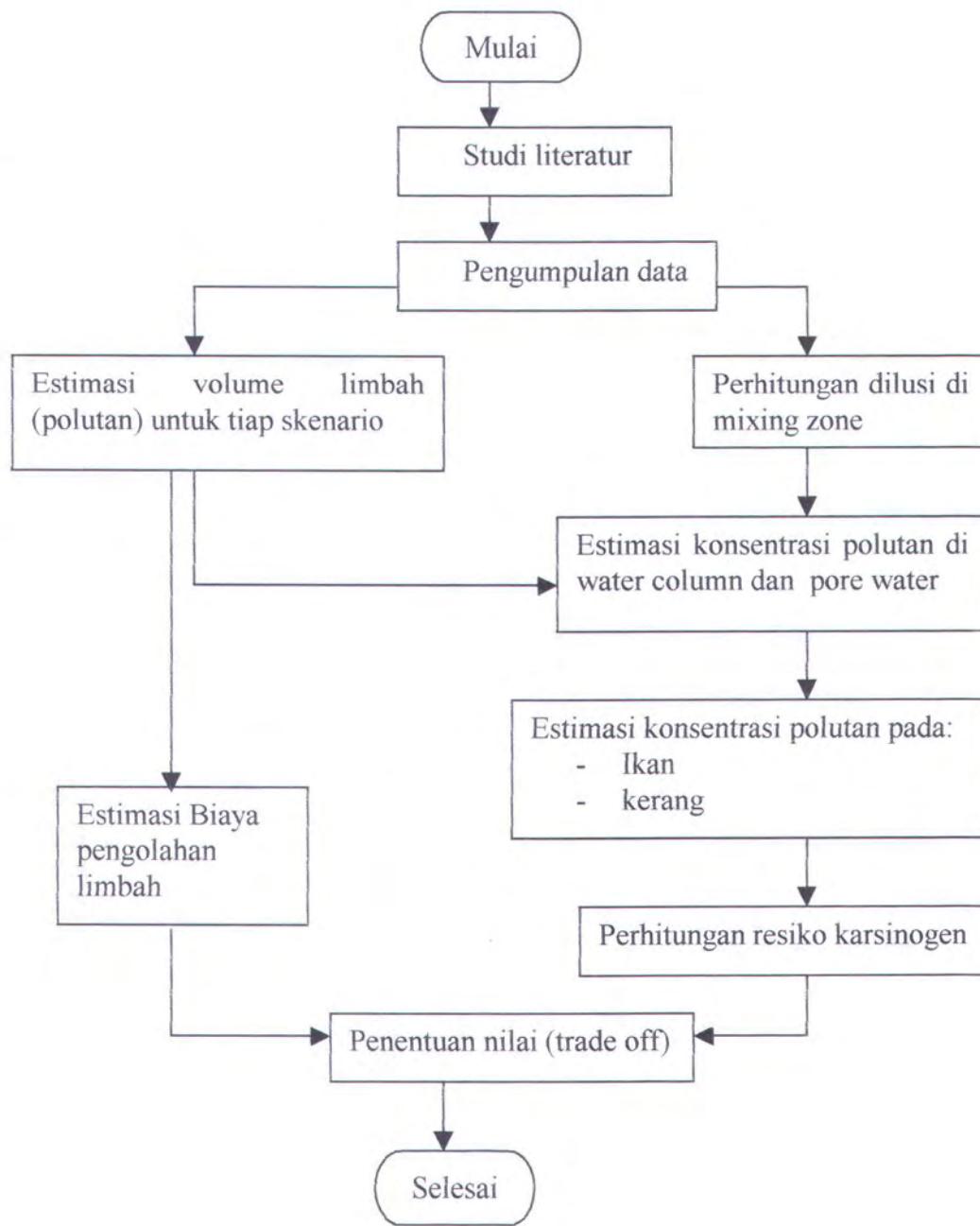
*Cipta Karya*  
(031) 5941926

## BAB 3

### METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

Untuk mendapatkan hasil yang baik dan terarah, maka dibuat bagan alir dari rencana dan langkah kerja yang dilakukan, seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodelogi Penelitian

### 3.2 Metode Penelitian

Untuk menyelesaikan permasalahan yang merupakan tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini diperlukan rencana dan langkah kerja yang terangkum dalam metode penelitian dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

#### 1. Studi Literatur

Metode ini dilakukan dengan cara mencari dan mempelajari literatur yang sesuai dengan materi dalam tugas akhir ini, antara lain:

- a. Peraturan-peraturan, terutama mengenai perlindungan perairan akibat pembuangan limbah pengeboran
- b. Karakteristik drilling fluid dan drill cutting
- c. Teknologi untuk mengontrol (controll) dan mengolah (treatment) drilling fluid dan drill cutting yang dihasilkan saat pengeboran dilakukan.
- d. Teknologi pengolahan logam berat dan bahan organik
- e. Perhitungan resiko karsinogen

#### 2. Studi Lapangan

Metode ini berupa pengumpulan data-data yang berhubungan dengan obyek penelitian (data primer) yaitu Lapangan Migas Oyong, seperti:

- a. Data lingkungan berupa data arus di sekitar daerah pengeboran yang mempengaruhi proses penyebaran limbah.
- b. Data keluaran (limbah) pengeboran yang dihasilkan selama pengeboran dilakukan yang berupa volume drilling fluid bekas dan drill cutting.

Dan data sekunder yang dibutuhkan sebagai parameter untuk menyelesaikan perhitungan resiko karsinogen, seperti jumlah penduduk, berat rata-rata, slope factor dan rata-rata hidup.

#### 3. Analisa Data

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan dalam tahap analisa data yaitu:

1. Menentukan volume limbah yang dihasilkan setelah mengalami proses pengolahan sesuai dengan skenario yang ditentukan. Volume limbah yang dimaksudkan adalah volume bahan pencemar (pol;utan) yaitu beberapa logam berat (Cd, Hg, Ni, As, dan Zn) dan bahan organik (Phenol, Naftalene, Fluorine, Phenanthrene).

Pada tahap ini akan dibahas mengenai kemampuan logam dan bahan organik menyebabkan kanker pada manusia dan pada hewan. Dalam pembahasan tahap ini digunakan studi literatur.

2. Penilaian Dosis Respons (Dose Respons Assesstment)

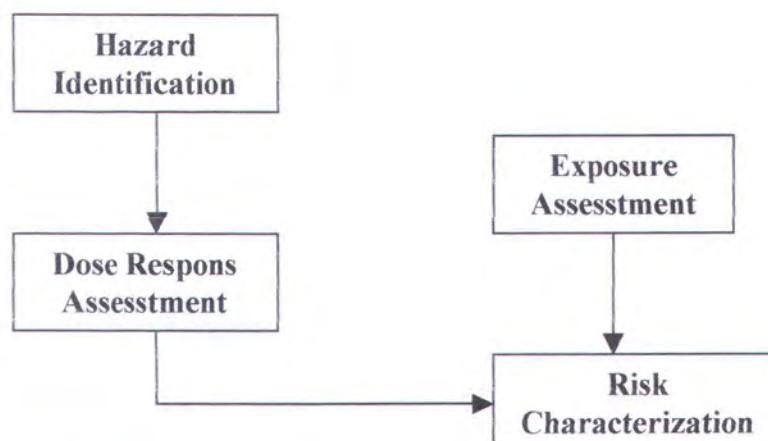
Dalam tahap ini dibahas mengenai mekanisme biologi dan hubungan dosis respon yang didasarkan pada efek-efek yang diobservasi dalam laboratorium. Tahap ini menggunakan studi literatur.

3. Penilaian Paparan (exposure Assesstment)

Tahap ini akan membahas bagaimana mekanisme logam berat dan bahan organik yang terdapat pada ikan dan kerang sampai pada manusia. Selain itu juga akan dibahas mengenai informasi-informasi yang diperlukan dalam perhitungan tingkat resiko karsinogen.

4. Penilaian Resiko (Risk Characterization)

Informasi-informasi yang telah didapatkan pada tahap-tahap sebelumnya digunakan sebagai dasar dalam tahap ini untuk menghitung resiko karsinogen masyarakat madura dan Surabaya utara akibat mengkonsumsi ikan yang terkontaminasi logam berat dan bahan organik.



Gambar 3.2 Tahap Penilaian Resiko Kesehatan (Rubin, 2001)

6. Estimasi Biaya Pengolahan Limbah

Dalam tahap ini, langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan jenis pengolahan limbah yang akan digunakan untuk menurunkan konsentrasi polutan dalam limbah industri. Masing-masing jenis pengolahan mempunyai spesifikasi baik secara kualitas maupun

biayanya. Biaya pengolahan limbah sangat tergantung dari jenis limbah serta jenis pengolahan limbah yang digunakan. Semakin tinggi tingkat reduksi bahan pencemar, semakin tinggi biayanya.

7. Estimasi Resiko kesehatan Masyarakat

Tingkat pencemaran logam berat di perairan berkaitan dengan proses pengolahan limbah yang dilakukan. Semakin baik pengolahannya makin kecil resikonya terhadap manusia. Tingkat resiko karsinogen dihitung dengan persamaan 2.4. Selanjutnya tingkat resiko ini dikalikan dengan jumlah masyarakat yang berpotensi terkontaminasi dengan limbah industri, sehingga didapatkan jumlah penderita penyakit kanjer akibat mengkonsumsi ikan dan kerang yang mengandung logam berat.

Dalam penelitian ini, perhitungan karsinogen dikonsentrasi pada masyarakat di Pulau Madura dan Surabaya Utara (pesisir Kenjeran). Diasumsikan bahwa masyarakat tersebut mengkonsumsi ikan tangkap yang dihasilkan di perairan madura meski tidak menutup kemungkinan bahwa ikan tersebut dikonsumsi oleh masyarakat di daerah lain. Tapi kemungkinan ikan dan kerang tersebut dikonsumsi oleh masyarakat di dekat Selat Madura jauh lebih besar dibandingkan dengan masyarakat lain.

Selanjutnya biaya resiko kesehatan masyarakat diperoleh berdasarkan jumlah penderita kanker yang dikalkulasikan dengan biaya rata-rata yang diperlukan oleh seorang penderita kanker.

8. Optimasi Biaya.

Hasil analisis biaya pengolahan limbah industri dan biaya resiko kesehatan masyarakat dijadikan dasar dalam perhitungan optimasi biaya. Grafik yang diperoleh dari kedua estimasi tersebut dikombinasikan sehingga akan membentuk titik potong yang merupakan titik optimal.

Proses optimasi dalam penelitian ini merupakan penggabungan dua buah grafik yaitu grafik hubungan konsentrasi logam berat dalam air

---

#### 4. Pembahasan

Hasil dari analisa data yang nantinya berupa biaya resiko lingkungan dibandingkan untuk masing-masing skenario, sehingga didapatkan nilai (trade off), yaitu nilai optimum yang diharapkan sesuai dengan kondisi lokal.

## **BAB IV**

### **ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

*Cipta Karya*  
(031) 5941926

## BAB 4

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kondisi Lingkungan Perairan Selat Madura

Selat Madura merupakan perairan laut setengah tertutup (semi-enclosed sea) yang dibatasi oleh Pulau Madura di sebelah utara dan pantai utara Propinsi Jawa Timur di sebelah selatan dan barat dayanya, dengan panjang sekitar 300 km dan lebar sekitar 150 km. Perairan Selat Madura terbuka di bagian Timur dan di bagian barat laut. Di sebelah timur Selat Madura terbuka dan berhubungan langsung dengan Selat Bali. Lebar Selat Madura di ujung Timur mencapai sekitar 160 km. Semakin ke bagian barat laut, lebar Selat Madura semakin menyempit dengan lebar rata-rata sekitar 4 km.

Secara umum, perairan selat madura dangkal di bagian barat dan menjadi semakin dalam ke arah timur. Di bagian barat kedalaman rata-rata perairan selat madura sekitar 2-30 m, dan menjadi semakin dalam dengan kisaran 20-70 m di bagian timurnya. Kedalaman perairan di sekitar Lapangan Oyong bervariasi antara 34 m di bagian utara lapangan hingga 48 m di bagian selatan lapangan.

Kondisi pasut di perairan Selat Madura adalah tipe campuran, dimana bilangan Formzahl dari stasiun Surabaya hingga Kalianget berkisar antara 0.82 hingga 1.29. Tipe pasut di perairan ini didominasi oleh pasut ganda.

Arus di suatu perairan dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti angin, pasang surut, gradien tekanan, ataupun perbedaan densitas. Besarnya konstribusi masing-masing faktor terhadap kekuatan dan arah arus yang ditimbulkannya tergantung pada tipe perairan (pantai atau laut lepas) dan keadaan geografisnya. Ditinjau dari kondisi geografisnya, arus di perairan tapak proyek dipengaruhi terutama oleh pasut dan angin. Konstribusi dari faktor lainnya seperti gradien tekanan dan perbedaan densitas untuk perairan Selat Madura pada umumnya kecil.

Data arus di Selat Madura sangatlah sedikit. Data yang ada hanyalah terbatas di sekitar alur pelayaran menuju tanjung perak, Surabaya. Hoekstra dkk (1989 dalam Santos, 2003) dalam studinya di Selat Madura hanya mengukur arus di perairan Selat Madura bagian

#### 4.2 Estimasi Volume Limbah Pengeboran

Dari data limbah yang disajikan dalam Tabel 2.3 disebutkan bahwa jumlah cutting yang mengandung Syinthetic Oil Base Mud yang dihasilkan tiap sumur adalah sebesar 1800 barrel atau sekitar  $286 \text{ m}^3$ . Nilai ini didekati dengan volume cutting di perairan dalam pada kondisi explorasi yaitu 1.729.910 barrel sehingga jumlah polutan yang berupa barite atupun SBF untuk skenario 3% didapatkan dari estimasi pada skenario 7 dan 11%.

Tabel berikut ini merupakan hasil estimasi perhitungan volume limbah pengeboran yang didapatkan dari persamaan 2.1, 2.1 dan 2.3.

Tabel 4.1Estimasi volume Limbah pengeboran Skenario 3%

<b>Parameter</b>	<b>Perairan Dalam (&gt;1000 ft)</b>	
	Development	Exploratory
Cutting (lb) (=TSS berikatan dengan drill cutting)	778.050	1.729.910
Padatan sbg barite (lbs) (=TSS berikatan dengan drilling fluid). @ 3%	20.033	45.160
Jumlah SBF yang berikatan dengan drilling fluid (lbs). @ 3%	28.948	64.364
Jumlah kontaminasi minyak (crude 0.2% vol). (lbs) @ 3%	89.47	189

#### 4.3 Arus Rata-Rata di Lapangan Migas Oyong

Untuk mengetahui pola penyebaran pollutant (cutting) maka perlu diketahui pola arus yang terjadi di perairan di mana polutan tersebut dibuang. Berdasarkan data arus yang diperoleh maka arus rata-rata dapat diperoleh dengan mengambil beberapa titik (arah arus) dan kecepatannya pada tiap jamnya. Tabel 4.2 merupakan pengambilan beberapa titik arah arus untuk menentukan kecepatan rata-ratanya.

Tabel 4.2 Penentuan Kecepatan Arus Rata-rata

No.	Arah (°)	Kecepatan (m/detik)
1.	135	0,315
2.	130	0,3
3.	135	0,25
4.	122	0,17
5.	135	0,12
6.	115	0,135
7.	150	0,125
8.	145	0,22
9.	145	0,22
10.	118	0,25
11.	120	0,28
12.	80	0,28
13.	90	0,265
14.	135	0,21
$\Sigma$	1.755	3,14

Dari data tersebut maka kecepatan dan arah arus rata-rata di Lapangan Migas Oyong didapatkan sebagai berikut:

a. kecepatan

$$v = \frac{\sum v_i}{\sum n} \quad \dots \dots \dots \quad (4.1)$$

$$v = \frac{3,14}{14} = 0,22 \text{ m/det}$$

b. Arah

$$\theta = \frac{\sum \theta_i}{\sum n} \quad \dots \dots \dots \quad (4.2)$$

$$\theta = \frac{1755}{14} = 125,36$$

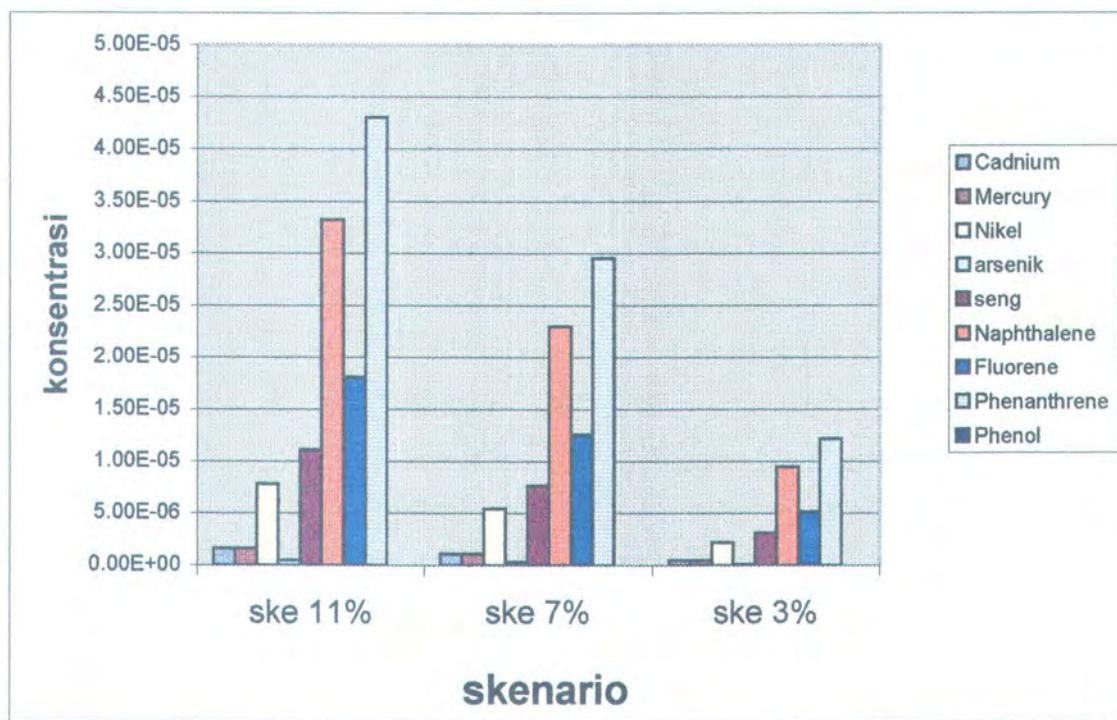
#### 4.5 Penyebaran Pollutant

Setelah didapatkan arus rata-rata maka data tersebut dimasukkan ke dalam grafik konsentrasi pollutant (terlampir) (Brandsma study) dengan terlebih dahulu menentukan transport timenya dengan menggunakan persamaan 2.4. Metode ini sudah dipakai oleh USEPA (1999). Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$t = \frac{s}{v} = \frac{100 \text{ m}}{0,22 \text{ m/det}} = 7,6 \text{ menit}$$

Tabel 4.3. Hasil Estimasi Konsentrasi Polutan di Water Column

Polutan	Konsentrasi pada kolom Air skenario 11% (mg/L)	Konsentrasi pada Kolom Air skenario 7% (mg/L)	Konsentrasi pada Kolom Air skenario 3% (mg/L)
<b>Logam berat</b>			
Cadmium	1,63206E-06	1,1282E-06	4,6431E-07
Mercury	2,42501E-08	1,68969E-08	6,92759E-09
Nikel	7,82776E-06	5,42681E-06	2,23031E-06
Arsenik	4.78E-7	3.31E-07	1.3637E-07
Seng	1,10847E-05	7,6832E-06	3,15795E-06
<b>Organik</b>			
Naphthalene	3,32E-05	2,30E-05	9,46,E-6
Fluorene	1,81E-05	1,26E-05	5,17E-6
Phenanthrene	4,30E-05	2,95E-05	1,22E-5
Phenol	2,39E-09	1,66E-09	6,88E-10



Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi pada Kolom Air 100m (mg/L)

Konsentrasi polutan di *water column* atau *badan air* diperhitungkan untuk mengetahui pengaruh polutan terhadap organisme yang tinggal di kawasan tersebut. Dengan mengetahui besar konsentrasi/kadar polutan di *badan air* maka konsentrasi polutan yang terakumulasi dalam hewan-hewan atau organisme yang tinggal di *badan air* tersebut (ikan), dapat ditentukan.

#### 4.6.2 Konsentrasi Polutan di Pore Water

Untuk mengetahui dampak kualitas air pada sedimen terhadap pembuang limbah *SBF-cutting* pada lingkungan *Benthic*, maka perlu diperhitungkan konsentrasi polutan di pore water untuk tiap-tiap skenario pembuangan pada jarak 100 m terhadap *mixing zone*. Dalam perhitungan ini, diasumsikan bahwa massa harian polutan yang dihasilkan dari setiap model sumur didistribusikan secara merata terhadap area yang terkena dampak.

Dampak tersebut dapat terjadi karena tidak semua konsentrasi polutan dapat dinetralisir oleh air laut sehingga sebagian polutan akan terlarut dalam air laut dan sebagian lagi tetap berbentuk endapan yang terlarut dalam sedimen di dasar laut, sehingga konsentrasi polutan yang terlarut dalam air laut yang berada di sedimen perlu ditentukan mengingat ada organisme-organisme tertentu yang juga tinggal di dalamnya, seperti kerang misalnya.

Hal ini dilakukan karena apabila kadar polutan melebihi kemampuan organisme untuk mengolahnya maka dikhawatirkan akan terakumulasi dalam tubuh organisme yang nantinya akan mengganggu metabolisme organisme tersebut. Dan apabila ternyata konsentrasi polutan jauh lebih besar dari kemampuan organisme yang mengabsorbsinya bisa jadi akumulasi tersebut menimbulkan kematian.

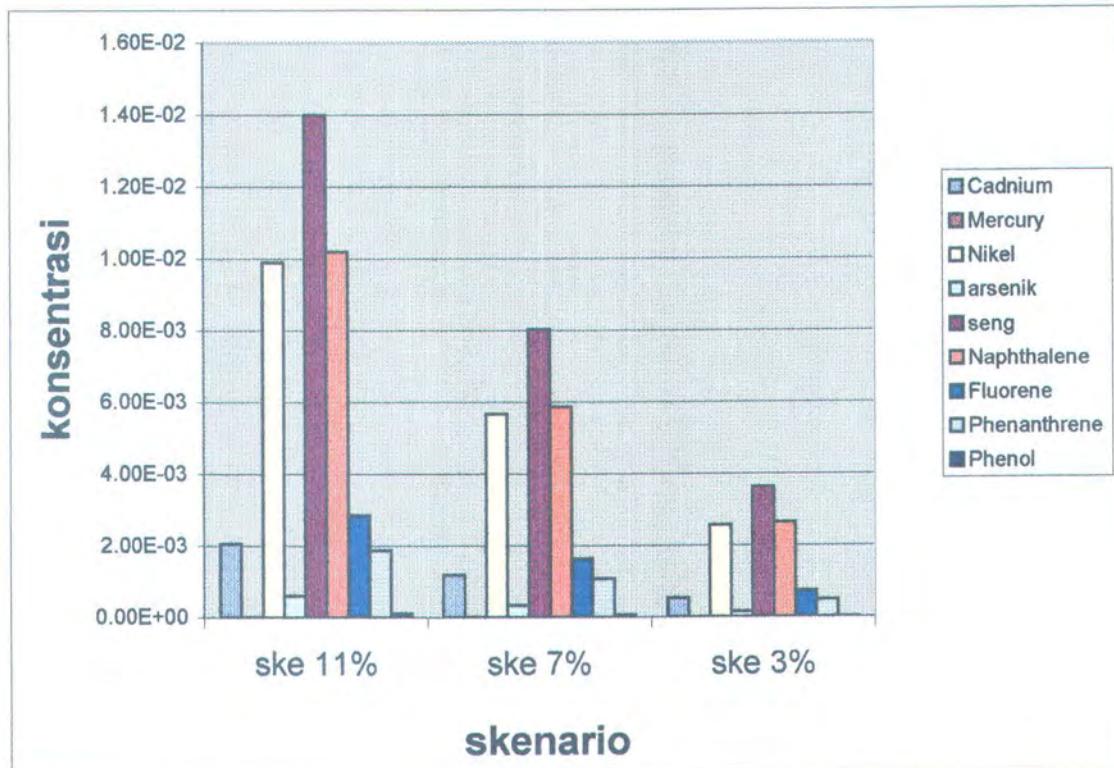
Pada Tabel 4.4 disajikan hasil estimasi konsentrasi polutan di pore water untuk masing-masing skenario. Konsentrasi didapatkan dari perkalian antara persentase polutan dengan konsentrasi endapan minyak di *mixing zone* serta dengan *leach factor* yang menyatakan jumlah banyaknya logam berat yang terkandung dalam Barite. Untuk polutan organic, digunakan *partition coefficient* untuk menentukan konsentrasi polutan di *pore water*. *Partition coefficient* ini merupakan hasil estimasi rasio antara sedimen dalam konsentrasi *pore water* dengan produk dari *fraksi karbon organic (foc)* dan *octanol water coefficient (Kow)*.

Untuk menghitung *pore water concentration* dari tiap polutan, maka konsentrasi polutan pada sedimen harus dikalikan dengan berat sedimen kering pada kondisi 1 unit volume ( $1\text{m} \times 1\text{m} \times 0.05\text{ m}$ ) dan dibagi dengan volume 1 unit volume sedimen. Menurut Environmental Assessment berat jering sedimen yaitu 35.5 kg sedang volume dari 1 unit volume pore water yang diperkirakan berasal dari sedimen kering dengan berat spesifik 2

g/ml adalah 32.5 l (Avanti Corporation, 1993). Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di lampiran.

Tabel 4.4 Estimasi Konsentrasi Polutan di Pore water

Polutan	Skenario 11% (mg/L)	Skenario 7% (mg/L)	Skenario 3% (mg/L) (6)
<b>Logam Berat</b>			
Cadmium	0,00206	0,001183	0,000535
Mercury	0,00003,06	0,0000176	0,00000795
Nikel	0,00989	0,005676	0,002565
Arsenik	0,000347	0,000605	0,000157
Seng	0,0140	0,008037	0,003633
<b>Organik</b>			
Naphthalene	0,0102	0,005867	0,002652
Fluorene	0,00285	0,001638	0,00074
Phenanthrene	0,00188	0,001078	0,000487
Phenol	0,000111	0,0000601	0,000028



Gambar 4.2 Grafik Konsentrasi pada Pore Water (mg/L)

#### 4.7 Konsentrasi Polutan pada Organisme

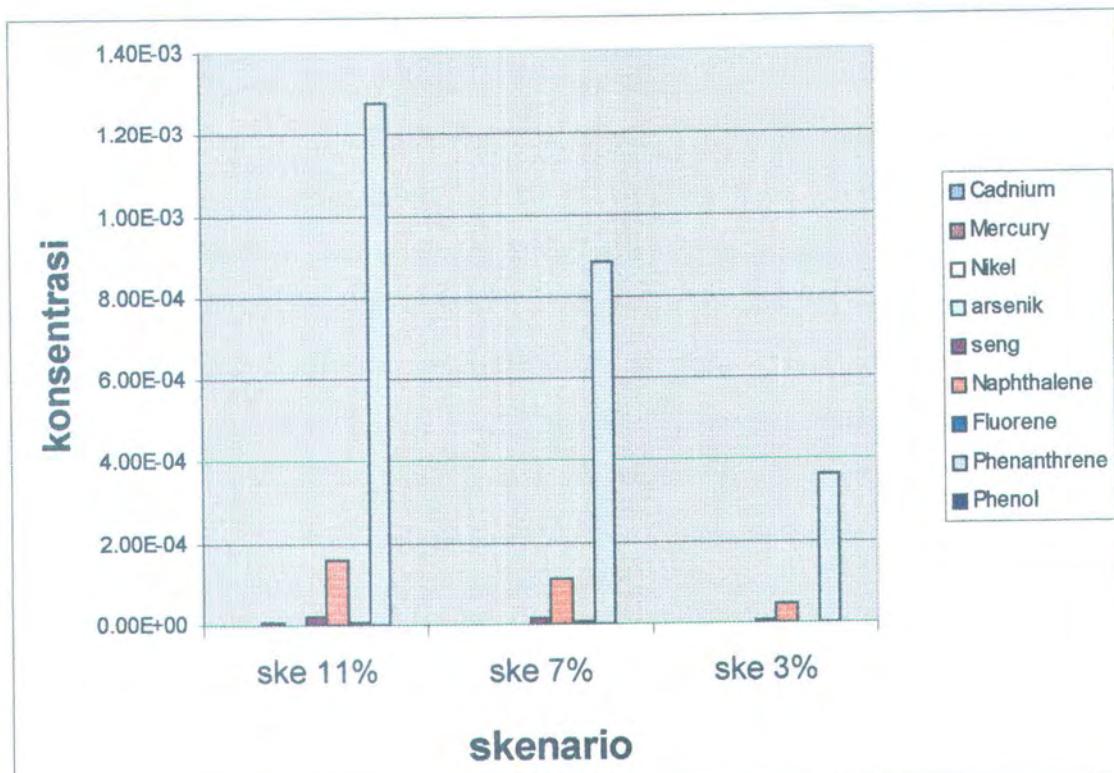
Tabel 4.5 di bawah ini merupakan hasil estimasi konsentrasi polutan yang terakumulasi dalam tubuh ikan dan kerang (*bioaccumulation*). Dalam hal ini, polutan yang penulis perhitungkan hanya konsentrasi logam berat. Hal ini disebabkan karena tingginya sifat toksik dari logam berat yang dapat mengakibatkan kerusakan dalam tubuh organisme. Hal ini dilakukan juga karena sehubungan dengan perhitungan resiko kesehatan masyarakat yang berupa resiko karsinogen (penyebab penyakit kanker).

Perhitungan konsentrasi polutan pada kerang didapatkan dari estimasi konsentrasi polutan di *pore water*. Konsentrasi polutan di pore water didapatkan berdasarkan asumsi bahwa distribusi annual dari SBF melebihi daerah dampak di sekitar sumur.

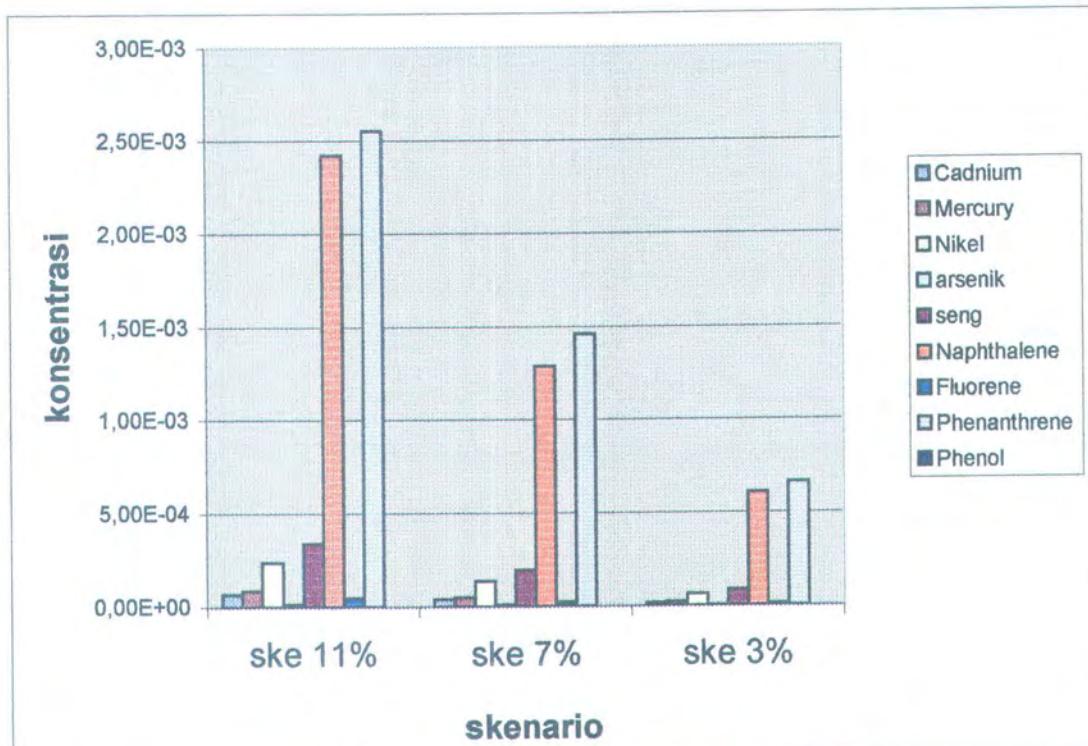
Tabel 4.5 menyajikan hasil estimasi konsentrasi polutan pada ikan dan kerang untuk masing-masing skenario. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di lampiran.

Tabel 4.5 Konsentrasi Logam Berat untuk beberapa skenario

Polutan	Konsentrasi pada/di	Skenario 11%	Skenario 7%	Skenario 3%
Cadmium	Ikan	7.44E-07	5.14E-07	2.12E-07
	Kerang	6.79E-05	3.90E-05	1.76E-05
Mercury	Ikan	9.50E-07	6.61E-07	2.71E-07
	Kerang	8.75E-05	4.98E-05	2.26E-05
Nikel	Ikan	2.62115E-06	1.82E-06	7.47E-07
	Kerang	2.41E-04	1.37E-04	6.23E-05
Arsenik	Ikan	1.50063E-07	1.04E-07	4.27E-08
	Kerang	1.38E-05	7.87E-06	3.56E-06
Zinc	Ikan	1.82429E-05	1.26E-05	5.20E-06
	Kerang	3.41E-04	1.95E-04	8.82E-05



Gambar 4.3.a Grafik Konsentrasi pada Ikan (mg/Kg)

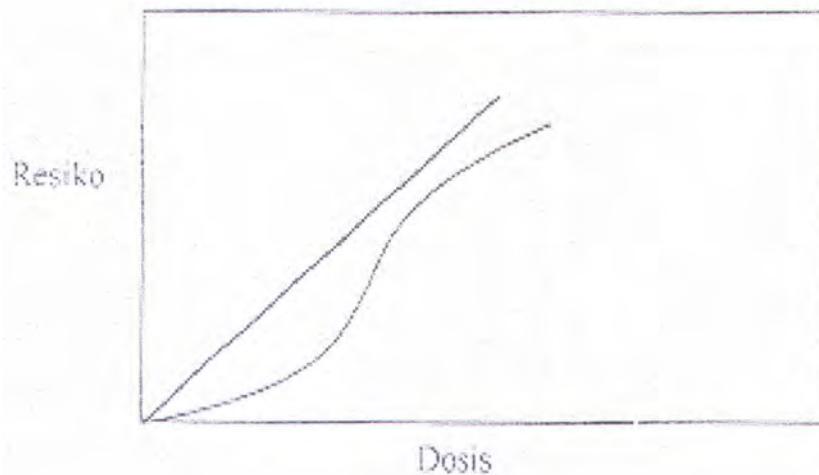


Gambar 4.3.b Grafik Konsentrasi pada Kerang (mg/Kg)

Supriharyono (2000) menyatakan bahwa dalam bentuk garam organik, merkuri dapat menyebabkan kerusakan hati dan ginjal. Lebih lanjut HgCl bersifat korosif terhadap usus dan dapat menyebabkan kerusakan otak. Berbagai penelitian mengungkapkan bahwa efek toksik merkury berkaitan dengan susunan syaraf yang sangat peka terhadap toksikan dan mudah diserang. Dalam penelitian disebutkan bahwa keracunan metil mercury tidak mungkin terjadi selama asupan harian sesuai dengan kadar darah sebesar 20 $\mu\text{g/l}$  dan kadar rambut sebesar 50  $\mu\text{g/g}$  (WHO, 1976 dalam Supriharyono, 2000).

#### 4.8.2 Penilaian Dosis Respons (Dose Respons Assessment)

Menurut Rubin, 2001, data bahan pencemar yang diperoleh memberikan dasar fungsi dosis respons dimana resiko kanker meningkat di atas level normal atau level dasar. Secara umum dapat dikatakan bahwa peningkatan dosis suatu bahan pencemar yang bersifat karsinogenik, akan meningkatkan resiko atau kemungkinan terjadinya kanker. (Gambar 4.1)



Gambar 4.4 Grafik Hubungan dosis dan Resiko Kanker (Rubin, 2001)

Untuk memperkirakan besarnya resiko kanker pada manusia yang didasarkan pada hasil penelitian terhadap binatang, diperlukan data slope factor. *Slope factor* adalah faktor pengali yang diasumsikan sebagai sebuah hubungan linier antara dosis suatu bahan kimia dan respon karsinogenetik (Daugherty, 1997).

perawatan sebesar 261 juta rupiah sedangkan untuk skenario 3% dibutuhkan biaya perawatan 118 juta rupiah untuk 8 orang berpotensi terkena kanker.

#### 4.8.5. Estimasi Biaya Pengolahan Limbah

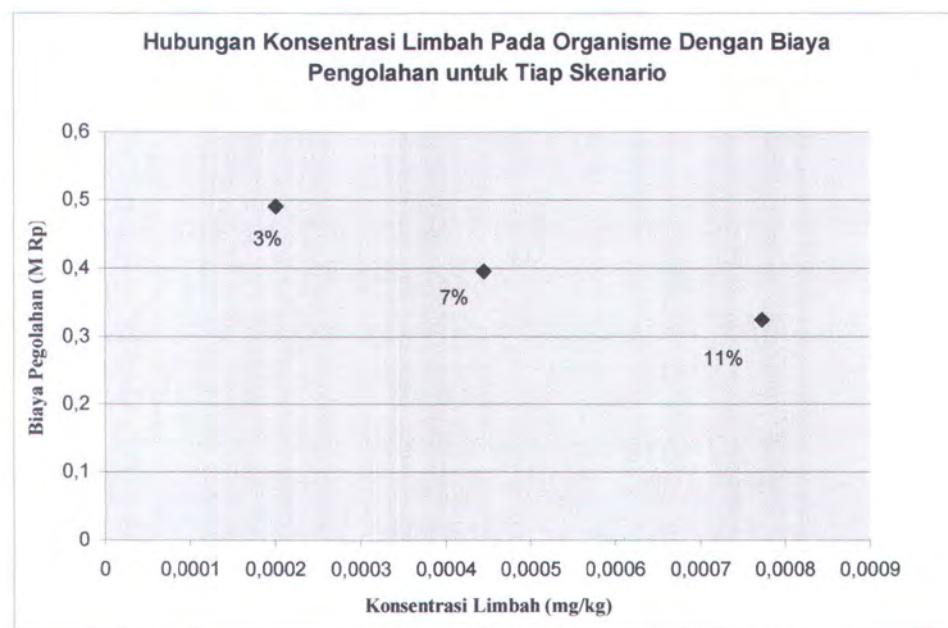
Estimasi biaya pengolahan limbah diperoleh dari jumlah biaya peralatan yang menghasilkan masing-masing skenario dengan biaya peletakan (*separate impoundments*) sebesar \$80/ton, biaya *rendering* sebesar \$9,75/bbl dan biaya dari proses *incineration* dan *drying* sebesar \$18/bbls (USEPA, 1999). Tabel berikut menyajikan hasil estimasi biaya pengolahan limbah.

Tabel 4.8 Hasil Estimasi Biaya Pengolahan Limbah

Item	Skenario	Harga (1999) (Rp)	Harga (2005) (Rp)
1. Peralatan	a. 3%	38.854.200	41.641.043
	b. 7%	27.063.960	29.005.140
	c. 11%	13.481.160	14.448.105
2. Peletakan	-	53.950.470	57.820.103
3. Rendering	-	156.895.250	168.148.668
4. Incineration dan Drying	-	297.270.000	318.591.892

Hasil estimasi tersebut didapatkan dari biaya pengolahan tahun 1999 yang dikonversikan ke tahun 2005. Nilai konversi ini dilakukan dengan memperhitungkan inflasi berbasis CPI (consumer price index), sesuai dengan Eschenbech (1995) dalam bukunya Engineering Economy. Menurutnya harga pada tahun tertentu diperoleh dengan cara mengalikan harga pada tahun acuan dengan perbandingan antara harga indeks konsumen tahun tertentu dan harga indeks konsumen tahun acuan.

Sehingga biaya total untuk masing-masing skenario yaitu 491 juta untuk skenario 3%, 395 juta untuk skenario 7% dan 325 juta untuk skenario 11%. Seperti tersaji pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Konsentrasi Limbah Dengan Biaya Pengolahan

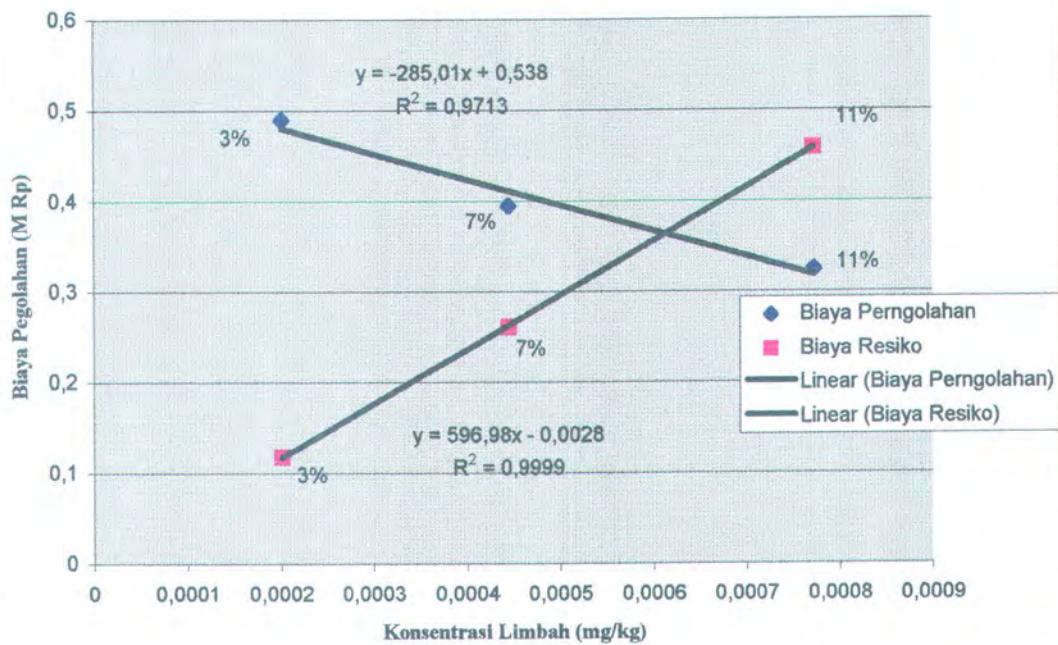
Analisa biaya pengolahan limbah menunjukkan bahwa semakin kecil konsentrasi yang dihasilkan dari proses pengolahan semakin besar biaya yang dikeluarkan.

#### 4.8.6.Optimasi Biaya Pengolahan Limbah

Optimasi biaya pengolahan limbah didapatkan dari perpotongan grafik antara biaya pengolahan limbah dengan biaya resiko karsinogen. Biaya resiko didapatkan dari hasil kali jumlah masyarakat yang berpotensi terkena kanker dengan biaya perawatan untuk stadium I dan II sebesar 15 juta (2001). Nilai tersebut setelah dikonversi ke tahun 2005 dengan basis CPI didapatkan nilai sebesar Rp 15.608.747,05.

Berdasarkan grafik hubungan antara konsentrasi logam berat dengan biaya pengolahan limbah dan biaya resiko karsinogen didapatkan konsentrasi optimum limbah 0,00063 mg/Kg dengan biaya resiko dan biaya pengolahan sebesar 0,370 Milyar atau 370 juta.

**Hubungan Konsentrasi Limbah Pada Organisme  
Dengan Biaya Pengolahan dan Biaya Resiko untuk Tiap  
Skenario**



Gambar 4.8 Hubungan Biaya Pengolahan Limbah dengan Biaya Resiko Karsinogen

#### 4.9 Diskusi

Berdasarkan analisa data didapatkan nilai trade off yang dapat diusulkan untuk kegiatan pengeboran di Lapangan Migas Oyong yaitu konsentrasi pada organisme sebesar 0.00063 mg/kg dengan biaya sekitar 370 juta. Hal ini dilihat dari perpotongan grafik antara biaya resiko karsinogen dan biaya pengolahan.

Nilai ini tentunya jauh lebih kecil dari skenario yang dimiliki oyong. Dengan skenario 3%, oyong membutuhkan biaya pengolahan sebesar 491 juta dengan resiko masyarakat berpotensi terkena kanker sebanyak 7 orang. Sedangkan nilai *trade off* tersebut akan mengakibatkan masyarakat yang berpotensi terkena kanker sebanyak 24 orang. Mengingat durasi paparan yaitu selama 30 tahun dengan asumsi area yang terkena dampak hanya beberapa daerah saja maka nilai tersebut cukup dapat diterima.



Apabila area yang terkena dampak diperluas, artinya tidak hanya masyarakat di daerah pesisir seperti masyarakat madura, pasuruan , situbondo dan probolinggo yang terkena dampak maka besar peluang masyarakat yang terkena kanker semakin kecil.

Dalam Santos (2003) disebutkan bahwa limbah yang berupa serbuk bor tersebut rencananya akan dibuang dengan sistem *landfill*. Pembuangan dengan system landfill tersebut tidak akan menmgakibatkan dampak yang berat bagi perairan karena dengan sistem ini liimbah akan dibuang dan diolah di darat. Akibatnya skenario pembuangan 3% tidak akan efektif karena biaya yang dibutuhkan teralalu tinggi degan dampak yang tidak begitu besar. Mengingat hal itu, penulis rasa reduksi *base fluid* dalam limbah serbuk bor dapat ditambah sampai 8-9% jika sistem pembuangan *landfill* digunakan.

## **BAB IV**

### **ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN**

*Cipta Karya*  
(031) 5941926

## BAB 5

### KESIMPULAN

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Skenario alternative pengolahan limbah pengeboran di lapangan migas Oyong dipilih tiga scenario yaitu : *Current Technology* (11%), *discharge option* (7%), dan *Oyong scenario* (3%). Dari ketiga scenario tersebut, nilai resiko yang dibandingkan adalah resiko kesehatan masyarakat yang berupa resiko kanker akibat kontaminasi lobam berat dengan mempertimbangkan biaya perawatan kanker stadium 1 dan 2 serta biaya pengolahan limbah. Dari analisa data didapatkan bahwa untuk *Current Technology*, masyarakat yang terkena kanker sebanyak 30 orang dengan biaya perawatan 240 jt rupiah. Untuk *discharge option* (7%) potensi masyarakat sebesar 17 orang dengan biaya perawatan 240 jt rupiah. Sedangkan untuk skenario 3 % dibutuhkan biaya perawatan sebesar 105 jt rupiah untuk 7 orang yang berpotensi terkena kanker.
2. Skenario alternative yang diusulkan oleh penulis dan dianggap sesuai dengan kondisi lokal adalah yaitu bahwa pengurangan konsentrasi base fluid yang terikut di dalam cutting diperkenankan sekitar 8 sampai 9%. Jika *drill cutting* yang akan dibuang sudah diolah sampai konsentrasi 8 sampai 9% base fluid yang terikut maka praktek ini sedikit lebih ketat dari yang disyaratkan oleh USEPA yaitu 11%.

## DAFTAR PUSTAKA

Cipta Karya  
[031] 5941926

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2001) *Industrial Technologies Energy Efficiency and Renewable Energy*, U.S. Departement of Energy.
- Anonim (2002) *Daftar Perusahaan di Sepanjang Kali Surabaya yang Berpotensi Mengeluarkan Limbah B3*, Dinas Lingkungan Hidup Kodya Surabaya.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Propinsi Jawa Timur (1999). Kepadatan Penduduk Jawa Timur. Surabaya.
- Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) (1997) Laporan Penelitian Analisis Kandungan Logam Berat Merkuri, Kuprum dan Timbal pada Ikan dan Kerang serta Pengaruhnya Terhadap Kesehatan di Pesisir Pantai Kelurahan Sukolilo, Kecamatan Kenjeran dan Sekitarnya, Surabaya.
- Bishop, P, L. (2000) *Pollution Prevention : Fundamentals and Practice*. Mc Graw-Hill Higher Education.
- Connell, D.W. and Miller, G.J. (1995) Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran, Penerbit Universitas Indonesia (UI Press), Jakarta.
- Daugherty, J. E (1997), *Assesment of Chemical Exposure : Calculation Methods for Environmental Professionals*. CRC Press LLC, USA.
- Dinas Perikanan dan Kelautan Propinsi Jawa Timur (2000). Perikanan Jawa Timur dalam Angka.
- Enviromental Protection Agency, 1993. *Development Document for Effluent Limitation Guidelines and New Source Performance Standards for Offshore Subcategory of The Oil and Gas Extraction Point Source Category*. Washington, D.C.
- Enviromental Protection Agency, 1996. *Proposed Guidelilnes fpr Carconogen Risk Assesment. (61 FR 17960, April 23, 1996)*
- Enviromental Protection Agency, 1999. *Environmental Assesment of Proposed Limitation Guideline` and Standard for Synthetic-Based Drilling Fluid*

- and other Non-Aqueous Drilling Fluid in the Oil and Gas Extraction Point Source Category.* Washington, D.C.
- Fardiaz, F. (1992). *Polusi Air dan Udara*. Kanisius, Yogyakarta.
- Hartoyo (2003). Studi Optimasi Biaya Pengolahan Limbah Logam Berat dan Biaya Resiko Kontaminan Karsinogen di Wilayah Pesisir Kenjeran. Surabaya
- Lu, F.C (1995) *Toksikologi Dasar : Asas, Organ Sasaran dan Penilaian Resiko*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Mukono, H. J.(2000) *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan*. Airlangga University Press, Surabaya.
- O'Neill, P. (1993) *Environmental Chemistry*. Second Edition. University of Playmouth. Departemen of Environmental Sciences, Playmouth, U.K. Champ & Hall, London.
- Patterson, J.W. (1985) *Industrial Wastewater Treatment Technology*. Butter Worth Publishers, USA
- Rubin, E.S (2001) *Introduction to Engineering and The Environment*. First Edition. Mc Graw-Hill Companies Inc. New York.
- Ramming, H.G dan Z. Kowalik . 1980. Numerical Modelling of Marine Hydrodinamics. Application to Dynamic Physical Processes. Elsevier Sci. Publ. Coy
- Rosyid, Daniel M dan Mukhtasor. 2002. Pengantar: *Rekayasa Keandalan*. Teknik Kelautan ITS, Surabaya
- Santos, 2003. Analisa Dampak Lingkungan: "Pengembangan Lapangan Oyong dan Lapangan Maleo dan Pemasangan Pipa Bawah Laut di Selat Madura Jawa Timur". Sampang-Madura
- Soeharjo, Soebijanto. 1999. *Status Pengendalian Pencemaran Air*. Lembaran Publikasi LEMIGAS, Vol. 33 No.2
- Suhendrayatna (2001). Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme. Institut for Science and Technology Studiest, Departement of Applied Chemistry and Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Kagoshima University, Japan.

- Triatmojo, B. (1999). Teknik Pantai. Betan Offset, Yogyakarta
- Udiharto, M. 1999. *Hubungan antara Tingkat Toksisitas dan Hidro-Carbon Aromatik yang Terkandung dalam Lumpur Pengeboran dan Bahan Dasarnya*. Lembaran Publikasi LEMIGAS, Vol. 33 no.3
- Wahyudi. 1997. Diktat Kuliah: “Reservoir”. Surabaya
- Yayasan Kanker Wisnu Wardhana (2001). Makalah Seminar Penanggulangan Kanker Masa Kini. Yayasan Kanker Winu Wardhana, Surabaya.

## LAMPIRAN

Cipta Karya  
(031) 5941926

LAMPIRAN

Tabel 1. Estimasi perhitungan polutan di water column (*current technology 11%*)

Polutan	Konsentrasi Effluent (mg/L) (1)	Leach Factor (2)	Konsentrasi pada Kolom Air 100m (mg/L) (3)
<b>Logam Berat</b>			
Cadmium	0.1707	0.11	1.63206E-06
Mercury	0.0155	0.018	2.42501E-08
Nikel	2.0944	0.043	7.82776E-06
Arsenik	1.1015	0.005	4.78701E-07
Seng	31.1051	0.0041	1.10847E-05
<b>Organik</b>			
Naphthalene	1.17		3.32E-05
Fluorene	0.6382		1.81E-05
Phenanthrene	1.5136		4.30E-05
Phenol	0.0001		2.39E-09

Tabel 2. Estimasi perhitungan polutan di pore water (*current technology 11%*)

Polutan	Konsentrasi Rata-rata	Jumlah Polutan/sumur (lb)	Persentase Polutan/synthetic (%)	Konstr. Endapan Polutan di 100m (mg/kg)	partition Coeff. Dan Leach Factor	Konstr. Di Pore Water pada 100m (mg/L)
Logam Berat (lb/lb dry Cutting)						
Cadmium	1.10E-06	0.1918	7.69703E-07	1.72E-02	0.11	2.06E-03
Mercury	1.00E-07	0.0174	6.98271E-08	1.56E-03	0.018	3.06E-05
Nikel	1.35E-05	2.3537	9.44552E-06	2.11E-01	0.043	9.89E-03
Arsenik	7.10E-06	1.2379	4.96776E-06	1.11E-01	0.005	6.05E-04
Seng	2.00E-04	34.9564	0.000140282	3.13E+00	0.0041	1.40E-02
Organik (lb/bbl drilling fluid)						
Naphthalene	1.01E-03	1.3148	5.27636E-06	1.18E-01	0.0796	1.02E-02
Fluorene	5.48E-04	0.7172	2.87816E-06	6.42E-02	0.0407	2.85E-03
Phenanthrene	1.30E-03	1.701	6.8262E-06	1.52E-01	0.0113	1.88E-03
Phenol	7.22E-08	0.0001	4.01305E-10	8.95E-06	11.34	1.11E-04

Tabel 3. Estimasi perhitungan polutan pada Ikan (*Fish Tissue Pollutant Concentration*) (*current technology 11%*)

Polutan	Konsentrasi Effluent (mg/L) (1)	Leach Factor (2)	Ambient Bioavailable Conc.in Plume (mg/L) (3)	Average Exposure Conc. (mg/L)	BCF (l/Kg)	Konstr. Pada Ikan (mg/Kg)
<b>Logam Berat</b>						
Cadmium	0.1707	0.11	3.12133E-06	1.16277E-08	64	7.4417E-07
Mercury	0.0155	0.018	4.63787E-08	1.72771E-10	5500	9.50239E-07
Nikel	2.0944	0.043	1.49707E-05	5.57691E-08	47	2.62115E-06
Arsenik	1.1015	0.005	9.15521E-07	3.41052E-09	44	1.50063E-07
Seng	31.1051	0.0041	2.11997E-05	7.89735E-08	231	1.82429E-05
<b>Organik</b>						
Naphthalene	1.17		1.01E-04	3.76247E-07	426	0.000160281
Fluorene	0.6382		5.49E-05	2.04515E-07	30	6.13544E-06
Phenanthrene	1.5136		1.30E-04	4.84279E-07	2630	0.001273653
Phenol	0.0001		8.60E-09	3.20369E-11	1.4	4.48517E-11

LAMPIRAN

Tabel 4. Estimasi perhitungan polutan pada Kerang (*current technology 11%*)

Polutan	Jumlah Polutan/sumur (lb)	Jumlah Polutan/sumur (mg)	Konstr. Polutan di sedimen (mg/kg)	partition Coeff. Dan Leach Factor	Estimasi Konstr. Di Pore Water pada 100m (mg/L)	BCF (l/Kg)	Shrimp Tissue Conc. (mg/Kg)
Logam Berat							
Cadmium	1.19E-01	54162.51777	8.03E-04	0.11	9.65E-05	64	6.79E-05
Mercury	1.09E-02	4961.104569	7.36E-05	0.018	1.45E-06	5500	8.75E-05
Nikel	1.47E+00	669066.3959	9.92E-03	0.043	4.66E-04	47	2.41E-04
Arsenik	7.71E-01	350918.4975	5.20E-03	0.005	2.84E-05	44	1.38E-05
Seng	2.18E+01	9922209.137	1.47E-01	0.0041	6.59E-04	47	3.41E-04
Organik							
Naphthalene	8.80E-01	400529.5431	5.94E-03	0.0796	5.16E-04	426	2.42E-03
Fluorene	4.46E-01	202995.6548	3.01E-03	0.0407	1.34E-04	30	4.42E-05
Phenanthrene	1.06E+00	482456.0406	7.15E-03	0.0113	8.83E-05	2630	2.55E-03
Phenol	5.88E-05	26.76265584	3.97E-07	11.34	4.91E-06	1.4	7.57E-08

Tabel 5. Estimasi perhitungan polutan di *water column* (Discharge Option 7%)

Polutan	Konsentrasi Efluent (mg/L) (1)	Leach Factor (2)	Konsentrasi pada Kolom Air 100m (mg/L) (3)
Logam Berat			
Cadmium	0.118	0.11	1.1282E-06
Mercury	0.0108	0.018	1.68969E-08
Nikel	1.452	0.043	5.42681E-06
Arsenik	0.7634	0.005	3.31766E-07
Seng	21.56	0.0041	7.6832E-06
Organik			
Naphthalene	0.811		2.30E-05
Fluorene	0.442		1.26E-05
Phenanthrene	1.049		2.95E-05
Phenol	0.0001		1.66E-09

Tabel 6. Estimasi Perhitungan Polutan di *pore water* (Discharge Option 7%)

Polutan	Konsentrasi Rata-rata (lb/lb dry Cutting)	Jumlah Polutan/sumur (lb)	Persentase Polutan/synthetic (%)	Konstr. Endapan Polutan di 100m (mg/kg)	partition Coeff. Dan Leach Factor	Konstr. Di Pore Water pada 100m (mg/L)
Logam Berat						
Cadmium	0.0000011	0.1098	7.69344E-07	9.85E-03	0.11	0.001183
Mercury	0.0000001	0.01	7.00678E-08	8.97E-04	0.018	1.76E-05
Nikel	0.0000135	1.3473	9.44023E-06	1.21E-01	0.043	0.005676
Arsenik	0.0000071	0.7086	4.965E-06	6.36E-02	0.005	0.000347
Seng	0.0002	20.0097	0.000140203	1.79E+00	0.0041	0.008037
Organik	(lb/bbl drilling fluid)					
Naphthalene	0.00101	0.7524	5.2719E-06	6.75E-02	0.0796	0.005867
Fluorene	0.000548	0.4107	2.87768E-06	3.68E-02	0.0407	0.001638
Phenanthrene	0.0013	0.974	6.8246E-06	8.74E-02	0.0113	0.001078
Phenol	7.22E-08	5.41E-05	3.79067E-10	4.85E-06	11.34	6.01E-05

LAMPIRAN

Tabel 7. Estimasi perhitungan polutan pada Ikan (*Fish Tissue Pollutant Concentration*) (*Discharge Option 7%*)

Polutan	Konsentrasi Effluent (mg/L) (1)	Leach Factor (2)	Ambient Bioavailable Conc.in Plume (mg/L) (3)	Average Exposure Conc. (mg/L)	BCF (l/Kg)	Konstr. Pada Ikan (mg/Kg)
Logam Berat						
Cadmium	0.118	0.11	2.15769E-06	8.03786E-09	64	5.14E-07
Merkury	0.0108	0.018	3.23154E-08	1.20382E-10	5500	6.62E-07
Nikel	1.452	0.043	1.03788E-05	3.86635E-08	47	1.82E-06
Arsenik	0.7634	0.005	6.34507E-07	2.36368E-09	44	1.04E-07
Seng	21.56	0.0041	1.46942E-05	5.47392E-08	231	1.26E-05
Organik						
Naphthalene	0.811		0.0000698	2.6002E-07	426	0.000111
Fluorene	0.442		0.0000381	1.41931E-07	30	4.26E-06
Phenanthrene	1.049		0.0000903	3.36387E-07	2630	0.000885
Phenol	0.0001		8.6E-09	3.20369E-11	1.4	4.49E-11

Tabel 8. Estimasi perhitungan polutan pada Kerang (*Discharge Option 7%*)

Polutan	Jumlah Polutan/sumur (lb)	Jumlah Polutan/sumur (mg)	Konstr. Polutan di sedimen (mg/kg)	partition Coeff. Dan Leach Factor	Estimasi Konstr. Di Pore Water pada 100m (mg/L)	BCF (l/Kg)	Shrimp Tissue Conc. (mg/Kg)
Logam Berat							
Cadmium	0.0684	31132.07	0.000461558	0.11	5.55E-05	64	3.9E-05
Mercury	0.0062	2821.913	4.18371E-05	0.018	8.23E-07	5500	4.98E-05
Nikel	0.8391	381914	0.00566218	0.043	0.000266	47	0.000137
Arsenik	0.4413	200856.5	0.002977857	0.005	1.63E-05	44	7.87E-06
Seng	12.4627	5672363	0.084097303	0.0041	0.000377	47	0.000195
Organik							
Naphthalene	0.4684	213191	0.003160726	0.0796	0.000275	426	0.001288
Fluorene	0.2555	116290.1	0.001724094	0.0407	7.66E-05	30	2.53E-05
Phenanthrene	0.606	275819.2	0.00408924	0.0113	5.05E-05	2630	0.00146
Phenol	3.37E-05	15.33846	2.27405E-07	11.34	2.82E-06	1.4	4.34E-08

Tabel 9. Estimasi perhitungan polutan di water column (*Oyong Skenario 3%*)

Polutan	Konsentrasi Effluent (mg/L) (1)	Leach Factor (2)	Konsentrasi pada Kolom Air 100m (ng/L) (3)
Logam Berat			
Cadmium	0.048563	0.11	4.6431E-07
Mercury	0.0044279	0.018	6.92759E-09
Nikel	0.5967429	0.043	2.23031E-06
Arsenik	0.3137903	0.005	1.3637E-07
Seng	8.8616045	0.0041	3.15795E-06
Organik			
Naphthalene	0.3333312		9.45584E-06
Fluorene	0.1817416		5.16818E-06
Phenanthrene	0.4311857		1.21851E-05
Phenol	3.506E-05		6.81623E-10

LAMPIRAN

Tabel 10. Estimasi Perhitungan Polutan di pore water (Discharge Option 7%)

Polutan	Konsentrasi Rata-rata	Jumlah Polutan/sumur (lb)	Percentase Polutan/synthetic (%)	Konstr. Endapan Polutan di 100m (mg/kg)	partition Coeff. Dan Leach Factor	Konstr. Di Pore Water pada 100m (mg/L)
Logam Berat	(lb/lb dry Cutting)					
Cadmium	0.0000011	0.049683	7.69533E-07	4.45E-03	0.11	0.000535
Mercury	0.0000001	0.004516	6.99411E-03	4.05E-04	0.018	7.95E-06
Nikel	0.0000135	0.609666	9.44301E-06	5.46E-02	0.043	0.002565
Arsenik	0.0000071	0.320647	4.96645E-06	2.87E-02	0.005	0.000157
Seng	0.0002	9.054575	0.000140245	8.11E-01	0.0041	0.003633
Organik	(lb/bbl drilling fluid)					
Naphthalene	0.00101	0.340519	5.27425E-06	3.05E-02	0.0796	0.002652
Fluorene	0.000548	0.185807	2.87793E-06	1.66E-02	0.0407	0.00074
Phenanthrene	0.0013	0.440669	6.82544E-06	3.95E-02	0.0113	0.000487
Phenol	7.22E-08	2.52E-05	3.90771E-10	2.26E-06	11.34	2.8E-05

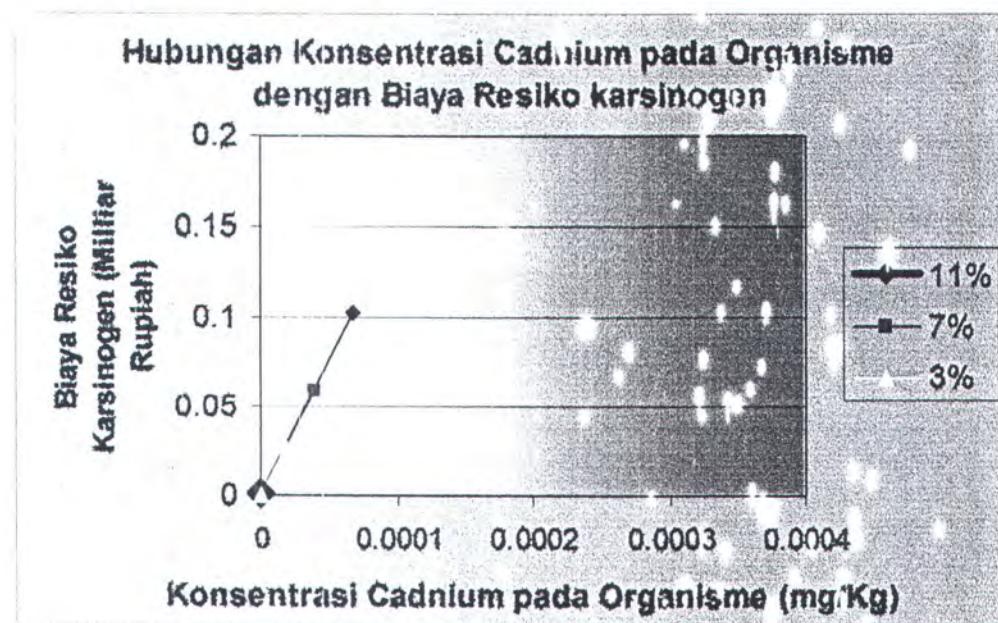
Tabel 11. Estimasi perhitungan polutan pada Ikan (Fish Tissue Pollutant Concentration) (Oyong Skenario 3%)

Polutan	Konsentrasi Effluent (mg/L) (1)	Leach Factor (2)	Ambient Bioavailable Conc.in Plume (mg/L) (3)	Average Exposure Conc. (mg/L)	BCF (l/Kg)	Konstr. Pada Ikan (mg/Kg)
Logam Berat						
Cadmium	0.048563	0.11	8.87998E-07	3.30799E-09	64	2.12E-07
Mercury	0.0044279	0.018	1.32491E-08	4.93558E-11	5500	2.71E-07
Nikel	0.5967429	0.043	4.2655E-06	1.58899E-08	47	7.47E-07
Arsenik	0.3137903	0.005	2.60809E-07	9.71573E-10	44	4.27E-08
Seng	8.8616045	0.0041	6.03963E-06	2.24989E-08	231	5.2E-06
Organik						
Naphthalene	0.3333312		2.87299E-05	1.07025E-07	426	4.56E-05
Fluorene	0.1817416		1.56506E-05	5.82021E-08	30	1.75E-06
Phenanthrene	0.4311857		3.70773E-05	1.38121E-07	2630	0.000363
Phenol	3.506E-05		3.01558E-09	1.12337E-11	1.4	1.57E-11

Tabel 12. Estimasi perhitungan polutan pada Kerang (Oyong Skenario 3%)

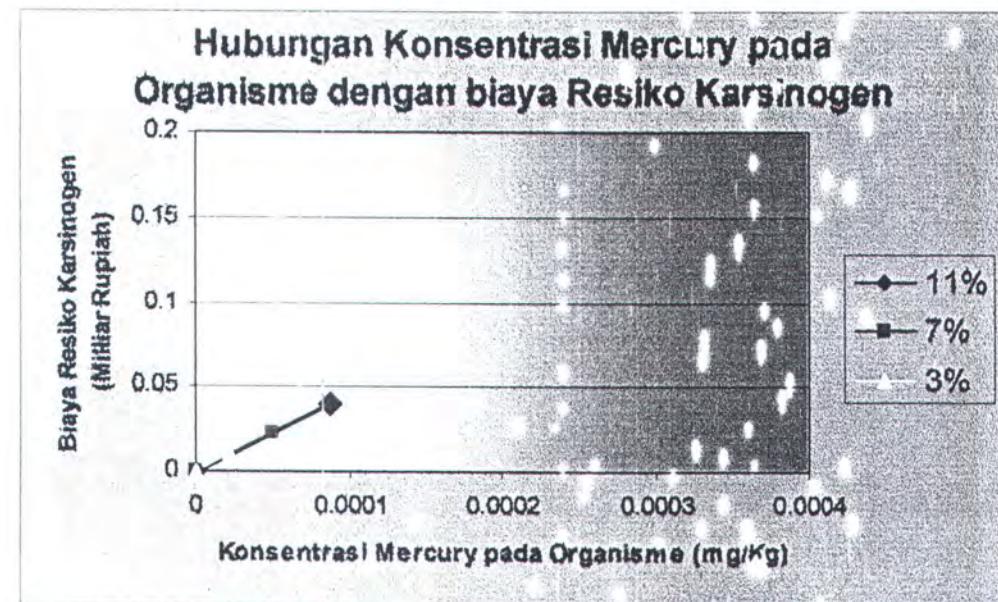
Polutan	Jumlah Polutan/sumur (lb)	Jumlah Polutan/sumur (mg)	Konstr. Polutan di sedimen (mg/kg)	partition Coeff. Dan Leach Factor	Estimasi Konstr. Di Pore Water pada 100m (mg/L)	BCF (l/Kg)	Shrimp Tissue Conc. (mg/Kg)
Logam Berat							
Cadmium	0.0308844	14056.96	0.000208406	0.11	2.5E-05	64	1.76E-05
Mercury	0.0028149	1281.21	1.8995E-05	0.018	3.73E-07	5500	2.26E-05
Nikel	0.3802617	173075	0.002565975	0.043	0.000121	47	6.23E-05
Arsenik	0.1997006	90893.19	0.001347564	0.005	7.36E-06	44	3.56E-06
Seng	5.6433058	2568535	0.038080577	0.0041	0.000171	47	8.82E-05
Organik							
Naphthalene	0.2203714	100301.4	0.001487049	0.0796	0.000129	426	0.000606
Fluorene	0.1155682	52600.54	0.000779845	0.0407	3.47E-05	30	1.14E-05
Phenanthrene	0.2744026	124893.6	0.001851647	0.0113	2.29E-05	2630	0.000661
Phenol	1.524E-05	6.936266	1.02836E-07	11.34	1.27E-06	1.4	1.96E-08

Lampiran



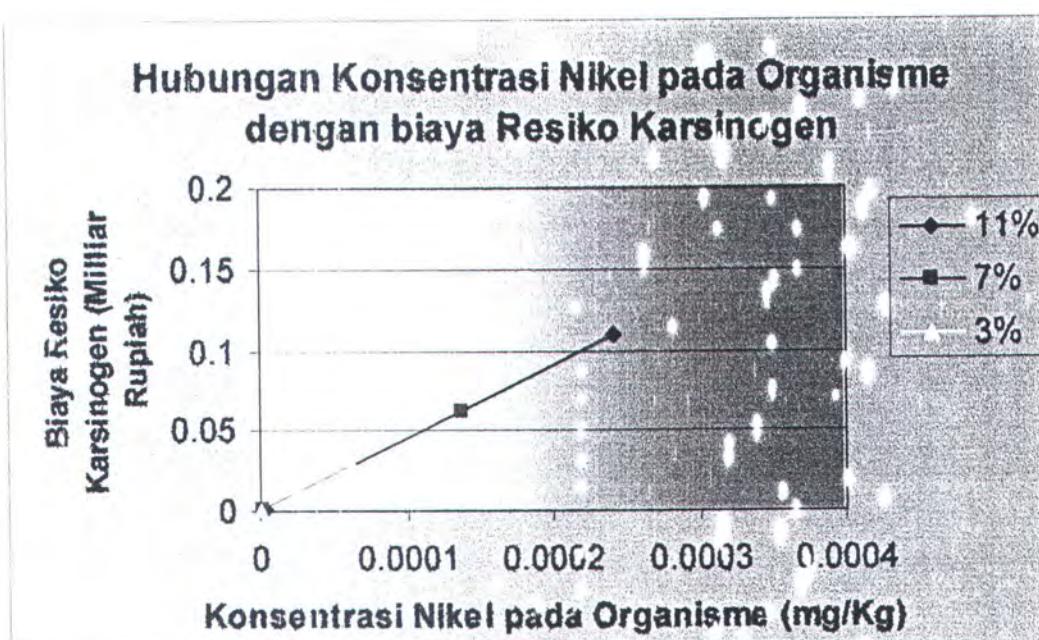
Gambar 1

Hubungan Konsentrasi Cadmium pada Organisme dengan Biaya Resiko karsinogen



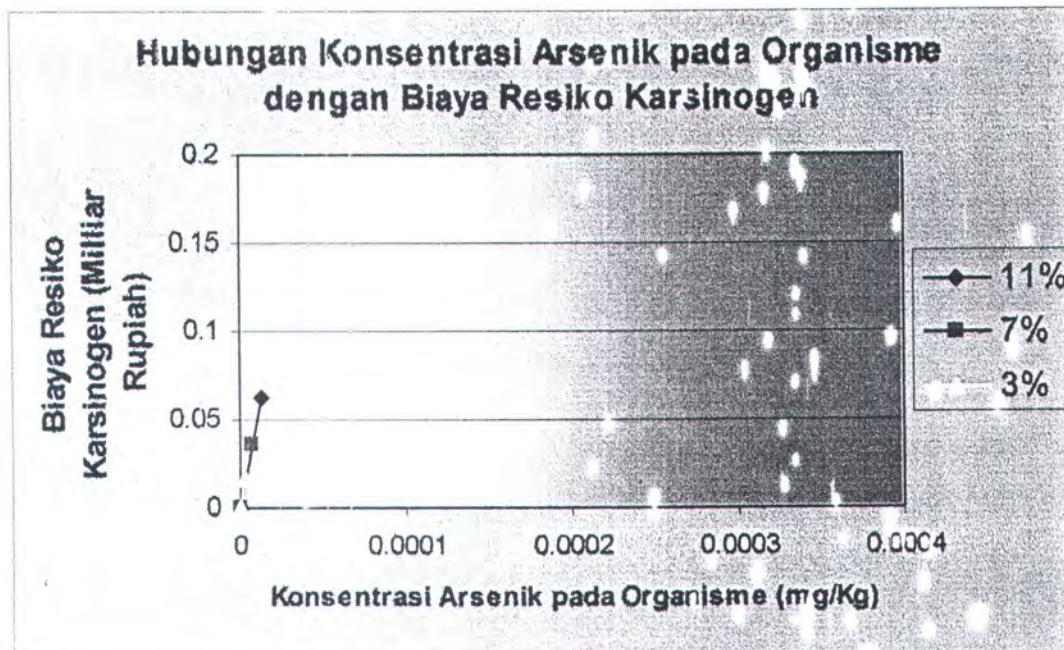
Gambar 2

Hubungan Konsentrasi Mercury pada Organisme dengan Biaya Resiko karsinogen



Gambar 3

Hubungan Konsentrasi Nikel pada Organisme dengan biaya Resiko Karsinogen



Gambar 4

Hubungan Konsentrasi Arsenik pada organisme dengan biaya Resiko Karsinogen

DEPARTMENT OF ENERGY AND MINERAL RESOURCES REPUBLIC OF INDONESIA  
 RESEARCH AND DEVELOPMENT BODY FOR ENERGY AND MINERAL RESOURCES  
 RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTRE FOR OIL AND GAS TECHNOLOGY "LEMIGAS"  
 JALAN CILEDUG RAYA - CIPULIR - KEBAYORAN LAMA - JAKARTA SELATAN 12230 - INDONESIA  
 TEL: 62-11-7246150, FAX: 62-11-7246172, CABLE: LEMIGAS, P.O.BOX 1089, JAKARTA 10010. TELP: 62-11-7394422 (7 LINES), 7303448, 7303058, 7304001, 730

### ACUTE TOXICITY TEST DATA SUMMARY



Company : ARII - DRILLING  
 Job No./ Date : 01051-LC / May 4<sup>th</sup>, 2001  
 Service Order No.

Analyst : Sumarna  
 Type of Test : Static non-renewal 96 h/LC50  
 Test Started on : April 28<sup>th</sup>, 2001

#### SAMPLE IDENTIFICATION

Identification : Drilling Mud for LC-50  
 Location : Sample is from P.T. M-I  
 Type of Sample : Sea Water/10%KCl-PHPA/Glycol  
 Quantity : 5 L 3% LUBE-167  
 Date Received : April 24<sup>th</sup>, 2001  
 pH : 10.54

#### TEST MEDIUM INFORMATION

Source : Sea Water.  
 pH : 7.5  
 Dissolved Oxygen (mg/l) : 8.35  
 Salinity (‰) : 30.11  
 Turbidity (FTU) : 0  
 Condition : 24-h aeration

#### TEST CONDITIONS

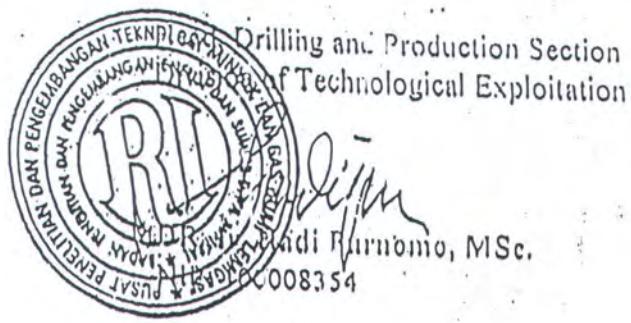
Dissolved Oxygen Range (mg/l) : 3.77 - 8.35  
 Temperature Range (°C) : 24.8 - 26.2  
 pH Range : 7.46 - 8.87  
 Salinity Range (‰) : 30.1 - 32.9  
 Turbidity Range (FTU) : 0 - 136

Photo Period (L:D hours) : 14 : 10 hours  
 Aeration : None  
 No. Organism/Volume : 10 / 10 L  
 Loading Density (g/l) : 0.014  
 Others

#### TEST SPECIES INFORMATION

Organism : Penaeus Monodon Fabricius (Udang Windu)  
 Source : Anyer - West Java  
 Collection Date : April 25<sup>th</sup>, 2001  
 Age (on Day 0) : 2 weeks

RESULT OF TOXICITY TEST : 35,190 mg/L of SSP (non-toxic substance)  
 95% Confidence Limits : 28,040 - 44,950 mg/l



Sample : Drilling Fluid  
 Received from : PT. M-I Indonesia for ARII-Drilling  
 Date received : April 24<sup>th</sup>, 2001  
 Identification : Light Brown - creamy liquid

Project Name : Static non-renewal 96-h LC-50

Job No. : 01051-LC  
 Date : 04 May 2001

This report relates only to the sample tested and may not be used for advertising purposes.

Test period, Beginning : 28 April 2001 / 11:00 hrs.  
 Ending : 03 May 2001 / 11:00 hrs.

CONCN (%)	PERCENT SURVIVAL (1 to 96 hours)						DISSOLVED OXYGEN (mg/l)					TEMPERATURE (°C)					pH					SALINITY (ppt)		TURBIDITY (FTU)	
	0	24	48	72	96	0	24	48	72	96	0	24	48	72	96	0	24	48	72	96	0	96	0	96	
Control	100	100	100	100	100	8.35	7.92	7.53	7.13	7.00	24.9	26.2	25.9	25.0	25.0	7.49	7.48	7.54	7.52	7.46	30.1	30.1	0	0	
0.5	100	100	100	100	100	8.26	7.90	6.77	6.42	6.12	25.0	26.0	25.8	24.9	24.8	7.87	7.88	7.73	7.87	7.88	30.6	30.7	5	2	
1	100	100	100	100	100	8.27	7.60	6.71	5.92	5.33	25.0	26.0	25.7	24.8	24.8	7.99	7.93	7.97	7.96	7.89	30.6	30.7	13	7	
2	100	100	100	100	95	8.11	7.70	6.34	5.57	5.11	25.0	26.1	25.8	24.9	24.9	8.10	8.07	8.07	8.08	8.14	31.5	31.5	32	11	
4	100	100	100	90	85	7.28	7.01	6.01	5.12	4.33	25.2	26.1	25.8	24.8	24.8	8.45	8.53	8.48	8.45	8.43	32.3	32.2	60	32	
8	100	100	100	80	50	7.24	6.30	5.78	4.53	3.77	25.1	26.2	25.8	24.9	24.9	8.87	8.76	8.73	8.78	8.79	32.9	32.9	136	55	

#### TEST SPECIES DATA

No. Organisms/Volume : 10 / 10 L  
 Test Species : *Penaetus Monodon Fabricus*  
 Age : 2 weeks  
 Source : Anyer - West Java

Mean Length (mm) : 8.11 Range : 6.09 - 11.0  
 Mean Weight (gr) : 0.014 Range : 0.011 - 0.020

SAMPLE DESCRIPTION : Type of sample is liquid, light brown - creamy coloured.

COMMENTS : Based on this test result, the Seawater/KCl+PHPA mud sample can be classified as a nontoxic substance.

TEST SET UP BY : Bambang Purwoyo/Rachmi  
 DATA VERIFIED BY : Sumarmi

DEPARTMENT OF ENERGY AND MINERAL RESOURCES REPUBLIC OF INDONESIA  
DIRECTORATE GENERAL OF OIL AND GAS  
RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTRE FOR OIL AND GAS TECHNOLOGY "LEMIGAS"  
JALAN CILEDUG RAYA - CIPULIR - KEBAYORAN LAMA - JAKARTA SELATAN 12230 - INDONESIA  
TELEPHONE : 62-21-724 6150 • CABLE : LEMIGAS - P.O BOX 1080, JAKARTA 10010 • TELP : 62-21-7304422 (7 LINES), 7303440, 7303050, 7304001, 7394

### ACUTE TOXICITY TEST DATA SUMMARY

Company : PT. M-I INDONESIA  
Job No. / Date : 01032-LC / March 15<sup>th</sup>, 2001  
Service Order No. :

Analyst : Sumarna  
Type of Test : Static non-renewal 96h/LC50  
Test Started on : March 11<sup>th</sup>, 2001

#### SAMPLE IDENTIFICATION

Identification : Mud for LC-50  
Location : -  
Type of Sample : Sea Water/10%KCl-PHPA/Glycol  
Quantity : 5 L  
Date Received : March 10<sup>th</sup>, 2001  
pH : 11.05

#### TEST MEDIUM INFORMATION

Source : Sea Water  
pH : 7.3  
Dissolved Oxygen (mg/l) : 8.44  
Salinity (‰) : 30.12  
Turbidity (FTU) : 0  
Condition : 24-h aeration

#### TEST CONDITIONS

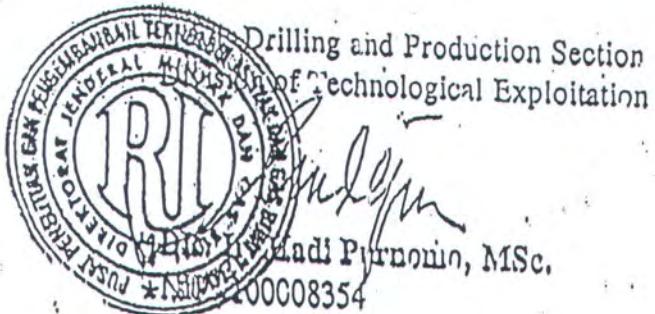
Dissolved Oxygen Range (mg/l) : 3.05 - 8.44  
Temperature Range (°C) : 24.1 - 25.1  
pH Range : 7.43 - 8.75  
Salinity Range (‰) : 30.1 - 32.8  
Turbidity Range (FTU) : 0 - 81

Photo Period (L:D hours) : 14 : 10 hours  
Aeration : None  
No. Organism/Volume : 10 / 2.5 L  
Loading Density (g/l) : 0.064  
Others :

#### TEST SPECIES INFORMATION

Organism : Penaeus Monodon Fabricius (Udang Windu)  
Source : Anyer - West Java  
Collection Date : February 23<sup>th</sup>, 2001  
Age (on Day 0) : 2 weeks

RESULT OF TOXICITY TEST : 41,420 mg/L of SSP (non-toxic substance)  
95% Confidence Limits : 33,300 - 52,690 mg/l



LEMIGAS Laboratories personnel will exert its best efforts to conduct the analysis, but results will not be guaranteed.

### ACUTE TOXICITY TEST DATA

Sample : Seawater/10% KCl/PHPA/3% Glycol Mud

Received from : PT. M-I Indonesia

Date received : March 10<sup>th</sup>, 2001

Identification : Light Brown - creamy liquid

Project Name : Static non-renewal 96-h LC-50

Job No : 01032-LC  
Date : 15 March 2001

This report relates only to the sample tested and may not be used for advertising purposes.

Test period, Begining : 11 March 2001 / 13:00 hrs.

Ending : 15 March 2001 / 13:00 hrs.

CONC'N (%)	PERCENT SURVIVAL (1 to 96 hours)							DISSOLVED OXYGEN (mg/l)					TEMPERATURE (°C)					pH					SALINITY (ppt)	TURBIDITY (FTU)		
	1	2	4	24	48	72	96	0	24	48	72	96	0	24	48	72	96	0	24	48	72	96	0	96	0	96
Control	100	100	100	100	100	100	100	8.44	6.60	6.13	5.81	5.68	24.3	24.5	24.8	24.8	25.1	7.49	7.47	7.48	7.49	7.43	30.1	30.1	0	1
0.125	100	100	100	100	100	100	100	8.45	6.52	6.07	5.68	5.18	24.3	24.4	24.9	25.1	25.0	7.51	7.62	7.67	7.68	7.69	30.2	30.2	2	2
0.25	100	100	100	100	100	100	100	7.89	6.25	5.18	5.03	4.63	24.1	24.3	24.8	25.0	24.9	7.56	7.59	7.58	7.58	7.56	30.2	30.1	3	3
0.5	100	100	100	100	100	100	100	7.57	6.63	5.17	4.76	4.17	24.1	24.3	24.7	24.8	25.0	7.79	7.82	7.86	7.87	7.84	30.7	30.7	7	5
1	100	100	100	100	100	100	100	7.57	5.52	4.57	4.44	4.06	24.1	24.2	24.6	24.9	25.1	7.97	7.93	7.92	7.93	7.89	30.7	30.6	11	8
2	100	100	100	100	95	85	85	7.41	5.32	4.12	4.13	3.37	24.2	24.2	24.8	24.8	24.9	8.02	8.05	8.03	8.01	8.04	31.6	31.6	22	20
4	100	100	100	90	65	60	70	7.35	4.51	4.11	3.78	3.56	24.3	24.2	24.7	25.0	25.1	8.41	8.43	8.38	8.45	8.41	32.1	32.2	41	27
8	100	100	95	70	30	15	10	7.13	4.23	3.96	3.19	3.05	24.3	24.2	24.8	25.1	25.0	8.75	8.67	8.61	8.65	8.67	32.8	32.8	81	28

#### TEST SPECIES DATA

No. Organisms/Volume : 10 / 2.5 L      Mean Length (mm) : 8.13      Range : 6.00 - 11.0  
Test Species : Penaeus Monodon Fabricius      Mean Weight (gr) : 0.016      Range : 0.011 - 0.020

Age : 2 weeks

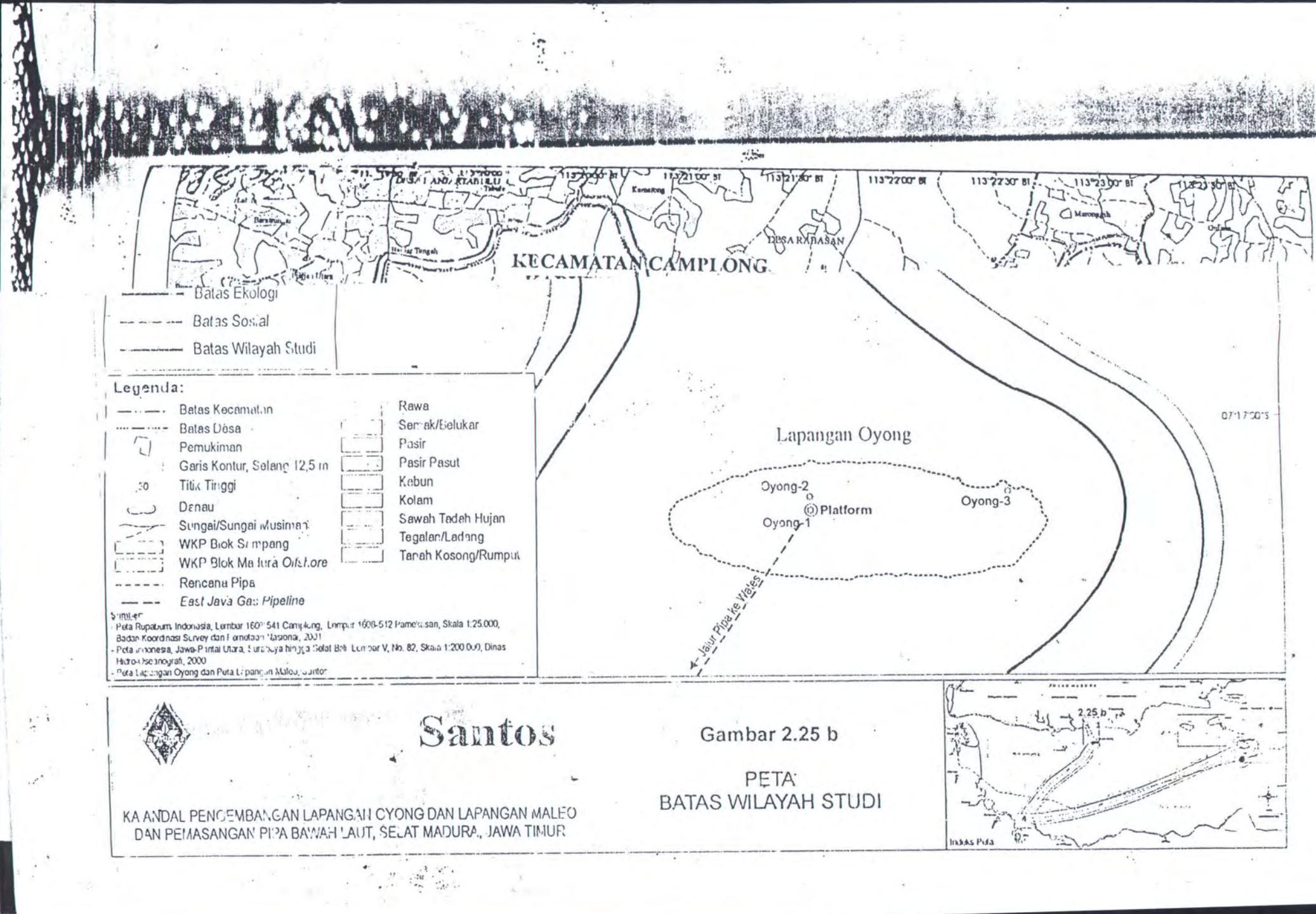
Source : Anyer - West Java

**SAMPLE DESCRIPTION** : Type of sample is liquid, light brown - creamy coloured.

**COMMENTS** : Based on this test result, the Seawater/KCl-PHPA mud sample is considered classified as a non-toxic substance.



Bambang Purwoto/Rachmi



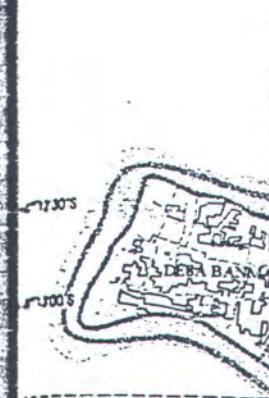
113°45'00"E

113°35'00"E

07°10'00"S

## Pulau Giligenteng

Offshore



KABUPATEN SUMENEP  
KECAMATAN GILIGENTENG

DESA BRINGSANG

DESA GEDUNGAN

DESA GALIS

DESA TENGKAR

113°30'S

113°30'E

07°15'00"S



Skala 1:25.000,

1:25.000, Dinas

Indeks Peta

Blok Maiteo

\*ANDAL PENGEMBANG  
DAN PEMASANGAN PIP

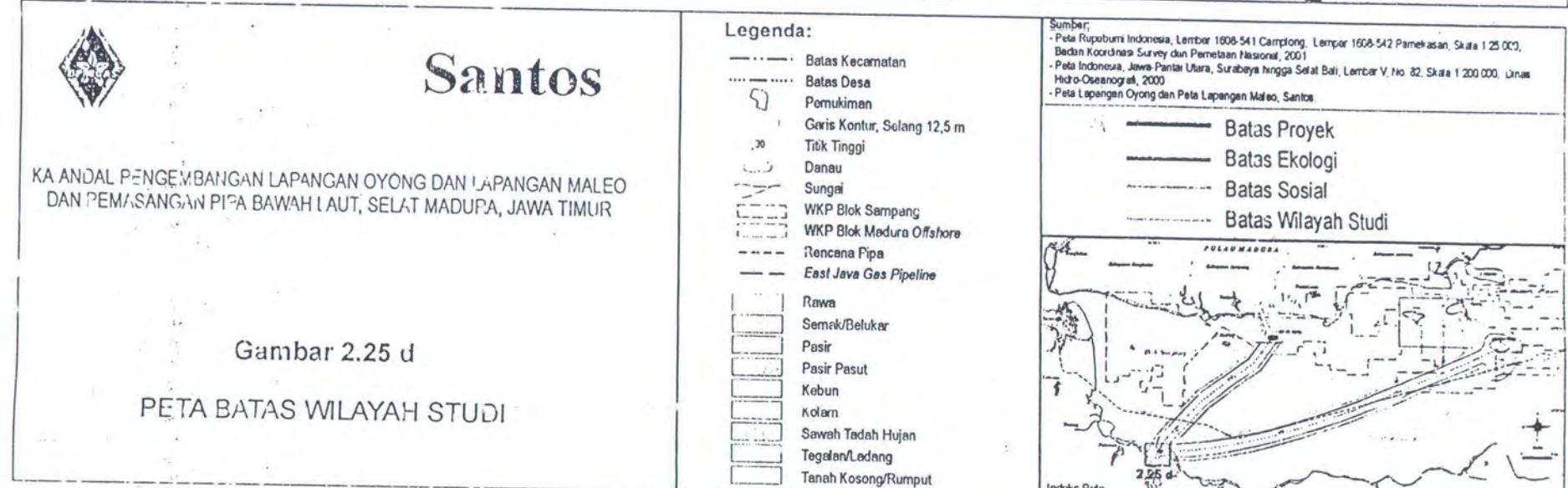
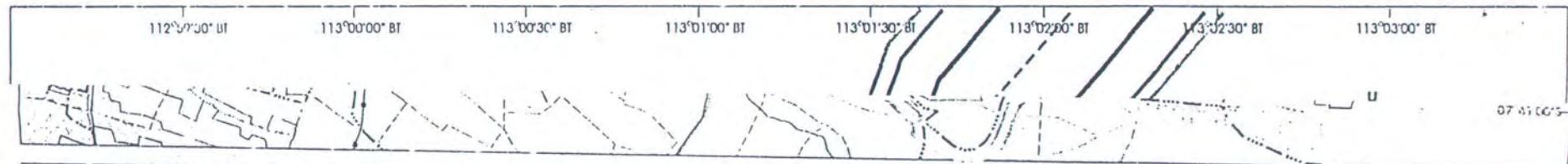
PETA B

2.25 c

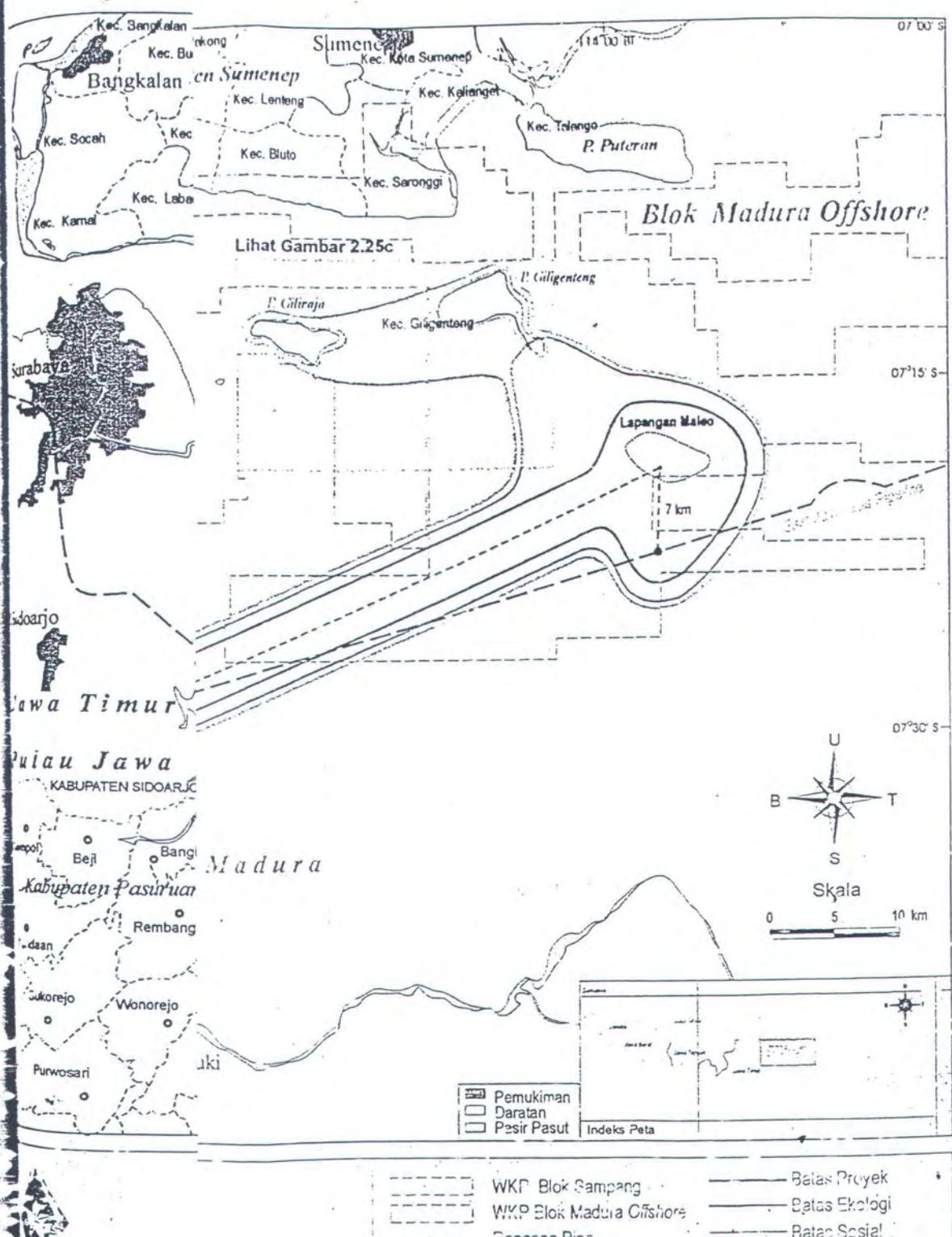
Lapangan Maiteo

7 km

East Java Gas Pipeline



Gambar 2.25 d  
PETA BATAS WILAYAH STUDI



**Sumber:**  
Peta Indonesia, Jawa-Pantai Utara, Sumbawa hingga Selat Bali, Lembar V, No. 82, Skala 1:250.000, Cetak Huta, Steingraff, 2000.  
Revisi Rencana Tata Ruang Wilayah Kawasan Daerah Tingkat II Bangkalan, Kabupaten Daerah Tingkat II Sumbenep  
Kabupaten Daerah Tingkat II Pamekasan, dan Kabupaten Daerah Tingkat II Sidoarjo.  
Peta Tapanagan Cisang dan Peta Lapangan Maleo, Santos.