

# Pengaruh Buangan Air Formasi terhadap Zooplankton Marin, *Artemia salina*, Leach

oleh:

M.S Wibisono

## SARI

Mengingat langkanya informasi tentang dampak buangan air formasi terhadap zooplankton marin khususnya di wilayah tropis, maka dirasa perlu untuk melakukan studi ini. Dalam penelitian ini menggunakan jenis *Artemia salina*, Leach sebagai hewan uji, dengan tujuan selain untuk menentukan tingkat toksisitas air formasi yang berasal dari lapangan operasi Mundu juga untuk menentukan jenis-jenis kandungan kimia dan kelas air formasi yang digunakan. Metode uji hayati telah dipakai dengan sistem air tergenang menggunakan air media uji dari Gelanggang Samudra Jaya Ancol (GSA) yang telah disaring dan diukur kualitasnya. Wadah uji terbuat dari bahan gelas disusun dalam 3 baris (ulangan) secara acak berisi campuran air media uji dan air formasi Mundu sebanyak 10 liter kecuali pada perlakuan Kontrol. Tiap ulangan dibuat gradasi konsentrasi dan tiap wadah uji diisi dengan 10 ekor hewan uji. Selama waktu uji tidak diberi aerasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama 96 jam perlakuan didapat konsentrasi tanpa dampak (NOEC/ No Observed Effects Concentration) yang berkisar antara 100 – 750 ml/liter.

Dengan metode Palmer (1911) maka didapat kelas untuk air formasi Mundu termasuk kelas V atau  $S_1 S_2 S_3$  di mana beberapa tahun sebelumnya termasuk kelas III atau  $S_1 S_2 A_2$ . Perubahan kelas tersebut diduga karena pengaruh penurunan permukaan fluida dalam reservoir selama waktu dieksploitasi.

## ABSTRACT

Due to the limited information on the effects of produced water particularly to the tropical marine zooplankton, so the study is primary to be carried out. *Artemia salina*, Leach was used as test organism, with the objectives of study were to find out toxicity level of produced water from Mundu field and also to obtain the chemical contents and classification of the water. Bio-assay protocols were used in this study with stagnant water system. Water media was collected from Gelanggang Jaya Ancol (GSA) then to be filtered and the quality was measured. The glass test containers were placed in 3 replicates randomly, and contained the mixture of water media and test media as much as 10 (ten) litres, except in Control treatments. Gradations of concentration were made in each replicate of treatment and ten test organisms were filled in each test container. Aeration was not given during test period. Results of study showed that no observed effects concentration was obtained at 100 – 750 ml/litre for 96 hours test period.

Using the estimation procedure given by Palmer (1911) indicated that the classification of produced water from Mundu field was in the class V or  $S_1 S_2 S_3$  where in the previous years from the same origin was in the class III. The change in classification of produced water was estimated by the descent of the fluid surface in the reservoir during the oil wells were exploited.

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Masalah buangan dari kegiatan migas yang berupa air formasi (air terproduksi) pada umumnya telah mendapat perhatian yang cukup baik. Pemanfaatan salah satu bentuk

teknologi canggih dengan menggunakan 'air flotator unit' sebagai pelengkap sistem oil catcher tampaknya untuk beberapa lapangan yang berdekatan dengan tipe hutan pantai tertentu cukup membantu dalam mengurangi masalah pencemaran perairan. Bentuk lain dari upaya

mengurangi volume limbah ialah dimanfaatkannya air formasi untuk tujuan water lifting bagi sumur-sumur tua yang mulai menipis produksinya. Di Amerika Serikat telah diteliti upaya kemungkinan pemanfaatan air formasi untuk dijadikan air irigasi maupun penyediaan bahan baku air minum (re-



*cycling/re-use*) sesuai baku mutu yang ditetapkan, seperti yang dilakukan oleh Tao, dkk. (1994).

Air formasi tersebut bila tidak dikelola dan dibuang secara langsung ataupun tidak langsung akhirnya bisa memasuki wilayah perairan pantai. Nilai peruntukan perairan pantai menjadi semakin tinggi apabila digunakan misalnya untuk kepentingan pariwisata, perikanan dan sebagai habitat biota laut. Hal ini berarti bahwa lingkungan tersebut mempunyai indeks kepekaan lingkungan yang tinggi sehingga memerlukan persyaratan kondisi lingkungan yang lebih ketat pula. Sebagaimana diketahui bahwa tiga bentuk utama ekosistem perairan pantai yang penting yakni pantai berhutan *mangrove* (baik di estuaria maupun di wilayah teluk), terumbu karang dan padang lamun (*sea grass*) merupakan daerah kantong-kantong plasma-nutfah (*germ plasm*) dengan tingkat produktivitas yang tinggi. Di samping itu wilayah pantai yang berpasir atau pasir koral sering merupakan penyedia benih-benih ikan yang bernilai ekonomi untuk selanjutnya dapat dikultur di wilayah pertambakan oleh para nelayan. Apabila buangan air formasi tidak mendapatkan penanganan yang memadai dan sempat mengenai salah satu atau beberapa jenis ekosistem wilayah pantai tersebut di atas dikhawatirkan akan menimbulkan pengaruh terhadap jenis ekosistem wilayah pantai yang lain dan pada akhirnya menimbulkan dampak negatif ke berbagai sektor pembangunan antara lain pariwisata dan perikanan. Seperti diketahui, organisme zooplankton merupakan komponen produsen sekunder yang penting dalam penyediaan energi alami bagi perikanan.

Informasi tentang dampak buangan air formasi pada organisme zooplankton marin dirasakan masih sangat langka khusus untuk wilayah tropis. Mengingat hal-hal tersebut di

atas maka dirasa perlu untuk meneliti pengaruh langsung dari buangan air formasi terhadap zooplankton marin.

Zooplankton di alam cukup banyak jenisnya, baik yang bersifat holoplankton (benar-benar sebagai plankton sepanjang hidupnya) maupun yang termasuk meroplankton (sebagian dari siklus hidupnya termasuk golongan plankton tetapi bentuk dewasanya bukan sebagai plankton). Yang termasuk golongan meroplankton misalnya larva-larva ikan, larva *Crustaceae*, dan larva *Molusca*. Penggunaan holoplankton yang umumnya berukuran mikro agak sulit untuk dilakukan observasi, sehingga dalam studi ini dipilih holoplankton yang agak besar untuk mempermudah observasi. Pada umumnya perairan yang produktif mengandung cukup banyak zooplankton dari bangsa udang-udangan (*Crustaceae*) termasuk di dalamnya marga Copepoda. Selain Copepoda juga bisa ditemukan jenis-jenis lain dari marga seperti misalnya Rotatoria dan Chaetognata.

Copepoda merupakan holoplankton, tetapi sayangnya berukuran kecil (mikro). Salah satu jenis yang bisa mewakili Copepoda dan mudah dipelihara dalam kondisi laboratorium adalah *Artemia salina*. Oleh sebab itu hewan tersebut dipilih dalam pelaksanaan studi ini.

## B. Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari studi ini adalah sebagai berikut :

- Untuk menentukan jenis-jenis kandungan kimia dan kelas air formasi.
- Untuk menentukan tingkat toksisitas air formasi terhadap zooplankton.

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Hubungan antara Geo-Kimia sedimen dan Air Formasi

Data tentang kadar logam dalam air formasi yang dihubungkan dengan

kedalaman sumur produksi tampaknya masih sangat terbatas. Walaupun demikian Ishizuka, *et al.* (1990) berhasil mengungkap hubungan tersebut pada sumur lepas pantai di Teluk Benggala. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa makin dalam suatu sumur maka logam-logam seperti  $Mg^{+2}$ ,  $K^{+}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Ni^{+2}$ ,  $Pb^{+4}$ ,  $Si$  dan  $V$  umumnya akan menurun konsentrasinya. Konsentrasi kation-kation seperti  $Mn^{+2}$ ,  $Pb^{+4}$  dan  $V$  ternyata lebih tinggi pada kedalaman zona reduksi sulfat daripada saat berada di zona fermentasi metana. Sebaliknya kation-kation  $Ca^{+2}$ ,  $Ba^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$  dan  $Sr$  akan meningkat konsentrasinya sebanding dengan penambahan kedalaman sumur. Kenaikan kadar  $Ca^{+2}$  dan  $Sr$  tersebut menunjukkan adanya pembentukan garam  $CaCO_3$  anorganik yang sukar larut karena proses oksidasi anaerob terhadap bahan organik (Sayles, 1981). Sedangkan kation-kation  $Cd^{+2}$ ,  $Cr^{+6}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Na^{+}$ ,  $Mo$  dan  $Zn^{+2}$  tidak dipengaruhi oleh peningkatan kedalaman sumur. Tentu saja jenis serta kuantitas kation juga tergantung pada tipe formasi sedimen yang membentuk antiklin. Hal ini berarti air formasi dari beberapa sumur produksi yang berasal dari satu formasi reservoir akan mempunyai sifat kimia yang sama. Demikian pula sebaliknya formasi reservoir yang berbeda akan memberikan sifat kimia yang berbeda pula. Sifat kimia yang sama juga bisa ditemukan pada reservoir yang berbeda lokasi namun pada tipe formasi sedimen yang sama. Perbedaan sifat kimia ini tentu akan memberikan dampak yang tidak sama terhadap biota akuatik. Sehubungan dengan hasil penelitian Ishizuka *et al.* (1990) tersebut di atas, maka status kelas air formasi menurut Palmer (1911) dari suatu sumur diduga bisa mengalami perubahan kelas mengingat lamanya waktu dieksploitasi sehingga permukaan fluida dalam reservoir menjadi lebih menurun (lebih dalam).

## B. Beberapa Sifat Biologis Zooplankton Uji

*Artemia salina* merupakan sejenis udang tingkat rendah yang bersifat kosmopolit (kecuali di Asia Tenggara) dan dikenal sebagai 'brine shrimp'. Kegunaan hewan jenis ini adalah sebagai pakan alami untuk larva-larva ikan dan udang.

Secara taksonomi hewan tersebut dikelompokkan menurut klasifikasi sebagai berikut:

Filum :	Arthropoda
Kelas :	Crustacea.
Bangsa :	Anostraca.
Suku :	Artemiidae.
Marga :	<i>Artemia</i>
Jenis :	<i>Artemia salina</i>

Pada stadium dewasa *Artemia salina* dapat mencapai panjang " 12 mm dan tidak mempunyai karapas (*carapace*) serta mengalami 15 kali pergantian kulit (*molting*) dalam waktu sekitar 15 hari. Dari berbagai sumber mengatakan bahwa untuk kepentingan lingkungan hidupnya membutuhkan suhu air optimum yang berkisar antara 25 °C – 30 °C, tingkat salinitas antara 5 – 150 ‰ serta pada kisaran pH antara 8 – 9. Hewan tersebut mampu hidup pada perairan dengan kandungan oksigen < 1 ppm. Selain itu faktor kepadatan ternyata juga ikut mempengaruhi kenyamanan hidupnya untuk mampu menghasilkan kista (telur). Hal ini pernah dilaporkan oleh Setyowati (1988) yang menyimpulkan bahwa tingkat kepadatan yang paling baik di laboratorium tidak melebihi 800 individu/liter.

## C. Dampak Pencemaran terhadap Zooplankton

Pada kondisi pencemaran di perairan alami, maka salah satu rantai makan menjadi terputus, sehingga praktis organisme pada tingkatan trofik di atas terputusnya rantai tersebut tidak dapat lagi mengambil energi dari organisme pada tingkat

trofik yang lebih rendah dan seterusnya, sehingga terjadi gangguan keseimbangan ekosistem. Bahkan Widjojo (1971) mengatakan pencemaran bisa mengakibatkan perubahan struktur komunitas menjadi lebih sederhana sehingga secara fungsional *food-web* dan struktur trofik juga menjadi lebih sederhana sehingga produktivitas berkurang.

Laporan E.P Forum (1994) menyebutkan bahwa penelitian toksisitas air formasi dari kegiatan sumur minyak lepas pantai di Laut Utara terhadap *Calanus finmarchicus* (Copepoda) menghasilkan nilai LC<sub>50</sub> 24 jam sebesar 100 ml/liter, dan LC<sub>50</sub> 24 jam terhadap *Artemia salina* (Crustaceae) sebesar 160 – 180 ml/liter. Selanjutnya dilaporkan pula bahwa toksisitas air formasi dari sumur gas bumi lepas pantai di Laut Utara terhadap *Chaetogammarus marinus* (Amphipoda) menghasilkan nilai NOEC (*No Observed Effect Concentration*) sebesar 1 – 18 ppm.

Dampak pencemaran dari ion logam terlarut pada umumnya akan menimbulkan bio-akumulasi pada jaringan setelah waktu pemaparan tertentu, baik melalui rantai makan maupun terserap dari kolom air. Dalam jaringan tersebut terbentuk ikatan dengan protein yang disebut sebagai ikatan *methalothionein*. Mengingat kelangkaan data mengenai dampak buangan air formasi terhadap zooplankton perairan tropis maka biasanya para peneliti menggunakan komponen tertentu dari garam logam yang mudah larut terhadap beberapa jenis avertebrata yang sangat terbatas. Hal ini hanya menunjukkan pengaruh ion tunggal logam terhadap hewan uji secara terpisah. Sedangkan untuk air formasi mempunyai komposisi kimia yang demikian kompleks. Sosnowski, *et al.* (1979) melaporkan bahwa LC<sub>50</sub> terhadap Cu pada Copepoda dari jenis *Acartia tonsa* tergantung pada beberapa faktor antara lain umur, kepadatan dan ketersediaan makanan. Perlakukan dengan menggunakan

cacing *Polychaeta* dari jenis *Eudistylia vancouveri* menunjukkan bahwa konsentrasi Cu sebesar 0,01 mg/liter bisa menyebabkan pengkerutan, sel-sel menjadi nekrotik dan akhirnya disusul dengan kematian (Young, *et al.*, 1981). Selanjutnya Moore dan Ramamoorthy (1984) mengatakan bahwa sebagian besar organisme *benthic* dan plankton avertebrata tidak menyerap Pb dari rantai makan ataupun dari kolom air. Mereka berpendapat bahwa toksisitas Pb sangat kecil bila dibandingkan dengan Cu, Cd, Zn dan Hg.

Studi toksisitas Zn yang dilakukan oleh Baudouin dan Scoppa (1974) menyimpulkan bahwa nilai LC<sub>50</sub> 48 jam terhadap *Daphnia hyalina* (Cladocera) sebesar 0,055 mg/liter dan sebesar 5,5 mg/liter untuk *Cyclops abyssorum* (Copepoda). Selanjutnya dilaporkan pula bahwa nilai LC<sub>50</sub> untuk jenis-jenis dari laut berkisar antara 0,2 – 3,5 mg/liter.

Toksistas minyak bumi terhadap zoo-plankton juga pernah diteliti. Tampaknya jenis minyak sangat menentukan berat ringannya dampak yang diderita zoo-plankton. Minyak ringan misalnya (yang berarti banyak mengandung komponen fraksi larut/aromat) umumnya mempunyai tingkat toksistas yang cukup tinggi, artinya pada konsentrasi kecil sekalipun sudah berpengaruh terhadap biota akuatik.

Sementara itu Blumer (1972) serta Boesch, *et al.* (1974) mendapati kadar hidrokarbon aromatik sebesar 0,1 mg/liter sudah menimbulkan gangguan terhadap semua jenis larva marin, dan pada konsentrasi kurang dari 0,1 mg/liter pun sudah menimbulkan efek anaestesis dan narkosis.

Dari penelusuran pustaka juga didapat data bahwa Connel dan Miller (1984) menemukan nilai LC<sub>50</sub> 96 jam dari minyak bumi aromatik terhadap semua jenis larva dan zooplankton sebesar 0,5 – 5 mg/liter.



### III. METODOLOGI

#### A. Wadah Uji

Wadah untuk pemeliharaan/aklimatisasi berupa akuarium terbuat dari kaca tebal 5 mm dengan ukuran 60 x 29 x 38 cm. Sedangkan wadah uji untuk uji toksisitas lethal berupa stoples gelas dengan ukuran tinggi 25 cm, diameter mulut 9,8 cm dan diameter alas 16 Cm. Wadah uji disusun dalam 3 baris/ulangan, dan masing-masing wadah uji diisi air media uji yang terdiri dari campuran air laut GSA dan air formasi sebanyak 10 liter, kecuali pada perlakuan kontrol hanya berisi air laut saja. Tiap wadah uji kemudian diisi dengan 10 ekor hewan uji. Penempatan wadah uji setiap perlakuan dilakukan secara acak. Selama uji toksisitas berlangsung tidak diberi aerasi.

#### B. Air Media Uji

Air media uji berasal dari Gelanggang Samudra Jaya Ancol (GSA) yang telah disaring. Air tersebut dari GSA langsung disimpan dalam sebuah bak non-metalik bertutup untuk menghindari pengotoran dari luar dan diberikan aerasi. Sebelum digunakan sebagai air media uji, air laut tersebut diukur kualitasnya meliputi parameter suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, D.O (mg/liter), salinitas ( $\text{‰}$ ), nitrit dan ammonia.

#### C. Hewan Uji

Sebagai hewan uji, digunakan *Artemia salina* yang diperoleh dari pasar dalam bentuk telur (kista) dan dikemas dalam kaleng.

#### D. Penetasan Telur Artemia

Dua buah akuarium tersebut di atas diisi air laut yang berasal dari GSA dan sudah diaerasi. Volume air laut yang diisikan kira-kira setengah dari volume total akuarium. Kemudian air laut diaerasi selama 24 jam. Setelah itu dilakukan pengukuran kualitas air sebelum digunakan sebagai media penetasan telur.

Telur *Artemia* sebanyak 1 (satu) sendok makan ditaburkan ke dalam

salah satu akuarium tersebut dan kemudian diaduk hingga rata serta menyebar dalam kolom air. Selanjutnya diberikan aerasi dan dibiarkan selama 24 jam. Setelah telur menetas aerasi dihentikan dan air dibiarkan tenang selama 24 jam berikutnya. Pindahkan *Artemia* yang telah menetas hidup-hidup ke dalam akuarium satunya lagi yang telah disiapkan dan diisi air laut bersih serta diaerasi sehari sebelumnya. Pindahan hewan-hewan tersebut dilakukan dengan cara men-syphon (dengan jaring halus). *Artemia* yang telah dipindahkan, dipelihara dan diberi makan dengan memberikan suspensi tepung terigu (2 mg dalam 50 ml air laut). Dosis makanan ini diberikan dua kali sehari yakni pada pagi dan sore hari. Setiap hari akuarium dibersihkan dari sisa makanan dan kotoran (*faeces*) dengan cara disedot. Setelah kelihatan sehat yang ditunjukkan dengan kelincuhan berenang yang cepat dan tidak terdapat kematian, kira-kira berumur 12 sampai 15 hari, maka pengujian bisa dimulai.

#### E. Bahan Uji

Bahan uji berupa air formasi yang berasal dari lapangan Mundu/Pertamina UEP. III. Air formasi ini diambil langsung dari cerat SPU A pada tanggal 21 Desember 1993 jam 11.00 WIB. Pemeriksaan terdiri dari pemeriksaan *in situ* dan pemeriksaan laboratorium yang lebih dahulu dilakukan preservasi sampel saat di lapangan. Botol contoh yang digunakan terbuat dari bahan polistirena yang sudah dicuci lebih dahulu. Satu botol lain yang berisi contoh tidak diberikan preservasi apapun untuk pemeriksaan alkalinitas, ammonia dan kadar sulfat. Pemeriksaan ini dilakukan setelah menunggu beberapa saat sampai suhu air turun kira-kira sama dengan suhu udara sekitar.

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan klasifikasi air formasi menurut Palmer (1911).

#### F. Uji Hayati (Bio-assay)

Pelaksanaan uji hayati mengacu

pada metode standar (APHA, 1990) dengan sistem air tergenang (*stagnant water system*).

Seperti biasa sebelum dilakukan Uji  $LC_{50}$ , maka uji pendahuluan dilakukan yang bertujuan untuk mendapatkan kisaran konsentrasi kritis dengan cara mencari ambang atas (N) dan nilai ambang bawah (n).

Dibuat gradasi konsentrasi dengan mencampur air formasi dengan air laut GSA sebagai berikut: 10%, 25%, 50%, 75%, 100% serta 0% (kontrol).

Pada tahap ini ternyata sampai dengan waktu 48 jam, tidak terdapat kematian hewan uji. Dengan demikian perlakuan terpaksa dilanjutkan tetap menggunakan gradasi konsentrasi tersebut di atas dan dianggap sebagai tahap uji  $LC_{50}$ . Mengingat waktu uji lebih dari 24 jam maka hewan uji tetap diberi makan (APHA, 1990). Selain itu setelah 48 jam untuk selanjutnya setiap 24 jam berikutnya dilakukan penggantian media uji baru.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari analisis fisika kimia terhadap air formasi yang diambil pada bulan Desember 1993 ditunjukkan pada Tabel 1. Mengingat alat *Geiger Counter* tidak tersedia maka material radio aktif alami (NORM = *Naturally Occuring Radioactive Materials*) dalam bentuk total radium yang mungkin bisa ditemukan (Hughes *et al.*, 1994) tidak dilakukan pemeriksaan. Sedangkan data analisis lima tahun sebelumnya dari lapangan yang sama tersaji pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 tersebut di atas serta mengacu pada kesimpulan Ishizuka, *et al.* (1990) menunjukkan bahwa logam-logam yang seharusnya meningkat konsentrasinya (Ba, Ca, Cu, Sr) untuk Ba dan Sr malah berkurang/menurun. Demikian pula yang seharusnya berkurang (Ni, Mn, Pb) malah cenderung sedikit meningkat kecuali Mg.

**Tabel 1**  
**Hasil analisis fisika-kimia air formasi Mundu**

No.	Parameter	Metode	Unit	Nilai
<b>Pemeriksaan in situ</b>				
1	Suhu	Thermometer	oC	60
2	PH	Lakmus	-	8,25
3	Salinitas	SCT-meter	o/oo	26
4	Total Ammonia	Kolorimeter	mg/liter	5
5	Alkalinitas (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	Titrasi	mg/liter	46
<b>Pemeriksaan di laboratorium</b>				
1	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Gravimetric	mg/liter	Nil
2	Cl <sup>-</sup>	Titrimetri	mg/liter	12450,0
3	Na <sup>+</sup>	Kalkulasi	mg/liter	7,126,316
4	Oil content	Concawe I/1972	ppm	2,55
5	Mg	AAS	mg/liter	18,033
6	Ba	AAS	mg/liter	0,1131
7	Ca	AAS	mg/liter	827,167
8	Sr	AAS	mg/liter	0,0097
9	Cu	AAS	mg/liter	0,0331
10	Ni	AAS	mg/liter	0,6190
11	Fe	AAS	mg/liter	74,963
12	Co	AAS	mg/liter	0,4896
13	Mn	AAS	mg/liter	19,301
14	Cd	AAS	mg/liter	0,0635
15	Pb	AAS	mg/liter	0,2977

**Tabel 2**  
**Analisis kimia air formasi lapangan Mundu dari beberapa kegiatan sampling**

No.	Parameter	Unit	17-7-1987	18-1-1988	23-12-1993
1	PH	-	7,22	7,50	8,25
2	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/liter	454,9	338,7	-
3	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	mg/liter	nil	nil	46
4	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/liter	37,0	nil	Nil
5	Cl <sup>-</sup>	mg/liter	15,597,122	15636,0	12450,0
6	Na <sup>+</sup>	mg/liter	10105,18	10130,38	7,126,316
7	Oil content	ppm	4,97	2,15	2,55
8	Mg	mg/liter	0,5	7,04	18,033
9	Ba	mg/liter	nil	3,24	0,1131
10	Ca	mg/liter	560	702,2	827,167
11	Sr	mg/liter	89,03	@	0,0097
12	Cu	mg/liter	0,014	0,03	0,0331
13	Ni	mg/liter	< 0,01	0,08	0,6190
14	Mn	mg/liter	nil	0,55	19,301
15	Pb	mg/liter	nil	0,18	0,2977
16	Cd	mg/liter	< 0,01	0,03	0,0635

@ : lampu mati

Kenyataan tersebut membuktikan bahwa kesimpulan Ishizuka tampaknya tidak sejalan untuk formasi

Mundu dan hanya berlaku untuk formasi antiklin di lepas pantai khususnya di Teluk Benggal. Dengan

adanya perbedaan sifat kimia tersebut di atas, maka klasifikasi air formasi Mundu yang semula termasuk kedalam kelas III atau S<sub>1</sub> S<sub>2</sub> A<sub>2</sub> maka pengambilan sampel bulan Desember 1993 menunjukkan perubahan kelas yakni menjadi kelas V atau S<sub>1</sub> S<sub>2</sub> S<sub>3</sub> seperti yang disajikan dalam Tabel 3

Adapun hasil analisis kualitas air laut GSA sebelum digunakan sebagai media uji tampak pada Tabel 4.

Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa kualitas air laut dari GSA masih dalam kondisi baik dan layak untuk media uji. Seperti yang telah disinggung di muka bahwa hasil uji penda huluhan selama 48 jam dari seluruh perlakuan tidak ada yang mengalami kematian. Dengan demikian uji tetap dilanjutkan dengan konsentrasi yang sama sampai 96 jam perlakuan. Tampaknya pada perlakuan dengan konsentrasi 100 ml – 750 ml/liter juga tidak diikuti dengan kematian, kecuali pada konsentrasi 100 % (1.000 ml/liter) dijumpai hewan yang mati sebanyak 2 ekor dari 30 ekor hewan uji yang berarti hanya ± 6,6 % selama 96 jam. Dengan demikian kisaran konsentrasi 100 – 750 ml/liter merupakan konsentrasi tanpa dampak (NOEC) seperti yang dialami oleh jenis *Chaetogammarus marinus* dalam laporan E.P Forum (1994). Berdasarkan hasil uji seperti tersebut di atas, diduga ada beberapa kemungkinan penyebab tidak tercapainya *end point* sampai waktu uji 96 jam antara lain sebagai berikut :

1. Rendahnya kadar hidrokarbon dalam air formasi (2,55 mg/liter) sehingga tidak mampu mempengaruhi kematian *Artemia salina*. Dibandingkan dengan air formasi yang berasal dari sumur-sumur minyak lepas pantai di Selat Makassar (sekitar Teluk Balikpapan) mempunyai kadar hidrokarbon < 25 ppm. Sedangkan air formasi yang berasal dari sumur-sumur minyak lepas pantai di Laut Jawa (utara Madura) mempunyai kadar hidrokarbon



**Tabel 3**  
Perhitungan klasifikasi air formasi

Ion	Koefisien Reaksi		Konsentrasi	Nilai Reaksi	%
Na <sup>+</sup>	1/23	0,0435	7,126,316	310,0	44,03
Ca <sup>++</sup>	2/40	0,0499	827,167	41,28	5,86
Mg <sup>+</sup>	1/12,2	0,0823	18,033	0,148	0,02
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	2/96	0,0208	nil	nil	Nil
Cl <sup>-</sup>	1/35,5	0,0282	12450,0	351,09	49,87
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	2/60	0,0333	46	1,532	0,22
Jumlah				704,05	100

Sumber: Palmer, 1911

Tampaknya bahwa :

- a. = % NR dari kation logam Na<sup>+</sup> = 44,03 %
- b. = % NR dari alkali tanah = 5,88 %
- d. = % NR dari radikal asam keras = 50,09 %

Maka  $d > (a + b)$

- 2.a = Salinitas primer =  $2 \times 44,03 \% = 88,06 \%$
- 2.d. = Salinitas sekunder =  $2 \times 50,09 = 100,18 \%$
- 2 (d - a - b) = Salinitas tersier = 0,36 %

**Tabel 4**  
Hasil analisis kualitas air laut GSA

No.	Parameter	Metode	Unit	Nilai
1	PH	pH-meter	-	8,0
2	Suhu	Thermometer	oC	27,5
3	D.O.	Titration	mg/liter	7,5
4	Salinitas	SCT-meter	o/oo	25
5	Konduktivitas	SCT-meter	μmhos	41
6	NO <sub>2</sub>	Kolorimeter	mg/liter	< 0,1
7	NH <sub>3</sub>	Kolorimeter	mg/liter	Ttd

ttd : tidak terdeteksi

- pernah mencapai sekitar 200 mg/liter, pada tahun 1994. Sebaliknya air formasi dari sumur-sumur minyak sekitar Laut Utara misal yang berada di wilayah paparan kontinen negeri Belanda kisaran konsentrasi hidrokarbon mencapai antara 15 – 40 mg/liter. Sedangkan sumur-sumur migas milik Inggris di Laut Utara kandungan hidrokarbon dalam air formasi berkisar antara 2 – 140 mg/liter.
2. Diduga toksisitas kadar bahan beracun lain yang terkandung dalam air formasi Mundu (logam

berat, komponen fenol, PAH) kurang mengambil peranan utama dalam proses peracunan hewan uji. Sangat disayangkan pada umumnya analisis air formasi jarang disertakan pemeriksaan terhadap PAH. Padahal jenis-jenis komponen tersebut dalam air formasi cukup banyak jenisnya walaupun dalam jumlah kecil (mg/liter) antara lain seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5, bahkan beberapa di antaranya oleh Grahl-Nielsen (1987) dijadikan sebagai *chemical markers* untuk perairan

yang pernah tercemar buangan migas.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tingkat toksisitas air formasi yang berasal dari Mundu terhadap zoo-plankton dianggap relatif rendah namun terhadap tanaman semusim (*Glycine max*) mempunyai tingkat toksisitas yang tinggi seperti yang pernah dilapor oleh Wibisono (1995).

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Dari penelitian tersebut di atas dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Status kelas air formasi dari suatu sumur bisa mengalami perubahan kelas mengingat lamanya waktu dieksploitasi sehingga menyebabkan permukaan fluida dalam reservoir menjadi lebih dalam. Penurunan permukaan fluida tersebut menyebabkan perubahan sifat kimia. Dalam hal ini air formasi Mundu yang semula termasuk kelas III atau S<sub>1</sub> S<sub>2</sub> A<sub>2</sub> berubah menjadi kelas V atau S<sub>1</sub> S<sub>2</sub> S<sub>3</sub>.
2. Tingkat toksisitas air formasi Mundu terhadap *Artemia salina* selama 96 jam tidak mencapai *end point* sehingga didapat konsentrasi tanpa dampak (NOEC) pada kisaran antara 100 – 750 ml/liter. Sehubungan dengan hal tersebut dapat dikatakan bahwa air formasi Mundu mempunyai tingkat toksisitas yang cukup rendah.
3. Walaupun tingkat toksisitas air formasi Mundu terhadap zoo-plankton *Artemia salina* termasuk rendah, namun terhadap tanaman semusim (*Glycine max*) memiliki toksisitas termasuk tinggi.

### B. Saran

1. Penelitian ini sebaiknya bisa dilanjutkan dengan menggunakan beberapa jenis zooplankton sebagai hewan uji mengingat

Tabel 5  
Komponen Poli-Aromatik Hidrokarbon (PAH) yang ditemukan dalam air formasi dari sumur-sumur lepas pantai Laut Utara. ( $\mu\text{g/liter}$ )

No.	Komponen PAH	Dari Pelataran Sumur Gas	Dari Pelataran Sumur Minyak
1	Naftalena	300	66
2	Fenilbenzena	140	4
3	Fluorena	7,5	<2
4	Fenantrena	7,25	<2
5	Asenaftena	63,5	<2
6	Asenaftilena	59	<2
7	Fluorantena	4,9	<2
8	Antrasena	0,25	<2
9	Pirena	1,05	<2
10	Benzo(a) pirena	< 0,1	<2
11	Krisena	< 0,1	<2
12	Benz(a) antrasena	< 0,1	<2
13	Perilena	< 1,0	< 0,5
14	Benz(b) fluorantena	< 1,4	<2
15	Benz(k) fluorantena	< 1,1	<2
16	Di benz (a, h) antrasena	< 0,1	<2
17	Benzo (g, h, i) perilena	< 1	<2
18	Indeno (1, 2, 3) pirena	< 0,5	<2
19	Dibenzotiofena	-	0,5

Sumber : Laporan E&P Forum, 1994.

water treatment technologies : A case study. *Proceedings of the second international on Health, Safety & Environment in oil & gas exploration & production.*, Jakarta, 25-27 January 1994.

9. Ishizuka, T., Kodama, Y., Kawahata, H., and Ittekkot, V., 1990. Preliminary data on dissolved heavy metals in interstitial water from the Bay of Bengal, Leg. 166. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, Vol. 116., College Station, TX., USA. Cochran, J.R., et al.(eds).

10. Moore, J.W. dan Ramamoorthy, S., 1984. *Heavy Metals in Natural Waters: Applied monitoring and Impact Assessment*, Springer-Verlag, New York Inc.

11. Palmer, C., 1911. The geochemical interpretation of water analysis. *US. Geol. Surv. Bull.*, NR.479 : h. 5 - 31.

12. Setyowati, T., 1988. *Pengaruh perbedaan padat penebaran terhadap produksi kista Artemia salina, Leach pada salinitas 150 o/oo dalam pemeliharaan siklus pertama*. Skripsi sarjana, Fak. Biologi, Universitas Nasional, Jakarta.

13. Sosnowski, S.L., Germond, D.J. and Gentile, J.H., 1979. The effect of nutrition on the response of field population of the calanoid copepod *Acartia tonsa* to copper. *Water Research* 13: 449 - 452

14. Tao, F.T., Curtice, S., Hobbs, R.D., Sides, J.L., Wisner, J.D., Dyke, C.A., Tukey, D. dan Pilger, P.F., 1994. Conversion of oilfield-produced water into an irrigation drinking quality water. *Proc. On the 2nd International Conference on Health, Safety & Environment in Oil & Gas Exploration & Production*, 25-

- hewan tersebut merupakan penyedia energi (produsen sekunder) dalam ekosistem perairan.
2. Selain air formasi yang berasal dari sumur-sumur darat (*onshore*) juga perlu untuk mengetahui seberapa jauh tingkat toksisitas air formasi yang berasal dari sumur-sumur lepas pantai (*offshore*) terhadap zoo-plankton marin.

#### KEPUSTAKAAN

1. *Standard Method for Examination of Water and Waste Water*, APHA, 1990, 18th ed., Washington D.C.
2. Badouin, M.F. dan Scoppa, P., 1974. Acute toxicity of various metals to freshwater zooplankton. *Bull. of Env. Contam. and Toxicology*, 12 : 745-751
3. Blumer, M., 1972. Oil Contamination and Living Resources of the Sea. *Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts*.
4. Boesch, F.F., C.H. Hershner, J.H. Milgram, 1974. *Oil Spill and The Marine Environment*. Ballinger Publishing Company, Cambridge, Mass. A Subsidiary of J.B. Lippincott Company.
5. Connel, Des. W & Miller G.J., 1984. Chemistry and Ecotoxicology of Pollution. *A Volume Env. Science and Technology : A Willey-Interscience of Texts and Monograph*, Robert. L.M. ( ed ).
6. *E & P Forum.*, 1994. North sea produced water: Fate and effects in the marine environment. Report no. 2. 62/204., May, 1994., London.
7. Grahl-Nielsen, O., 1987. Hydrocarbons and phenols in discharge water from offshore operations. *Fate of the hydrocarbons in the recipient*. Sarsia 72 : 375-382.
8. Hughes, S.W, Sehsuvaroglu, S.A dan Slater, J.M., 1994 : Produced



- 27 January 1994, Jakarta, Indonesia.
15. Wibisono, M.S., 1995. Preliminary study on the impacts of produced water to the seedling of terrestrial plant. *Lemigas Scientific Contributions to Petroleum Science & Technology*, ISSN: 0126-3501.
16. Wijoyo, 1971. Prinsip dasar ekologi serta hubungannya dengan pengaruh polusi terhadap ekosistem. *Paper pada Ceramah Ilmiah Study Grup Pencemaran, di Lemigas, Jakarta, tanggal 2 Desember*.
17. Young, J.S., Adee, R.R., Piscopo, I., and Buschom, R.L. (1981). Effect of copper on the sabellid polychaete, *Eudistylia vancouveri*. II Copper accumulation and the tissue injury in the branchial crown. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 10 : 87 – 104. □