

ANALISA KANDUNGAN POLIAROMATIK HIDROCARBON PADA GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR BERBAHAN BAKAR DIESEL, AIR LAUT DAN SEDIMEN YANG TERKONTAMINASI TUMPAHAN MINYAK

Lilik Zulaihah

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta
Jl. RS Fatmawati Pondok Labu Jakarta Selatan 12450

Abstract

PAH tend to bind with organic and inorganic material suspended so abundant in bottom sediments. PAHs enter the water through various sources are quickly absorbed by organic and inorganic particles. PAH accumulated by aquatic biota higher than womb environment. This study aims to determine the type and content of polyaromatic hydrocarbons both in the exhaust emissions of motor vehicles as well as diesel fuel in sea water and sediments contaminated by the oil spill. The results showed that Chrysene, benzo (b) Fluoranthene and Benzo (a) Pyrene is a sample that had higher levels of PAH is quite high and is found in every sample well on exhaust emissions as well as in seawater and sediments, where all three types of PAH that exceed the threshold determined doubled. While the content of PAHs found in terminal loading and unloading of ships Benzo (b) fluorene namely 92.842 ppm and below Benzo (a) pyrene 62.054 ppm and 10.939 Chrysene ppm.

PENDAHULUAN

Pembangunan di sektor industri transportasi selain menghasilkan produk atau manfaat utama, juga menghasilkan produk yang tidak diinginkan yaitu berupa limbah baik padat, cair maupun gas yang mengakibatkan terjadinya polusi yang dapat membahayakan kehidupan manusia dan makhluk hidup yang lain. Limbah gas umumnya dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil baik yang dilakukan pada furnace industri, rumah tangga maupun yang berasal dari mesin kendaraan bermotor dan lain nya. Kontribusi pencemar udara terbesar adalah dari sektor transportasi 55,4% dan industri 36,5% dan 8,1% berasal dari yang lainnya. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan sering terjadinya kemacetan, khususnya di DKI Jakarta tanpa disadari telah meningkat pemakaian bahan bakar yang diiringi dengan meningkatnya emisi gas buang, yang berdampak meningkatnya konsentrasi bahan pencemar di udara.

Dalam kegiatan reparasi kapal terutama saat pekerjaan *tank cleaning* bahan bakar pada *graving*

dock PT. Dok dan Perkapalan Koja Bahari (persero) di Tanjung Priok Jakarta Utara terjadi tumpahan minyak di lantai *graving dock* yang kemudian akan bercampur dengan air laut. Selama ini untuk menetralkan limbah yang terbentuk di sekitar lantai *graving dock*, telah dilakukan dengan memberikan senyawa kimia, dengan harapan senyawa tersebut dapat bereaksi dengan logam berat dan limbah beracun lainnya, sehingga kualitas air laut di sekitar galangan kapal memenuhi standar kualitas air yang ditetapkan Kementerian Perhubungan, Departemen Perhubungan Laut.

Dengan dimasukkannya PAH sebagai salah satu parameter penentu kualitas air laut dan udara, maka perlu dilakukan penelitian untuk memperoleh gambaran seberapa banyak jenis dan konsentrasi kandungan PAH yang terdapat pada air dan konsentrasi partikulat yang ada di udara.

Pengukuran kandungan poliaromatik hidrokarbon pada air laut dan sedimen dilakukan dengan cara pengambilan sampel yang diduga sebagai pusat terjadinya tumpahan minyak, sedangkan untuk pengukuran PAH secara

kuantitatif pada emisi gas buang kendaraan bermotor, dilakukan dengan cara pengambilan sampel melalui penyerapan oleh adsorben yang dipasang pada knalpot kendaraan bermotor, yang merupakan pusat terbentuknya emisi PAH berupa partikulat.

Untuk mengetahui kandungan emisi poliaromatik hidrokarbon (PAH) baik pada air laut maupun pada emisi gas buang kendaraan bermotor, perlu dilakukan penelitian analisis kandungan PAH pada gas buang kendaraan bermotor maupun pada air laut yang terkontaminasi oleh tumpahan minyak.

TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu kontaminan lingkungan penting dan termasuk bahan kimia beracun adalah kandungan *Poly Aromatic Hydrocarbon* (PAH), yang merupakan senyawa organik yang mempunyai cincin aromatic lebih dari satu dalam satu molekul hydro carbon. Senyawa ini dapat ditemui di semua lingkungan, baik daratan, lautan maupun udara. PAH masuk ke lingkungan khususnya di perairan laut melalui hujan, buangan industri, tumpahan minyak transportasi dan buangan dari daratan melalui muara sungai. Penelitian tentang PAH di lingkungan galangan kapal, merupakan proses yang penting, untuk menentukan kualitas lingkungan melalui penentuan kemungkinan pengaruhnya terhadap suatu ekosistem.

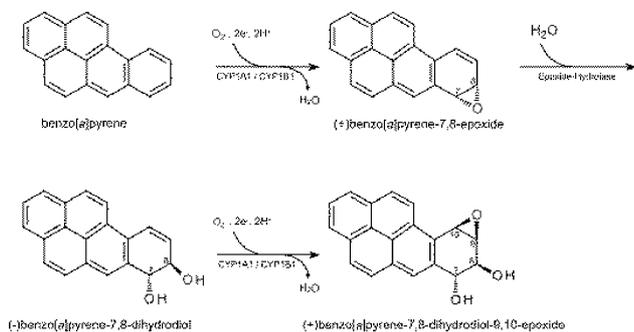
Dikarenakan sifatnya yang beracun, tahan lama dan *karsinogenik*, maka sumber dan distribusi PAH dalam suatu wilayah telah menjadi perhatian dan kajian utama dalam penelitian ini. Sifat PAH bervariasi baik yang mudah menguap maupun yang tidak mudah menguap. Senyawa ini pada perairan laut ditemukan dalam bentuk minyak mengapung, emulsi dan fraksi terendap di dasar perairan serta dapat berinteraksi dengan partikel lain, sehingga bersifat persisten terhadap lingkungan. Salah satu yang akhir-akhir ini menjadi perhatian adalah pencemar PAH. Komponen minyak sebagai sumber pencemar antara lain berasal dari buangan air balast, cecceran bahan bakar mesin-mesin kapal dan buangan oli bekas di daratan.

PAH terdiri dari 2 atau lebih rantai karbon siklik yang memiliki stabilitas yang tinggi di lingkungan, mempunyai sifat hidrophobik yang tinggi dan struktur kimia yang stabil, sifatnya tidak mudah larut dan dapat dengan cepat terserap melalui partikel tanah, terutama pada bahan

organik. Distribusi dan fase PAH sebagai kontaminan organik di sedimen pada ekosistem perairan sangat perlu diperhatikan karena mempunyai efek mutagenik dan karsinogenik. "*Konsentrasi PAH dalam tingkat tertentu di air laut dan sedimen dapat bersifat toksin terhadap organisme laut bentik dan pelagic*".

Di udara molekul-molekul PAHs akan bergabung dengan partikel debu dan masuk ke dalam air, tanah maupun tanaman untuk kemudian berinteraksi dengan manusia ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) mendeteksi adanya benzo(a)pyrene pada buah-buahan, sayuran, daging, minuman dan tembakau yang beredar di pasaran. Namun yang pasti, pembentukan benzo(a)pyrene pada makanan sangat tergantung dari metode pemasakan yang digunakan. Telah terbukti bahwa kandungan senyawa PAHs karsinogenik pada makanan yang dipanggang cukup tinggi, terutama pada produk hasil pemanggangan dengan kayu atau arang. Pada daging panggang (babi dan sapi) terkandung benzo(a)pyrene sebesar 1,4-4,5 ppb, sate kambing 23 ppb, ikan asap Jepang 37 ppm, dan pada minyak goreng bekas 1,4-4,5 ppb. Proses pemanggangan dengan oven menghasilkan produk olahan dengan kandungan senyawa PAH yang terendah, sedangkan pemasakan dengan microwave tidak menghasilkan senyawa PAH yang karsinogenik.

Benzo[a]piren adalah salah satu senyawa yang menginduksi enzim sitokrom P450 dan mempercepat metabolisme dari beberapa obat, misal teofilin, Benzo[a]piren, C₂₀H₁₂ adalah lima cincin polisiklik aromatik hidrokarbon yang bersifat mutagenik dan sangat karsinogenik. Benzo[a]piren berbentuk kristal kuning yang padat. Benzo[a]piren adalah produk yang tidak sempurna dari pembakaran pada temperatur antara 300°C dan 600°C. Benzo[a]piren dapat ditemukan pada permukaan batubara, gas buangan terutama dari mesin diesel, dan asap rokok. Penelitian baru-baru ini diketahui bahwa tingkat benzo[a]piren pada makanan yang dipanggang atau dibakar secara signifikan lebih tinggi daripada yang tidak dipanggang, meskipun tidak menutup kemungkinan bahwa makanan yang tidak dipanggang tidak bersifat karsinogenik. Senyawa kimia yang ditemukan dalam perokok tembakau yaitu benzo[a]piren dapat menyebabkan kerusakan genetik pada sel paru yang identik dengan kerusakan pada



Anjuran batas kandungan PAHs oleh The Occupational Safety and Health Administration (OSHA) membatasi 0,2 milligrams PAHs per kubik meter udara (0,2mg/m³). OSHA permissible Exposure Limit (PEL) 5 mg/m³ PAHs untuk mineral oil. Sedangkan National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) menganjurkan jumlah PAH maksimal 0,1 mg/m³ udara untuk daerah tempat kerja dengan waktu kerja 10 jam/hari dan 40 jam/minggu. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) merekomendasikan nilai MRL (Minimal Risk Level) benzo(a)pyrene pada manusia sebesar 0,01 ppm/kg BB/hari. Sedangkan beberapa Negara telah membatasi jumlah benzo(a) pyrene minimal sebesar 1 ppb untuk bahan pangan yang dipanggang dan diasap.

Mekanisme pembentukan molekul PAH terjadi melalui reaksi pemecahan bahan organik menjadi fragmen yang sederhana (pirolisis) dan pembentukan senyawa aromatik dari fragmen tersebut (pirosintetik) (Morret et al. 1999; Cano-Lerida et al. 2008). Selain melalui mekanisme suhu tinggi (200-800°C), molekul PAH diketahui dapat terbentuk pada suhu yang relatif rendah, sekitar 100-150°C, namun dengan waktu yang lebih panjang dibandingkan pirolisis dan pirosintesis (Morret et al. 1999). PAH umumnya bersifat sangat hidrofobik dikarenakan strukturnya yang memiliki banyak cincin aromatik yang bersifat nonpolar.

Logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yaitu:

- a. Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan)
- b. Dapat terakumulasi dalam organisme

termasuk kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut

- c. Mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Disamping itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan masa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu.

Menurut NEFF proses pembakaran sangat mempengaruhi jenis dan jumlah PAH yang dihasilkan. Sumber PAH di alam adalah pembakaran fosil fuel. Kepekatan tertinggi PAH diperoleh dalam sedimen laut yang dekat dengan daerah perkotaan. Ini mungkin merupakan pola umum karena PAH cenderung berkumpul dalam sedimen perairan yang dekat dengan daerah perkotaan. Senyawa PAH mudah mengendap ke dasar perairan, dan sangat beracun bagi organisme perairan. PAH yang terlarut dalam air, pada kadar antara 0,1 hingga 0,5 ppm sudah dapat menyebabkan keracunan terhadap semua larva biota perairan, senyawa PAH akan terakumulasi menjadi kadar yang tinggi dalam tubuh hewan tingkat rendah, karena senyawa ini sukar dicerna dalam tubuhnya

PAH dalam air dan sedimen di perairan Teluk Klabat telah dilakukan pada bulan Maret dan Juli 2006. Kadar PAH diukur dengan Gas Chromatografi-Flame Ionisasi Detector (GC-FID) yang dilengkapi dengan kolom kapiler HP1. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar PAH total dalam air laut pada bulan Maret berkisar antara 0,375 – 44,486 ppb, dengan rata-rata 7,468 ppb, sedangkan pada bulan Juli antara 1,329 – 27,826 ppb, dengan rata-rata 15,200 ppb. Kadar PAH total dalam sedimen pada bulan Maret berkisar antara 0,029 – 0,209 ppm, dengan rata-rata sebesar 0,106 ppm sedang bulan Juli berkisar antara 1,002 - 4,792 ppm, dengan rata-rata sebesar 1,928 ppm (part per million). Konsentrasi PAH dalam perairan Teluk Klabat sudah melebihi Baku Mutu Kualitas Perairan yang dikeluarkan oleh Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup 2004.

BAHAN DAN METODOLOGI PENELITIAN

Gas buang yang digunakan dalam penelitian ini diambil langsung dari knalpot kendaraan motor

diesel jenis Taft GT , dengan menggunakan adsorben jenis Amberlite XAD-7. Adsorben sebanyak 15 gram dilakukan pencucian dengan menggunakan aquades dan ethanol masing-masing sebanyak 5kali, kemudian dipanas pada suhu 200°C selama 1jam, kemudian disimpan pada suhu -10°C. Dalam pengambilan sampel mesin kendaraan dinyalakan sampai suhu konstan, alat filtrasi aerosol yang sudah berisi adsorben dipasang pada knalpot, laju alir gas diatur pada kecepatan yang di variasi yaitu pada 30 liter per menit, 45 liter per menit dan 60 liter per menit. Sampel disimpan pada suhu -10°C.

Air laut diambil dengan menggunakan *water sampler* sebanyak 2,5 liter, dimasukkan ke dalam botol berwarna, kemudian disimpan dalam *Ice box*. Setelah sampai di laboratorium setempat contoh air laut dilakukan preparasi contoh. Air laut disaring dengan kertas saring GFC (*Glass Fiber type C*) dan diekstrak dalam corong pisah dengan n.Heksan p.a sebanyak 120 mL. Proses selanjutnya dengan proses clean up menggunakan kolom khromatografi alumina WB5 basic SIGMA sebanyak 4 gram dan dialirkan. Heksan sesuai set pointnya. Sampel *Clean Up* diuapkan sampai 1 mL dan difraksinasi dengan kolom kromatografi silika merek 7754 sebanyak 4 gram menjadi fraksi polar (F2) untuk analisa PAH. Kadar PAH dengan detector FID Gas Chromatografi 5890 series 11. Hasil pengukuran dinyatakan dalam PCB dan µg/L (ppb) untuk PAH.

Sedimen permukaan diambil dengan menggunakan grap dan langsung disimpan dalam botol sampel. Sampel sedimen ditimbang sekitar 40gram untuk analisa senyawa organik dan dioven sehari dalam suhu 60°C dan 10 gram untuk penentuan kadar airnya yang dioven dalam suhu 105°C. Sampel sedimen yang sudah ditimbang dihaluskan dengan menambahkan Na₂SO₄ sampai halus dan diekstraksi dengan diklorometan (DCM) dalam Soxhlet selama 8 jam. Setelah itu dipekatkan menggunakan alat Kuderma Danish evaporator sampai 1 ml. Langkah selanjutnya yaitu proses clean up dan fraksinasi. Hasil pengukuran PCB dalam sampel sedimen dinyatakan dalam mg/kg (ppm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter pencemar udara ambien menurut Peraturan Pemerintah Nomor 41 tahun 1999, meliputi : Sulfur dioksida (SO₂), Karbon

monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO₂), Oksidan (O₃), Hidro karbon (HC), PM 10 , PM 2,5, TSP (debu), Pb (Timah Hitam), Dustfall (debu jatuh). Sedangkan parameter udara indoor mengacu pada Permenkes No 1077 tahun 2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah, yaitu Suhu, Pencahayaan, Kelembaban, Laju ventilasi, PM_{2,5}, PM₁₀, SO₂, NO₂, Ozon, CO₂, CO, *Timbal* (Pb), Asbes, *Formaldehid* (HCHO), *Volatile Organic compound* (VOC), *Environmental Tobacco Smoke* (ETS), bakteri pathogen dan jamur.

PAH dikelompokkan menjadi dua, yaitu PAH dengan bobot molekul rendah yang berupa senyawa dengan cincin aromatik 3 dan PAH dengan bobot molekul tinggi yang berupa senyawa dengan cincin aromatik > 3. PAH masuk kedalam air melalui berbagai sumber yang dengan cepat diabsorpsi oleh partikel organik dan anorganik. PAH yang masuk ke lingkungan perairan dapat dibedakan menjadi pirogenik dan petrogenik. Pergerakan PAH di lingkungan tergantung pada sifatnya seperti mudahnya PAH larut di air dan mudahnya PAH menguap ke atmosfer.

1. Kandungan PAH pada gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar solar dengan menggunakan adsorben XAD-7

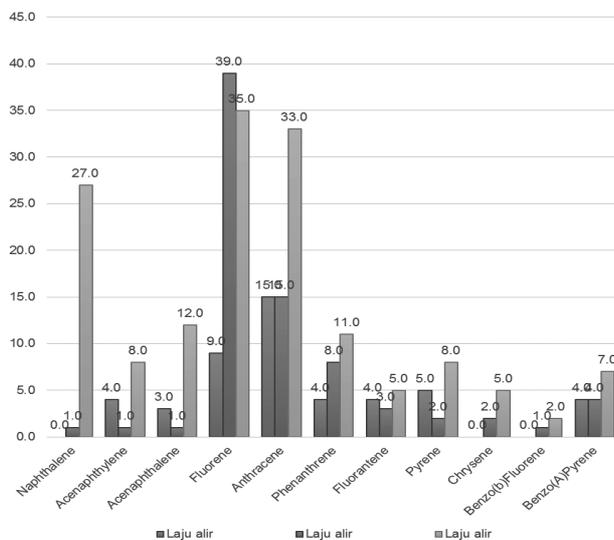
Untuk mendapatkan kondisi yang baik, pada pengambilan contoh dilakukan variasi laju pembakaran bahan bakar/laju alir gas buang pada 30, 45 dan 60 liter per menit serta waktu pengambilan contoh selama 50 menit. Suhu adsorben tidak divariasikan, akan tetapi diamati, yaitu pada laju pembakaran/laju alir gas buang pada 30 dan 45 liter per menit suhu adsorben menunjukkan antara 20 sampai 40°C, sedangkan pada laju pembakaran/laju alir gas buang pada 60 liter per menit antara 20 sampai 53°C. Setelah di adsorpsi kadar PAH dari emisi gas buang diukur dengan menggunakan alat kromatografi gas.

Penelitian yang sudah dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel pada knalpot kendaraan bermotor berbahan bakar diesel, dengan variabel waktu dan kecepatan laju alir gas, kemudian dilakukan pemeriksaan pada lembaga Okeanografi untuk mengetahui jumlah jenis dan konsentrasi PAH. Kadar PAH yang diperoleh dengan menggunakan adsorben amberlite XAD-7 dengan variabel waktu 50 menit telah menunjukkan kenaikan yang signifikan, yaitu

dengan dinaikkannya laju alir gas buang kendaraan bermotor. Pada laju alir 30 liter permenit kadar PAH sebanyak 48,0 ppm, pada 45 liter per menit 76,0 ppm dan pada 60 liter permenit sebesar 126,0 ppm.

Tabel 1.1 Kandungan PAH pada emisi gas buang kendaraan bermotor pada laju alir gas 30,45 dan 60 liter per menit selama 50 menit

JENIS PAH	Laju alir 30lt/ menit	Laju alir 30lt/ menit	Laju alir 60lt/ menit
Naphthalene	-	1,0	27,0
Acenaphthylene	4,0	1,0	8,0
Acenaphthalene	3,0	1,0	12,0
Fluorene	9,0	39,0	35,0
Anthracene	15,0	15,0	33,0
Phenanthrene	4,0	8,0	11,0
Fluorantene	4,0	3,0	5,0
Pyrene	5,0	2,0	8,0
Chrysene	-	2,0	5,0
Benzo(b)Fluorene	-	1,0	2,0
Benzo(A)Pyrene	4,0	4,0	7,0
Total PAH	48,0	76,0	126,0



Grafik 1.1 Kandungan PAH pada emisi gas buang kendaraan bermotor pada laju alir gas 30, 45 dan 60 liter per menit selama 50 menit

Hasil penelitian menunjukkan total PAH yang dapat terserap oleh adsorben amberlite XAD-7 cukup tinggi, khususnya untuk jenis Benzo(a) pyrene masing-masing menunjukkan 4,0 ppm untuk laju alir 30 dan 45 liter per menit, sedangkan laju alir 60 liter per menit sebesar 7,0 ppm. Ini menunjukkan bahwa kadar PAH yang dikeluarkan oleh emisi gas buang sudah membahayakan

manusia mengingat ambang batas yang diijinkan sesuai PP No 41 tahun 1999 menyebutkan ambang batas PAH(dalam debu) yang diizinkan dalam lingkungan adalah setara dengan 0,23 mg/m³ .

Poliaromatik hidrokarbon (PAH) yang dikeluarkan oleh gas buang kendaraan bermotor ada dua fasa, yaitu fasa partikulat dan gas. PAH tersebut berasal dari bahan bakar dan dari hasil pembakaran yang tidak sempurna. Teknik pengambilan contoh yang digunakan adalah teknik filtrasi aerosol dengan menggunakan amberlite XAD-7 sebagai adsorben, dengan tujuan dapat menyerap PAH dari emisi gas buang kendaraan **diesel**.

Hidro karbon (HC) diudara akan bereaksi dengan bahan-bahan lain dan akan membentuk ikatan baru yang disebut pycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) yang banyak dijumpai di daerah industri dan padat lalu lintas. Bila PAH ini masuk dalam paru-paru akan menimbulkan luka dan merangsang terbentuknya sel-sel kanker. Kanker akibat pencemaran udara erat kaitannya dengan radikal bebas yang pada umumnya mengakibatkan ketidaknormalan dalam metabolisme tubuh.

2. Kandungan PAH pada air laut dan sedimen yang terkontaminasi tumpahan minyak di sekitar doct kapal dan terminal bongkar muat kapal

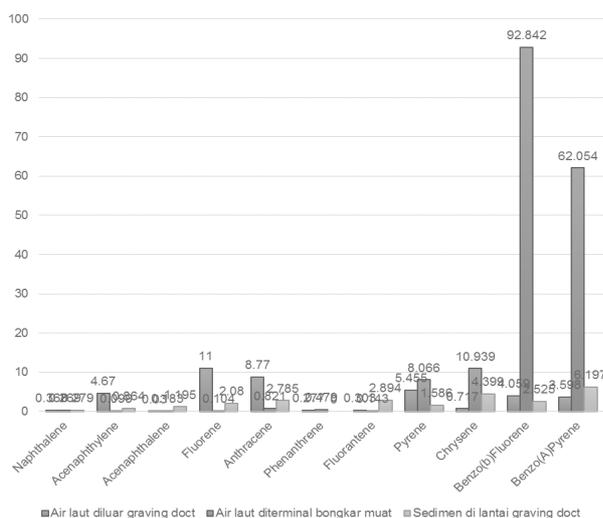
Kontaminasi PAH dalam suatu perairan dapat bersumber dari berbagai aktivitas baik aktivitas alami (perembesan minyak, asap kebakaran hutan, letusan gunung berapi) ataupun sumber antropogenik (kegiatan industri, transportasi dan aktivitas rumah tangga). Molekul PAH dengan bobot molekul besar (PAH > 3 cincin benzene) biasanya berasal dari pembakaran tidak sempurna (pirogenik) sedangkan PAH dengan bobot molekul kecil (PAH dengan 2-3 cincin benzene) sangat dominan dalam produk petroleum (petrogenik). Penelusuran sumber asal senyawa PAH dalam sedimen dapat dilakukan dengan metode diagnosa rasio. Metode diagnosa rasio dilakukan karena adanya perbedaan stabilitas termodinamika setiap senyawa PAH.

Untuk mengetahui sumber asal individu PAH digunakan metode diagnose rasio (Yunker et al, 2002). Ada beberapa rasio senyawa PAH yang digunakan yaitu rasio Phenanthrene/anthracene (phe/anth) >10, menunjukkan bahwa PAH berasal dari minyak bumi, sedangkan PAH<

10 menunjukkan bahwa PAH berasal dari pembakaran bahan organik dan sumber-sumber yang menghasilkan biomassa. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa rasio (phe/anth) rata-rata $(0,584/2,515=0,2322) < 10$ menunjukkan bahwa PAH tersebut berasal dari sumber antropogenik (kegiatan industri, transportasi dan aktivitas rumah tangga). Pada kadar 10 ppm kandungan senyawa poliaromatik hidrokarbon dapat menyebabkan perubahan pola perilaku pada biota laut dan PAH pada kadar > 1000 ppm dapat menyebabkan kematian. Keadaan ini berbahaya bagi organisme perairan yang hidup dan mencari makan di dalam sedimen perairan.

Tabel. 1.2 Kandungan PAH pada air laut di luar *graving doct* dan diterminal bongkar muat kapal serta pada sedimen pada lantai *graving doct*

JENIS PAH	Air laut diluar <i>graving doct</i>	Air laut diterminal bongkar muat	Sedimen di lantai <i>graving doct</i>
Naphthalene	0,368	0,269	0,279
Acenaphthylene	4,670	0,099	0,864
Acenaphthalene	0,030	0,183	1,195
Fluorene	11,000	0,104	2,080
Anthracene	8,770	0,821	2,785
Phenanthrene	0,277	0,479	0,000
Fluorantene	0,303	0,143	2,894
Pyrene	5,455	8,066	1,586
Chrysene	0,717	10,939	4,399
Benzo(b)Fluorene	4,059	92,842	2,525
Benzo(A)Pyrene	3,598	62,054	6,197
Total PAH	69,709	220,332	61,555

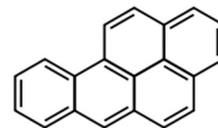


Grafik 1.2 Kandungan PAH pada air laut dan sedimen yang terkontaminasi tumpahan minyak di sekitar *graving doct*, terminal bongkar muat dan sedimen dengan

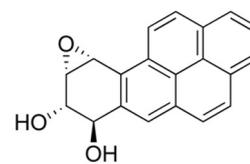
Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar fluorene 11,00 ppm merupakan kadar PAH

paling tinggi yang terdapat pada air laut diluar *graving doct*. Sedangkan kadar PAH yang terdapat pada terminal bongkar muat yang tertinggi untuk jenis Benzo(b)fluorene yaitu 92,842 ppm dan yang dibawahnya Benzo(a)pyrene 62,054 ppm dan Chrysene 10,939. Produk oksidasi metabolik menjadi penyebab dari kanker. Oksidasi enzimatis mengkonversi senyawa benzo(a)pirena menjadi diol-epoksida. Diol-epoksida ini kemudian bereaksi dengan DNA sel, menyebabkan mutasi dan mencegah sel bereproduksi secara normal. Ini menunjukkan bahwa air laut yang disekitar terminal bongkar muat sudah membahayakan bagi makhluk hidup biota laut, mengingat tingginya kadar benzo(b)fluorene dan Benzo(a)pyrene yang apabila terjadi reaksi oksidasi enzimatis akan menghasilkan Diol-epoksida kemudian bereaksi dengan DNA sel menyebabkan terjadinya mutasi dan mencegah sel bereproduksi secara normal.

Hidrokarbon aromatik polisiklik merupakan senyawa organik yang memiliki lebih dari empat cincin benzena terpadu atau lebih, bersifat karsinogenik. Benzena sendiri bersifat toksik dan agak karsinogenik. Dari beberapa hidrokarbon aromatik polisiklik ini yang paling bersifat karsinogen adalah benzo (a) pirena dan benzo antrasena.



Struktur kimia benzo[a]piren



Struktur kimia dari benzo[a]piren yang karsinogenik

3. Kandungan PAH pada Gas buang kendaraan bermotor dengan air laut dan sedimen terkontaminasi tumpahan minyak.

Jenis PAH yang biasa terdapat di perairan adalah PAH naphthalene, anthracene, benzoanthracene dan benzopyrene. PAH cenderung berasosiasi (berikatan) dengan bahan organik dan anorganik tersuspensi sehingga banyak terdapat pada sedimen dasar. (Effendi, 2003). PAH masuk kedalam air

melalui berbagai sumber yang dengan cepat diabsorpsi oleh partikel organik dan anorganik. Level PAH yang terakumulasi oleh biota perairan lebih tinggi dari kandungan lingkungan. PAH dapat berpindah melalui beberapa kegiatan seperti seperti

fotoosidasi, oksidasi kimia, metabolisme mikroba dan metabolisme oleh metazoan yang lebih tinggi. konsentrasi relative dari PAH pada ekosistem perairan secara umum adalah lebih tinggi pada sedimen, intermediate di biota akuatik, dan rendah di kolom perairan (Neff 1979).

Tabel 1.3 Kandungan PAH pada emisi gas buang kendaraan bermotor dan air laut serta sedimen terkontaminasi

JENIS PAH	D-Air laut diluar graving doct	E-Air laut diterminal bongkar muat	C-Sedi Men di lantai graving doct	Laju alir 30 lt/menit	Laju alir 45 lt/menit	Laju alir 60 lt/menit
PAH						
Naphthalene	0,368	0,269	0,279	-	1,0	27,0
Acenaphthylene	4,670	0,099	0,864	4,0	1,0	8,0
Acenaphthalene	0,030	0,183	1,195	3,0	1,0	12,0
Fluorene	11,000	0,104	2,080	9,0	39,0	35,0
Anthracene	8,770	0,821	2,785	15,0	15,0	33,0
Phenanthrene	0,277	0,479	0,000	4,0	8,0	11,0
Fluorantene	0,303	0,143	2,894	4,0	3,0	5,0
Pyrene	5,455	8,066	1,586	5,0	2,0	8,0
Chrysene	0,717	10,939	4,399	-	2,0	5,0
Benzo(b)Fluorene	4,059	92,842	2,525	-	1,0	2,0
Benzo(A)Pyrene	3,598	62,054	6,197	4,0	4,0	7,0
Total PAH	69,709	220,332	61,555	48,0	76,0	126,0

PAH jenis crysene juga ditemukan melebihi baku hampir di seluruh titik sampel di air laut maupun lumpur dan kawasan sekitarnya, sedangkan Benzoanthracene. PAH merupakan senyawa organik yang berbahaya dan bersifat karsinogenik. Tidak menyebabkan terbentuknya tumor ataupun kanker secara langsung, tetapi dalam sistem metabolisme tubuh akan diubah menjadi senyawa alkylating dihydrodiol epoxides yang sangat reaktif dan sangat berpotensi menyebabkan timbulnya tumor dan risiko kanker (UNEP, 2001). Dampaknya juga tidak bisa dilihat seketika. Butuh waktu 5 hingga 10 tahun untuk menemukan potensi kanker paru-paru; kanker kulit; dan kanker kandung kemih bagi manusia yang pernah terpapar dalam waktu lebih dari delapan jam.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan total PAH yang terdapat pada emisi gas buang kendaraan bermotor berbahan bakar diesel adalah 46 ppm, 76 pp, dan 126 ppm,

sedangkan yang tertinggi adalah Antrasen 15 ppm pada laju alir gas 30 liter per menit, Fluoren 39 ppm pada laju alir gas 45 liter per menit, Antrasene 33 ppm pada laju alir gas 60 liter per menit

Total Kandungan PAH pada air laut terkontaminasi yaitu diluar graving doct 69,709 ppm, terminal bongkar muat kapal 220,332 ppm dan pada sedimen 61,555 ppb, sedangkan kandungan PAH tertinggi terdapat pada terminal bongkar muat Chrysene 10,939, Benzo(b)Fluorene 92,842 ppm dan Benzo(a)pyrene 62,054 ppm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Jenis PAH yang mempunyai kadar cukup tinggi dan ditemukan pada setiap sampel baik pada emisi gas buang maupun pada air laut dan sedimen adalah Chrysene, Benzo(B) Fluoranthene dan Benzo(a) Pyrene, dimana ketiga jenis PAH tersebut melebihi ambang batas yang ditentukan berlipat ganda.

DAFTAR PUSTAKA

Dina Augustine, 2008, *Akumulasi Hidrokarbon Aromatik Polisiklik (PAH) Dalam Kearang*

- Hijau (Pernaviridis) DiPerairan Kamal Muara, Teluk Jakarta, Tahun
- Fasmi Ahmad, 2012, *Kandungan Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) di Teluk Jakarta*,
- Fitriyanti Jumaetri Sami, 2009, *Kandungan Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) DiWilayah Perairan Teluk Doreri Monokwari*,
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut
- Khozanah Munawir, *Kadar Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH), Dalam Air, Sedimen dan Sampel Biota DiPerairan Teluk Kerabat-Bangka*, Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI Received 24 September 2007, Accepted 6 December 2007.
- Tinalaniati's Blog, *Macam-macam limbah*, Posted on June 11, 2010
- International Marine Organization, *Marine pollution konvensi marpoll 1973/1978*.
- Robby Sudarman, Muhammad Edihar, Subardin, 2011, *Pengolahan Limbah Minyak Bumi*,
- Cano-Lerida L, Rose M, Walton P. 2008. *Polycyclic aromatic hydrocarbons dalam Bioactive compounds in Food*. Gilbert J: Editor. Oxford: Blackwell Publishing.
- Chen BH, Wang CY, Chiu CP. 1996. *Evaluation of analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in meat products by liquid chromatography*. J Agric & Food Chem 44: 2244-2251.
- Effendi, H. 2003. *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan*. Kanisius. Yogyakarta
- Harvey RG. 2011. *Historical Overview of Chemical Carcinogenesis dalam Chemical Carcinogenesis*. Penning TM editor. Philadelphia: Springer.
- Law, R.J., V.J. Dawes., and P. Matthiessen. 1997. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in Seawater around England and Wales*. Marine Pollution Buletin, Vol. 34, No. 5, pp. 306-322.
- Morret S, Conte L, Dean D. 1999. *Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons content of smoked fish by means of a fast HPLC/HPLC method*. J Agric & Food Chem 47: 1367-1371.
- Neff, JM. 1977. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment*. London: Applied Science Publishers.