Jurnal Iktiologi Indonesia 15(3): 267-282

Hidrokarbon aromatik polisiklik dalam air dan sedimen laut serta akumulasinya pada ikan nomei, *Harpadon nehereus* (Hamilton, 1822) perairan Tarakan

[Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in seawater, marine sedimen and their accumulation in the Bombay-duck, *Harpadon nehereus* (Hamilton, 1822) of Tarakan waters]

Ratno Achyani[1], Tri Prartono[2,✉], Etty Riani[3]

[1]Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Borneo Tarakan
[2]Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPBBogor 16680
[3]Departemen Manajemen Sumber daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB
Jln. Agatis Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

Diterima: 02 Juni 2015; Disetujui: 29 September 2015

Abstrak

Hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH) merupakan bahan pencemar beracun dari kelompok hidrokarbon dan keberadaannya di lingkungan laut berbahaya bagi organisme akuatik dan manusia karena bersifat mutagenis dan karsinogenis. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi komponen PAH dalam air dan sedimen laut serta akumulasinya dalam daging dan hati ikan *Horpodon neherus*. Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan pada bulan September 2010 di tiga lokasi dan contoh ikan di satu lokasi di sekitar perairan Pulau Tarakan. Seluruh sampel diekstraksi dalam perangkat soxhlet dan dianalisis dengan Kromatografi Gas-Spetrometri Massa (GC-MS) tipe Shimadzu QP2010 dengan *detection limit* sebesar 0,001 ppb. Konsentrasi total PAH dalam air dan sedimen berturut-turut berkisar antara 6,36-380 µg/l dan 50-136 ng/g. Konsentrasi PAH total dalam daging dan hati ikan *H. neherus* berkisar antara 605-1067 ng/g dan 977-1679 ng/g. Perairan Tarakan terindikasi telah terkontaminasi PAH yang diduga berasal dari kegiatan sekitar pulau Tarakan dan PAH telah terakumulasi dalam tubuh ikan *H. neherus*.

Kata penting: antropogenik, *Harpadon nehereus*, kualitas air, PAH, sedimen

Abstract

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) are the most toxic pollutants among the hydrocarbon families and their existence in the marine environment are harmful to aquatic organisms and human because of their mutagenic and carcinogenic properties. The purpose of this study was to identify the component of PAHs and their concentration in the water, sediment and their accumulation in the muscle and liver of the *Harpadon nehereus*. Water and sediment samples were collected in the three locations and fish sample in one location surrounding the Tarakan Island in September 2010. All samples were extracted using a soxhlet apparatus, and injected to the gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS Shimadzu QP2010, with a detection limit of 0.001 ppb) after being cleaned up for identification. Total PAH concentrations ranged from 6.36-380 µg/l and 50-136 ng/g in the water and sediment, respectively. Total PAH concentrations in muscle and liver ranged from 605-1067 ng/g and -1679 ng/g, respectively. There was an indication that the Tarakan waters has been contaminated by PHAs which derived from coastal activities, and PHAs accumulated in the body of *H. neherus*.

Keywords: anthropogenic, *Harpadon nehereus*, water quality, PAH, sediment

Pendahuluan

Hidrokarbon aromatik polisiklik (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAH) merupakan kelas senyawa polutan berbahaya di lingkungan karena bersifat karsinogenik atau mutagenik terterhadap organisme dan manusia (Marr *et al*. 1999). Senyawa PAH berasal dari petrogenik (bahan bakar fosil) dan pirogenik (pembakaran bahan organik) yang memiliki sifat kimiawi seperti lipofilik, daya larut rendah dan adsoprsi ke dalam organisme dan sedimen melalui reaksi transformasi biotik dan abiotik (Macias-Zamora *et al*. 2002).

✉ Penulis korespondensi
Alamat surel: *tripr@ipb.ac.id*

Wilayah Kota Tarakan, Kalimantan Timur berupa pulau yang saat ini mengalami perkembangan yang cukup signifikan. Berbagai kegiatan antropogenik seperti industri, permukiman, di daratan diperkirakan berpotensi memengaruhi kualitas perairan di sekitarnya. Hal ini ditunjukkan oleh berbagai material daratan termasuk limbah yang masuk ke laut, dan diantaranya berupa limbah minyak yang mampu dialirkan dengan melalui lebih kurang 20 anak sungai. Konsentrasi PAH dalam lingkungan perairan sangat bervariasi sesuai dengan kondisi lingkungan dan umumnya sangat rendah. Pada suatu perairan dekat daerah industri, konsentrasi PAH total dapat mencapai 32-62 ng L^{-1} di air dan 36-160 ng g^{-1} (Imran *et al*. 2005).

PAH merupakan salah satu indikator bahan pencemar yang dapat digunakan pendeteksi tumpahan minyak. Umumnya, PAH pirogenik dicirikan oleh dominasi PAH dengan massa molekul tinggi 4-6 rantai siklis (pirin, Benz[a]anthracene, Chrysene) dibandingkan dengan senyawa massa molekul rendah 2-3 rantai siklis seperti naftalen, anthrasen, phenantrane (Guinan *et al*. 2001). Ratio antara senyawa individu PAH digunakan mengidentifikasi asal mula PAH (Wang *et al*. 1999, Woodhead *et al*. 1999). Baumard *et al*. (1998) melaporkan bahwa rasio PAH antarsenyawa menunjukkan bahwa pola massa petrogenik lebih dekat ke arah darat daripada ke arah laut pada sedimen lepas pantai.

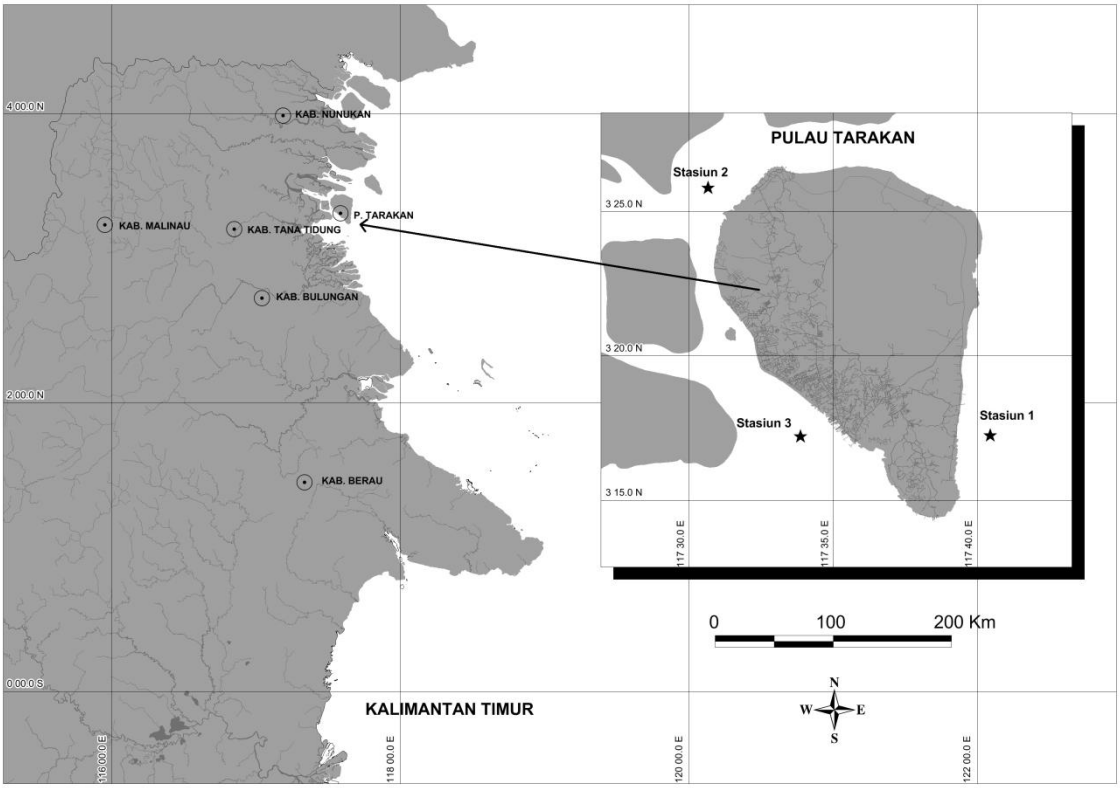
PAH yang terdapat dalam perairan dapat masuk ke dalam tubuh ikan melalui berbagai jalur, dan selanjutnya akan didistribusikan dengan cepat ke seluruh tubuh melalui sistem sirkulasi. PAH yang mudah larut dalam lipid, relatif mudah menembus membran sel yang mempunyai penghalang berupa dua lapis lipid pada membrannya (Casarett *et al*. 1986). Sifat PAH yang lipofilik ini mengakibatkan PAH terakumulasi dalam jaringan lipid biota (John & Braulio 1985). PAH yang sudah masuk ke dalam tubuh terutama di dalam hati akan dimetabolisme oleh *cytochrome* P450 (enzim) dengan bantuan epoxide hydrolase, dan selanjutnya akan membentuk derivate epoksida, derivate dihidrodiol serta radikal kation (Cavalieri & Rogan 1995). Dalam metabolisme tersebut *cytochrome P450* membentuk senyawa yang mampu berikatan dengan DNA, sehingga mengakibatkan mutasi pada DNA dan atau bersifat karsinogenik. Sebagai contoh pada metabolism benzopiren, *cytochrome P450* malah menghasilkan benzo[a]pyrene 4,5-oxide yang berikatan dengan DNA (Walker 2009 dan Uno & Makishima 2009).

Tujuan penelitian ini menentukan komponen PAH dan konsentrasinya yang ada di air laut, sedimen dan tingkat akumulasinya pada tubuh ikan nomei (*Harpadon nehereus*).

Bahan dan metode

Bahan penelitian

Bahan penelitian berupa sampel air, sedimen dan ikan Nomei, serta bahan solven Merck Lichrosolv. Pengambilan dilakukan pada bulan September 2010. Pengambilan sampel air dan sedimen diambil pada tiga lokasi yaitu; mewakili wilayah sedikit pengaruh kegiatan (St 1), mewakili habitat ikan Nomei (St 2) dan mewakili wilayah padat kegiatan (St 3) (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan cuplikan. Cuplikan air dan sedimen (Stasiun 1, 2, dan 3), cuplikan ikan (Stasiun 2)

Ikan nomei diambil dengan menggunakan mini trawl dan dipilih berdasarkan tiga kelompok ukuran panjang yaitu kecil (<20 cm), sedang (21-25 cm) dan besar (>25 cm). Setiap ukuran sampel kemudian diambil hati dan dagingnya. Sampel air secara komposit diambil dari lapisan perairan permukaan (1 meter) dan lapisan dalam (1 m dari permukaan sedimen) dengan menggunakan *van dorn water sampler* berkapasitas 2 liter. Sampel sedimen diambil dari dasar perairan menggunakan *ekman grab*, selanjutnya dilakukan pengambilan cuplikan sedimen dengan menggunakan *sub core* sampai kedalaman 3 cm.

Metode analisis

Prosedur analisis yang digunakan untuk PAH dalam air dilakukan menurut Yu *et al.* 2009 yang dimodifikasi. Cuplikan air sebanyak 2 liter diekstraksi menggunakan 30 ml dicloromethan sebanyak tiga kali. Supernatan kemudian dimurnikan dengan kolom kromatografi yang diisi dengan alumina/silica (1:2) 30 g. Fraksi alifatik dielut dengan 20 ml hexan dan fraksi kedua yang merupakan PAH dielut dengan 70 ml diclorometan/hexan (3:7).

Analisis PAH dalam sedimen, daging, dan hati ikan nomei dilakukan dengan metode soxhlet (Liu *et al.* 2007) yang dimodifikasi. Cuplikan sedimen 40 g kering diekstraksi menggunakan soxhlet ±16 jam dengan pelarut hexan/aseton (1:1) 150 ml. Supernatan kemudian diberikan perlakuan dengan bubuk tembaga untuk menghilangkan sulfur dan dimurnikan di kolom gelas dengan menggunakan silica gel yang diaktifkan/ Al_2O_3 (1:2) 10 g.

Fraksi alifatik dielut dengan hexan 40 ml dan fraksi aromatik dielut dengan diclorometan/ hexan (3:7). Cuplikan daging yang digunakan adalah 10 g dan cuplikan hati 5 g. Standar eksternal yang digunakan dalam penelitian ini ada-

lah fluorin 100 ppm, fenantrena 100 ppm, antrasena 100 ppm dan fluorantena 100 ppm.

Analisis jenis PAH dalam cuplikan sedimen, air, daging, dan hati ikan nomei dilakukan dengan menggunakan GC-MS tipe Shimadzu QP2010, dengan detektor ionisasi nyala (FID), injeksi pisah (*split injector*) dan menggunakan silica lebur kolom (c*oulumn fused silica*) DB5 MS dengan panjang 30 m, diameter *inline* 0,32 mm. Temperatur program GC diatur pada 40°C selama 1 menit, dinaikkan 6 ^{o}C/menit sampai 300°C, kemudian 300°C dipertahankan selama 20 menit. Untuk mengidentifikasi jenis dan nama PAH didasarkan pada struktur *mass spectra*, yang dikombinasikan dengan internal sistem GC-MS Shimadzu QP2010 menggunakan *library National Institute of Standards and Technology* (NIST) 27, NIST147 dan WILEY7, serta *retention time* senyawa yang dimaksud. Analisis kandungan lemak pada daging ikan nomei mengikuti prosedur (SEAMIC-IMFJ 1985).

Analisis diagnostis sebagai indikator sumber pencemar PAH mencakup rasio antara fluoranten dan piren (FLA/(FLA+PYR)), rasio total isomer metilphenantren terhadap phenantren (MPHE/PHE), rasio berat molekul rendah/berat molekul tinggi (BMR/BMT) dan *double ratio* phenantren (PHE), anthrasen (ANT), fluoranten (FLA) dan piren (PYR). Dalam menentukan level konsentrasi di sedimen mengacu pada Baumard *et al*. (1998). Dalam menentukan efek kontaminasi PAH di sedimen terhadap organisme laut dilakukan perbandingan berdasarkan *effect range low* (ERL) dan *effect range median* (ERM) dan nilai kualitas lingkungan perairan terhadap PAH menggunakan kriteria menurut USEPA. Dalam mengetahui status kontaminasi PAH pada tubuh, mengacu pada kriteria (Gomes *et al.* 2010).

Hasil

Komponen PAH

Jenis-jenis PAH yang ditemukan pada sampel air, sedimen, daging, dan hati ikan nomei secara umum ada delapan jenis yaitu fluorantena (FLA), fluorena (FLU), pirena (PYR), naftalena (NAP), fenantrena (PHE), antrasena (ANT), bifenil (BPH) dan asenaftena (ACE) dan turunan-turunannya (Tabel 1).

Kandungan PAH di air dan sedimen

PAH dalam cuplikan air hanya teridentifikasi di dua lokasi pengamatan dengan komposisi jenis PAH berbeda (Gambar 2). Pada Stasiun 1, hanya satu jenis PAH ditemukan yaitu phenantren (PHE) dengan konsentrasi rendah (6 µg L^{-1}). Pada Stasiun 3 dua jenis PAH ditemukan yaitu fluoranten (FLA) dan PHE dengan konsentrasi tinggi berturut-turut 132 µg L^{-1} dan 248 µg L^{-1} (Tabel 2) PAH dalam cuplikan sedimen ditemukan 5 jenis senyawa PHE-C1 (metil PHE), ANT-C1 (metil ANT), PYR, PHE dan FLA (Gambar 3) dengan konsentrasi bervariasi antara 7-66 ng L^{-1} (Tabel 3). Keberadaan PYR, PHE dan FLA secara umum sering ditemukan di sedimen (Irwin *et al*.1997).

Tabel 1. Jenis-jenis PAH yang ditemukan pada sampel air, sedimen, daging dan hati ikan nomei

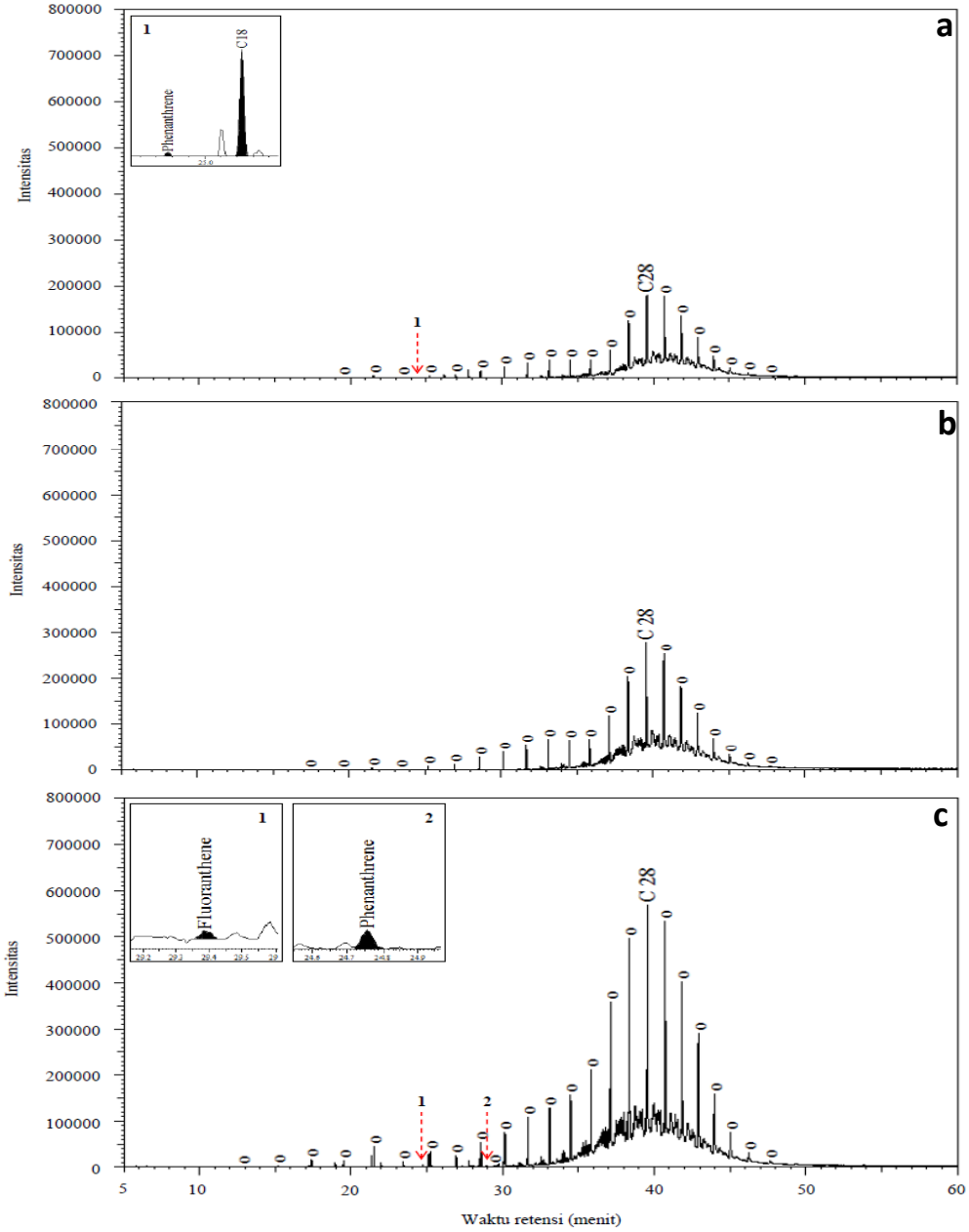
No	Jenis PAH	SDM	AIR	D KCL	D SDG	D BSR	H KCL	H SDG	H BSR	Keterangan
1	fluorantena	■	■	■	■		■			FLA
2	fluorena					■				FLU
3	pirena			■						PYR
4	naftalena								■	
5	1-allyl- naftalena					■		■		1-A-NAP
6	1,3-dimetilnaftalena	■		■	■	■	■	■	■	1,3-D-NAP
7	1,4-dimetilnaftalena						■	■	■	1,4-D-NAP
8	1,5-dimetilnaftalena						■			1,5-D-NAP
9	1,6-dimetil-4-(1-metilethil)-naftalena									1,6-D-4-NAP
10	1,6- dimetilnaftalena	■		■	■	■				1,6-D-NAP
11	1,7-dimetilnaftalena					■		■		1,7-D-NAP
12	1,2,3,4-tetrahidro-1,6 dimetil-4-(1-metiletil)-(1S-cis) naftalena	■								1T-1D-4M-1S-NAP
13	2,6- dimetilnaftalena								■	2,6-D-NAP
14	fenantrena	■	■		■	■	■	■	■	PHE
15	2-metil-fenantrena	■								2-M-PHE
16	4- metil-fenantrena	■		■		■				4-M-PHE
17	9-metil-fenantrena	■								9-M-PHE
18	antrasena			■						ANT
19	9-metil-antrasena	■			■					9-M-ANT
20	3-metil-bifenil				■	■	■		■	3-M-BL
21	4-metil-bifenil			■						4-M-BL
22	n-cycloheptyl-2,2-diphenylacetamid				■					N-C-2,2-D-asenaftena
23	Diphenylmethan								■	D-MTH

Keterangan : SDM (sedimen), D KCL (daging ikan kecil), D SDG (daging ikan sedang), D BSR (daging ikan besar), H KCL (hati ikan kecil), H SDG (hati ikan sedang), H BSR (hati ikan besar)

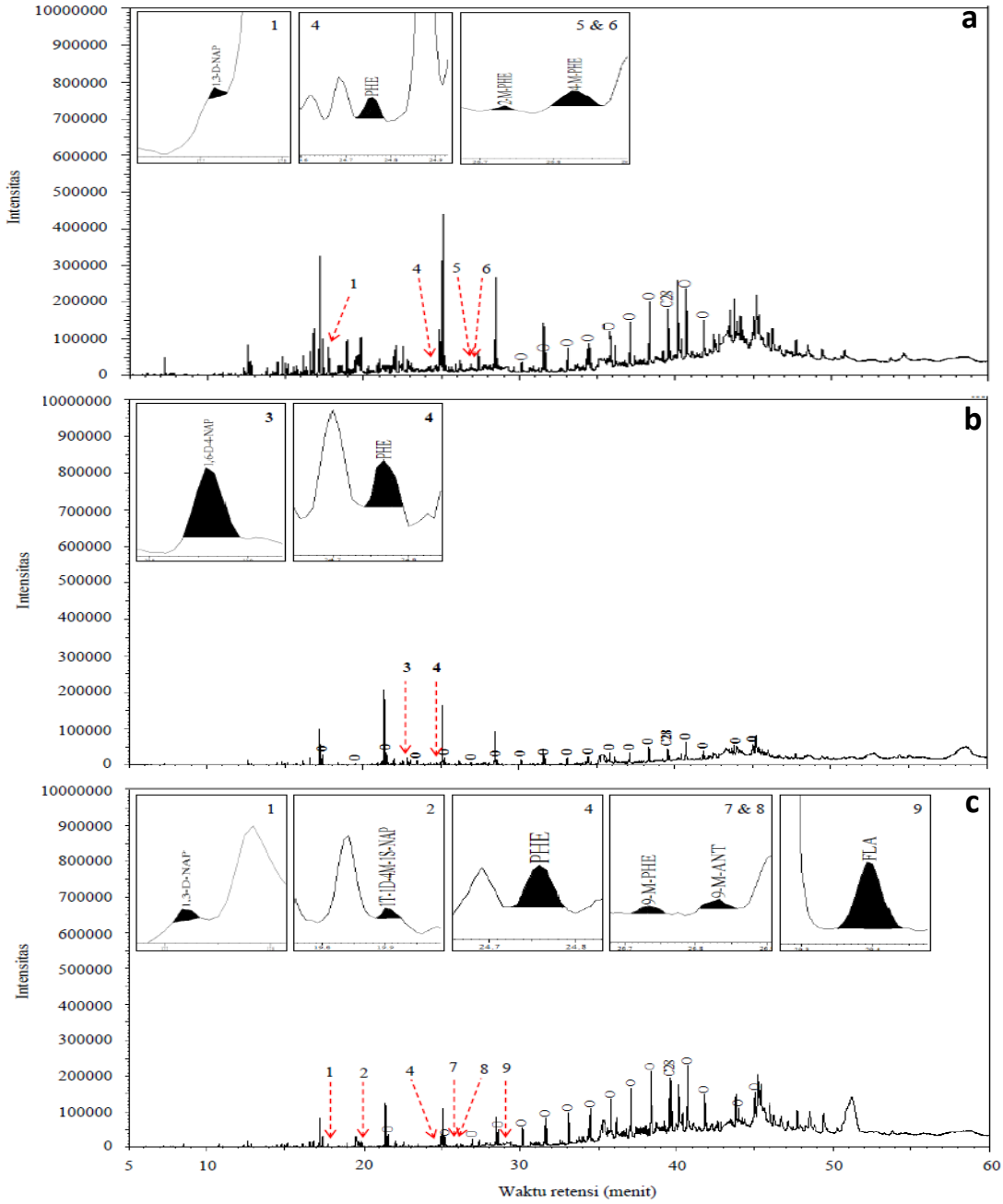
■ Jenis PAH yang terdeteksi pada masing-masing sampel

Tabel 2. Jenis dan konsentrasi PAH (µg L^{-1}) yang ditemukan dalam cuplikan air di setiap lokasi

Jenis PAH	Konsentrasi (µg L^{-1})		
	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
PHE	6	-	248
FLA	-	-	132



Gambar 2. TIC *(total ionic current)* pada sampel air 1 terdeteksi adanya PAH yaitu [1] fluorantena), [O] series dari hidrokarbon alkana) **(a),** pada sampel air 2 tidak terdeteksi adanya PAH **(b),** dan pada sampel air 3 terdeteksi [1] fluorantena, [2] fenantrena (PHE) **(c).**



Gambar 3. TIC *(total ionic current)* pada sampel sedimen 1 [1] 1,3-dimetilnaftalena (1,3-D-NAP (NAP-C1)), [4] fenantrena (PHE), [5] 2-metil-fenantrena (2-M-PHE (PHE-C1)), [6] 4- metil-fenantrena (4-M-PHE (PHE-C1) **(a)**, pada sampel sedimen 2 [3] 1,6-dimetil-4-(1-metilethil)-naftalena (1,6-D-4-NAP (NAP-C1)), [4] fenantrena (PHE) **(b)**, dan pada sampel sedimen 3 [1] 1,3-dimetilnaftalena (1,3-D-NAP (NAP-C1)), [2] 1,2,3,4-tetrahidro-1,6 dimetil-4-(1-metiletil)-(1S-cis) naftalena (1T-1D-4M-1S-NAP (NAP-C1)), [4] fenantrena (PHE), [7] 9-metil-fenantrena (9-M-PHE (PHE-C1)), [8] 9-metil-antrasena (9-M-ANT (ANT-C1)), [9] fluorantena (FLA) **(c)**.

Tabel 3. Jenis dan konsentrasi PAH (ng L^{-1}) yang ditemukan dalam cuplikan sedimen di setiap lokasi

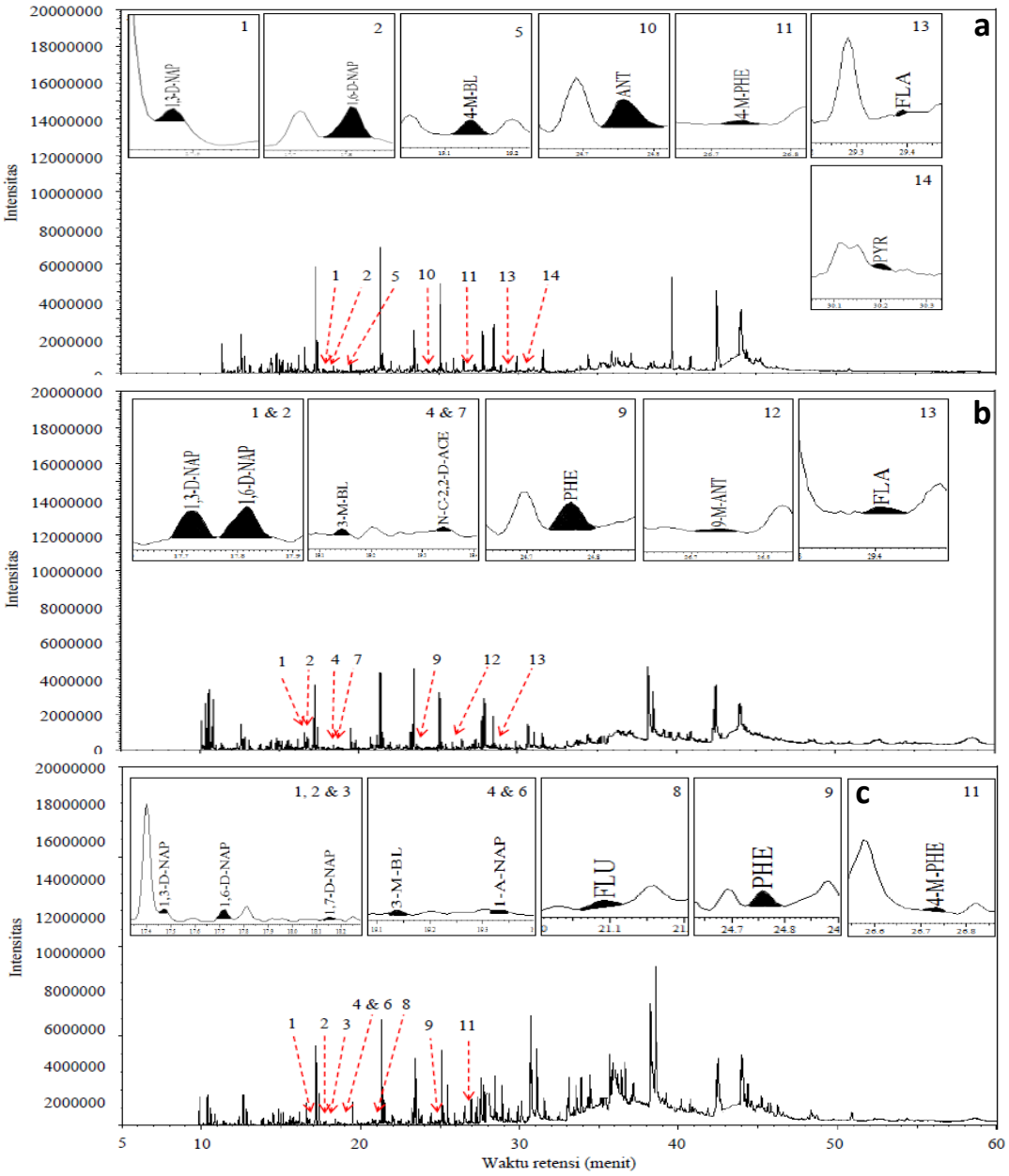
Jenis PAH	Konsentrasi (ng L^{-1})			Keterangan
	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	
FLA	-	-	66	FLA
PHE	7,017	8,630	14,211	PHE
1,3-D-NAP	19,866	-	4,621	NAP-C2
1,6-D-4-NAP	-	41,594	-	NAP-C2
1T-1D-4M-1S-NAP	-	-	11,119	NAP-C2
2-M-PHE	25,948	-	-	PHE-C1
4-M-PHE	43,130	-	-	PHE-C1
9-M-PHE	-	-	8,533	PHE-C1
9-M-ANT	-	-	7,346	ANT-C1

Kandungan PAH di daging dan hati ikan nomei

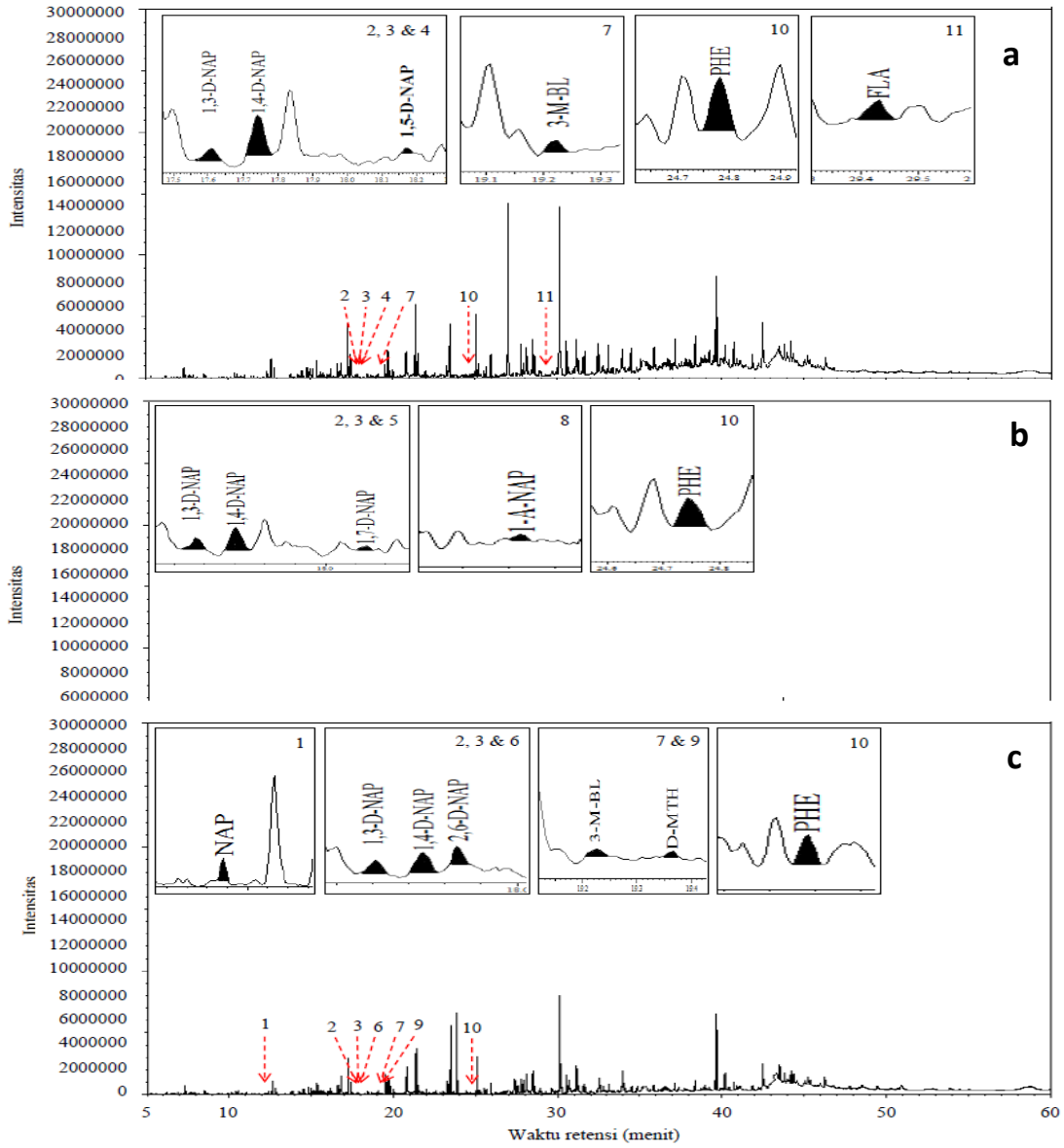
Kandungan PAH total pada daging ikan nomei kecil adalah 1067 ng g^{-1}, ukuran sedang 605 ng g^{-1}, dan ukuran besar 1025 ng g^{-1}, namun memiliki komposisi jenis PAH yang berbeda setiap ukuran (Gambar 4). Di antara jenis PAH konsisten ditermukan pada semua ukuran ikan adalah NAP-C2 (etil naphtalen) dan PHE-C1 (metil phenanthren). NAP-C2 mempunyai konsentrasi 377 ng g^{-1} pada ukuran kecil, 309 ng g^{-1} pada ukuran sedang, dan 422 ng g^{-1} pada ukuran besar. PHE-C1 punya konsentrasi 117 ng g^{-1} pada ukuran kecil, 47 ng g^{-1} pada ukuran sedang, dan 160 ng g^{-1} pada ukuran besar (Tabel 4).

Tabel 4. Jenis dan konsentrasi PAH yang ditemukan dalam cuplikan daging ikan nomei menurut ukuran

Jenis PAH	Konsentrasi (ng g^{-1})			Keterangan
	Daging nomei kecil	Daging nomei sedang	Daging nomei besar	
FLU	-	-	166,137	FLU
PHE	-	114,954	202,607	PHE
ANT	270,086	-	-	ANT
FLA	63,988	26,603	-	FLA
PYR	171,905	-	-	PYR
1,3-D-NAP	157,951	147,972	158,394	NAP-C2
1,6-D-NAP	219,289	161,343	171,849	NAP-C2
1,7-D-NAP	-	-	91,750	NAP-C2
1-A-NAP	-	-	74,268	NAP-C1
2-M-PHE	-	-	-	PHE-C1
4-M-PHE	116,601	-	160,412	PHE-C1
9-M-ANT	-	46,977	-	ANT-C1
4-M-BL	67,596	-	-	BPH
3-M-BL	-	33,903	-	BPH
N-C-2,2-D-ACE	-	73,086	-	ACE



Gambar 4. TIC *(total ionic current)* pada sampel daging ikan Nomei kecil [1] 1,3-dimetilnaftalena (1,3-D-NAP (NAP-C1)), [2] 1,6- dimetilnaftalena (1,6-D-NAP (NAP-C1), [5] 4-metil-bifenil (4-M-BL (BPH), [10] antrasena (ANT), [11] 4-metilfenantrena (4-M-PHE (PHE-C1)), [13] fluorantena (FLA), [14] pirena (PYR) **(a)**, sampel daging ikan Nomei sedang [1] 1,3-dimetilnaftalena (1,3-D-NAP (NAP-C1)), [2] 1,6- dimetilnaftalena (1,6-D-NAP (NAP-C2), [4] 3-metilbifenil (3-M-BL (BPH)), [7] n-cycloheptyl-2,2-diphenylacetamid (N-C-2,2-D- asenaftena (ACE)), [9] fenantrena (PHE), [12] 9-metilantrasena (9-M-ANT (ANT-C1)), [13] fluorantena (FLA) **(b)**, dan pada sampel daging ikan Nomei besar [1] 1,3-dimetilnaftalena (1,3-D-NAP (NAP-C2)), [2] 1,6-dimetilnaftalena (1,6-D-NAP (NAP-C2)), [3] 1,7-dimetilnaftalena (1,7-D-NAP (NAP-C2)), [4] 3-metilbifenil (3-M-BL (BPH)), [6] 1-allyl- naftalena (1-A-NAP (NAP-C1)), [8] fluorena (FLU), (9) fenantrena (PHE), [11] 4-metilfenantrena (4-M-PHE (PHE-C1) **(c)**.



Gambar 5. TIC *(total ionic current)* pada sampel hati ikan Nomei kecil. [2] 1,3-dimetilnaftalena (1,3-D-NAP (NAP-C2)), [3] 1,4-dimetilnaftalena (1,4-D-NAP (NAP-C2)), [4] 1,5-dimetilnaftalena (1,5-D-NAP (NAP-C2)), [7] 3-metilbifenil (3-M-BL (BPH)), [10] fenantrena (PHE), [11] fluorantena (FLA) **(a)**, sampel hati ikan Nomei sedang. [2] 1,3-dimetilnaftalena (1,3-D-NAP (NAP-C2)), [3] 1,4-dimetilnaftalena (1,4-D-NAP (NAP-C2)), [5] 1,7-dimetilnaftalena (1,7-D-NAP (NAP-C2)), [8] 1-allyl-naftalena (1-A-NAP (NAP-C1)), [10] fenantrena (PHE) **(b)**, sampel hati ikan Nomei besar. [1] naftalena (NAP), [2] 1,3-dimetilnaftalena (1,3-D-NAP (NAP-C2)), [3] 1,4-dimetilnaftalena (1,4-D-NAP (NAP-C2)), [6] 2,6-dimetilnaftalena (2,6-D-NAP (NAP-C2)), [7] 3-metilbifenil (3-M-BL (BPH)), [9] diphenylmethan (D-MTH (BPH)), [10] fenantrena (PHE) **(c)**.

PYR dan ANT hanya ditemukan pada daging ikan ukuran kecil dengan konsentrasi 172 ng g^{-1} dan 270 ng g^{-1}. ACE dan FLU hanya terdapat pada daging ikan ukuran sedang dengan konsentrasi berturut-turut 73 ng g^{-1} dan 116 ng g^{-1}, sedangkan NAP-C1 hanya ditemukan pada daging ikan ukuran besar yaitu 74 ng g^{-1}. FLA dan BPH terdeteksi pada daging ikan ukuran kecil dan sedang. Konsentrasi terbesar FLA 64 ng g^{-1} dan BPH 68 ng g^{-1} pada ikan ukuran kecil. Jenis PHE hanya terdeteksi pada ukuran ikan sedang dan besar yaitu 115 ng g^{-1} dan 203 ng g^{-1}.

Pada cuplikan hati ikan nomei teridentifikasi enam jenis senyawa PAH yang terakumulasi (Gambar 5). Kandungan PAH total pada hati ikan ukuran kecil, sedang, dan besar masing-masing adalah 1679 ng g^{-1}, 977 ng g^{-1}, dan 1445 ng g^{-1}. NAP-C2 dan PHE adalah jenis PAH yang ditemukan pada setiap ukuran ikan. NAP-C2 mempunyai konsentrasi 833 ng g^{-1} pada hati ikan ukuran kecil, 573 ng g^{-1} pada ukuran sedang, dan 660 ng g^{-1} pada ukuran besar. PHE mempunyai konsentrasi 427 ng g^{-1} pada hati kecil, 215 ng g^{-1} pada hati ikan ukuran sedang, dan 176 ng g^{-1} pada hati ikan ukuran besar. FLA hanya ditemukan pada hati ikan ukuran kecil 298 ng g^{-1}. NAP-C1 hanya ditemukan pada hati ikan ukuran sedang 190 ng g^{-1} dan NAP hanya ditemukan pada hati ikan ukuran besar 381 ng/g. BPH adalah senyawa PAH yang hanya terdapat pada hati ikan ukuran kecil dan hati besar berturut-turut 121 ng g^{-1} dan 227 ng g^{-1} (Tabel 5).

Tabel 5. Jenis dan konsentrasi PAH yang ditemukan dalam cuplikan hati ikan nomei

Jenis PAH	Konsentrasi (ng g^{-1})			Keterangan
	Hati kecil	Hati sedang	Hati besar	
PHE	426,768	214,881	176,489	PHE
FLA	298,087	-	-	FLA
NAP	-	-	381,377	NAP
1,3-D-NAP	324,200	248,776	197,621	NAP-C2
1,4-D-NAP	341,203	247,036	192,001	NAP-C2
1,5-D-NAP	167,362	-	-	NAP-C2
1,7-D-NAP	-	76,712	-	NAP-C2
2,6-D-NAP	-	-	270,716	NAP-C2
1-A-NAP	-	189,859	-	NAP-C1
3-M-BL	121,478	-	63,136	BPH
D-MTH	-	-	163,506	BPH

Tabel 6. Diagnosis sumber PAH berdasarkan indikator ratio

Komponen ratio	Pirogenik	Petrogenik	Jenis cuplikan	
			Air	Sedimen
BMR/BMT	<1	>1	1,93	3,50
MPHE/PHE	<1	>1	tt	1,11

BMR (Berat molekul rendah), BMT (berat molekul tinggi), MPHE (metil phenantren), PHE (phenantren), tt (tidak terdeteksi

Pembahasan

Sumber PAH

Komposisi PAH di Stasiun 3 cenderung lebih banyak dibanding dengan stasiun lain. Hal ini kemungkinan berkaitan erat dengan berbagai sumber kegiatan manusia termasuk limbah pengolahan minyak (kegiatan antropogenik). Analisis diagnosis PAH berdasarkan rasio konsentrasi total PAH bermolekul rendah dan tinggi, dan rasio spesifik PAH (Tabel 6) menunjukkan bahwa PAH yang teridentifikasi adalah PAH petrogenik (berasal minyak fosil) dari pada PAH pirogenik (proses pembakaran). Hal ini memperjelas keberadaan aktivitas sekitar perairan memberikan kontribusi bahan polutan PAH.

Potensi bahaya PAH bagi kehidupan organisme laut

Konsentrasi total PAH di lingkungan air laut Kota Tarakan yang berkisar antara 6.36-380 µg L^{-1} termasuk dalam tingkat sedang bila dibandingkan dengan beberapa penelitian di wilayah lain (Nemr & Aly 2003, Luo *et al*. 2004, Valavanidis *et al*. 2008, Arias *et al*. 2009, Qiu *et al*. 2009) (Tabel 7).

Menurut Baumard *et al*. (1998) kandungan PAH di sedimen dapat digambarkan berdasarkan total konsentrasinya. Pada sedimen laut diketahui konsentrasi sedimen 136 ng g^{-1} pada Stasiun 1, 50 ng g^{-1} pada Stasiun 2 dan 112 ng g^{-1} pada Stasiun 3. Nilai ini mengindikasikan konsentrasi PAH di sedimen pada level konsentrasi kecil-sedang dan dibandingkan dengan penelitian di lokasi lain konsentrasi PAH pada sedimen di perairan laut Kota Tarakan adalah sedang (Tabel 8).

PAH yang terdapat dalam lingkungan memiliki potensi berbahaya bagi kehidupan organisme yang diindikasikan dengan rasio nilai ERL (*effect range low*) dan ERM (*effect range median*) sebagai penentu kualitas lingkungan PAH di sedimen. Besaran konsentrasi PAH pada sedimen mempunyai dampak secara biologi terhadap organisme laut yang berasosiasi dengan sedimen. Nilai-nilai ERM dan ERL berdasarkan konsentrasi ∑BMR, BMT dan, total PAH tertera pada Tabel 9. Dengan demikian, secara umum status konsentrasi PAH di sedimen dapat disimpulkan belum mengancam kehidupan organisme air.

Tabel 7. Konsentrasi ∑PAH pada air laut di beberapa wilayah dunia

Lokasi	Konsentrasi (µg L^{-1})	Referensi
Pantai Alexandria, Mesir	*Subsurface* (47) *Microlayer (*245)	Nemr & Aly (2003)
Wilayah Pelabuhan Makau, Selatan Cina	701,42- 1 872,95	Luo *et al*. (2004)
Daerah estuari Teluk Saronikos, Yunani	425-459	Valavanidis *et al*. (2008)
Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta	0,5964-0,6733	Augustine (2008)
Daerah estuari Blanca, Argentina	0-4	Arias *et al*. (2009)
Teluk dalam, daerah Selatan Cina	Permukaan (73,3) Dasar (66,1)	Qiu *et al*. (2009)
Perairan laut Kota Tarakan	6,36-380	Studi ini

Tabel 8. Tingkatan level konsentrasi PAH di sedimen pada setiap stasiun

No	Konsentrasi	∑PAH (ng g^{-1})	Stasiun sedimen 1	Stasiun sedimen 2	Stasiun sedimen 3
1	Kecil	0-100			
2	Sedang	100-1000	136	50	112
3	Tinggi	1000-5000			
4	Sangat tinggi	>5000			

Baumard *et al*. (1998)

Tabel 9. Status kontaminasi PAH di sedimen terhadap organisme laut berdasarkan konsentrasi ERL dan ERM pada setiap stasiun

Komponen	ERL (ng g^{-1})	ERM (ng g^{-1})	Stasiun sedimen 1 (ng g^{-1})	Stasiun sedimen 2 (ng g^{-1})	Stasiun sedimen 3 (ng g^{-1})
BMR	550	3 160	136	50	45.83
BMT	1 700	9 600	tt	tt	66.31
Total PAH	4 000	45 000	136	50	112

Woodhead *et al*. (1999), O'connor & John (2000), Burton (2002).
ERL: *effect range low*; ERM: *effect range median*; tt: tidak terdeteksi; BMR: berat molekul rendah; BMT: berat molekul tinggi

PAH termasuk mempunyai waktu tinggal yang singkat saat berada dalam kolom perairan, namun biasanya dapat menyebabkan efek kronis terhadap organisme (Irwin *et al.*1997). Oleh karena itu, konsentrasi PAH dalam perairan juga dapat menjelaskan tingkatan pengaruh PAH terlarut terhadap organisme laut. Konsentrasi ΣPAH 6,36 µg/l pada Stasiun 1 berada di bawah level akut, sebaliknya konsentrasi ΣPAH 380 µg/l pada Stasiun 3 berada di atas level akut (Tabel 10). Perbandingan konsentrasi ini mengindikasikan bahwa kandungan PAH di per-airan khususnya di Stasiun 3 (dekat dengan ber-bagai kegiatan pesisir) kemungkinan memiliki potensi berbahaya terhadap biota perairan.

Keberadaan PAH dalam tubuh ikan nomei mengindikasikan kehidupan organisme laut telah terkontaminasi. Akumulasi PAH dalam tubuh organisme dapat terjadi karena berbagai faktor dengan berbagai mekanisme (Perugini *et al*. 2007). PAH dengan mudah terakumulasi karena sifat PAH yang lipofilik (senang dengan lemak). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa konsentrasi total lipid meningkat dengan ukuran ikan (200 µg g^{-1} ukuran kecil, 600 µg g^{-1} ukuran sedang dan 1700 µg g^{-1} ukuran besar), walaupun data yang diperoleh belum menunjukkan korelasi positif dengan kandungan PAH total. Tabel 11 menunjukkan bahwa konsentrasi total PAH pada ikan nomei, adalah pada 2747 ng g^{-1}pada ikan ukuran kecil, 1582 ng g^{-1} pada ikan ukuran besar, dan 2470 ng g^{-1} pada ikan ukuran sedang. Menurut Gomes *et al*. (2010), konsentrasi PAH total antara > 1000 ng g^{-1} termasuk kategori tinggi. Hal ini menegaskan bahwa konsentrasi PAH pada ikan nomei berada pada status kontaminasi yang tinggi.

Tabel 10. Konsentrasi individu PAH di air pada setiap stasiun

No	Komponen	Akut (µg L^{-1})	Kronis (µg L^{-1})	Stasiun air 1 (µg L^{-1})	Stasiun air 3 (µg L^{-1})
1	Phenantren	970	710	6.36	248
2	Fluoranten	40	16	tt	132
3	Total PAH	300	tn	6.36	380

- Kadar akut dan kronis individu PAH menurut Irwin *et al.* (2007), dibandingkan dengan lokasi penelitian
- tn : tidak ada nilai; tt : tidak terdeteksi

Tabel 11. Status kontaminasi PAH pada ikan nomei

Klasifikasi	∑PAH (ng g^{-1})	Ikan kecil	Ikan sedang	Ikan besar
Tidak terkontaminasi	<10			
Nilai kontaminasi kecil	99-100	2 747	1 582	2 470
Nilai kontaminasi sedang	100-1000			
Nilai kontaminasi tinggi	>1000			

Varanasi *et al*. (1993) *in* Gomes *et al*. (2010)

Kesimpulan

Perairan di sekitar Pulau Tarakan telah terindikasi terkontaminasi PAH dan berpotensi berbahaya bagi kehidupan organisme. Jenis PAH yang ditemukan di air ada dua jenis yaitu fenantrena dan fluorantena dengan konsentrasi berkisar 6-248 µg L^{-1}. Pada sedimen terdapat lima jenis senyawa PAH yaitu fluorantena, fenantrena, naftalena-C2, fenantrena-C1, dan antrasena-C1 dengan konsentrasi berkisar antara 7-69 ng g^{-1}. Perbedaan keberadaan dan konsentrasi PAH di air dan sedimen disebabkan oleh beberapa hal yaitu sifat fisik dan kimiawinya.

Hasil analisis komponen PAH pada daging ikan nomei teridentifikasi 10 jenis PAH yaitu fluorena, fenantrena, antrasena, fluorantena, pirena, naftalena-C1, naftalena-C2, fenantrena-C1, bifenil, dan asenaftena. Kandungan PAH total pada daging ikan nomei kecil adalah 1067 ng g^{-1}, daging sedang 605 ng g^{-1}, dan daging besar 1025 ng g^{-1}.

Pada hati ikan nomei teridentifikasi enam jenis senyawa PAH yaitu fenantrena, fluorantena, naftalena, naftalena-C1, naftalena-C2 dan bifenil dengan kandungan PAH total pada hati kecil adalah 1679 ng g^{-1}, hati sedang 977 ng g^{-1}, dan hati besar 1445 ng g^{-1} dengan tingkat kontaminasi sangat tinggi. Perbedaan jenis dan konsentrasi PAH di daging dan hati mungkin dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kapasitas asimilasi usus, biotransformasi, sistem enzimatik dan metabolisme PAH oleh ikan nomei.

PAH terdeteksi diduga berasal dari kegiatan antropogenik baik petrogenik maupun pirogenik. Kegiatan migas (minyak dan gas) diduga berpotensi sebagai sumber PAH petrogenik seperti kegiatan bongkar muat minyak dari kapal ke tangki dan sebaliknya, pengolahan limbah minyak dari pit yang tidak sempurna, buangan air balast dan buangan bahan bakar dari mesin kapal. Selain itu proses adsorpsi dan dinamika perairan juga berpengaruh terhadap keberadaan PAH di perairan.

Daftar pustaka

Augustine D. 2008. Akumulasi hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH) dalam kerang hijau (*Perna viridis L*) di perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor

Arias AH, Carla VS, Rube´n HF, Jorge EM. 2009. Polycyclic aromatic hydrocarbons in water, mussels (*Brachidontes* sp., *Tagelus* sp.) and fish (*Odontesthes* sp.) from Bahia Blanca Estuary, Argentina. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85(1): 67-81

Baumard P, Budzinski H, Garrigues P, Sorbe C, Burgeot T, Belloco J. 1998. Concentrations of PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) in various marine organisms in relation to those in sediments and to trophic level. *Marine Pollution Bulletin* 36(12): 951-960.

Burton GA. 2002. Sediment quality criteria in use around the world. *Limnology*, 3(2): 65-76.

Casarett LJ, Doull J, Klaassen CD, Amdur MO. 1986. *Toxicology: The Basic Science of Poison*. 3rd edition, Macmillan Publishing Co., Inc., New York. 974 p.

Cavalieri EL, Rogan EG. 1995. Central role of radical cations in metabolic activation of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Xenobiotica*, 25(7): 677-688

Gomes AS, Roberta LN, Ricardo A, Paulo HVDV, Fabio BP, Roberta LZ, Carla LTM. 2010. Changes and variations of polycyclic aromatic hydrocarbon concentrations in fish, barnacles and crabs following an oil spill in a mangrove of Guanabara Bay, Southeast Brazil. 2010. *Marine Pollution Bulletin*, 60(8): 359-1363.

Guinan J, Charlesworth M, Service M, Oliver T. 2001. Sources and geochemical constraints of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments and mussels of two Northern Irish Sea-Loughs. *Marine Pollution Bulletin.* 42(11): 1073-1081.

Imran H, Kim JG, Kim KS, Park JS. 2005. Polyaromatic hydrocarbons (PAHs) levels from two industrial zones (Sihwa and Banwal) located in An-san city of the Korean Peninsula and their influence on lake. *Journal of Applied Sciences & Environmental Management*, 9(3): 63-69.

Irwin RJ, Mouwerik MV, Lynette S, Arion DS, Wendy B. 1997. Environmental Contaminants Encyclopedia PAHS Entry. *National Park Service Water Resources Divisions, Water Operation Branch.* Fort Collins. Colorado.

John FM, Braulio DJ. 1985. Interaction between polyaromatic hydro carbons and dissolved humic material, binding and dissociation. *Environmental Science and Technology*, 19(11): 1072-1076

Liu WX, Chen JL, Lin XM, Tao S. 2007. Spatial distribution and species composition of PAHs in surface sediments from the Bohai Sea. *Marine Pollution Bulletin* 54(1): 113-116.

Luo XJ, Bixian M, Qingshu Y, Jiamo F, Guoying S, Zhishi W. 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and organo chlorine pesticides in water columns from the Pearl River and the Macao harbor in the Pearl River Delta in South China. *Marine Pollution Bulletin* 48(11-12): 1102-1115.

Macias-Zamora JV, Mendoza-Vega E, Villaescusa-Celaya JA. 2002. PAHs composition of surface marine sediments: a comparison to potential local sources in Todos Santos Bay, Mexico. *Chemosphere*, 46(3): 459-468.

Marr LC, Kirchstetter TW, Harley RA, Miguel AH, Hering SV, Hammond SK. 1999. Characterization of polycyclic aromatic hydrocarbons in motor vehicle fuels and exhaust emissions. *Environmental Science and Technology*, 33(18): 3091-3099.

Nemr AE, Aly MAA. 2003. Contamination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in microlayer and subsurface waters along Alexandria Coast, Egypt. *Chemosphere* 52(10): 1711-1716.

O'connor TP, John FP. 2000. Mist between sediment toxicity and chemistry. *Marine Pollution Bulletin*, 40(1): 59-64.

Qiu YW, Gan Z, Guo QL, Ling LG, Xiang DL, Onyx W. 2009. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the water column and sediment core of Deep Bay, South China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 83(1): 60-66

Perugini M, Visciano P, Giammarino A, Manera M, Nardo WD, Amorena M. 2007. Polycyclic aromatic hydrocarbons in marine organisms from the Adriatic Sea, Italy. *Chemosphere* 66(10): 1904-1910

SEAMIC-IMFJ. 1985. SEAMIC Health Statistics. *Southeast Asian Medical Information Center. International Medical Foundation of Japan.*

Uno S, Makishima M. 2009. Benzo[a]pyrene toxicity and inflammatory disease. *Current Rheumatology Reviews*, 5(4): 266-271

Valavanidis A, Vlachogianni TH, Triantallaki S, Dassenakis M, Androutsos F, Scoullos M.

2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface seawater and in indigenous mussels *(Mytilus galloprovincialis*) from coastal areas of the Saronikos Gulf (Greece). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 79(4): 733-739.

Walker G. 2009. Environmental justice and normative thinking. *Antipode*, 41(1): 203-205

Wang Z, Fingas M, Page DS. 1999. Oil spill identification. *Journal of Chromatography* A, 843(1-2): 369-411

Woodhead RJ, Law RJ, Matthiessen P. 1999. Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments around England and Wales and their possible biological signicance. *Marine Pollution Bulletin* 38(9): 773-790.

Yu Y, Xu J, Wang P, Sun H, Dai S. 2009. Sedi - ment-porewater partition of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from Lanzhou Reach of Yellow River, China. *Journal of Hazardous Materials*, 165(1-3): 494-500