

## IDENTIFIKASI HIDROKARBON POLISIKLIK AROMATIK (PAH) DI PERAIRAN TELUK LAMPUNG

Yuli Anita Dwi Wahyuni<sup>1</sup>, Agung Abadi Kiswandono<sup>2</sup>, R. Supriyanto<sup>2</sup>, Riandra Pratama Usman<sup>2</sup>,  
Yunsi'u Nasy'ah<sup>2</sup>, Rinawati<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>SMK Daya Bhina Terusan Nunyai, Bandar Agung, Lampung Tengah

<sup>2</sup>Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung, Jl Sumantri Brojonegoro No 1 Bandar Lampung, 35145  
[rinawati03@yahoo.com](mailto:rinawati03@yahoo.com)

### Artikel Info

Diterima  
tanggal  
05.08.2017

Disetujui  
publikasi  
tanggal  
01.10.2017

Kata kunci :  
Pencemar  
organik,  
pencemaran  
pesisir,  
Polisiklik  
aromatik  
hidrokarbon  
(PAH)

### ABSTRAK

PAH telah menjadi golongan pencemar organik yang mendapat perhatian serius karena sifatnya yang beracun, mutagenik dan karsinogenik meski pun berada pada rentang konsentrasi yang rendah bahkan kelumit. Pada penelitian ini telah dilakukan identifikasi senyawa PAH di perairan Teluk Lampung. Sampel air laut dari enam lokasi diekstraksi dengan menggunakan teknik ekstraksi *Solid phase microextraction technique* (SPME) dan diidentifikasi dengan menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS). Hasil analisis menunjukkan bahwa senyawa PAH yaitu phenantrena, antrasena, fluorantena, pyrena, benzo[a]antrasena, chrysenena, benzo[a]pyrena, benzo[e]pyrena dan perilena terdeteksi di semua lokasi sampling. Adanya senyawa PAH di perairan merupakan indikator telah adanya pencemaran senyawa organik yang memerlukan monitoring terus menerus dan pengawasan yang lebih ketat untuk mencegah meningkatnya pencemaran tersebut.

### ABSTRACT

PAH has become a class of organic pollutants who has get a great concern due to its toxic, mutagenic and carcinogenic even though it is in the range of low concentrations even traces. In this research, identification of PAH compound in Lampung Bay has been conducted. Seawater samples from six locations were extracted using solid phase microextraction technique (SPME) and identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that PAH compounds namely phenanthrene, anthracene, fluorantene, pyrene, benzo[a]anthracene, chrysene, benzo[a]pyrena, benzo[e]pyrena and perylene were detected in all sampling sites. The occurrences of PAH compounds in the waters is an indicator of organic pollution that require continuous monitoring and stronger control to prevent more pollution.

**Keywords:** Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH), organic pollutant, coastal pollution.

## PENDAHULUAN

PAH adalah golongan senyawa hidrokarbon terdiri dari banyak senyawa individu dengan dua atau lebih cincin benzene yang tersebar di berbagai medium lingkungan. PAH yang masuk ke berbagai medium lingkungan berasal dari alam mau pun hasil dari aktivitas manusia (*anthropogenic*). PAH alami berasal dari letusan gunung berapi, pembakaran hutan, dan proses diagenesis. Umumnya kontaminan PAH lebih banyak yang berasal dari aktivitas manusia. PAH

hasil dari aktivitas manusia dapat berasal dari pembakaran senyawa organik yang tidak sempurna seperti pembakaran hutan, sampah, mesin, dan kendaraan. Selain itu PAH juga dapat berasal dari tumpahan minyak bumi, kebocoran bahan bakar kendaraan, penggunaan minyak pelumas dan minyak tanah (Saha, 2009; Li, 2015; Keshavarzifard, 2015; Boonyatumanond, 2006).

PAH telah menjadi golongan pencemar organik yang mendapat perhatian serius karena sifatnya yang beracun, mutagenik dan karsinogenik meski pun berada pada rentang konsentrasi yang rendah bahkan kelumit. PAH juga diketahui dapat mempengaruhi sistem endokrin manusia dan hewan serta meningkatkan potensi terkena kanker paru-paru (Zang, 2016; Sarianni, 2015; Kim, 2013). *Environmental Protection Agency* (US EPA) telah memasukkan PAH sebagai salah satu pencemar organik polutan utama yang berbahaya. Pemerintah Indonesia melalui Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 tahun 2004 telah memasukkan PAH sebagai salah satu parameter untuk menentukan kualitas air laut, baik untuk keperluan pelabuhan, wisata, mau pun biota laut.

Kota Bandar Lampung merupakan ibu kota dan pusat aktivitas ekonomi serta wilayah terpadat dan tersibuk di Provinsi Lampung. Terdapat tiga kecamatan di Bandar Lampung di wilayah pesisir Kota Bandar Lampung yaitu Kecamatan Teluk betung Barat, Teluk Betung Selatan, dan Panjang yang merupakan wilayah pesisir yang menghadap ke Teluk Lampung. Sebagian aktivitas ekonomi Kota Bandar Lampung terkonsentrasi di wilayah pesisir sehingga Teluk Lampung menjadi kawasan yang rentan terhadap pencemaran karena selain menerima dampak langsung dari aktivitas di sekitarnya juga menjadi tempat masuknya limbah domestik dan rumah tangga. Dari hasil identifikasi yang telah dilakukan oleh Wiryawan dkk. (1999), diketahui bahwa setidaknya terdapat 9 sungai yang bermuara ke pesisir Kota Bandar Lampung yang berpotensi mencemarkan wilayah pantai tersebut. Sungai-sungai tersebut adalah: Way Sukamaju, Way Keteguhan, Way Tataan, Way Kuripan, Way Kunyit, Way Kuala, Way Lunik, Way Pancoran, dan Way Galih. Sumber pencemaran yang berasal dari limbah industri diperkirakan berasal dari berbagai kegiatan industri yang berada di DAS tersebut. Sebagai contoh, setidaknya terdapat 22 industri di DAS Way Kuala, 13 industri di DAS Way Lunik, 5 industri di DAS Way Pancoran, dan 2 industri di DAS Way Kunyit. Peningkatan jumlah penduduk dan pendapatan berkorelasi positif dengan jumlah kendaraan serta bertambahnya limbah industri sejalan dengan tumbuhnya berbagai industri telah meningkatkan sumber

potensial pencemaran PAH. Tingginya berbagai aktivitas pelabuhan seperti bongkar muat barang, lalu lintas kapal, pengisian bahan bakar, perbaikan kapal dan berbagai aktivitas pelabuhan lainnya juga berpotensi menimbulkan pencemaran hidrokarbon diantaranya senyawa polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH). Terjadinya kebocoran atau pun kecelakaan kapal juga dapat menyebabkan tumpahan minyak ke perairan laut sehingga terjadi pencemaran hidrokarbon di perairan. Industri batu bara yang ada di kawasan ini dan pembakaran batu bara sebagai bahan bakar di berbagai industri merupakan salah satu sumber penting pencemaran PAH.

Penelitian tentang distribusi, identifikasi dan kadar PAH dalam berbagai media lingkungan telah banyak dilakukan di berbagai tempat, misalnya di Cina (Li, 2015), Amerika (Wade, 2008) dan Eropa (Cardellicchio, 2007). Namun demikian studi tentang PAH di Indonesia masih belum banyak dilakukan. Falahudin (2012) telah menunjukkan adanya PAH di perairan laut Timor dan Arafura. Peneliti lain juga telah melaporkan adanya kandungan PAH yang berasal dari sedimen di kawasan pesisir Teluk Jakarta (Rinawati, 2012). Mengingat sifatnya yang memberikan dampak negatif di lingkungan dan masih sedikitnya sudi tentang senyawa PAH di perairan di Teluk Lampung, maka penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menentukan karakteristik senyawa PAH yang berada di Teluk Lampung.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan pada bulan September Mei-Agustus 2016 dengan mengambil sampel di perairan Teluk Lampung. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi, Universitas Lampung. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu labu destilasi, statif dan klem, kondensor, termometer, *heating mantle*, erlenmeyer, pipet tetes, batu didih, fiber PDMS 100  $\mu\text{m}$ , GC Varian CP-3800, MS Varian Saturn 2200, kolom VF 1-mS 30 M x 0,25 MM, vial, *Vandorn water sampler*, isooktan.

### **Penentuan Lokasi Sampling**

Penentuan lokasi sampling dibedakan berdasarkan aktivitas utama yang ada di pesisir Teluk Lampung terbagi menjadi 5 kawasan yaitu kawasan pemukiman penduduk, kawasan pelabuhan, Tempat Pelelangan Ikan/Lempasing, pariwisata dan industri. Lokasi sampling dapat dilihat pada Gambar 1.

Sampel air diambil dengan menggunakan alat yang bernama *Vandorn sampler*. Sampel air laut sebanyak 1 L diambil dengan menggunakan alat *Van Dorn sampler* pada lokasi yang telah ditentukan. Daerah pengambilan sampel berada pada jarak 0–500 meter dari bibir pantai dan dilakukan pada sekitar 1 m di bawah permukaan laut.



**Gambar 1.** Lokasi sampling di Perairan Teluk Lampung

### **Ekstraksi sampel air laut**

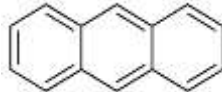
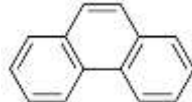
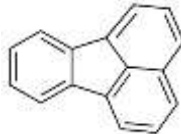
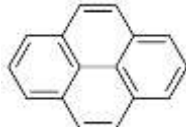
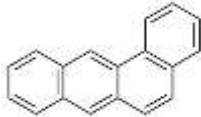
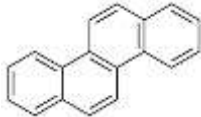
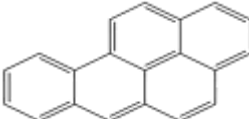
Ekstraksi sampel air laut dilakukan dengan mengambil 5 mL air laut dan dimasukkan dalam vial 10 mL yang didalamnya diberi magnetik stirrer. Kemudian vial ditutup dengan tutup karet yang sudah dilubangi dengan jarum. Selanjutnya alat SPME dimasukkan dalam vial melalui lubang kecil pada tutup karet kemudian diekstraksi menggunakan *hot plate* pada suhu 45 °C selama 60 menit, diaduk pada kecepatan tertentu, dan ekstraksi dilakukan dengan teknik SPME *headspace* yaitu fiber tidak menempel pada sampel. Selanjutnya *holder* SPME diinjeksikan ke GC-MS selama 60 menit, dan diamati hasil kromatogramnya. Setelah didapatkan hasil kromatogram alat GC-MS dibersihkan dengan isooktan selama 30 menit, kemudian dilakukan langkah yang sama untuk sampel lainnya.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

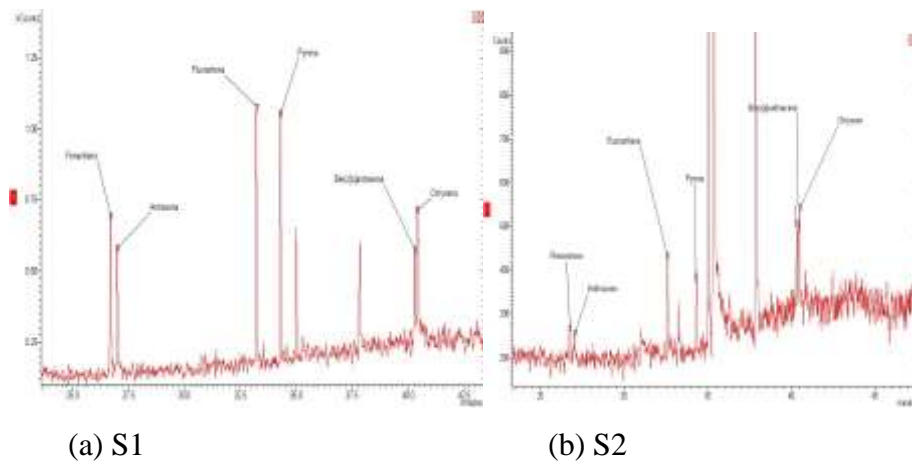
PAH di perairan laut dapat ditemukan dalam bentuk minyak mengapung, terlarut dalam fase air, emulsi dan fraksi yang berikatan dengan material organik dan anorganik tersuspensi

mengendap di dasar perairan. Identifikasi jenis senyawa PAH yang terdapat pada sampel air laut perairan Teluk Lampung dilakukan menggunakan GC-MS berdasarkan m/z fragmen senyawa yang terdeteksi seperti terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Perbandingan m/z senyawa PAH

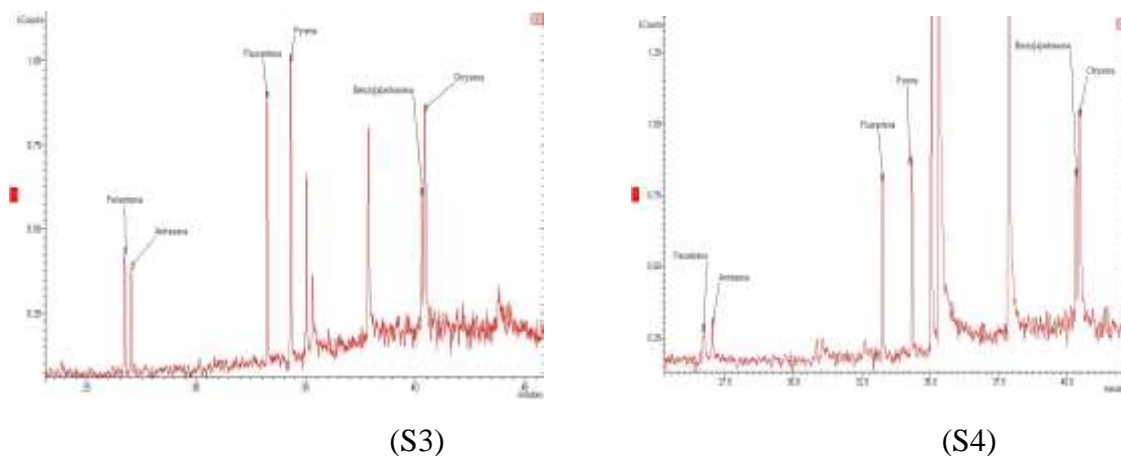
No	Senyawa PAH	m/z	Struktur Molekul
1.	Antrasena	178	
2.	Phenantrena	178	
3.	Fluorantena	202	
4.	Pyrena	202	
5.	Benza(a)antrasena	228	
6.	Chrysen	228	
7.	Benza(a)pyrena	252	

Hasil analisis sampel air laut untuk kawasan perikanan yang berdekatan dengan hutan mangrove dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Kromatogram sampel di kawasan perikanan

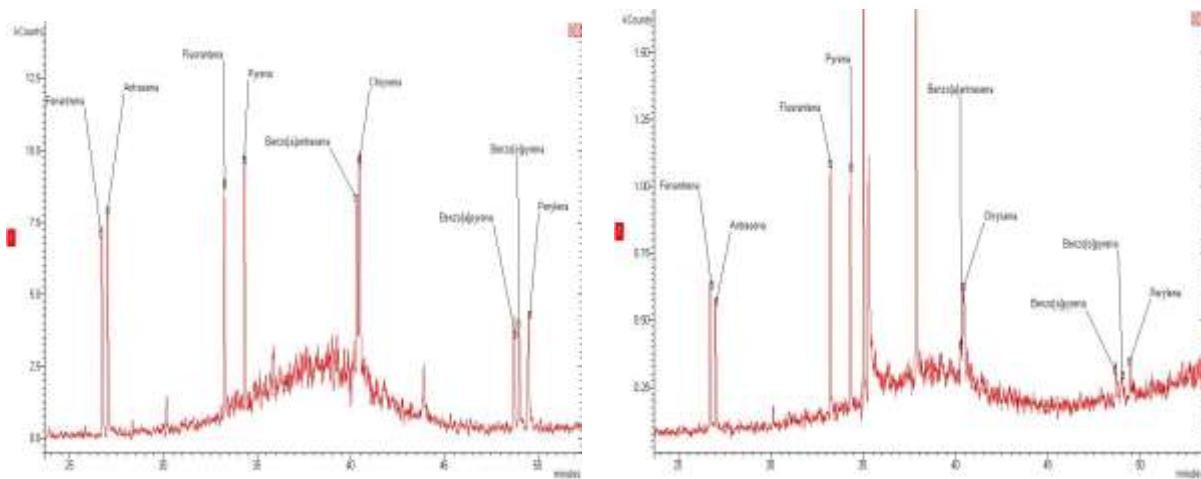
Berdasarkan kromatogram tersebut dapat dilihat bahwa terdapat 6 senyawa PAH pada dua lokasi sampling yaitu phenantrena dan antrasena dengan  $m/z = 178$ , fluorantena dan pyrena dengan  $m/z = 202$ , benzo[a]antrasena dan chrysenas dengan  $m/z = 228$ . Lokasi sampling dalam area ini berdekatan dengan Pulau Pasaran yang merupakan pusat pengolahan ikan teri yang dikenal sebagai teri Siger. Di lokasi ini juga terdapat salah satu hutan mangrove yang ada di Pesisir Teluk Lampung, yang luasnya sekarang hanya tinggal dua hektare yang awalnya sekitar sepanjang 27 kilometer. Pengurangan kawasan mangrove ini tidak terlepas dari banyaknya area hutan mangrove yang beralih fungsi menjadi kawasan wisata pantai ataupun perumahan (Antara News, 2008).



**Gambar 3.** Kromatogram sampel area pemukiman

Hasil analisis sampel pada lokasi pemukiman dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil analisis ini menunjukkan kromatogram yang tidak terlalu jauh berbeda dengan yang diperoleh dari sampel yang berasal dari kawasan perikanan yang berdekatan dengan hutan mangrove. Berdasarkan gambar tersebut terdeteksi 6 jenis senyawa yang sama seperti pada kawasan perikanan yaitu phenantrena, antrasena, fluorantena, pyrena, benzo(a)antrasena dan chrysenena. Lokasi ini berada di sekitar Kecamatan Bumi Waras, yang merupakan salah satu kawasan yang padat penduduknya dibandingkan kawasan lain di sekitar pesisir Teluk Lampung.

Hasil analisis pada lokasi sampling di sekitar perikanan dan pemukiman menunjukkan hasil yang sedikit berbeda dengan kromatogram yang dihasilkan dari sampel yang berasal dari kawasan pelabuhan seperti terlihat pada Gambar 4. Berdasarkan kromatogram tersebut dapat dilihat terdapat 9 jenis senyawa PAH yang terdeteksi pada ke dua lokasi sampling seperti phenantrena dan antrasena dengan  $m/z = 178$ , fluorantena dan pyrena dengan  $m/z = 202$ , benzo[a]antrasena dan chrysenena dengan  $m/z = 228$  dan benzo[a]pyrena, benzo[e]pyrena dan perilena dengan  $m/z = 252$ .



(S5)

(S6)

**Gambar 4.** Kromatogram sampel area pelabuhan

Lokasi sampling ini berada di lokasi Pelabuhan Panjang yang dikenal juga dengan Pelabuhan Samudera dan merupakan pintu gerbang Sumatera, karena melayani aktivitas



perdagangan dan bongkar muat antar pulau dimana masuknya barang-barang dari pulau Jawa ke pulau Sumatera atau pun sebaliknya. Selain sebagai pelabuhan yang melayani bongkar muat barang domestik, pelabuhan Panjang merupakan pelabuhan internasional yang melayani ekspor dan impor. Fasilitas dan peralatan di pelabuhan Panjang tersedia untuk melayani berbagai aktifitas kepelabuhan tersebut yang meliputi 5 dermaga tempat penambatan kapal, gudang, lapangan dan terminal peti kemas, terminal curah, dan bongkar muat, kolam pelabuhan, lahan untuk industri, bangunan perkantoran umum, dan alat bongkar muat barang seperti *Gantry Crane*, *Transtainer*, *Side Loader* dan lain-lain dengan kapasitas 30 -35 ton. Tidak jauh dari pelabuhan Panjang terdapat juga Pelabuhan PT Bukit Asam yang menjadi pelabuhan untuk lalu lintas distribusi batu bara dari Sumatera Selatan ke Jawa. Selain itu pelabuhan ini dekat dengan wilayah perindustrian, seperti industri kayu lapis, batu bara, semen, pertamina dan industri-industri lain yang berpotensi menimbulkan pencemaran disekitar perairan pelabuhan Panjang.

Berdasarkan kromatogram hasil analisis maka jenis PAH yang terdeteksi di enam lokasi sampling di perairan Teluk Lampung secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 2. Jenis senyawa PAH yang ada di kawasan perikanan dan pemukiman merupakan senyawa PAH dengan berat molekul rendah (PAH dengan dua-tiga cincin benzena) seperti phenantrena, antrasena, fluorantena dan juga PAH dengan berat molekul besar (PAH dengan >tiga cincin benzene) seperti pyrena, benzo(a)anthrasene dan chrysene. Sedangkan PAH yang ada di kawasan pelabuhan, selain didominasi oleh PAH berat molekul rendah, juga mempunyai banyak PAH dengan berat molekul tinggi yang lebih beragam. PAH dengan bobot molekul lebih rendah lebih mudah didegradasi secara biologis dan lebih mudah larut dibandingkan PAH berat molekul besar.

Molekul PAH dengan bobot molekul besar (PAH > tiga cincin benzena) biasanya berasal dari pembakaran tidak sempurna (pirogenik) sedangkan PAH dengan bobot molekul kecil (PAH dengan dua-tiga cincin benzena) sangat dominan dalam produk petroleum (petrogenik) (Apeti, 2010). Berdasarkan hal ini secara kualitatif maka sumber PAH di perairan Teluk Lampung berasal dari dua sumber, baik sumber petrogenik mau pun pirogenik.



**Tabel 2.** Profil senyawa PAH yang terdeteksi di Teluk Lampung

PAH	Kawasan		
	Perikanan	Pemukiman	Pelabuhan
Phenantrena	✓	✓	✓
Antrasena	✓	✓	✓
Fluorantena	✓	✓	✓
Fluorena	✓	✓	✓
Benzo(a)anthrasene	✓	✓	✓
Chrysen	✓	✓	✓
Benzo[a]pyrena	-	-	✓
Benzo[a]pyrena	-	-	✓
Perilena	-	-	✓

Sumber PAH pirogenik yang berasal dari pembakaran tidak sempurna bahan organik dan pembakaran minyak ini seperti fluorantena, pyrena, benzo(a)antrasena, dan chrysen adalah berasal dari pembakaran bahan bakar mesin-mesin motor kapal nelayan, industri, kendaraan, dan pembakaran sampah. Sedangkan untuk sumber petrogenik (minyak) seperti phenantrena dan antrasena (PAH dengan dua-tiga cincin benzena) berasal dari tumpahan minyak kapal-kapal yang melewati jalur perairan disekitar pemukiman, kebocoran oli atau bahan bakar kapal, pembuangan oli bekas dan kemungkinan juga berasal dari limbah yang berada di kawasan daerah perindustrian Panjang seperti Pelabuhan Panjang dan industri lainnya.

## KESIMPULAN

Senyawa PAH seperti phenantrena, antrasena, fluorantena, pyrena, benzo[a]antrasena, chrysen, benzo[a]pyrena, benzo[e]pyrena dan perilena telah terdeteksi di Perairan Teluk Lampung. Adanya berbagai jenis senyawa PAH dari berat molekul rendah sampai tinggi menunjukkan kemungkinan sumber PAH yang pirogenik mau pun petrogenik.

## DAFTAR PUSTAKA

- ANTARA News. 2008. *Hutan Mangrove Perairan Bandar Lampung*. Diakses pada tanggal 10 Oktober 2016. [www.antaranews.com](http://www.antaranews.com).
- Apeti, D.A., G.G. Lauenstein, J.D. Christensen, K. Kimbrough, W.E. Johnson, M. Kennedy dan K.G. Grant. 2010. A historical assessment of coastal contamination in Birch Harbor, Maine based on the analysis of mussels collected in the 1940s dan the Mussel Watch Program. *Mar. Poll. Bull.* 60(5):732-42.
- Boonyatumanond, R., Wattayakorn, G., Togo, A., and Takada, H., 2006, Distribution and origins of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in riverine, estuarine, and marine sediments in Thailand, *Marine Pollution Bulletin*, Vol 52, 942-956.
- Cardellicchio, N., Buccolieri, A., Giandomenico, S., Lopez, L., Pizzulli, F., Spada, L., 2007. Organic pollutants (PAHs, PCBs) in sediments from the Mar Piccolo in Taranto (Ionian Sea, Southern Italy). *Marine Pollution Bulletin* 55, 451-458.
- Keshavarzifard, M., and Zakaria, M.P., 2015, Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) contamination of surface sediments from Port Dickson, Malaysia: Distribution, sources and ecological risk assessment, *Environmental Forensics*, Vol 16, 322-332.
- Kim, K., Jahan, S.A., Kabir E., Brown R.J.C., 2013, A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects, *Environ Int*, Vol 60, 71-80.
- Li, P., Xue, R., Wang, Y., Zhang, R., & Zhang, G., 2015, Influence of anthropogenic activities on PAHs in sediments in a significant gulf of low-latitude developing regions, The Beibu Gulf, South China Sea: distribution, sources, inventory and probability risk. *Marine Pollution Bulletin*, Vol 90, 218-226.
- Rinawati, Koike, T., Koike, H., Ito, M., Sakura, S., Togo, A., Saha, M., Arifin, Z., Takada, H. 2012. Distribution, source identification, and historical trends of organic micropollutants in coastal sediment in Jakarta Bay, Indonesia. *Journal of Hazardous Materials*. Vol 217-218
- Saha, M., Togo, A., Mizukawa, K., Murakami, M., Takada, H., Zakaria, M.P., Chiem, N.H., Tuyen, B.C., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Sarkar, S.K., Bhattacharya, B., Mishra, P., and Tana, T.S., 2009, Sources of sedimentary PAHs in tropical Asian waters: Differentiation between pyrogenic and petrogenic sources by alkyl homolog abundance, *Marine Pollution Bulletin*, Vol 58, 189-200.

- Sarigiannis, D.A., Karakitsios, S. P., Zikopoulos, D., Nikolaki, S., Kermenidou, M., 2015, Lung cancer risk from PAHs emitted from biomass combustion, [Environmental Research](#), [Vol 137](#), 147-156.
- Wiryan, B., Marsden, B., Susanto, H.A., Mahi, A.K., Ahmad, M., dan Poespitasari, H. (Editor). 1999. *Atlas Sumberdaya Wilayah Pesisir Lampung*. Kerjasama PEMDA Propinsi Lampung dengan Proyek Pesisir (Coastal Resources Center, University of Rhode Island dan Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor). Bandar Lampung. Indonesia.
- Zhang, Y., Dong, S., Wang, H., Tao, S., Kiyama, R., 2016, Biological impact of environmental polycyclic aromatic hydrocarbons (ePAHs) as endocrine disruptors, [Environmental Pollution](#), [Vol 213](#), 809-824.
- Wade, T.L., Sweet, S.T., Klein, A.G., 2008. Assessment of sediment contamination in Casco Bay, Maine, USA. *Environmental Pollution* 152, 505-521.