

PENGUNAAN ADSORBEN TERTENTU UNTUK PENYERAPAN POLYAROMATIC HYDROCARBON DALAM AIR LAUT DAN GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR

Lilik Zulaihah^{1*}, Amir Marasabessy², Rifa Arifati³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
Jakarta

Jl. RS Fatmawati–Pondok Labu Jakarta Selatan 12450, Indonesia, Telp.085920681081

*Email:lilikzulaihah@yahoo.com

INTISARI

PAH masuk ke dalam air melalui berbagai sumber yang dengan cepat diabsorpsi oleh partikel organik dan anorganik. PAH yang terakumulasi oleh biota perairan konsentrasi lebih tinggi dari kandungan lingkungan. Hingga saat ini pihak galangan kapal di daerah Tanjung Priok dan sekitarnya belum melakukan netralisir tumpahan minyak secara maksimal yang bercampur dengan air dalam kegiatan docking repair (tank cleaning) di graving dock dan floating repair disekitar pelabuhan bongkar muat kapal yang mana campuran air dan minyak akan mengalir ke laut dan dalam jangka waktu tertentu dapat menimbulkan pencemaran air laut. Polyaromatic hydrocarbon (PAH) pada emisi gas buang kendaraan bermotor yang berbahan bakar diesel berasal dari hasil pembakaran tidak sempurna. Hasil penelitian menunjukkan beberapa tempat di area pelabuhan Tanjung Priok menunjukkan adanya 16 jenis PAH dengan konsentrasinya bervariasi, baik untuk PAH dengan berat molekul ringan maupun berat. Dengan menggunakan adsorben zeolit yang dimasukkan dalam air laut dengan variabel 0, 2, 4, 6 dan 8 jam, melalui pemeriksaan GC-MS maka adsorben tersebut dapat menyerap 5 jenis PAH, yaitu Naphthalene, Anthracene, Fluorene, Pyrene dan Chrysene, dengan total konsentrasi pada waktu 8 jam sebesar 1,133 ppb. Hasil penelitian penyerapan adsorben Amberlite XAD-7 yang dipasang pada knalpot kendaraan bermotor jenis Taft, dengan variabel kecepatan gas buang pada 30, 45 dan 60 liter per menit dan waktu pengambilan sampel selama 50 menit, telah diperoleh menunjukkan adanya 10 jenis PAH yang dapat terserap yaitu, Naphthalene, Acenaphthylene, Acenaphthalene, Fluorene, Anthracene, Phenanthrene, Pyrene, Fluorantene, Chrysene dan Benzo(A)Pyrene. Diperolehnya jenis adsorben yang mampu melakukan penyerapan PAH terbaik, sebagai satu gambaran tentang arah dan tujuan pengendalian pencemaran PAH baik pada air laut, terutama air laut yang merupakan potensi sumber terbentuknya polutan, yaitu pada air laut disekitar graving dock dan diterminal bongkar muat kapal juga pada gas buang kendaraan bermotor langsung dibuang ke udara, sehingga mengakibatkan terbentuknya polutan berbentuk partikulat yang stabil yaitu tidak mudah larut. Dengan didapat nya kemampuan kedua adsorben tersebut dalam mengadsorpsi PAH baik dalam air laut maupun emisi gas buang kendaraan bermotor, maka akan dapat dirancang alat pengendali air laut dan polusi udara.

Kata Kunci: Adsorben XAD-7 dan Zeolite, Poly Aromatic Hydrocarbon

1. 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 lainnya. 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.

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 ataurang. 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 produk pembakaran yang tidak sempurna pada temperature 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 genetic pada sel paru yang identic dengan kerusakan pada DNA, seperti tumor paru yang ganas.

Eksperimen penyerapan PAH dengan menggunakan *adsorben* yang terbaik dan menentukan kebijakan optimum proses menetralsir limbah dilakukan dengan pendekatan klasik optimisasi yang menghasilkan biaya proses minimum (Udisubakti, 2012). Teknik ini dilakukan setelah mengetahui jenis adsorben yang terbaik dan hanya dapat mencapai biaya proses optimum, namun pada saat yang sama tidak dapat memasukkan manajemen lingkungan sebagai salah satu tujuan yang juga harus dicapai. *Multiple objective goal programming*, yang merupakan prosedur untuk menyelesaikan masalah multi tujuan dapat menjadi alternatif agar tidak hanya tujuan secara ekonomis yang dihitung namun juga kepentingan lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Gas buang yang digunakan dalam penelitian ini diambil langsung dari knalpot kendaraan motor diesel jenis Taft GT, melalui pemasangan alat yang terbuat dari kaca untk menempatkan adsorben jenis Amberlite XAD-7 dan diberi filter untuk sirkulasi gas. Adsorben sebanyak 15 gram dilakukan pencucian dengan menggunakan aquades dan ethanol masing-masing sebanyak 5 kali, 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 divariasi dengan alat flow meter yaitu pada 30 liter per menit, 45 liter per menit dan 60 liter per menit. Sampel disimpan pada suhu -10°C.

Aktivasi bahan adsorben

Bahan baku yang digunakan adalah Zeolit alam yang berasal dari Jawa Barat. Masing-masing bahan baku adsorben 150 gr dengan ukuran 100 mesh direndam dalam 400 ml HCl dengan konsentrasi 1,6 M sambil diaduk. Aktivasi dilakukan selama 24 jam kemudian disaring dan dicuci menggunakan aquadest sampai PH netral, sehingga sifat asam hilang. Padatan yang didapatkan dikeringkan pada suhu 105°C selama 2. Hasil dalam penelitian ini diperoleh zeolit alam teraktivasi yang memiliki warna lebih putih dibandingkan dengan zeolit alam yan belum diaktivasi. Sampel hasil penyerapan oleh adsorben Zeolit, dari 3 lokasi dengan variabel waktu 2, 4, 6 dan 8 jam dilakukan pemeriksaan baik jenis maupun konsentrasi kandungan PAH yang terserap di Lembaga Oceanografi LIPI dengan menggunakan GC-MS. Setiap selesai pengambilan sampel, yaitu perlakuan penyerapan PAH oleh adsorben Zeolite langsung dikirim ke laboratorium untuk dilakukan penyimpanan pada suhu 0°C . Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya reaksi senyawa PAH dengan udara luar, mengingat senyawa tersebut adalah zat organik. Waktu pemeriksaan sampel selama 30 hari kerja.

Air laut diambil dengan menggunakan *water sampler* sebanyak 2,5 liter, dimasukkan ke dalam botol berwarna, kemudian disimpan dalam *Icebox*. Setelah sampai di laboratorium setempat contoh air laut dilakukan preparasi contoh. Air laut disaring dengan kertas saring GFC(*GlassFibertypeC*) 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 n.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

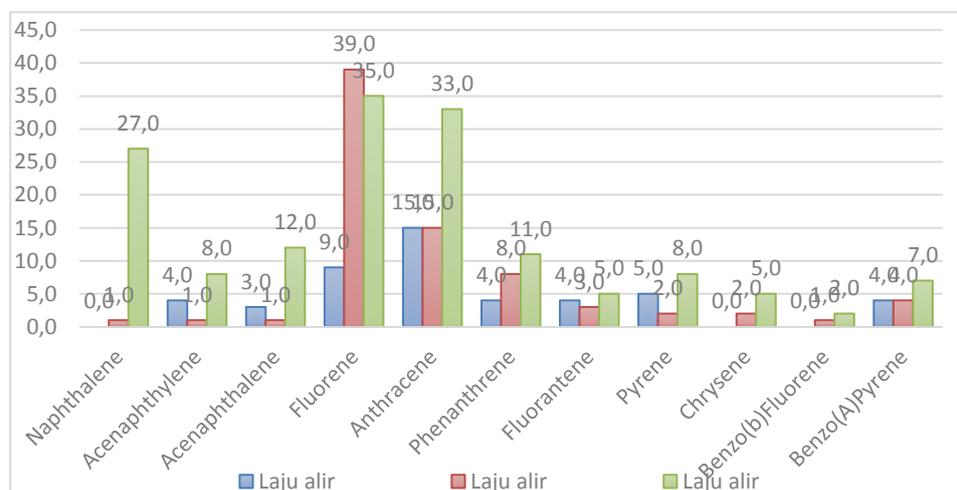
pengukuran dinyatakan dalam PCB dan µg/L (ppb) untuk PAH.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Adsorben Amberlite XAD-7 pada Gas Buang kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Diesel

Tabel 3.1 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 30 lt/menit	Laju alir 45 lt/menit	Laju alir 60 lt/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
Total LMW	35,0	64,0	99,0
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 HMW	13,0	12,0	27,0
	48,0	76,0	126,0



Grafik 3.1 Kandungan PAH pada emisi gas buang kendaraan bermotor pada laju alir gas 30, 45 dan 60 liter per menit selama 50 menit

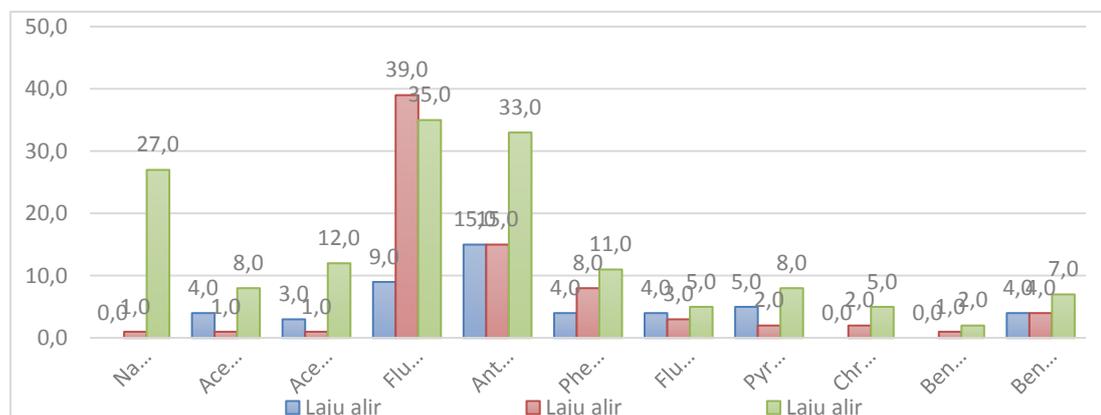
PAH dikelompokkan menjadi dua, yaitu PAH dengan bobot molekul rendah yang berupa senyawa dengan cincin aromatik 3 dan PAH dengan bobot molekul tinggi yang berupa senyawa dengan cincin aromatik > 3. Hasil penelitian menunjukkan total PAH yang dapat terserap oleh adsorben amberlite XAD-7 cukup tinggi yaitu pada LMW sebesar 35,0 ppm untuk laju alir 30 liter

per menit, 64,0 ppm 45 liter per menit dan 99,0 ppm pada 60 liter per menit. Sedangkan PAH yang memiliki cincin aromatik >3 konsentrasi PAH yang dapat terserap lebih kecil yaitu berturut-turut 13 ppm, 12 ppm dan 27 ppm. Ini menunjukkan bahwa kadar PAH yang dikeluarkan oleh emisi gas buang sudah membahayakan manusia mengingat ambang batas yang diizinkan sesuai PP No 41 tahun 1999 menyebutkan ambang batas PAH(dalam debu) yang diizinkan dalam lingkungan adalah setara dengan 0,23 mg/m³.

3.2 Kandungan PAH yang terdapat pada air laut di area Graving Doct dan Terminal Bongkar Muat Kapal Serta Sedimen di lantai Graving Doct

Tabel 3.2 Kandungan PAH pada air laut di luar graving doct dan diterminal bongkar muat kapal serta pada sedimen pada lantai graving doct

JENIS PAH	Luar graving doct	Terminal bongkar muat	Sedimen graving doct
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 3.2 Kandungan PAH pada air laut dan sedimen yang terkontaminasi tumpahan minyak di sekitar graving doct, terminal bongkar muat dan sedimen di lantai graving doct

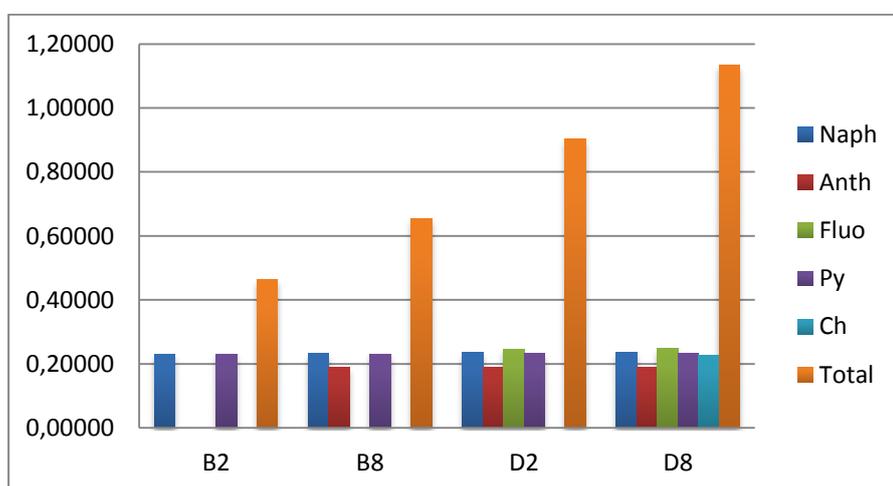
Hasil penelitian menunjukkan tingginya kadar PAH yang terdapat pada air laut baik disekitar *graving dock* maupun diterminal bongkar muat kapal begitu juga yang terdapat pada sedimen yang berasal dari lantai *graving dock* yaitu total kandungan PAH sebesar 69,709 ppm, 220,332 ppm dan 61,555 ppb. Untuk 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) rata2

$(0,584/2,515=0,2322) < 10$ menunjukkan bahwa PAH tersebut berasal dari sumber antropogenik (kegiatan industri, transportasi dan aktivitas rumah tangga). Pada kadar 10 ppm kandungan senyawa poli aromatik 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.

3.3 Pengaruh adsorben Zeolite yang diaktivasi dan tidak diaktivasi terhadap kadar PAH

Tabel 3.3 Kandungan PAH yang tersepat adsorben Zeolit yang diaktivasi dan tidak diaktivasi

PAH	B2	B8	D2	D8
Naphthalene	0,23130	0,23390	0,23680	0,23610
Anthracene	0,00000	0,18920	0,18930	0,18980
Fluorene	0,00000	0,00000	0,24710	0,24800
Pyrene	0,23140	0,23150	0,23200	0,23200
Chrysene	0,00000	0,00000	0,00000	0,22760
Total	0,46300	0,65460	0,90480	1,13300



Grafik 3.3 Kandungan PAH yang tersepat adsorben Zeolit yang diaktivasi dan tidak diaktivasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben zeolite yang tidak diaktivasi pada variabel waktu 2 jam dapat menyerap kandungan PAH dengan jenis Naphthalene dan pyrene dengan total PAH terserap sebesar 0,463 sedangkan variabel waktu 8 jam jenis PAH yang terserap Naphthalene, Anthracene dan Pyrene dengan total 0,6546 ppm. Adsorben zeolit yang diaktivasi pada waktu 2 jam ada 4 jenis adsorben yang terserap yaitu Naphthalen, Anthracene, Fluoranthene dan Pyrene dengan total 0,9148 dan pada 8 jam menjadi 5 jenis adsorben yang terserap yaitu Naphthalen, Anthracene, Fluoranthene Pyrene chrysene dengan total 1,133 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa adsorben zeolit sudah dapat melakukan penyerapan PAH dengan waktu penyerapan 2 jam dan semakin banyak jenis dan konsentrasi PAH yang terserap untuk adsorben zeolit yang diaktivasi dan waktu penyerapan selama 8 jam.

4. KESIMPULAN

4.1. Hasil penelitian menunjukkan adsorben amberlite XAD-7 mampu melakukan penyerapan PAH yang dikeluarkan oleh gas buang kendaraan bermotor, dengan memasang alat aerosol yang berisi adsorben pada knalpot mobil jenis Taff, yaitu 11 jenis PAH yang dapat terserap dengan total

konsentrasi 48 ppm, 76 ppm dan 126 ppm pada laju alir gas 30, 45 dan 60 liter per meni dan waktu penyerapan 50 menit.

- 4.2. Adsorben Zeolit teraktivasi mampu melakukan penyerapan PAH yang terdapat pada air laut di lingkungan Pelabuhan Tanjung Priok dengan cara merendan zeolit selama 2 sampai dengan 8 jam dan sebanyak 5 jenis PAH yang dapat terserap yaitu Naphthalene, Anthracene, Fluorene, Pyrene dan Chrysene dengan total konsentrasi 1,133 ppm selama 8 jam.
- 4.3. Hasil perhitungan annova dengan 3 variabel menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara perlakuan diaktivasi/ tidak diaktivasinya HCl dengan daya serap adsorben Zeolit dengan ditunjukkan bahwa F hitung 179,5922 lebih besar dari pada F tabel 161. Begitu juga dengan variabel waktu, terdapat hubungan yang signifikan antara lama perendaman dengan daya serap adsorben Zeolit dengan ditunjukkan bahwa F hitung 162,3714 lebih besar dari F tabel 161.

DAFTAR PUSTAKA

- , 2014, *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut.*
- Björklund, K., Loretta L., 2014, Adsorption of Organic Pollutants in Stormwater Evaluation of Four Potential Sorbents, *13 th International Conference on Urban Drainage*, Sarawak, Malaysia, 7–12 September 2014.
- Khozannah M., 2007, 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*
- Obi, C., Okoye, I.P., 2014, Kinetic Evaluation of Naphthalene Removal using Acid-Modified and Unmodified Bentonite Clay Mineral, *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* March 2014, Vol. 18(1) 143-149.
- Solikhah, S., Utami B., 2014, *Perbedaan penggunaan adsorben zeolit alam teraktivasi dan terimmobilisasi dithizon untuk penyerapan ion Logam tembaga (Cu²⁺).*