WARTA PPKS 2000, Vol. 8(1): 9-14

# *POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS (PAH)* : KAITANNYA DENGAN MINYAK SAWIT DAN KESEHATAN

J. Elisabeth, Tj. Herawan, D. Siahaan, dan P. Guritno

*ABSTRAK*

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) *merupakan kelompok senyawa yang terbentuk di alam sebagai hasil pembakaran senyawa organik yang kurang sempurna. Beberapa jenis komponen senyawa PAH diketahui bersifat karsinogenik yang dapat menyebabkan penyakit kanker pada manusia. Benzo[a]pyrene telah diidentifikasi sebagai senyawa yang paling tinggi sifat karsinogenitasnya. Pada kasus minyak sawit tercemar solar beberapa waktu lalu, kandungan senyawa PAH inilah yang dijadikan alasan utama penolakan minyak sawit Indonesia. Dengan tingkat kontaminasi solar 1,7% diperkirakan terdapat kandungan benzo[a]pyrene sebesar 3 ppb. Karena sifatnya yang terakumulasi dalam tubuh, maka beberapa negara telah mengatur batas maksimum benzo[a]pyrene pada makanan sebesar 1 ppb.*

Kata kunci : *polycyclic aromatic hydrocarbons*, PAH, benzo[a]pyrene, karsinogenik, kontaminasi

## PENDAHULUAN

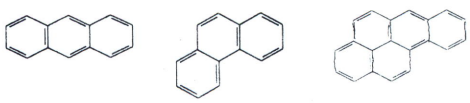
Kasus minyak sawit mentah (*crude palm oil,* CPO) Indonesia yang tercemar solar beberapa waktu lalu hendaknya jangan hanya difokuskan pada upaya mencari penyebab dan pengembalian kepercayaan negara pengimpor terhadap produk minyak sawit Indonesia saja. Kasus tersebut seharusnya juga meningkatkan kesadaran kita akan dampak negatif yang dapat ditimbulkan oleh cemaran-cemaran yang mungkin terdapat dalam minyak sawit terhadap kesehatan. Pada kasus pencemaran di atas, pihak asosiasi produsen *margarine, vats, and oils* (MVO) Belanda tidak menitikberatkan masalah pada cemaran solar yang terdapat dalam minyak sawit Indonesia, tetapi lebih pada komponen senyawa *polycyclic aromatic hydrocabons* (PAH) yang terdapat di dalamnya. Pada prinsipnya komponen hidrokarbon utama yang terdapat pada solar akan hilang teruapkan pada proses rafinasi (pemurnian) minyak sawit, yakni pada proses deodorisasi. Namun diperkirakan kandungan senyawa PAH yang terdapat pada solar akan tetap tertinggal pada minyak sawit, meskipun proses penghilangan solar telah dilakukan. Hasil analisis yang dilakukan oleh pihak Belanda menunjukkan bahwa dengan tingkat cemaran solar sebesar 1,7%, maka kandungan senyawa PAH jenis benzo[a] pyrene pada minyak sawit Indonesia sebesar 3 ppb *(part per billion)*. Kandungan senyawa PAH tersebut relatif sangat kecil, namun benzo[a]pyrene ditakuti karena merupakan salah satu senyawa karsinogenik yang dapat menimbulkan penyakit tumor dan kanker pada manusia. Hal inilah yang menyebabkan minyak sawit tercemar tersebut akhirnya harus dikembalikan ke Indonesia.

Pada makalah ini akan didiskusikan tentang senyawa PAH, karakteristik dan pembentukannya di alam, serta kaitannya dengan kesehatan manusia. Karena PAH juga terdapat pada bahan makanan, maka aspek keamanan pangannya juga akan dibahas untuk menjadi perhatian dalam kehidupan sehari-hari.

## PAH DAN SENYAWA KARSINOGENIK

PAH merupakan kelompok senyawa yang memiliki berat molekul besar, berbentuk datar, dan memiliki struktur dengan banyak cincin aromatik. Senyawa ini banyak terdapat di alam sebagai polutan hasil pembakaran bahan-bahan organik, baik dalam bentuk partikel padat ataupun gas. Hingga saat ini terdapat lebih dari 100 jenis PAH yang telah diidentifikasi, baik yang berbentuk jarum, piringan, kristal, lembaran atau prisma, serta dari tidak berwarna, berwarna kuning pucat, hingga kuning keemasan. Sifat kelarutan setiap jenis senyawa PAH juga bervariasi, namun sebagian besar senyawa PAH bersifat kurang larut dalam etanol dan larut atau sedikit larut dalam asam asetat, benzena, dan aseton. Beberapa senyawa PAH bersifat larut dalam minyak mineral dan minyak nabati, namun jenis PAH ini tidak larut dalam dietil eter, petroleum eter, dan air (5,10). Adapun struktur molekul beberapa senyawa PAH ditampilkan pada Gambar 1.

Banyak senyawa-senyawa aromatik, termasuk PAH, yang bersifat karsinogenik. Hal ini berdasarkan sifatnya yang hidrofobik (tidak 'suka' akan air), dan tidak memiliki gugus metil atau gugus reaktif lainnya untuk dapat diubah menjadi senyawa yang lebih polar. Akibatnya senyawa PAH sangat sulit diekskresi dari dalam tubuh dan biasanya terakumulasi pada jaringan hati, ginjal, maupun adiposa atau lemak tubuh. Dengan struktur molekul yang hampir menyerupai basa nukleat (adenosin, timin, guanin, dan sitosin), molekul PAH dapat dengan mudah menyisipkan diri pada untaian DNA. Akibatnya fungsi DNA akan terganggu dan apabila kerusakan ini tidak dapat diperbaiki dalam sel, maka akan menimbulkan penyakit kanker (16,17).



Anthracene Phenanthrene Benzo[a]pyrene

Gambar 1. Struktur molekul beberapa senyawa PAH

Diantara banyak jenis senyawa PAH, hanya 15 jenis yang diketahui bersifat karsinogenik (penyebab kanker). Salah satunya, benzo[a]pyrene, telah diidentifikasi sebagai senyawa PAH yang memiliki sifat karsinogenik tertinggi, karena dapat membentuk kompleks dengan DNA secara permanen dan menyebabkan mutasi pada gen (15,16). Pada Tabel 1 tertera jenis-jenis senyawa PAH yang bersifat karsinogenik dan masing-masing nilai faktor potensi relatifnya dalam menyebabkan penyakit kanker dengan benzo[a]pyrene yang digunakan sebagai acuan.

Tabel 1. Senyawa PAH yang bersifat karsinogenik dan faktor potensi relatif karsinogenitasnya

| Jenis senyawa | Klasifikasi sifat karsinogenitasnya | | Faktor potensi relatif |
|---|---|---|---|
| | USEPA [1)] | IARC [2)] | |
| Benz[a]anthracene | B2 | 2A | 0,1 |
| Benzo[b]fluoranthene | B2 | 2B | 0,1 |
| Benzo[j]fluoranthene | NA | 2B | NA |
| Benzo[k]fluoranthene | B2 | 2B | 0,01 |
| Benzo[a]pyrene | B2 | 2A | 1 |
| Dibenz[a,h]acridine | D | 3 | NA |
| Dibenz[a,j]acridine | D | 3 | NA |
| Dibenz[a,h]anthracene | B2 | NA | 1 |
| 7H-Dibenzo[c,g]carbazole | D | 3 | NA |
| Dibenzo[a,e]pyrene | D | 3 | NA |
| Dibenzo[a,h]pyrene | D | 3 | NA |
| Dibenzo[a,i]pyrene | D | 3 | NA |
| Dibenzo[a,l]pyrene | D | 3 | NA |
| Indeno[1,2,3-cd]pyrene | B2 | 2B | 0,1 |
| 5-Methylchrysene | B2 | 3 | NA |

Sumber : Anonim (3), Anonim (5), Locke (10)
Keterangan : [1)] US Environmental Protection Agency
[2)] International Agency for Research on Cancer
B2 dan 2A : Karsinogenik bagi manusia (terbukti secara *in vivo*)
2B : Dapat bersifat karsinogenik bagi manusia (*non genotoxic carcinogen* atau mekanismenya belum jelas)
D dan 3 : Belum diklasifikasikan
NA : Data tidak tersedia

Hingga saat ini, sifat karsinogenitas PAH baru terbukti secara ilmiah pada hewan-hewan percobaan. Namun studi epidemiologi menunjukkan bahwa resiko penyakit kanker paru-paru, lambung, dan kulit cukup tinggi pada masyarakat yang tinggal di daerah yang udaranya mengandung PAH tinggi. Secara *in vivo,* benzo[a]pyrene telah terbukti dapat menyebabkan tumor pada setiap model hewan percobaan, baik melalui jalur makanan, pernapasan, maupun kontak pada permukaan kulit. Inisiasi proses karsinogenik dari benzo[a]pyrene bahkan dapat terjadi pada bagian jaringan yang jauh dari titik asal paparannya (15). Pada tikus percobaan, konsumsi benzo[a]pyrene dengan dosis 120 ppm/kg berat badan (BB)/hari dapat menyebabkan kematian dengan lama konsumsi kurang dari 14 hari. Lebih lanjut, konsumsi benzo[a]pyrene sebesar 10 ppm/kg BB/hari akan menyebabkan gangguan sistim reproduksi pada induk hewan dan gangguan pertumbuhan pada anak yang dilahirkan (2,17). Karena itulah benzo[a]pyrene dikategorikan sebagai senyawa *genotoxic carcinogen,* dan digunakan sebagai senyawa acuan dalam menentukan faktor potensi relatif senyawa-senyawa PAH lainnya sebagai penyebab kanker.

Di dalam tubuh, benzo[a]pyrene juga dapat berinteraksi dengan hemoglobin (Hb), yang merupakan protein pengangkut Oksigen pada sel darah merah. Karena itu keberadaan benzo[a]pyrene dalam tubuh dapat dideteksi melalui darah atau urin. Namun hasil deteksi ini tidak dapat menggambarkan atau memprediksi sampai seberapa jauh tingkat konsumsi atau kontaminasi benzo[a]pyrene pada seorang individu (2).

## KONTAMINASI DAN TINGKAT KEAMANAN PAH

Di alam PAH terbentuk sebagai hasil pembakaran senyawa organik yang kurang sempurna; baik dari bahan bakar, sampah, bahan-bahan organik dari hewan maupun tumbuhan. Dengan demikian senyawa PAH banyak terdapat pada asap kendaraan bermotor, asap pabrik, asap rokok, asap pembakaran arang, asap hasil kebakaran hutan, asap minyak goreng, aspal petroleum, beberapa pelarut komersial, *creosote* (bahan pengawet kayu), dan juga hasil pirolisis karbohidrat, asam amino, serta asam lemak. PAH yang terdapat pada makanan terjadi akibat adanya proses pengolahan (teknologi) yang menggunakan suhu tinggi seperti pemanggangan dan penggorengan, maupun akibat kontaminasi atau polusi dari udara. Di udara molekul-molekul PAH akan bergabung dengan partikel debu dan masuk ke dalam air, tanah maupun tanaman untuk kemudian berinteraksi dengan manusia (2,4).

Pembentukan senyawa PAH karsinogenik yang tertinggi adalah pada industri, terutama industri minyak bumi dan gas, serta baja (5). Polutan PAH yang terkandung dalam udara ini tidak hanya membahayakan kesehatan manusia, tetapi juga dapat mencemari tumbuhan yang terdapat di sekitarnya. WHO (4) melaporkan tentang adanya kontaminasi benzo[a]pyrene pada beberapa produk tanaman yang tumbuh di daerah industri yang udaranya mengandung PAH tinggi, seperti yang tertera pada Tabel 2.

*Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (2) juga 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

Tabel 2. Konsentrasi benzo[a]pyrene (ppm) pada beberapa produk pangan yang tumbuh pada area yang berudara bersih dan terpolusi

| Jenis produk | Area berudara bersih | Area terpolusi |
|---|---|---|
| Wortel | 0,37 | 3,5 - 8,5 |
| Selada | 0,42 | 3,4 - 3,8 |
| Serealia | 0,20 | 2.1 – 4,5 |

Sumber : Anonim (4)

makanan juga sangat tergantung dari metode pemasakan yang digunakan. Telah terbukti bahwa kandungan senyawa PAH karsinogenik pada makanan yang dipanggang cukup tinggi, terutama pada produk hasil pemanggangan dengan kayu atau arang. Pada daging panggang *(barbecued pork and beef)* 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 (7,9).

Lebih lanjut, penelitian Toledo (14) menunjukkan bahwa minyak nabati dan produk-produk lemak di Brasilia juga mengandung senyawa PAH. Pada *vegetable cream* yang terdiri dari 60-62% minyak terkandung PAH sebesar 4,1 – 7,1 ppb, margarin yang terdiri dari 80-83% minyak sebesar 1,7 – 3,9 ppb, dan mayones yang terdiri dari 70-80% minyak sebesar 1,0 – 21,7 ppb. Hasil penelitian tersebut juga menyatakan bahwa secara umum produk-produk lemak yang menggunakan minyak jagung menunjukkan tingkat kontaminasi yang paling tinggi. Meskipun kandungan senyawa PAH pada minyak nabati ataupun produk lemak ini mungkin relatif rendah, namun dapat bersifat sebagai sumber PAH yang penting. Hal ini disebabkan oleh tingginya tingkat konsumsi minyak ataupun produk lemak tersebut dalam diet, dan sifat senyawa PAH yang cenderung terakumulasi dalam tubuh manusia.

Karena kontaminasi dapat terjadi melalui kulit, PAH bahkan dihindari juga pada produk-produk kosmetika. Bahan-bahan baku yang berasal dari minyak kelapa kurang disenangi/digunakan pada pembuatan kosmetika, karena kandungan senyawa PAH yang relatif tinggi. Kontamin PAH diperoleh dari gas hasil pembakaran kayu atau arang yang digunakan pada proses pengeringan kopra (12).

Hingga saat ini belum ada informasi ilmiah tentang batasan tingkat kontaminasi senyawa PAH atau benzo[a]pyrene yang membahayakan manusia. Namun anjuran batasan kandungan senyawa PAH pada lingkungan telah dilakukan oleh *NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health)* dan OSHA *(Occupational Safety and Health Administration)* (5, 6). NIOSH merekomendasikan jumlah PAH maksimum 0,1 mg/m$^3$ udara untuk daerah tempat kerja dengan waktu kerja 10 jam/hari dan 40 jam/minggu, sedangkan OSHA membatasi jumlah PAH maksimum sebesar 0,2 mg/m$^3$ udara. 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 (2,9).

## KANDUNGAN PAH PADA MINYAK SAWIT TERCEMAR SOLAR

Minyak solar merupakan turunan minyak bumi (petroleum) hasil destilasi atmosfer, yang mengandung banyak jenis senyawa hidrokarbon yakni senyawa alkana normal, bercabang dan siklik; senyawa aromatik; dan juga sejumlah kecil senyawa alkena (5). Solar memiliki kisaran titik didih 260 - 315°C pada tekanan atmosfer (11, 13). Kisaran suhu ini relatif jauh berada di bawah titik didih asam stearat (C18:0), yakni fraksi asam lemak dominan yang terdapat pada destilat asam lemak hasil deodorisasi minyak sawit (*palm fatty acid destilate; PFAD)*. Asam stearat memiliki titik didih 213°C pada tekanan 5 mm Hg (8). Dengan demikian, suhu operasional deodorisasi minyak sawit yang umum digunakan di pabrik rafinasi (240 - 270°C) sudah pasti dapat juga memisahkan komponen solar dari minyak sawit.

Meskipun kontaminan solar dapat dihilangkan dari minyak sawit, namun tidak demikian halnya dengan kandungan senyawa PAH. Benzo[a]pyrene memiliki titik leleh sekitar 176-180°C dan titik didih 495 °C (1). Oleh sebab itu, proses deodorisasi dengan suhu 240-270 °C, bahkan hingga 300°C, dan tekanan 3 bar tidak akan mampu menghilangkan benzo[a]pyrene yang ada. Peningkatan suhu dan waktu retensi juga tidak dianjurkan, karena komponen minyak sawit dapat terdegradasi, teroksidasi, dan terpolimerisasi, yang bahkan akan menciptakan bentuk-bentuk senyawa PAH dan senyawa toksik yang baru (9).

## KESIMPULAN

Sifat senyawa PAH yang hidrofobik mengakibatkan sangat sulit diekskresi dan biasanya terakumulasi di dalam tubuh. Dengan struktur molekul yang hampir menyerupai basa nukleat, molekul PAH dapat dengan mudah menyisipkan diri pada untaian DNA, menyebabkan terjadinya mutasi gen dan menimbulkan penyakit kanker.

Benzo[a]pyrene telah diidentifikasi sebagai senyawa PAH dengan sifat karsinogenik yang tertinggi. Pencemarannya pada manusia dapat terjadi melalui udara (pernapasan), makanan, dan kulit. Resiko di atas menyebabkan minyak sawit Indonesia yang tercemar solar akhirnya ditolak konsumen. Meskipun sebenarnya komponen hidrokarbon utama yang terdapat pada solar dapat hilang pada proses deodorisasi, namun kandungan PAH pada solar sangat sulit dihilangkan karena sifat titik didihnya yang tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA


1. ALDRICH, 1999. Catalog Handbook of Fine Chemicals. Aldrich International, USA.
2. ANONIM. 1990. Benzo[a]pyrene. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), US Dept. of Health and Human Services. http://www.atsdr.cdr.gov/ToxProfiles/phs8805.html
3. ANONIM. 1996. Carcinogenicity of Diesel Exhaust. Committee on Carcinogenicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment, UK. http : //www.official-publications.co.uk/document/doh/ toxicity/chap-3b.htm
4. ANONIM. 1997. Food Safety. National Environmental Health Action Plans. WHO Regional Office for Europe. http://www.who.dk/nehap/hun/hun430.htm
5. ANONIM. 1998. Polycyclic aromatic hydrocarbons, 15 listings in The 8th Report on Carcinogens. US Dept. of Health and Human Services, Public Health Service. http://ntp-server.niehs.nih.gov/htdocs/8_RoC/PAHs_15.html

6. EDSELL, R.D. 1986. Benzo[a]pyrene regulated with coal tar pitch volatiles. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), US Dept. of Labor. http://www.osha-slc.gov/Osh Doc/Interp_data/I19860407.html

7. GOMMA, E.A. 1993. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked food products and commercial liquid smoke flavourings. Food Addit. Contam., 10(5) : 503-521.

8. GUNSTONE, F.D., J.L. HARWOOD, and F.B. PADLEY. 1994. The Lipid Handbook, 2nd edition : Dictionary Section. Chapman & Hall, UK. p309.

9. KITTS, D. 1996. Toxicity and safety of fats and oils in Bailey's Industrial Oil and Fat Products, John Wiley & Sons Inc., New York. pp 215-280.

10. LOCKE, P. 1998. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). Office of Research and Standards, The Massachusets Dept. of Environmental Protection, USA.

11. SEADER, J.D. and Z.M. KURTYKA. 1984. Distillation in Perry's Chemical Engineers' Hand Book. R.H. Perry dan D. Green (*eds.*). Mc Graw Hill Book & Co., New York. p: 13-73.

12. SPIESS, E. 1994. Raw Materials dalam Cosmetics and Toiletries Industry. D.F. Williams (ed). Blackie Academic & Professional, London. pp 1-30.

13. SUTARTI, M., R.N. RAHAYU, dan RAHARTRI. 1998. Pemurnian Kembali Minyak pelumas Bekas. Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI, Jakarta.

14. TOLEDO, M.C.F. and M.S.F. CAMARGO. 1998. Polycyclic aromatic hydrocarbons in Brazilian margarine, vegetable cream, and mayonnaise. Kumpulan Abstrak Annual Meeting & Expo of International Food Technologists (IFT), 20-24 Juni 1998, Atlanta, Georgia, USA.

15. WARSHAWSKY, D. 1998. Polycyclic aromatic hydrocarbons in carcinogenesis. Meeting Report of Symposium on "Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Carcinogenesis", 28 Juni – 3 Juli, 1998, Lathi, Finlandia. http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/1999/107-4/warshawsky-full.html

16. WATHEN, S.P. 1998. Polycyclic aromatic hydrocarbons and cancer. http://main.chem.ohiou.edu/%7Echem301/wathen/pah.html

17. WHYATT, R.M., R.M. SANTELLA, W. JEDRYCHOWSKI, S.J. GARTE, D.A. BELL, R. OTTMAN, A. GLADEK-YARBOROUGH, G. COSMA, T.L.YOUNG, T.B. COOPER, M.C. RANDALL, D.K. MANCHESTER, and F.P. PERERA. 1998. Relationship between ambient air pollution and DNA damage in polish mothers and newborns. Environ. Health Perspect. 106 (Suppl 3) : 821-826.