



# Gangguan Kognitif akibat Polusi Udara Ancaman bagi Generasi Mendatang

**Irwan Supriyanto**

Bagian Ilmu Kedokteran Jiwa Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada/  
RSUP Dr. Sardjito, Yogyakarta, Indonesia

## ABSTRAK

Polusi udara merupakan masalah lingkungan yang sangat mungkin mempunyai dampak biologis. Paparan polusi udara dilaporkan mengganggu perkembangan dan plastisitas sistem saraf pusat, terutama pada anak-anak. Polutan dapat merusak sistem saraf pusat melalui berbagai jalur inflamasi dan stres oksidatif, yang mengaktifkan mikroglia, sekresi berbagai faktor proinflamasi, mengakibatkan gangguan neurodegeneratif. Paparan polutan kronik juga bisa merusak sawar darah otak dan mengganggu homeostasis otak, selain dilaporkan mengganggu berbagai fungsi sistem saraf pusat dan menimbulkan gejala gangguan mental, terutama pada anak-anak yang sistem saraf pusatnya masih dalam masa perkembangan.

**Kata kunci:** Gangguan kognitif, polusi udara, sawar darah otak

## ABSTRACT

Air pollution is an environmental problem with a possible biological consequence. It has been reported to disrupt central nervous system development and plasticity, particularly in children. Pollutant can damage central nervous system through inflammation and oxidative stress, which would activate microglia and induce the secretion of pro-inflammatory factors, resulting in neurodegenerative disorders. Chronic pollutant exposure might also disrupt the blood brain barrier and impair brain homeostasis; was also reported to disrupt numerous central nervous system functions and cause mental symptoms, especially in children with developing brain. **Irwan Supriyanto. Cognitive Disorders Caused by Air Pollution – Threat to Future Generation.**

**Key words:** Cognitive disorders, air pollution, blood brain barrier

## PENDAHULUAN

Polusi udara merupakan masalah klasik yang sampai saat ini masih menjadi pekerjaan rumah pemerintah. Di kota-kota besar di Indonesia, tingkat polusi udara sudah berada di atas ambang batas aman. Hal ini diperparah oleh banyaknya kendaraan bermotor yang seharusnya tidak laik jalan karena emisinya sangat tinggi.

Di berbagai belahan bumi, jutaan orang terpapar berbagai jenis polutan di udara secara kronis dan menimbulkan berbagai gangguan kesehatan. Meskipun tidak secara langsung, paparan polusi udara juga ikut memberi sumbangan pada mortalitas dan merupakan faktor risiko memperburuk prognosis berbagai penyakit. Sebagian besar penelitian yang berhubungan dengan polusi udara hanya meneliti pengaruh polusi udara terhadap

sistem pernapasan dan kardiovaskular, sementara dampaknya terhadap sistem saraf seringkali terabaikan.

Paparan polusi udara dilaporkan mampu merusak sistem saraf pusat, terutama pada anak-anak. Hal ini karena otak anak-anak masih dalam masa perkembangan sehingga sel-sel sarafnya masih sensitif terhadap pengaruh lingkungan.<sup>1-4</sup> Polusi udara dilaporkan juga mengganggu perkembangan otak pada masa prenatal, jika ibu hamil terpajan polutan.<sup>5</sup> Walaupun otak dewasa sudah berhenti berkembang, tidak berarti plastisitasnya hilang, namun sensitivitasnya terhadap paparan lingkungan sudah berkurang. Meskipun demikian, paparan polutan dengan kadar tinggi dilaporkan juga dapat merusak sistem saraf pusat dewasa.<sup>6</sup>

## PENGARUH POLUSI UDARA TERHADAP SISTEM SARAF PUSAT

Meskipun sudah banyak laporan kerusakan sistem saraf pusat akibat polusi udara, mekanismenya masih jelas diketahui. Polusi udara merupakan salah satu penyebab neuroinflamasi kronis dan stres oksidatif yang dapat berakibat timbulnya neuropatologi dan berbagai gangguan sistem saraf pusat.<sup>2,3,7</sup> Laporan paling awal dampak polusi udara terhadap sistem saraf pusat adalah peningkatan *stroke* iskemik pada individu yang terpajan asap batu bara dalam ruangan.<sup>8</sup> Paparan terhadap berbagai jenis polutan di udara telah dilaporkan berhubungan erat dengan peningkatan risiko kejadian serebrovaskuler iskemik.<sup>2,7,9-11</sup>

Partikel-partikel dalam udara tercemar mampu mengaktifkan berbagai jaras,



menimbulkan inflamasi dan stres oksidatif akibat aktivasi *reactive oxygen species*. Sel otak yang paling sensitif terhadap pengaruh polusi udara adalah mikroglia dan endotel kapiler otak.<sup>7,12,13</sup> Aktivasi mikroglia sebenarnya merupakan respons fisiologis untuk melawan paparan benda asing yang masuk ke otak, meskipun demikian dapat mengakibatkan sekresi kronis berbagai faktor proinflamasi dan stres oksidatif, yang berujung pada penyakit neurodegeneratif. Kerusakan neuron akibat proses ini akan memicu aktivasi mikroglia lebih jauh, membentuk suatu siklus kronis.

Selain memicu aktivasi mikroglia, polusi udara juga dapat memicu respons imun perifer.<sup>3</sup> Reaksi inflamasi di perifer juga dapat mencapai sistem saraf pusat. Sitokin yang disekresikan akibat aktivasi sistem imun perifer dapat menembus sawar darah otak, mengaktifkan endotel di sawar darah otak yang mengakibatkan diproduksi berbagai mediator inflamasi yang dapat secara langsung maupun tidak langsung menimbulkan inflamasi di otak. Reaksi inflamasi di perifer telah dilaporkan mampu mengubah struktur hipokampus dan menimbulkan defisit kognitif.<sup>12</sup> Polusi udara juga dilaporkan menimbulkan lesi substansia alba otak pada pemeriksaan MRI dan kerusakan vaskularisasi otak, terutama di area prefrontal otak. Dua hal ini dapat saling berinteraksi mengakibatkan gangguan berbagai koneksi subkortikal dan berujung pada terjadinya gangguan kognitif.<sup>2</sup>

Portal masuknya polusi udara ke tubuh adalah melalui hidung. Reseptor olfaktorik di hidung berhubungan langsung dengan lingkungan dan juga dengan otak, sehingga merupakan rute potensial masuknya partikel-partikel polutan langsung ke otak.<sup>14,15</sup> Lapisan mukosa hidung berperan sebagai penghalang ikatan polutan dengan reseptor olfaktorik, namun paparan polutan kronis dilaporkan mampu merusak epitel dan lapisan mukosa pelindung hidung sehingga polutan dapat langsung masuk ke otak melalui reseptor olfaktorik dan mengaktifkan mikroglia.

Pajanan polusi udara kronik juga dapat secara langsung merusak sawar darah otak.<sup>2</sup> Kerusakan sawar darah otak, baik akibat polutan secara langsung maupun akibat neuroinflamasi, akan mengubah homeostasis otak, suatu proses patologi sentral penyakit neurodegeneratif, seperti demensia Alzheimer dan penyakit Parkinson.

#### **POLUSI UDARA DAN GANGGUAN SISTEM SARAF PUSAT**

Penelitian menunjukkan bahwa anak-anak yang terpajan polusi udara kronis mengalami disfungsi neural jaras pendengaran dan keseimbangan yang berhubungan dengan berbagai lesi neuropatologi dan gangguan metabolik, termasuk kerusakan neuronal dan aksonal, dan akumulasi protein abnormal dalam sistem saraf.<sup>3</sup>

Pajanan karbon monoksida konsentrasi rendah dilaporkan dapat mengganggu berbagai fungsi neurologis,<sup>16</sup> meliputi gangguan memori, koordinasi visual-motorik, fungsi visuospasial, orientasi temporospasial, atensi, dan konsentrasi. Penelitian pada binatang juga menunjukkan bahwa tikus yang terpajan polutan secara kronis mengalami gangguan proses belajar dan memori, serta menunjukkan perilaku depresif.<sup>12</sup>

Polusi udara jangka panjang dapat memengaruhi respons afektif dan mengganggu kognisi.<sup>1,2,12</sup> Populasi yang paling rentan mengalami gangguan kognitif akibat polusi udara adalah kelompok anak karena sistem saraf pusatnya masih dalam masa perkembangan, sementara dampaknya terhadap orang dewasa relatif minimal. Anak-anak yang terpajan polusi udara kronis dilaporkan mengalami gangguan atensi, memori jangka pendek, dan kemampuan belajar.<sup>1,3</sup>

Proses inflamasi di otak terlibat dalam patogenesis gangguan afektif dan kognitif.<sup>12</sup> Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan gangguan kognitif akibat polusi udara,<sup>2,3</sup> gejala-gejala penurunan kognitif akibat polusi udara sulit dideteksi dengan pemeriksaan neurologis standar.

#### **SIMPULAN**

Polusi udara adalah campuran berbagai agen toksik di udara yang dapat mengakibatkan kerusakan selular maupun molekular sistem saraf pusat. Efek polusi udara terhadap sistem saraf pusat bersifat kronik akumulatif dan mungkin membutuhkan waktu bertahun-tahun sebelum muncul efek yang teramati. Polusi udara bisa menimbulkan neuroinflamasi, stres oksidatif, kerusakan serebrovaskular, dan berbagai patologi neurodegeneratif. Efek polusi udara terhadap sistem saraf pusat bisa disebabkan oleh terpicunya sistem imun perifer yang kemudian mengakibatkan masuknya berbagai faktor proinflamasi ke sistem saraf pusat dan menimbulkan neuroinflamasi. Hal ini bisa juga disebabkan oleh aktivasi mikroglia di sistem saraf pusat. Karena pajanan polutan bersifat kronis, maka mikroglia pun akan mengalami aktivasi kronis, yang berujung pada neurodegenerasi akibat inflamasi kronis dan stres oksidatif.

Berbagai penelitian telah melaporkan bahwa dampak polusi udara terhadap sistem saraf pusat sangat kompleks. Hal ini menunjukkan bahwa patologi sistem saraf pusat akibat polusi udara sangat mungkin ditimbulkan oleh interaksi lebih dari satu mekanisme yang bekerja secara sinergistik. Dapat disimpulkan bahwa polusi udara merupakan toksin lingkungan yang poten bagi sistem saraf pusat, namun mekanisme pasti bagaimana polusi udara merusak sistem saraf pusat masih perlu diteliti lebih lanjut. Dampak polutan udara terhadap sistem saraf pusat bukan semata-mata ditimbulkan oleh polutan itu sendiri, namun juga akibat faktor kerentanan individual (misalnya faktor genetik, malnutrisi, riwayat penyakit sebelumnya).

Anak-anak merupakan kelompok yang paling rentan terhadap dampak polusi karena otaknya masih dalam fase perkembangan, Dampak terhadap anak-anak yang terpajan polusi secara langsung maupun pada mereka yang terpajan saat dalam kandungan baru akan dirasakan pada satu dasawarsa ke depan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Chen JC, Schwartz J. Neurobehavioral effects of ambient air pollution on cognitive performance in US adults. *Neurotoxicology*. 2009; 30: 231-9.
2. Calderon-Garciduenas L, Mora-Tiscareno A, Ontiveros E, dkk. Air pollution, cognitive deficits and brain abnormalities: A pilot study with children and dogs. *Brain and Cognition*. 2008; 68: 117-27.



3. Calderon-Garciduenas L, Engle R, Mora Tiscareno A, dkk. Exposure to severe urban air pollution influences cognitive outcomes, brain volume and systemic inflammation in clinically healthy children. *Brain and Cognition* 2011; 77: 345-55.
4. Guxens M, Sunyer J. A review of epidemiological studies on neuropsychological effects of air pollution. *Swiss Med Wkly* 2012; 141: 1-7.
5. Hougaard KS, Jensen KA, Nordly P, dkk. Effects of prenatal exposure to diesel exhaust particles on postnatal development, behavior, genotoxicity and inflammation in mice. *Particle and Fibre Toxicology* 2008; 5 (3): 1-15.
6. Deschamps D, Geraud C, Julien H, dkk. Memory one month after acute carbon monoxide intoxication: a prospective study. *Occup Environ Med* 2003; 60: 212-6.
7. Block ML, Calderon-Garciduenas L. Air pollution: mechanisms of neuroinflammation and CNS disease. *Trend in Neurosci* 2009; 32 (9): 506-16.
8. Zhang ZF, YU SZ, Zhou GD. Indoor air pollution of coal fumes as risk factor of stroke, Shanghai. *AJPH* 1988; 78 (8): 975-7.
9. Hong YC, Lee JT, Kim H, dkk. Air pollution: A New risk factor in ischemic stroke mortality. *Stroke* 2002; 33: 2165-9.
10. Lisabeth LD, Escobar JD, Dvonch JT, dkk. Ambient air pollution and risk for ischemic stroke and transient ischemic attack. *Ann Neurol* 2008; 64: 53-9.
11. Lokken RP, Wellenius GA, Coull BA, dkk. Air pollution and risk of stroke. Underestimation of effect due to misclassification of time of event onset. *Epidemiology* 2009; 20: 137-52.
12. Fonken LK, Weil ZM, Chen G, dkk. Air pollution impairs cognition, provokes depressive-like behaviors and alters hippocampal cytokine expression and morphology. *Mol Psychiat* 2011; 16: 987-95.
13. Levesque S, Taetzsch T, Lull Me, dkk. Diesel exhaust activates and primes microglia: Air pollution, neuroinflammation, and regulation of dopaminergic neurotoxicity. *Environ Health Perspect* 2011; 119: 1149-55.
14. Calderon-Garciduenas L, Azzarelli B, Acuna H, dkk. Air pollution and brain damage. *Toxicology Path* 2002; 30 (3): 373-89.
15. Lucchini RG, Dorman DC, Elder A, dkk. Neurological impacts from inhalation of pollutants and the nose-brain connection. *Neurotoxicology* 2011; 1316.
16. Amitai Y, Zlotogorski Z, Golan Katzav V, dkk. Neuropsychological impairment from acute low-level exposure to carbon monoxide. *Arch Neurol* 1998; 55: 845-8.



Up date event Anda

[www.kalbemed.com/Events.aspx](http://www.kalbemed.com/Events.aspx)