

Pengaruh Paparan Partikel Ultrafine dalam Asap Kendaraan Bermotor terhadap Gambaran Mikroskopis Kerusakan Sel Darah Merah Mencit (*Mus Musculus*)

Islakhah Sofihayati¹, Unggul P. Juswono¹, Arinto Yudi P. Wardoyo¹

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya
Email : islakhah.sofi@gmail.com

Abstrak

Penggunaan kendaraan bermotor tidak lepas dari efek samping yang merugikan, salah satunya disebabkan oleh asap kendaraan yang ditimbulkan. Asap kendaraan bermotor mengandung zat-zat yang berbahaya bagi tubuh yang dapat menyebabkan kelainan bentuk sel darah merah. Untuk mendeteksi dampak asap kendaraan bermotor terhadap kerusakan sel darah merah, dilakukan pengamatan gambaran mikroskopis sel darah merah menggunakan metode preparat. Penelitian ini menggunakan 2 sampel kendaraan bermotor. Dalam penelitian ini digunakan hewan coba berupa mencit (*Mus musculus*) dengan 6 perlakuan yaitu P0 (kontrol), P1 (30 detik), P2 (60 detik), P3 (90 detik), P4 (120 detik) dan P5 (150 detik). Masing-masing perlakuan dilakukan di dalam *chamber* yang didiamkan selama 3 menit dengan 3 kali pengasapan dalam sehari selama 10 hari. Kerusakan sel darah merah akibat paparan asap kendaraan bermotor berkisar dari 4 % sampai 29 % pada motor 1, dan 13 % sampai 29 % pada motor 2. Partikel ultrafine yang diberikan berkisar antar $2,30 \times 10^{11}$ partikel sampai $7,23 \times 10^{11}$ partikel pada motor 1, dan $4,04 \times 10^{11}$ partikel sampai $6,04 \times 10^{11}$ partikel pada motor 2. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa semakin lama paparan asap kendaraan bermotor, persentase kerusakan sel darah merah semakin meningkat.

Kata kunci :Asap Kendaraan Bermotor, Sel Darah Merah, Partikel Ultrafine, Mencit (*Mus musculus*).

I. Pendahuluan

Pada zaman sekarang, hidup manusia serba modern. Semua aktifitas didukung dengan peralatan yang membantu meringankan pekerjaan manusia, salah satunya, alat transportasi yang beragam. Namun hal tersebut tidak lepas dari efek samping yang tidak diinginkan. Salah satu efek sampingnya adalah keluarnya asap yang menimbulkan polusi udara.

Bahan bakar fosil telah memotori perkembangan industri dan fasilitas modern sejak awal abad 19. Polutan yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar tersebut merupakan faktor terbesar yang mengakibatkan terjadinya asap, hujan asam dan pemanasan global[1].Kendaraan bermotor merupakan penyumbang emisi NO (nitrogen oksida) dan PM_{2,5} terbesar di jalan raya. Selain itu, kandungan emisi kendaraan bermotor juga mengandung CO (karbon monoksida), dan aerosol organik primer yang berpengaruh pada kualitas[2].

Secara umum, udara masuk ke dalam tubuh makhluk hidup melalui saluran pernafasan dan masuk ke paru-paru. Di dalam paru-paru terjadi pertukaran oksigen dengan karbondioksida yang diangkut oleh darah dan diedarkan ke seluruh tubuh oleh hemoglobin. Saat mencapai alveolus, sebagian oksigen larut dalam cairan yang membasahi epitel yang tipis dari alveolus. Kemudian oksigen berdifusi ke dalam darah yang terdapat dalam kapiler dalam dinding alveolus. Sebagian besar oksigen kemudian bersenyawa dengan hemoglobin yang terdapat dalam sel darah merah. Secara simultan, sebagian karbondioksida

dalam darah berdifusi ke alveolus yang dapat dihembuskan keluar. Sirkulasi darah kemudian membawa oksigen ke semua sel tubuh[3].

Fungsi utama sel darah merah adalah mengangkut hemoglobin, yang selanjutnya membawa oksigen daru paru ke jaringan.Darah mengandung rata-rata 15 gram hemoglobin per 100 milimeter. Setiap gram hemoglobin murni mampu berikatan dengan sekitar 1,34 mililiter oksigen. Pada orang normal, lebih dari 20 mililiter oksigen dapat diangkut dalam bentuk terikat ke hemoglobin oleh setiap 100 mililiter darah[4].

II. Metode

Penelitian ini menggunakan 6 variasi waktu, yaitu P0 (kontrol), P1 (30 detik), P2 (60 detik), P3 (90 detik), P4 (120 detik) dan P5 (150 detik). Hewan coba yang digunakan adalah mencit jantan dengan umur 6-8 minggu, dan masing-masing variasi menggunakan 5 ekor sebagai perulangan. Jenis motor yang digunakan ada 2 macam, yaitu motor 1 dan motor 2. Sebelum dilakukan perlakuan, mencit diadaptasikan dengan lingkungan *chamber* terlebih dahulu selama 3 hari untuk pengenalan lingkungan *chamber*.

Setelah diadaptasi selama 3 hari, pada hari ke 4 hewan coba diberi perlakuan masing-masing variasi. Pada proses pengasapan, mencit dimasukkan ke dalam *chamber* kemudian diberi paparan asap sesuai dengan kelompok perlakuan. Mencit didiamkan di dalam *chamber* selama 3 menit. Pemberian asap dalam sehari dilakukan 3 kali dengan jeda waktu masing-masing

pengasapan selama 20 menit. Proses pengasapan dilakukan selama 10 hari berturut-turut.

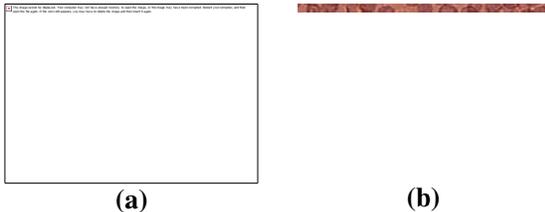
Pengambilan sampel darah dilakukan pada hari ke-11. Darah diambil dari ujung ekor mencit, dengan memotong ujung ekor kemudian mengurutnya secara perlahan sampai keluar darah. Sampel darah tersebut kemudian diteteskan pada *object glass* dengan posisi mendatar. Setelah itu diambil *object glass* kedua dan diletakkan di depan tetesan darah membentuk sudut 30-45° dengan *object glass* pertama kemudian didorong ke arah depan dengan cepat sehingga terbentuk apusan darah tipis di *object glass* pertama. Apusan tersebut dikeringkan sekitar 5-10 menit sampai darah apusan kering kemudian dilakukan pewarnaan.

Pengukuran partikel ultrafine asap kendaraan bermotor menggunakan alat ukur P-TRAK *ultrafine particle counter* model 8525. Bagian knalpot sepeda motor dihubungkan dengan pompa menggunakan selang. Pompa dihubungkan dengan *chamber* yang tertutup. Asap sepeda motor ditampung dalam *chamber* dengan cara kendaraan dinyalakan dan asap disedot menggunakan pompa selama 30 detik, 60 detik, 90 detik, 120 detik dan 150 detik. Asap yang ditampung dalam *chamber* kemudian diukur jumlah total partikelnya sampai habis. Pencacahan diatur dalam interval 1 menit. Hasil yang diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan microsoft excell dan dihitung jumlah partikel total dengan rumusan:

$$\text{Jumlah total partikel} = Q \int_0^t C(t) dt$$

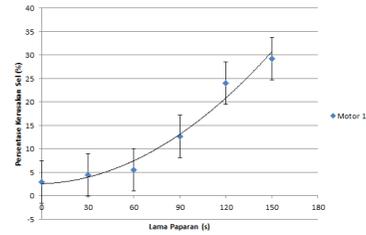
III. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengamatan sel darah, didapatkan gambaran sel darah merah seperti pada Gambar 1. Kerusakan yang terjadi pada bentuk sel darah merah yang ditemukan antara lain berbentuk ovalosit, *target cell*, *sickle cell*, *tear drop cell* dan krenasi.



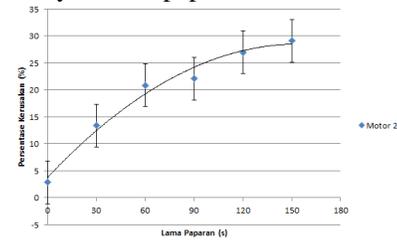
Gambar 1 Sel darah merah : (a) Normal (b) Rusak.

Dari hasil pengamatan bentuk sel darah merah tersebut, didapatkan persentase kerusakan sel darah merah pada perlakuan 1 – 6 seperti ditunjukkan pada Gambar 2 untuk motor 1 dan Gambar 3 untuk motor 2.



Gambar 2 Grafik hubungan perlakuan dengan persentase kerusakan sel darah merah pada motor 1.

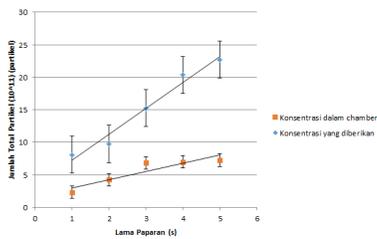
Dari pengamatan bentuk sel darah merah mencit yang diberi paparan asap motor 1, pada kontrol terdapat kerusakan sebesar 3%. Persentase kerusakan paling besar terdapat pada perlakuan 5 (pemberian asap 150 detik) yaitu 29%. Sedangkan persentase kerusakan terendah pada perlakuan 1 (pemberian asap 30 detik) sebesar 4%. Persentase kerusakan sel darah merah meningkat seiring bertambahnya waktu paparan.



Gambar 3 Grafik hubungan perlakuan dengan persentase kerusakan sel darah merah pada motor 2.

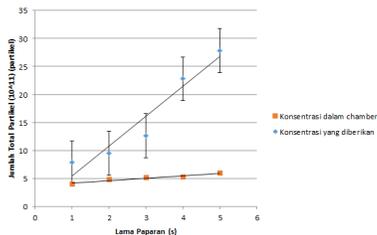
Pada pengasapan dengan motor 2, persentase kerusakan paling rendah pada perlakuan 1 (paparan asap 30 detik) sebesar 13% dan persentase kerusakan paling tinggi pada perlakuan 5 (paparan asap 150 detik) sebesar 29%. Persentase kerusakan sel darah merah meningkat seiring bertambahnya waktu paparan.

Penelitian ini menghasilkan gambar hubungan antara perlakuan (waktu pemberian asap) dengan jumlah total partikel. Hal ini ditunjukkan dari hasil penelitian terhadap 2 jenis motor yang ditunjukkan pada Gambar 4 untuk motor 1 dan Gambar 5 untuk motor 2. Pengukuran partikel dilakukan menggunakan *chamber* dan menggunakan plastik. Pengukuran menggunakan plastik dilakukan untuk mengetahui seberapa besar partikel yang diberikan dari asap kendaraan bermotor sebenarnya, sedangkan pengukuran menggunakan *chamber* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar partikel yang ada dalam *chamber*.



Gambar 4 Grafik hubungan perlakuan dengan jumlah total partikel pada motor 1.

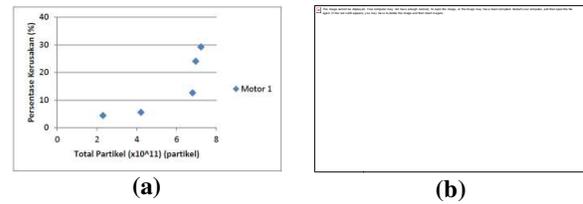
Pada Gambar 4, konsentrasi motor 1 dalam *chamber* dan konsentrasi yang diberikan terlihat mengalami peningkatan. Untuk jumlah total partikel dalam *chamber*, pada perlakuan 1 sampai 3 terdapat kenaikan yang cukup stabil. Namun pada perlakuan 4 dan 5, kenaikan jumlah partikel hanya sedikit. Kenaikan jumlah partikel yang sedikit pada perlakuan 4 dan 5 dapat disebabkan *chamber* tidak mampu lagi menampung asap yang diberikan sehingga lebih banyak asap yang keluar daripada yang tertampung di dalam *chamber*. Hasil pengukuran menggunakan plastik didapatkan bahwa terjadi kenaikan jumlah partikel yang cukup signifikan dari perlakuan 1 sampai perlakuan 5.



Gambar 5 Grafik hubungan perlakuan dengan jumlah total partikel pada motor 2.

Pada Gambar 5, diketahui jumlah partikel motor 2 dalam *chamber* dan jumlah partikel yang diberikan. Pada pengukuran jumlah partikel dalam *chamber*, terdapat peningkatan jumlah partikel yang hampir sama pada masing-masing perlakuan. Sedangkan pada pengukuran menggunakan plastik, kenaikannya cukup signifikan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada hubungan antara jumlah partikel yang diberikan dengan persentase kerusakan sel darah merah. Dari grafik hubungan perlakuan dengan jumlah total partikel, dan grafik hubungan perlakuan dengan persentase kerusakan sel darah merah, dapat diketahui hubungan jumlah partikel yang diberikan dengan persentase kerusakan yang terjadi pada sel darah merah. Gambaran tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.7 untuk motor 1 dan Gambar 4.8 untuk motor 2.



Gambar 5 Grafik hubungan total partikel dengan persentase kerusakan sel darah merah: (a) Motor 1 (b) Motor 2.

Dapat dilihat pada Gambar 5 bahwa persentase kerusakan sel darah merah naik seiring bertambahnya partikel yang diberikan baik pada motor 1 maupun pada motor 2.

Partikel ultrafine dalam berbagai ukuran dapat terbawa ke mitokondria sehingga menyebabkan produksi ROS meningkat. Hal ini disebabkan karena mitokondria merupakan tempat terjadinya reaksi redoks dalam sel. Meningkatnya produksi ROS dapat mengakibatkan terbentuknya *oxyradical* dalam tubuh yang berasal dari foto-eksitasi, metabolisme pada sitokrom p450s dan respon inflamasi dari makrofag[5].

Timbulnya radikal bebas dapat menyebabkan terpecahnya ikatan lemak tak jenuh (RH) pada membran sel. Ikatan tersebut dapat menghasilkan radikal bebas lain yang pada akhirnya menyebabkan reaksi radikal berantai [6]. Interaksi radikal juga terdapat pada protein, namun jarang terjadi secara langsung. Interaksi ini akan terjadi akibat adanya penumpukan radikal di suatu tempat sehingga terjadi kerusakan yang terfokus diakibatkan oleh adanya penumpukan logam berat di dalam tubuh. Mekanisme kontaminasi logam berat dengan sel akan merusak sistem antioksidan sehingga menimbulkan ROS (*Reactive Oxygen Species*) yang dapat menyebabkan disfungsi protein[7].

Logam berat dalam partikel ultrafine dapat menghambat kinerja 3 enzim dalam tubuh yaitu 5-aminolevulinat dehidratase, *ferrochelata*se (FERRO-C) dan koproporfirinogen oksidase (KOPRO-O). Gangguan pada tiga sistem enzim ini dapat menyebabkan munculnya sel eritrosit muda yang masih berinti sehingga menurunkan kemampuan tubuh untuk mensintesis Hb sebagai pembawa oksigen. Selain itu, logam berat juga dapat menghambat enzim pirimidin-5' nukleotidase yang menyebabkan masa hidup eritrosit lebih singkat, yang dapat menyebabkan terjadinya destruksi eritrosit[8].

Partikel ultrafine yang diberikan berkisar antar $2,30 \times 10^{11}$ sampai $7,23 \times 10^{11}$ pada motor 1, dan $4,04 \times 10^{11}$ sampai $6,04 \times 10^{11}$ pada motor 2. Mencit dengan paparan partikel ultrafine sebesar 10^7 partikel per cm^3 , dalam

waktu 24 jam setelah pemaparan akan mengendap di paru, darah, otak, otot dan ginjal. Partikel yang mengendap di paru sekitar 27% dari jumlah total partikel yang diterima oleh mencit. Kurang dari 1% dari total partikel yang dapat masuk ke paru akan lolos ke sistem transportasi dan dapat mengendap pada darah[9].

IV. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, paparan asap kendaraan bermotor dapat menyebabkan kelainan pada bentuk sel darah. Kelainan yang timbul adalah ovalosit, sickle cell, target cell, tear drop cell dan krenasi. Kerusakan sel darah merah paling besar pada paparan asap motor 1 adalah 29 % pada perlakuan 5 (150 detik) dan pada motor 2 adalah 29 % pada perlakuan 5 (150 detik). Kerusakan sel darah merah akibat paparan asap kendaraan bermotor disebabkan oleh ikatan radikal bebas yang ditimbulkan oleh asap kendaraan bermotor dengan protein, lemak atau DNA. Semakin besar total partikel ultrafine asap kendaraan bermotor, semakin besar persentase kerusakan sel darah merah.

V. Daftar Pustaka

1. Astra, I.M., *Energi dan Dampaknya terhadap Lingkungan*. Meteorologi dan Geofisika, 2010. **11**(2): p. 127-135.
2. Dallman, T.R., et al., *Quantifying On-Road Emission from Gasoline-Powered Motor Vehicle : Accounting for The Presence of Medium and Heavy-Duty Diesel Trucks*. Environmental Science & Technology, 2013(47): p. 13873-13881.
3. Kimball, J.W., *Biologi Jilid 2*. 5th ed. 1983, Jakarta: Erlangga.
4. Hall, J.E., *Buku Saku Fisiologi Kedokteran Guyton & Hall*. 11th ed. 2007, Jakarta: EGC.
5. Oberdorster, G., E. Oberdorster, and J. Oberdorster, *Nanotoxicology : An Emerging Discipline Evolving from Studies of Ultrafine Particles*. Environmental Health Perspectives, 2005. **113**(7): p. 823-839.
6. Kampa, M. and E. Castanas, *Human Health Effect of Air Pollution*. Environmental Pollution, 2008. **151**: p. 362-367.
7. Ercal, N., H. Gurer-Orhan, and N. Aykin-Burns, *Toxic Metals and Oxidative Stress Part I : Mechanism Involved in Metal Induced Oxidative Damage*. Medicinal Chemistry, 2001. **1**(6): p. 529-539.
8. Budiman, H., Al-Azhar, and I. Yusuf, *Analisis Kadar Timbal dan Gambaran Darah Gajah Sumatera (Elephas maximus sumatranus) di*

Pusat Latihan Gajah Sebang Riau. Veteriner, 2010. **11**(2): p. 64-69.

9. Takenaka, S., et al., *Distribution Pattern of Inhaled Ultrafine Gold Particles in Rat Lung*. Inhalation Toxicology, 2006. **18**: p. 733-740.