

**PENGARUH PAPARAN KLOORIN DI  
UDARA TERHADAP PEROKSIDASI LIPID  
PADA PEKERJA KOLAM RENANG**

Pratiwi Hermiyanti  
(Jurusan Kesehatan Lingkungan,  
Poltekkes Kemenkes Surabaya)

**ABSTRAK**

Gas klorin merupakan substansi kimia yang dihasilkan dalam proses desinfeksi pada air kolam renang. Paparan klorin menyebabkan perubahan mekanisme immunology dalam tubuh yang menghasilkan oksidan atau radikal bebas dan beberapa keluhan kesehatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh paparan klorin terhadap oksidasi lipid yang diukur dalam kadar malondialdehyde (MDA) pada pekerja kolam renang di Surabaya.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analitik observasional dengan desain cross sectional. Populasi dalam penelitian ini terbagi menjadi operator desinfeksi dan bagian administrasi pada tiga kolam renang outdoor di Surabaya yang dipilih berdasarkan beberapa kriteria. Besar sampel yang diperoleh berdasarkan sampling secara acak dihasilkan sejumlah 24 orang, masing-masing 12 orang pada operator desinfeksi dan bagian administrasi. Data dianalisis menggunakan uji Mann Whitney serta uji regresi.

Hasil analisis menggambarkan bahwa kadar MDA dipengaruhi secara signifikan konsentrasi klorin di udara ambien ( $p < 0,01$ ) dan usia ( $p < 0,05$ ) menggunakan regresi linier ganda. Kesimpulan dari penelitian ini adalah paparan klorin dapat meningkatkan kadar MDA pada kelompok terpapar. Selain itu kadar klorin di udara ambien kolam renang menjadi alasan gangguan pernafasan pada operator desinfeksi. Saran untuk operator desinfeksi sebagai usaha dini mencegah gangguan pernafasan adalah dengan memperhatikan arah angin dalam melakukan proses desinfeksi dan konsumsi makanan kaya antioksidan serta perlunya monitoring udara khususnya kadar klorin secara berkala oleh pengelola kolam renang.

**Kata kunci:**  
paparan klorin, kolam renang, kadar MDA, gangguan pernafasan

**PENDAHULUAN****Latar Belakang**

Aktivitas yang dilakukan di kolam renang selain dapat meningkatkan kesehatan juga dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Gangguan kesehatan tersebut salah satunya diakibatkan oleh paparan desinfektan kolam renang yang mengandung klorin. Paparan klorin secara terus menerus selama 8 jam kerja dapat meningkatkan gangguan kesehatan khususnya pernafasan. Penelitian yang dilakukan oleh Thickett menerangkan bahwa paparan klorin pada  $0,67 \pm 0,17 \text{ mg/m}^3$  dapat menyebabkan asma pada pekerja kolam renang (Thickett, *et al.*, 2002).

Jalur masuk klorin ke dalam tubuh dapat melalui tiga jalur utama. Ketika terjadi paparan klorin dalam bentuk larutan, jalur masuk ke dalam tubuh adalah melalui oral dan kontak kulit. Dengan adanya kontak langsung kulit dengan klorin yang bersifat iritan, maka efek yang ditimbulkan pada tubuh adalah iritasi kulit dan mata. Ketika klorin masuk ke dalam tubuh melalui oral, maka efek yang terjadi dalam tubuh adalah iritasi pada saluran gastrointestinal. Sedangkan ketika klorin kontak langsung dengan tubuh melalui inhalasi karena paparan gas, maka efek yang ditimbulkan adalah iritasi saluran nafas atas<sup>1</sup>.

Paparan klorin dapat menginduksi terbentuknya *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang merupakan oksidan endogen yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan. Ketika klorin mengiritasi saluran pernafasan yang bersifat asam, maka klorin akan berubah bentuk menjadi hipoklorit yang bersifat lebih iritan. Efek iritan tersebut akan membuat epitel saluran nafas mengalami inflamasi. Tubuh akan mengeluarkan mekanisme pertahanan tubuh berupa pengaktifan neutrophil yang mengundang makrofag untuk memfagosit hipoklorit. Selanjutnya makrofag akan mengundang lipoprotein untuk mengeluarkan enzim antioksidan yang berfungsi sebagai penangkal kerusakan akibat oksidan (ROS) (Zargar, *et al.*, 2014; Winarsi, 2007).

Menurut Suryohudoyo (2000), ketika sel atau jaringan mengalami *stress oksidatif* yaitu jumlah radikal bebas atau ROS melebihi pertahanan tubuh, maka dapat mempengaruhi rantai reduksi-oksidasi normal. Akibat yang terjadi adalah kerusakan oksidatif jaringan. Terjadinya kerusakan jaringan tergantung oleh beberapa faktor seperti molekul target, tingkat stres pada jaringan, mekanisme yang terjadi, serta waktu dan sifat alami dari molekul target.

Reaktivitas ROS mempengaruhi struktur molekul penyusun membran sel yang terdiri atas kolesterol, fosfolipid dan glikolipid (keduanya mengandung asam lemak tak jenuh), dan DNA peka terhadap radikal hidroksil, sehingga terjadi kerusakan sel dan terbentuk radikal asam lemak peroksi. Fenomena peroksidasi lipid pada eritrosit mengakibatkan terjadinya lisis. Peristiwa ini mengakibatkan lepasnya MDA (*Malondialdehyde*) yang selanjutnya senyawa ini akan mengakibatkan kerusakan semua sel (Droge, 2003; Nasli, *et al.*, 2013)

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian observasional dengan rancangan penelitian *cross sectional*. Penelitian ini melibatkan pekerja kolam renang dan pekerja administrasi di kolam renang. Pengambilan sampel penelitian dilakukan secara random menggunakan metode *simple random sampling*. Pemilihan sampel berdasarkan kriteria laki-laki, berusia 18-60 tahun, tidak mempunyai riwayat penyakit pernafasan dua minggu sebelum penelitian dan bersedia menandatangani *informed consent*.

Pengukuran kadar klorin di udara ambien kolam renang menggunakan *Midget Impinger* dengan metode *metil orange* yang mengacu pada *Methods of Air Sampling and Analysis*. Titik pengambilan sampel berada pada ketinggian 150 cm dari permukaan lantai dengan alasan titik ini adalah *breathing zone* untuk mengukur efek paparan klorin pada pekerja kolam renang.

Penentuan kadar MDA dilakukan dengan pemeriksaan spektrofotometri dengan panjang gelombang 532 nm dengan mengukur kadar *Thio Barbituric Acid Reactive Substance* (TBARS). Langkah kerja adalah mengambil 0,5 ml sampel kemudian ditambah 4,5 ml larutan PBS dingin. Setelah itu diambil 4 ml supernatan dan ditambahkan 1 ml larutan TCA 15%. Selanjutnya diberikan 1 ml larutan TBA 0,37% dalam HCl 0,25 N dan dipanaskan dalam *waterbath* 80°C selama 15 menit. Langkah berikutnya dilakukan pendinginan pada suhu ruang selama 60 menit selanjutnya disentrifuse dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Kemudian mengukur absorbansi supernatan MDA sampel pada spektrofotometer dengan  $\lambda = 532$  nm dan dilakukan penghitungan kadar MDA dengan menggunakan persamaan garis regresi dari kurva standar (baku) larutan MDA.

Variabel independen meliputi usia, konsumsi antioksidan, kebiasaan merokok dan status gizi. Data diolah dan dianalisis menggunakan program statistik. Untuk

melihat hubungan variabel independen dan variabel dependen dengan menggunakan uji statistik regresi linier ganda dan logistik ganda dengan  $\alpha=0,05$ . Sedangkan untuk membedakan signifikansi paparan pada kelompok terpapar dan kelompok tidak terpapar menggunakan uji Mann Whitney.

## HASIL PENELITIAN

Hasil pengukuran kadar klorin baik di area kolam maupun ruang administrasi di lokasi kolam renang tersebut masih di bawah nilai ambang batas yang dipersyaratkan oleh Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No Per.13/MEN/X/2011 tentang Nilai ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja. Namun yang memiliki kadar klorin tertinggi terletak di titik 1 kolam renang A. Sedangkan titik 3 di masing-masing kolam renang tidak terdeteksi adanya klorin di udara ruang administrasi (tabel 1).

Tabel 1. Kadar Klorin di Kolam Renang

| No     | Kolam Renang | Hasil pengukuran kadar klorin |               |               | Nilai Ambang Batas (ppm) |
|--------|--------------|-------------------------------|---------------|---------------|--------------------------|
|        |              | Area Kolam renang             | Adminis-trasi | Titik 3       |                          |
|        |              | Titik 1 (ppm)                 | Titik 2 (ppm) | Titik 3 (ppm) |                          |
| 1      | A            | 0,0095                        | 0,0081        | <0,0047       | 0,5                      |
| 2      | B            | 0,0074                        | 0,0078        | <0,0047       |                          |
| 3      | C            | 0,0086                        | 0,0091        | <0,0047       |                          |
| Rerata |              | 0,0084                        | <0,0047       |               |                          |

Tabel 2. Karakteristik Individu Responden

| Karakteristik        | Kriteria | Terpapar |      |   |      | Tidak terpapar |  |
|----------------------|----------|----------|------|---|------|----------------|--|
|                      |          | n        | %    | N | %    |                |  |
| Usia (tahun)         | 20-25    | 1        | 8,3  | 6 | 50   |                |  |
|                      | 26-30    | 2        | 16,7 | 2 | 16,7 |                |  |
|                      | 31-35    | 1        | 8,3  | 1 | 8,3  |                |  |
|                      | 36-40    | 3        | 25   | 1 | 8,3  |                |  |
|                      | >40      | 5        | 41,7 | 2 | 16,7 |                |  |
| Konsumsi antioksidan | Ya       | 6        | 50   | 6 | 50   |                |  |
|                      | Tidak    | 6        | 50   | 6 | 50   |                |  |
| Status gizi          | Kurus    | 0        | 0    | 0 | 0    |                |  |
|                      | Normal   | 7        | 58,3 | 9 | 75   |                |  |
|                      | Risiko   | 3        | 25   | 3 | 25   |                |  |
|                      | Obesitas | 2        | 16,7 | 0 | 0    |                |  |
| Kebiasaan merokok    | Ringan   | 4        | 33,3 | 3 | 25   |                |  |
|                      | Sedang   | 8        | 66,7 | 9 | 75   |                |  |
|                      | Berat    | 0        | 0    | 0 | 0    |                |  |

Jumlah subyek pada penelitian ini sebanyak 24 orang yang terbagi menjadi masing-masing 12 orang pekerja kolam renang (terpapar) dan 12 orang bagian

administrasi (tidak terpapar). Berdasarkan karakteristik individu sebagian besar usia pekerja terpapar >40 tahun (41,7%). Sedangkan pada kelompok tidak terpapar dengan persentase sebesar 50% berusia 20-25 tahun. Kebiasaan konsumsi antioksidan pada kelompok terpapar maupun tidak terpapar 50% respondennya mengkonsumsi antioksidan minimal 3 hari sekali. Sebesar 58,3% kelompok terpapar mempunyai kategori normal. Begitu pula pada kelompok tidak terpapar, 75% responden dalam kategori normal. Kebiasaan merokok pada kelompok terpapar 66,7% responden adalah perokok sedang. Begitu pula pada kelompok tidak terpapar didapatkan persentase 75% responden yang mempunyai kebiasaan merokok dalam kategori sedang (tabel 2).

Kadar MDA rata-rata pada kelompok terpapar sebesar 7,42 nmol/ml dan kelompok tidak terpapar sebesar 4,47 nmol/ml. Sebagian besar (83,3%) kelompok terpapar mengeluhkan adanya gangguan pernafasan selama bekerja di kolam renang.

## PEMBAHASAN

Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan Permenakertrans no. 13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja yaitu 0,5 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar klorin di udara area kolam renang (rata-rata 0,0084 ppm) lebih tinggi dari ruang administrasi (<0,0047 ppm). Hal tersebut berarti bahwa kadar klorin di kolam renang baik di area kolam renang maupun di bagian administrasi masih berada di bawah NAB. Penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh Nasli, *et al.* (2013) bahwa konsentrasi gas klorin kolam renang *outdoor* di Cilandak, Jakarta sebesar 0,1004 mg/m<sup>3</sup>; 0,0690 mg/m<sup>3</sup>, dan 0,1389 mg/m<sup>3</sup>. Penelitian ini serupa dengan hasil penelitian Hutabarat (2007), mengenai analisis kadar klorin di pabrik sarung tangan karet yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat mencolok mengenai kadar gas klorin di ruang produksi (0,0869 ppm) dan administrasi (<0,00001 ppm). Dari hasil penelitian di atas menyatakan bahwa area yang terpapar klorin akan memiliki klorin udara yang lebih tinggi dibanding area yang tidak terpapar klorin.

Kadar klorin yang terukur di lokasi penelitian dikategorikan rendah disebabkan oleh kondisi kolam renang yang terletak di *outdoor* yang mengencerkan konsentrasi klorin yang menguap dari permukaan air. Selain itu arah angin dan hembusan angin menyebabkan kadar klorin di area kolam renang semakin rendah. Hal ini diperkuat

dengan pernyataan Mukono (2010), yang menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi pencemaran udara ambien adalah kelembaban, suhu, dan pergerakan udara. Pergerakan angin di permukaan air yang semakin besar menyebabkan udara yang mengandung klorin tergantikan oleh udara yang lebih segar.

Klorin yang terhirup oleh pekerja kolam renang akan mengiritasi saluran nafas sehingga sel atau jaringan saluran nafas akan mengalami inflamasi. Ketika sel epitel saluran nafas mengalami pembengkakan, tubuh akan membentuk pertahanan jaringan untuk memetabolisme klorin. Menurut Yadav, *et al.*, (2010), hasil metabolisme tersebut menghasilkan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang bersifat oksidan berupa HOCl. Oksidan endogen yang dihasilkan akan diatasi oleh antioksidan dalam tubuh.

*Malondialdehyde* (MDA) dapat terbentuk apabila radikal bebas hidroksil seperti *Reactive Oxygen Species* (ROS) bereaksi dengan komponen asam lemak dari membran sel sehingga terjadi reaksi berantai yang dikenal dengan peroksidasi lemak. Peroksidasi lemak tersebut akan menyebabkan terputusnya rantai asam lemak menjadi berbagai senyawa toksik dan menyebabkan kerusakan pada membran sel. MDA merupakan senyawa yang dapat menggambarkan aktivitas radikal bebas di dalam sel sehingga dijadikan sebagai salah satu petunjuk terjadinya stres oksidatif akibat radikal bebas (Close, *et al.*, 2007).

Hasil analisis menggunakan regresi linier menginterpretasikan bahwa paparan klorin di udara dan usia responden mempengaruhi secara signifikan terhadap kadar MDA dalam darah. Paparan klorin di udara ( $\beta = 0,870$ ;  $p = 0,000$ ) berpengaruh sangat signifikan dengan arah positif terhadap kadar MDA darah. Berarti paparan klorin yang semakin besar akan menimbulkan kerusakan lipid sel yang semakin besar pula. Penelitian ini sejalan dengan penelitian Fotouh, *et al.*, (2011) yang menyebutkan bahwa terjadi peningkatan kadar MDA darah setelah adanya paparan klorin selama 20 menit pada tikus ( $p < 0,01$ ).

Usia responden juga berpengaruh signifikan ( $\beta = 0,350$ ;  $p = 0,046$ ) dengan arah positif terhadap kadar MDA darah. Artinya bahwa semakin bertambahnya usia akan memperbesar kadar MDA dalam darah. Hasil penelitian ini juga serupa dengan penelitian Sayyah, *et al.*, (2011) yang menyatakan bahwa usia berpengaruh terhadap kadar MDA darah dengan  $p < 0,01$ . Semakin tua umur seseorang, kandungan MDA juga semakin tinggi dibandingkan dengan umur seseorang yang lebih muda.

Sedangkan hasil analisis Mann Whitney menyimpulkan bahwa kadar MDA pada kelompok terpapar berbeda sangat signifikan ( $p=0,000$ ) dengan kelompok tidak terpapar. Dapat disimpulkan bahwa kelompok terpapar memang mengalami peningkatan kadar MDA akibat paparan klorin. Frekuensi dan lama paparan klorin kelompok terpapar untuk berada di area kolam renang memberikan pengaruh terhadap terjadinya peningkatan kadar MDA. Hal ini terbukti dengan kadar klorin yang terukur di udara sekitar kolam renang (rata-rata 0,0084 ppm) lebih tinggi dari pada kadar klorin di ruang administrasi ( $<0,0047$  ppm).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Pekerja kolam renang yang terpapar klorin mengalami peningkatan oksidasi lipid dan gangguan pernafasan. Kondisi tersebut memerlukan penanganan dengan mengkonsumsi makanan yang kaya kandungan antioksidan.

### Saran

Instansi pengelola kolam renang perlu dilakukan monitoring kualitas udara kolam renang secara berkala agar kadar klorin di sekitar kolam renang dapat terpantau, pengecekan dosis klorin yang dicampurkan dalam kolam renang agar kadar klorin yang menguap tidak terlalu besar serta pengecekan kesehatan pekerja secara rutin untuk meningkatkan produktivitas pekerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- Close, L. Graeme, Anna C. Kayani, Tony Ashton, Anne McArdle and Malcolm J. Jackson. (2007). Release of superoxide from skeletal muscle of adult and old mice: an experimental test of the reductive hotspot hypothesis. *Aging Cell*, Volume 6, p. 189–195
- Droge W. (2003). Free Radicals in the Physiology Control of Cell Function. *Physiol Rev*; 82: 47-95
- Fotouh, Sawsan Aboul, Ghada M Farauk. (2011). Mitigation of Delayed Sodium Hypochlorite-Induced Lung Injury by Phosphodiesterase Enzyme Inhibitors (PDEIs), Pentoxifylline and Theophylline, in Guinea Pigs. *Egyptian Journal of Basic and Clinical Pharmacology*. December 2011, Vol. 1, No. 1: 9-21
- Hutabarat, Olivia Imelda. (2007). *Analisa Dampak Gas Amoniak Dan Klorin Pada Faal Paru Pekerja Pabrik Sarung Tangan Karet "X" Medan*. [http://www.researchgate.net/publication/42324965\\_Analisa\\_Dampak\\_Gas\\_Amoniak\\_Dan\\_Klorin\\_Pada\\_Faal\\_Paru\\_Pekerja\\_Pabrik\\_Sarung\\_Tangan\\_Karet\\_X\\_Medan](http://www.researchgate.net/publication/42324965_Analisa_Dampak_Gas_Amoniak_Dan_Klorin_Pada_Faal_Paru_Pekerja_Pabrik_Sarung_Tangan_Karet_X_Medan) [accessed May 18, 2015]
- Mukono, H.J. (2010). *Toksikologi Lingkungan*. Surabaya : Airlangga University Press
- Nasli, Edwin. (2013). *Estimasi tingkat risiko kesehatan non karsinogenik akibat paparan inhalasi gas klor pada pengguna kolam renang di kolam renang Cilandak Sport Centre Cilandak Jakarta Selatan tahun 2013* (Thesis). Jakarta: Universitas Indonesia
- Sayyah, S. Gh. (2011). Studying the relationship between oxidative stress malondialdehyde and  $\beta$ -carotene in the serum of asthmatic patients in Basrah Governorate-Iraq. *Journal of Basrah Researches*. Vol. 37, No. 1. 15 February ((2011)) 1-7
- Suryohudoyo P. (2000). *Oksidan, Antioksidan dan Radikal Bebas*. Dalam: *Ilmu Kedokteran Molekuler*. Kapita Selekta. Jakarta: Sagung Seto
- Thickett, K, M, J.S. McCoach, J.M. Gerber, S. Sadhra, P.S. Burge. (2002). Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air. *Eur Respir J*; 19: 827–832
- Winarsi, H. (2007). *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas: Potensi Dan Aplikasinya Dalam Kesehatan*. Yogyakarta: Kanisius
- Yadav, Amit K, Andreas Bracher, Stephen F. Doran, Martin Leustik, Giuseppe L. Squadrito, Edward M. Postlethwait, and Sadis Matalon. (2010). Mechanisms and Modification of Chlorine-induced Lung Injury in Animals. *Proc Am Thorac Soc*, 7(4), p: 278–283
- Zargar, Bilal A, Mubashir H. Masoodi, Bahar Ahmed, and Showkat A. Ganie (2014). Antihyperlipidemic and Antioxidant Potential of *Paeonia emodi* Royle against High-Fat Diet Induced Oxidative Stress. *Pharmacology*, pp. 1-8