

STUDI PAJANAN KADMIUM (Cd) PADA PEKERJA PENGECATAN MOBIL

THE STUDY OF CADMIUM EXPOSURE TO THE CAR PAINTING WORKERS

Katharina Oginawati¹⁾ dan Brilyan Parmawati¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Lingkungan – ITB

email: ogi@elga.net.id

Abstrak

Cat mengandung berbagai logam berat diantaranya kadmium (Cd). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar Cd yang masuk melalui inhalasi pada pekerja. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa dalam sampel cat dengan warna dan merk yang berbeda mengandung kadar Cd yang berbeda. Dari responden yang diteliti 87% responden mengalami kenaikan kadar Cd di dalam darah setelah mereka melakukan pengecatan dengan kenaikan sebesar 2,51–33,53 µg/L. Kadar Cd yang masuk melalui saluran pernafasan (*intake*), usia, konsumsi air putih /hari, konsumsi buah-buahan, konsumsi sayur-sayuran, warna cat, serta pengecatan yang dilakukan oleh pekerja sehari sebelumnya mempengaruhi kenaikan kadar Cd dalam darah pekerja secara signifikan. Rata-rata kadar Cd dalam darah sehari sebelum pengecatan adalah 30,98µg/L, setelah pengecatan sebesar 40,71 µg/L dan rata-rata Cd dalam darah masyarakat kontrol adalah 28,52 µg/L. Kadar Cd dalam darah seluruh responden jauh di atas kriteria kadar Cd di dalam darah dari OSHA, yaitu 5 µg/L. Konsentrasi rata-rata pajanan Cd selama pengecatan sebesar 0,12 µg/m³ (rentang 0–1,95 µg/m³), sedangkan konsentrasi pajanan Cd rata-rata selama 8 jam adalah sebesar 0,09 µg/m³ (rentang 0-1,15 µg/m³), di mana kadar ini masih berada di bawah standar action level (2,5 µg/m³), dan *Permissible Exposure Level* (PEL) (5 µg/m³) dari *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA). Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pekerja pengecatan mobil terpajan logam Cd. Efek dari pajanan Cd ini akan bersifat kronis.

Kata kunci : darah, kadmium, pajanan, udara

Abstract

The paint contain heavy metals such as cadmium. The objective of this research are to obtain cadmium concentration of the paints that may be inhaled by workers. The result showed that in different colour and brands of paint contained cadmium level. There were 87,1% of respondents had the increases of cadmium concentration in their blood after spraying, between 2,508-33,53 µg/L. The increasing of Cadmium concentration in the blood are significant influenced by intake, age, water consumption per day, fruit and vegetable consumption, paint colour, and spraying done by the worker a day before. The mean of cadmium concentrations in their blood before spraying was 30,98 µg/L, after spraying was 40,71 µg/L and mean of cadmium concentrations in control population was 28,52 µg/L. Cadmium levels in blood of the sprayers and controls above OSHA cadmium level criteria, that is 5 µg/L. The mean of cadmium exposure during spraying was 0,12 µg/m³ (range 0–1,95 µg/m³) and the mean of cadimium exposure for 8 hours was 0,09 µg/m³ (range 0–1,46 µg/m³). These values still below Occupational Safety and Health Administration (OSHA) action level (2,5 µg/m³) and Permissible Exposure Level (PEL) (5 µg/m³). So, there are no acute cadimum exposures, but there are chronic cadmium exposures to the car panting workers.

Keywords : air, blood, cadmium, exposure

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia umumnya pengecatan mobil biasa dilakukan secara manual dengan metode *compressed air spraying*. Dengan cara ini banyak sekali *fume* atau *mist* dari cat yang menyebar ke udara sekitar (*overspray*). Cat banyak mengandung zat-zat yang berbahaya, termasuk logam berat, salah satu logam berat yang terkandung dalam cat adalah kadmium

(Cd). Pekerja pengecatan mobil umumnya kurang memperhatikan kesehatan dan keselamatan kerja. Alat pelindung diri (APD), seperti masker, kaca mata pelindung, dan pakaian khusus tidak digunakan, sehingga pekerja pada industri pengecatan mobil akan beresiko tinggi terpajan Cd yang terkandung dalam cat, melalui sistem pernafasan, kulit, dan saluran pencernaan.

Cadmium (Cd) adalah logam putih keperakan yang relatif halus, yang terkonsentrasi di dalam biji sulfida dari seng (Zn), merkuri (Hg), timbal (Pb), dan tembaga (Cu). (Fergusson, J.E., 1982, dalam Fergusson, J.E., 1990) Salah satu kegunaan Cd adalah sebagai bahan tambahan (*additive*) pada pigmen, yang biasa digunakan pada plastik, cat, tinta cetak dan keramik. Cat yang mengandung Cd stabil terhadap panas dan sinar UV serta tidak berubah menjadi gelap pada udara yang mengandung H₂S. (Fergusson, J.E., 1990)

Cd merupakan logam yang cukup berbahaya bagi tubuh kita. Cadmium dapat masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernafasan akan terakumulasi di organ-organ tubuh tertentu, sehingga dapat menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan, seperti kerusakan ginjal, liver, kerapuhan tulang atau gangguan lainnya. Untuk itu diperlukan dilakukan penelitian tentang pajanan cadmium akibat pengecatan mobil.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pajanan Cd dari lingkungan kerja yang diterima melalui sistem pernafasan pekerja di industri pengecatan mobil, untuk mengetahui kenaikan kadar Cd dalam darah pekerja setelah melakukan pengecatan, mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan kadar Cd di dalam darah pekerja selama melakukan pengecatan, serta mengetahui dan mengevaluasi perilaku pekerja selama bekerja dikaitkan dengan faktor kesehatan dan keselamatan kerja.

Penelitian ini meliputi pengukuran kadar Cd yang terhisap oleh pekerja selama melakukan pengecatan dengan menggunakan *personal sampler pump*, pengambilan sampel darah pekerja, kemudian analisis laboratorium terhadap sampel tersebut untuk mengetahui kadar Cd yang terkandung didalamnya, serta wawancara dan kuesioner, untuk mengetahui faktor-faktor internal yang mungkin mempengaruhi peningkatan kadar Cd di dalam darah pekerja.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan survey lapangan, pengambilan sampel Cd di udara, pengambilan sampel darah, dan pengambilan data internal pekerja yang diambil melalui wawancara dan kuesioner.

Survey lapangan mencakup survey pendahuluan dan pengambilan sampel. Survey pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kondisi lapangan, yaitu untuk mencari lokasi bengkel pengecatan mobil, di daerah Karasak, Bandung, serta mensosialisasikan rencana penelitian ini pada para pemilik dan pekerja dan meminta kesediaan pekerja untuk menjadi responden dalam penelitian ini.

Untuk mengambil sampel udara, dilakukan pemasangan *personal sampler pump* dengan merk 'GILIAN' pada pinggang pekerja selama mereka melakukan pengecatan yang dihubungkan dengan sebuah *cassette filter holder*. Filter yang digunakan adalah filter membran selulosa nitrat 0,45 µm, dengan diameter 47 mm. Pompa dipasang pada kecepatan 2 L/mnt, sesuai dengan laju pernafasan manusia.

Pengambilan darah pekerja dilakukan sebanyak sekitar 2 ml. Pengambilan darah pada pekerja dilakukan sebelum dan sesudah pengecatan, sedangkan pada kontrol hanya dilakukan 1 kali pengambilan.

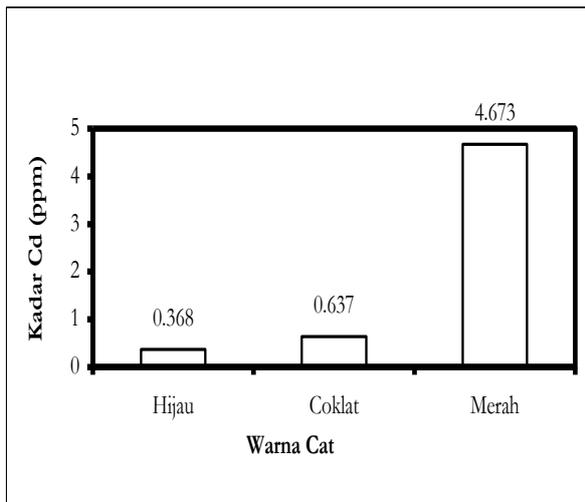
Pengambilan sampel cat dilakukan terhadap 3 jenis cat dengan warna berbeda, yaitu warna merah, hijau, dan coklat.

Secara umum, sampel dipreparasi dengan cara pengabuan dengan asam nitrat (HNO₃) 65%. Pada sampel darah, untuk menyempurnakan oksidasi seluruh materi organik, digunakan tambahan asam perklorat (HClO₄). Sedangkan pada sampel cat digunakan tambahan asam fosphat dan aquaregia. Sampel yang telah dipreparasi dianalisis dengan GF AAS, pada λ 228,8 nm.

Data kadar Cd dari hasil pengukuran dianalisis secara statistik dengan bantuan komputer dengan *software* SPSS. Melalui analisis statistik ini akan dicari berbagai faktor yang mempengaruhi kenaikan kadar Cd di dalam darah pekerja, dalam sebuah persamaan dengan *multiple regression*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan cadmium dalam sampel cat ditunjukkan pada Gambar 1.

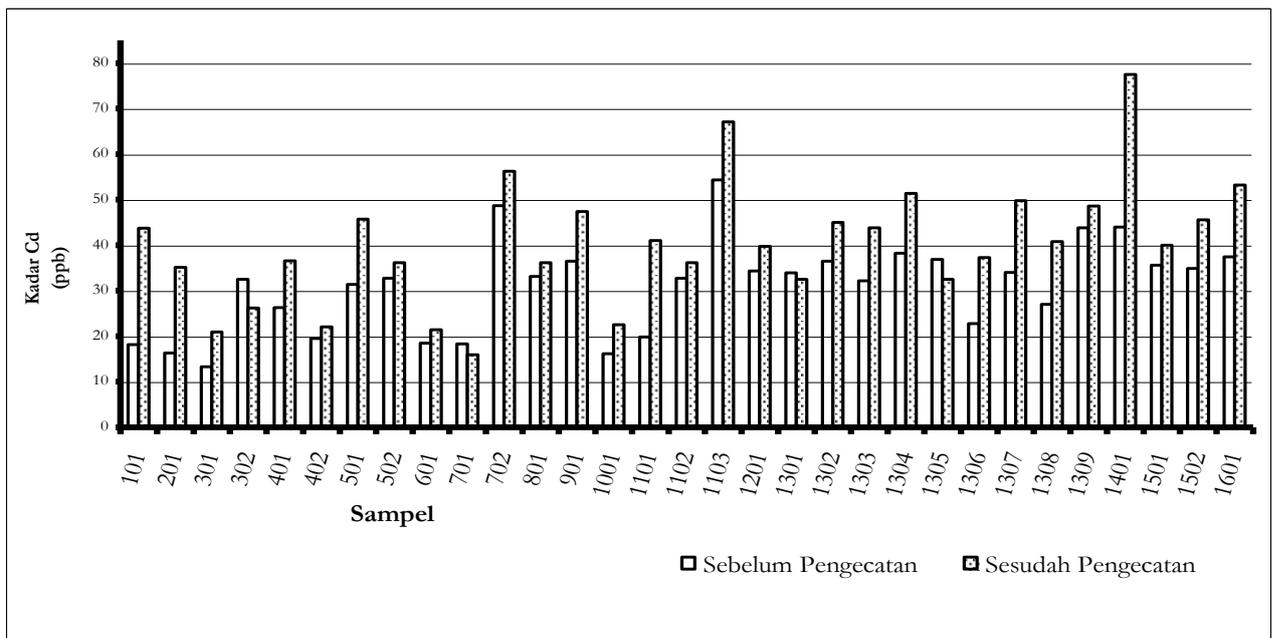


Gambar 1. Kadar Cd Dalam Cat (ppm)

Dari data di atas dapat dilihat bahwa pada ketiga cat yang diperiksa mengandung Cd dalam kadar

yang berbeda, di mana cat warna merah memiliki kadar Cd tertinggi. Pigmen mengandung CdS, dan warnanya berkisar dari kuning hingga merah. Cadmium lithopone didapat dengan mengolah campuran ZnSO₄ dan CdSO₄ dengan BaS, untuk menghasilkan produk *coprecipitated* ZnS, CdS dan BaSO₄. Pigmen menjadi berwarna lebih gelap jika proporsi Cd terhadap Zn meningkat (Fergusson, 1990). Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa setiap cat dengan warna yang berbeda, mengandung kadar Cd yang berbeda-beda. Untuk menghasilkan pigmen tertentu, diperlukan Cd dengan komposisi yang berbeda-beda.

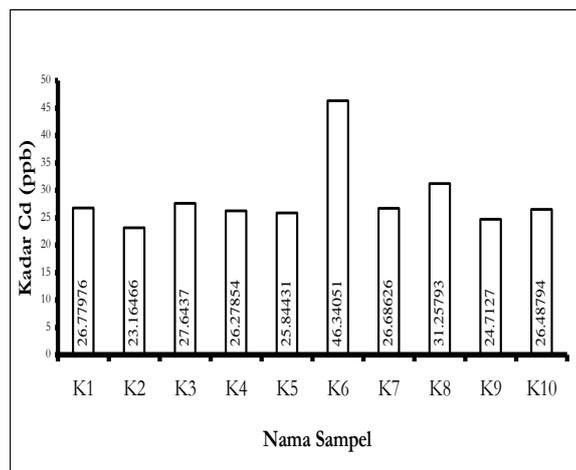
Hasil pemeriksaan sampel darah pada pengecat di perlihatkan pada Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan kadar cadmium dalam darah populasi kontrol.



Gambar 2. Kadar Cd Dalam Darah Pekerja

Dari Gambar 3 tampak bahwa kadar Cd dalam darah 87,1% pekerja pengecat mengalami peningkatan sesudah terpajan cat. Hal ini ditunjukkan dengan kadar Cd rata-rata dalam darah sebelum pengecatan sebesar 30,98 ppb (range 13,30-54,35 ppb), dengan standar deviasi sebesar 10,08. Rata-rata kadar Cd dalam darah sesudah pengecatan sebesar 40,71 ppb (range 15,91-77,53 ppb). Hasil t tes untuk 2 sampel berpasangan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara

ra kadar Cd dalam darah sebelum dan sesudah melakukan pengecatan, dimana t hitung > t tabel (6,251 > 1,697) dan p < 0,1. Hal ini menunjukkan bahwa 24 jam setelah pajanan, sebagian besar Cd terdistribusi di dalam sel darah. (Nordberg, G.F., 1971 dalam anonim, 1986). Pada hewan yang terpajan Cd, dalam beberapa menit logam tersebut sudah berada di dalam plasma darah. (Nomiyama, K. dkk., dalam anonim, 1986)



Gambar 3. Kadar Cd Dalam Darah Kontrol

Nilai rata-rata kadar Cd dalam darah populasi kontrol sebesar 28,52 ppb (range 23,17-46,34 ppb). Kadar Cd dalam darah semua sampel jauh lebih tinggi dari batasan kadar Cd dalam darah akibat pajanan dari lingkungan kerja yang ditetapkan oleh OSHA, yaitu sebesar 5 µg/L.

Nilai rata-rata antara kadar Cd dalam darah pekerja pengecat mobil sebelum melakukan pengecatan dan kadar Cd dalam darah populasi kontrol tidak terdapat perbedaan yang signifikan, yaitu sebesar 2,46. Dari hasil t tes untuk 2 sampel independen, ternyata beda *mean* sebesar 2,46 tersebut tidak signifikan. Perbedaan antara kadar Cd dalam darah sebelum pengecatan dan kadar Cd dalam darah kontrol. Didapatkan nilai t hitung < t tabel (0,720 < 1,684) dan nilai probabilitas sebesar 0,476 ($p > 0,1$). Hal ini mungkin terjadi karena adanya pajanan yang cukup besar pada populasi kontrol dari sumber tertentu, misalnya makanan, atau dapat juga terjadi karena kebiasaan merokok. Worthy, 2001, menyatakan bahwa konsentrasi Cd di dalam tubuh sangat dipengaruhi oleh kebiasaan merokok, selain karena adanya pajanan dari lingkungan kerja. Berdasarkan hasil kuesioner yang diambil, didapatkan 80,65% responden pekerja pengecat mobil adalah perokok aktif dengan rata-rata jumlah rokok yang dihisap per harinya sebanyak 8-9 batang dan 100% dari populasi kontrol adalah perokok aktif, dengan rata-rata jumlah rokok yang dihisap per hari adalah 12-13 batang.

Pemeriksaan sampel udara secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1, yang menunjukkan bahwa secara keseluruhan kadar Cd di udara masih jauh berada di bawah standar Nilai Ambang Batas Faktor

Kimia di Udara Lingkungan Kerja berdasarkan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor: SE-01/MEN/1997 untuk Cd, logam dan persenyawaannya sebagai Cd, yaitu 0,01 mg/m³ untuk partikulat inhalabel dan 0,02 mg/m³ untuk fraksi respirabel dari materi partikulat (Depnaker, 1997), serta masih berada di bawah standar *action level* dari OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*, 2003), yaitu sebesar 2,5 µg/m³. Namun, walaupun tingkat pajanan Cd dari pengecatan tersebut kecil, tetapi hal ini tidak boleh diabaikan, karena pajanan yang bersifat kronis tetap terjadi. Sebuah tim dari peneliti-peneliti Argonne telah mempertunjukkan untuk pertama kalinya bahwa Cd melepaskan kalsium dari tulang dalam beberapa jam setelah terjadi pajanan, bahkan pada konsentrasi di bawah standar OSHA sekalipun. (Hutt, 2003)

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Sampel Udara

No Sampel	Warna Cat	Kadar Cd Pada Filter (µg/m ³)	Kadar Cd Terhirup (µg/mnt.kg)
101	Hijau	0,00038	0,00002
201	Hitam	0,09973	0,00317
301	Silver	0,18582	0,00758
302	Hijau	0,01398	0,00067
401	Hitam	0,06036	0,00175
402	Coklat	0,03199	0,00138
501	Putih	0,01407	0,00049
502	Abu-abu	0,04183	0,00170
601	Silver	0,01116	0,00041
701	Abu-abu	0,05337	0,00107
702	Coklat	0,07449	0,00266
801	Putih	0,11506	0,00548
901	Hijau	0,03588	0,00169
1001	Krem	0,01649	0,00053
1101	Hitam	0,00000	0,00000
1102	Hijau	0,05568	0,00181
1103	Hijau	0,08326	0,00290
1201	Abu-abu	0,02569	0,00079
1301	Merah	0,09429	0,00325
1302	Hijau	0,09007	0,00340
1303	Hijau	0,03383	0,00133
1304	Biru	0,07241	0,00263
1305	Abu-abu	0,02135	0,00085
1306	Hitam	0,02927	0,00125
1307	Ungu	0,04843	0,00170
1308	Krem	0,17776	0,00756
1309	Biru	0,02138	0,00069
1401	Silver	0,04460	0,00172
1501	Merah	0,06171	0,00202
1502	Merah	0,05254	0,00188
1601	Merah	1,95308	0,00266

Hasil analisis regresi linear ganda (*multiple linear regression*) menunjukkan bahwa ternyata terdapat beberapa faktor yang secara bersama-sama mempengaruhi kenaikan kadar Cd di dalam darah. Faktor-faktor tersebut adalah kadar Cd terhirup (x_1), usia (x_2), konsumsi air putih (x_3), konsumsi buah (x_4), konsumsi buah dan sayur (x_5), jenis cat (x_6), serta pengecatan yang dilakukan sehari sebelum-

nya (x_7). Pengaruh faktor-faktor tersebut ditunjukkan pada persamaan regresi, seperti pada Persamaan 1.

$$y = 31 + 344 x_1 - 0,35 x_2 - 0,696 x_3 + 19,2 x_4 - 18,5 x_5 - 10,8 x_6 + 5,24 x_7 \quad (R-Sq = 49,6\%) \quad (1)$$

Kadar Cd terhirup, cat warna hitam serta pengecatan yang dilakukan sehari sebelumnya memberikan pengaruh positif terhadap kenaikan kadar Cd di dalam darah. Berdasarkan literatur yang ada, dalam 24 jam setelah terjadi paparan, sebagian besar Cd terdistribusi di dalam sel darah. (Nordberg dkk, 1971 dalam anonim, 1986) dan kadar Cd di dalam darah menunjukkan paparan Cd yang baru saja terjadi selama beberapa minggu hingga beberapa bulan. (Worthy, 2001)

Faktor usia dan konsumsi air minum memberikan pengaruh negatif, sedangkan konsumsi sayur dan buah yang sering akan memperkecil kenaikan kadar Cd dalam darah bila dibandingkan dengan konsumsi buah saja yang sering. Air mempunyai beberapa peran penting di dalam tubuh salah satunya adalah mengeluarkan zat-zat yang tidak dibutuhkan oleh tubuh. Selain itu juga mengatur temperatur tubuh, mengangkut nutrisi dan oksigen ke sel, sebagai bantalan bagi sendi serta sebagai pelindung bagi organ dan jaringan (Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 1999)

Jumlah Cd yang diabsorpsi tergantung pada komponen-komponen dalam makanan, seperti zat besi (Fe), kalsium (Ca), dan protein. (Olsson, 2002) Terdapat indikasi bahwa kadar Fe yang rendah dapat meningkatkan absorpsi Cd oleh usus (Flanagan dkk, 1978 dalam Olsson, 2002), dan meningkatkan kadar Cd dalam darah (Flanagan dkk, 1978 dalam Olsson, 2002) Namun, di sisi lain, di suatu tempat, batuan serta tanah bisa mengandung Cd dalam konsentrasi yang sangat tinggi secara alamiah, penggunaan pupuk fosfat serta deposisi atmosferik dapat meningkatkan konsentrasi tersebut. Cd bisa diserap dengan mudah oleh tanaman melalui akar, tanah yang bersifat asam akan membuat Cd lebih mudah didapatkan. (Thuvander dan Oskarsson, 1998 dalam Olsson, 2002).

Untuk mencegah terjadinya gangguan kesehatan akibat paparan kronis yang terjadi, perlu adanya suatu pencegahan sedini mungkin. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memakai

alat pelindung, seperti masker selama melakukan pengecatan, untuk mengurangi jumlah Cd yang masuk ke dalam tubuh.

4. KESIMPULAN

Setiap jenis cat mempunyai kandungan kadar Cd yang berbeda-beda. Oleh karena itu, kadar Cd pada udara yang terinhalasi pekerja kecil juga bervariasi, yaitu antara 0-1,953 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kadar ini masih jauh berada di bawah standar baik berdasarkan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor: SE-01/MEN/1997 dan *action level* dari OSHA. Jadi, tidak terjadi paparan akut pada pekerja pengecat mobil, tetapi paparan Cd yang bersifat kronis.

Kadar Cd di dalam darah pekerja baik sebelum maupun sesudah pengecatan cukup besar, serta pada kontrol jauh di atas kriteria kadar Cd di dalam darah yang ditetapkan oleh OSHA, yaitu 5 $\mu\text{g}/\text{L}$. Rata-rata kadar Cd dalam darah sebelum melakukan pengecatan sebesar 30,98 ppb, sesudah pengecatan sebesar 40,71 ppb dan rata-rata kadar Cd dalam darah kontrol sebesar 28,523 ppb. Kadar Cd dalam darah pekerja pengecat mobil sebelum pengecatan berbeda secara signifikan dengan kadar Cd dalam darah setelah pengecatan. Sedangkan kadar Cd dalam darah pekerja pengecat mobil tidak berbeda secara signifikan (identik) dengan kadar Cd dalam darah kontrol.

Faktor-faktor yang cukup signifikan berpengaruh pada kenaikan kadar Cd di dalam darah pekerja tersebut adalah kadar Cd yang terhirup, usia, konsumsi air minum, konsumsi buah, konsumsi sayur, warna cat serta pengecatan yang dilakukan sehari sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Fergusson, J.E. (1990). **The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects**. Pergamon Press. New Zealand.
- Hutt, J.A. (2003). **Cadmium Causes Calcium Loss in Bones within Hours of Exposure**. *Spring*. Vol. 21. (1).
- Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. (1999). **Water-The Body's Most Valuable**

Liquid Asset. *The Nutrition Spotlight.*
Mei/Juni

Departement of Labor Occupational Safety and Health Administration. (2003). **Occupational Safety and Health Administration. Cadmium.** U.S.

Olsson, (2002). **Cadmium in Blood and Urine-Impact of Sex, Age, Dietary Intake, Iron**

Status and Former Smoking-Association of Renal Effect. *Environmet Health Perspectives.* Sweden.**Vol. 110.** (12).

Worthy, M. (2001). **Cadmium.** (Dari www.gwu.edu)

Anonim. (1986). **Cadmium.** (dari www.hc-sc.gc.co)