

OP-005
ANALISIS KONSENTRASI KRISTAL SILIKA TERINHALASI
DI LINGKUNGAN KERJA PANDAI BESI
DESA MEKARMAJU, KABUPATEN BANDUNG

Rinda Andhita Regia¹ dan Katharina Oginawati²

¹Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

²Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
e-mail: rindaandhita10@yahoo.co.id dan ogi@elga.net.id

ABSTRAK

Silika merupakan kelompok IV oksida logam, secara alami terjadi berupa kristal dan amorf. Bentuk silika yang paling berlimpah adalah α -quartz (kristal silika). Silika merupakan salah satu komposisi kimia dalam besi yang digunakan oleh pekerja pandai besi Desa Mekarmaju, Kabupaten Bandung. Kristal silika terinhalasi akan menyebabkan penurunan fungsi paru-paru, radang paru-paru akut, gangguan autoimun, bahkan menyebabkan kanker paru-paru. Pekerja pandai besi sangat berpotensi mengidap penyakit paru-paru karena seringnya terpapar kristal silika melalui inhalasi, tidak menggunakan alat pelindung diri berupa masker dan kondisi bengkel pembuatan pisau dan alat pertanian yang tidak didukung oleh ventilasi yang memadai. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis konsentrasi kristal silika terinhalasi di lingkungan kerja pandai besi di Desa Mekarmaju Kabupaten Bandung. Jumlah responden yang terlibat dalam penelitian ini sebanyak 30 orang. Analisis kristal silika terinhalasi dilakukan dengan metode X-ray Diffraction (XRD) berdasarkan MDHS 101 tahun 2005. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi kristal silika rata-rata selama 8 jam kerja adalah 0,2147 mg/m³. Dari 30 orang responden, 16 orang melebihi NAB SE 01/MEN/1997, 27 orang melebihi TLV-TWA ACGIH, dan 6 orang melebihi PEL OSHA. Chronic Daily Intake (CDI) kristal silika rata-rata sebesar 0,0140 mg/kg.hari. Berdasarkan reference dose SE01/MEN/1997, terdapat 6 orang memiliki Hazard Index (HI) > 1 yang berarti pekerjaan yang dilakukan oleh 6 orang tersebut termasuk pekerjaan yang membahayakan kesehatan paru-paru.

Kata kunci: hazard index, konsentrasi, kristal silika, pandai besi, Kabupaten Bandung

1. PENDAHULUAN

Keberadaan industri rumah tangga di Indonesia yang jumlahnya sangat besar merupakan salah satu aset berharga yang dimiliki oleh pemerintah. Industri rumah tangga bukan hanya sebagai usaha rumahan yang menghasilkan produk yang bersifat individu tetapi juga menjadi lumbung perekonomian daerah. Salah satunya di Kabupaten Bandung, Kecamatan Pasir Jambu khususnya Desa Mekarmaju merupakan desa yang mayoritas penduduknya memiliki bengkel pembuatan pisau dan alat pertanian serta merupakan tempat pandai besi terbesar yang masih ada di Jawa Barat.

Pembuatan pisau dan alat pertanian menggunakan alat gerinda menyebabkan terbentuknya debu pada area kerja. Hasil penelitian Dyah Asri Handayani tahun 2001 menyatakan bahwa konsentrasi debu di salah satu industri pisau sebesar 3,7 mg/m³ selama 8 jam kerja. Konsentrasi tersebut telah melebihi konsentrasi debu berdasarkan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja no SE 01/MEN/1997 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara sebesar 3 mg/m³. Bahan baku yang digunakan oleh pekerja pandai besi Desa Mekarmaju berasal dari kayu atau peti bekas, serta besi tua yang berasal dari rel kereta api, pelat besi kapal dan tiang jembatan. Beberapa komposisi kimia yang terdapat dalam besi adalah Karbon (C), Silika (Si), Mangan (Mn), Fospor (P), Sulfur (S), Kromium (Cr), Molybdenum (Mo), Nikel (Ni), Aluminium (Al) dan logam-logam lainnya (Daryus, 2008). Bahan baku yang digunakan oleh pandai besi

membahayakan kesehatan pekerja apabila memapari pekerja dalam konsentrasi tertentu secara terus menerus, salah satunya adalah silika.

Menurut *International Agency for Research on Cancer* (IARC), silika tergolong dalam Grup 1 zat yang bersifat karsinogenik pada manusia. Silika atau silikon dioksida (SiO₂) merupakan kelompok IV oksida logam, yang secara alami terjadi berupa bentuk kristal dan amorf (NTP, 2005). Silika biasanya ditemukan dalam bentuk kristal dan jarang dalam keadaan amorf. Berbagai bentuk kristal silika adalah α -quartz, β -quartz, α -tridymite, β -tridymite, α -cristobalite, β -cristobalite, keatite, coesite, stishovite, dan moganite (NIOSH, 2002). Bentuk silika yang paling berlimpah adalah α -quartz (kristal silika) (NIOSH, 2002).

Kristal silika terinhalasi menyebabkan penurunan fungsi paru-paru, radang paru-paru akut, gangguan autoimun, bahkan dapat menyebabkan kanker paru-paru (Hamilton Jr, *et al.*, 2007). Kristal silika yang mengendap di paru-paru, akan mengoksidasi dinding alveoli yang menyebabkan terjadinya fibrosis. Semakin banyak kristal silika yang mengendap di paru-paru, maka fibrosis yang terjadi di alveoli semakin parah dan menimbulkan penyakit yang dikenal dengan pneumoconiosis silikosis. Dari semua pneumoconiosis, silikosis merupakan penyakit yang terparah karena sifatnya yang progresif, artinya bila pajanan dihentikan maka pneumoconiosis tetap akan berlanjut (Yunus, 1997).

Paparan kristal silika yang berlebihan di udara telah dikenal selama lebih dari 100 tahun menimbulkan bahaya kesehatan yang serius (Madl, *et al.*, 2008). Beberapa penyakit serius dan kematian meningkat terkait dengan paparan kristal silika di berbagai industri, sehingga menjadi prioritas utama dalam masalah kesehatan masyarakat. Studi menunjukkan bahwa lebih dari 23 juta pekerja yang terkena kristal silika di Cina, lebih dari 10 juta di India, 1,7 juta di Amerika Serikat dan lebih dari 3 juta di Eropa (Chen, *et al.*, 2012). Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan, terlihat adanya gangguan paru-paru akibat paparan kristal silika. Penelitian oleh Kresna Wibawa (2008) mengenai analisis risiko kesehatan pajanan debu silika menunjukkan konsistensi antara dosis debu silika terinhalasi dengan persentase penurunan FEV₋₁ pekerja di industri tempa dan cor. Konsentrasi debu silika pada industri tersebut berkisar antara 0,065 mg/m³ – 1,991 mg/m³.

Pekerja pandai besi di Desa Mekarmaju sangat berpotensi mengidap penyakit paru-paru karena seringnya terpapar kristal silika melalui inhalasi dan kondisi bengkel pembuatan pisau dan alat pertanian yang tidak didukung oleh ventilasi yang memadai. Oleh karena itu penelitian mengenai analisis konsentrasi kristal silika di lingkungan kerja pekerja pandai besi sangat diperlukan sebagai langkah awal identifikasi bahaya kristal silika bagi pekerja pandai besi di Desa Mekarmaju, Kabupaten Bandung.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis konsentrasi kristal silika terinhalasi di lingkungan kerja pandai besi di Desa Mekarmaju Kabupaten Bandung. Hasil penelitian dapat digunakan untuk mengendalikan faktor bahaya berupa kristal silika di lingkungan kerja.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Desa Mekarmaju Kecamatan Pasir Jambu Kabupaten Bandung. Penelitian terdiri dari beberapa tahapan yaitu pengumpulan data sekunder, penelitian pendahuluan, pengambilan data primer, analisis laboratorium, dan pengolahan data.

Pengumpulan data sekunder berupa data profil desa Mekarmaju yang diperoleh dari Kantor Kecamatan Pasir Jambu. Penelitian pendahuluan berupa survey lapangan untuk mengetahui kondisi bengkel dan pekerja pandai besi di Desa Mekarmaju. Dari hasil survey diketahui bahwa terdapat empat RW di wilayah Desa Mekarmaju yang aktif melakukan kegiatan pembuatan pisau dan alat pertanian, yaitu RW 1, 3, 7 dan 11. Bengkel pandai besi yang ada dikelola oleh beberapa keluarga. Pembagian berdasarkan gender lebih didominasi pekerja laki-laki dibandingkan perempuan. Anak-anak dan wanita biasanya sebagai pengrajin sarung pisau sedangkan pria sebagai pandai besi yang melakukan tempa, cor dan menggerinda. Berdasarkan Profil Desa Mekarmaju tahun 2011, jumlah total pekerja pandai besi adalah 848 orang. Jumlah objek penelitian diambil berdasarkan pedoman penentuan jumlah sampel dalam *Occupational Exposure Sampling Strategy Manual* dari *National Institute of Occupational*

Safety and Health (Leidel, 1977) sehingga didapatkan jumlah responden sebanyak 30 orang.

Berdasarkan data sekunder dan penelitian pendahuluan yang dilakukan, penelitian ini mengambil lokasi sampling yaitu beberapa bengkel pembuatan pisau dan alat pertanian baik di ruas jalan utama, maupun di dalam gang atau jalan yang lebih kecil di Desa Mekarmaju. **Gambar 1** menunjukkan salah satu bengkel pembuatan pisau dan alat pertanian.



Gambar 1. Salah satu lokasi sampling penelitian

Data primer yang diambil pada penelitian ini meliputi konsentrasi paparan kristal silika terinhalasi pada pekerja dan parameter fisika berupa kelembaban, tekanan udara, suhu udara, kecepatan dan arah angin di lokasi kerja. Data primer lain adalah data berat badan, tinggi badan, usia, lama bekerja, frekuensi kerja dan kebiasaan hidup didapat dari hasil wawancara dan kuesioner dengan responden.

Pengukuran parameter fisika dilakukan pada awal dan akhir sampling udara terinhalasi. Alat yang digunakan untuk mengukur kelembaban dan suhu udara adalah *sling psychrometer*, sedangkan kecepatan dan arah angin dengan anemometer.

Pengambilan sampel udara terinhalasi sesuai *Methods for the Determination of Hazardous Substances* (MDHS) 101 (2005), dilakukan dengan menggunakan *personal sampling pump* yang dipasang filter *Poly Vinyl Chloride* (PVC) diameter 25 mm dengan ukuran pori 5 µm. *Personal sampling pump* yang digunakan adalah Gillian HFATR-S-230VAC serial no. F0388 Prinsip kerja *personal sampling pump* adalah memompa masuk udara yang berada di area pernafasan (*breathing zone*) pekerja yang kemudian ditampung dalam filter PVC pada *cassette filter holder*. Alat ini menghisap kontaminan kristal silika dan dilengkapi oleh *sampler holder* dan *cyclone*.

Sebelum dan setelah pengambilan sampel udara terinhalasi, massa filter dikurangkan untuk menghitung total akumulasi debu di filter (HSE, 2000). Analisis paparan kristal silika terinhalasi dilakukan sesuai MDHS 101 tahun 2005. Analisis kristal silika dalam debu dilakukan dengan metode *X-ray Diffraction* (XRD) di Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi Jakarta.

Konsentrasi debu di udara dapat dihitung berdasarkan **Persamaan 1** (MDHS 101, 2005).

$$C = \frac{Ms}{V} \quad \text{(Persamaan 1)}$$

Dimana C adalah konsentrasi debu di udara (mg/m^3), Ms adalah massa yang terkumpul pada filter (μg), dan V adalah volume udara (L).

Perhitungan *Permissible Exposure Limit* (PEL) kristal silika dengan menggunakan data yang diperoleh dari hasil XRD yaitu persen kristal silika dengan **Persamaan 2** (OSHA, 2004).

$$\text{PEL Kristal Silika} = \frac{10 \text{ mg}/\text{m}^3}{\% \text{ kristal silika} + 2} \quad \text{(Persamaan 2)}$$

Dimana % kristal silika didapat dari hasil pembacaan XRD.

Pengukuran konsentrasi kristal silika di zona pernafasan pekerja dilakukan dalam waktu kurang dari 8 jam atau selama pekerjaan berlangsung. Untuk itu perlu dihitung konsentrasi kristal silika selama 8 jam kerja dengan menggunakan **Persamaan 3**.

$$\text{Adjusted Exposure} = \frac{C_a T_a + C_b T_b + \dots + C_n T_n}{480 \text{ menit}} \quad \text{(Persamaan 3)}$$

Dimana *Adjusted Exposure* adalah konsentrasi paparan zat kimia rata-rata pada pekerja selama 8 jam kerja (mg/m^3), Cn adalah konsentrasi kristal silika pada waktu ke-n (mg/m^3), dan Tn adalah waktu pengukuran konsentrasi ke-n (menit).

Setelah itu dilakukan perhitungan *Chronic Daily Intake* (CDI) kristal silika. Persamaan yang digunakan untuk menghitung CDI adalah (Williams & Burson, 1985):

$$\text{CDI} = \frac{C \times \text{IR} \times \text{ET} \times \text{EF} \times \text{ED}}{\text{BW} \times \text{lifetime} \times \text{AT}} \quad \text{(Persamaan 4)}$$

Dimana CDI adalah *Chronic Daily Intake* ($\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{hari}$), C adalah konsentrasi paparan (mg/m^3), IR adalah *Inhalation Rate*, besarnya $15,2 \text{ m}^3/\text{hari}$ untuk pria 19-65 tahun (ATSDR, 2005), ET adalah *Exposure Time* (jam/hari), EF adalah *Exposure Frequency* (hari/tahun), ED adalah *Exposure Duration* (tahun), BW adalah *Body Weight* (kg), *Lifetime* adalah 70 tahun, berdasarkan usia rata-rata manusia dan AT adalah *Averaging Time* (hari).

Selanjutnya dilakukan perhitungan indeks bahaya (*hazard index*) untuk mengetahui apakah paparan kristal silika berisiko memberikan efek berbahaya bagi manusia yang terpapar. Untuk menghitung *Hazard Index* perlu diketahui terlebih dahulu *Hazard Quotient* (HQ) kristal silika dengan menggunakan **Persamaan 5** (Soemirat, 2000).

$$\text{HQ} = \frac{\text{CDI}}{\text{RfD}} \quad \text{(Persamaan 5)}$$

Dimana HQ adalah *Hazard Quotient* dan RfD adalah *Reference Dose* ($\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{hari}$). Pada penelitian ini, karena perhitungan hanya dilakukan terhadap paparan kristal silika, maka nilai $\text{HI} = \text{HQ}$. Suatu kontaminan dianggap membahayakan bagi suatu lingkungan bila memiliki nilai $\text{HI} > 1$ (Soemirat, 2000).

Analisis statistik dalam penelitian ini dengan bantuan program komputer *Statistical Product and Service*

Solution (SPSS) Versi 18 meliputi analisis deskriptif, uji korelasi, dan regresi linier berganda/multivariat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Debu di Udara

Uji pendahuluan berupa analisis debu di udara salah satu bengkel pembuatan pisau dan alat pertanian dengan menggunakan metode *X-ray Fluorescence* (XRF). Hasil analisis menunjukkan konsentrasi kristal silika sebesar $35 \times 10^{-7} \text{ mg}/\text{m}^3$.

3.2 Pengukuran Parameter Fisika Lingkungan Kerja

Interaksi udara dengan paru-paru berlangsung setiap saat, oleh karena itu kualitas udara yang terinhalasi sangat berpengaruh terhadap faal paru-paru. Faktor-faktor yang mempengaruhi pencemaran udara yaitu kelembaban, suhu dan penyebaran (Mengkid, 2006). Parameter fisika lingkungan kerja berupa kelembaban, suhu udara, kecepatan dan arah angin diambil dengan melakukan pengukuran langsung di lokasi penelitian. Rata-rata hasil pengukuran parameter fisika lingkungan kerja dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Parameter Fisika Lingkungan Kerja

Parameter Fisika	Lokasi Penelitian		NAB *
Kelembaban (% RH)	64,1 ± 3,4	65 - 95	65 - 95
Temperatur udara (°C)	27,8 ± 1,2	18 - 30	18 - 30
Kecepatan angin (m/s)	0	0,15 - 0,25	0,15 - 0,25

*KepMenKes No.1405/MENKES/SK/XI/2002 Lampiran II tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja untuk Industri

Hasil penelitian menunjukkan temperatur udara lingkungan kerja masih memenuhi NAB. Lain halnya dengan kelembaban dimana kelembaban pada lingkungan kerja berada dibawah rentang NAB.

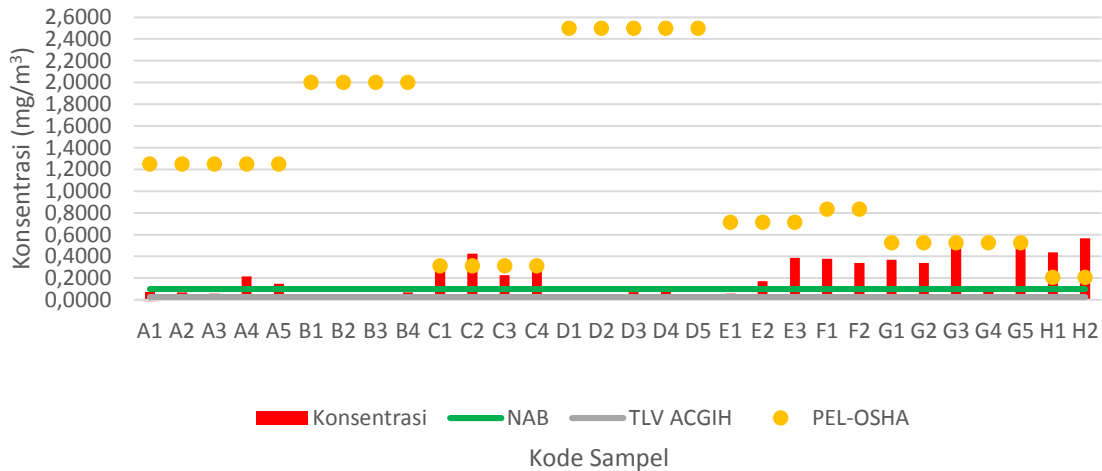
Kelembaban udara yang rendah diasumsikan dapat menyebabkan konsentrasi debu tinggi di udara. Untuk kecepatan angin berada di bawah rentang NAB yaitu 0 m/s karena lokasi penelitian berada di ruangan tertutup. Kecepatan angin dibawah 0,2 m/s menyebabkan partikel debu tidak terdispersi dengan sempurna sehingga dapat diasumsikan bahwa konsentrasi debu akan terpusat pada sumber bahaya (NIOSH dalam Rani, 2011).

3.3 Konsentrasi Kristal Silika

Menurut Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor: SE01/MEN/1997, Nilai Ambang Batas atau NAB adalah standar faktor-faktor lingkungan kerja yang dianjurkan di tempat kerja agar tenaga kerja masih dapat menerimanya tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu.

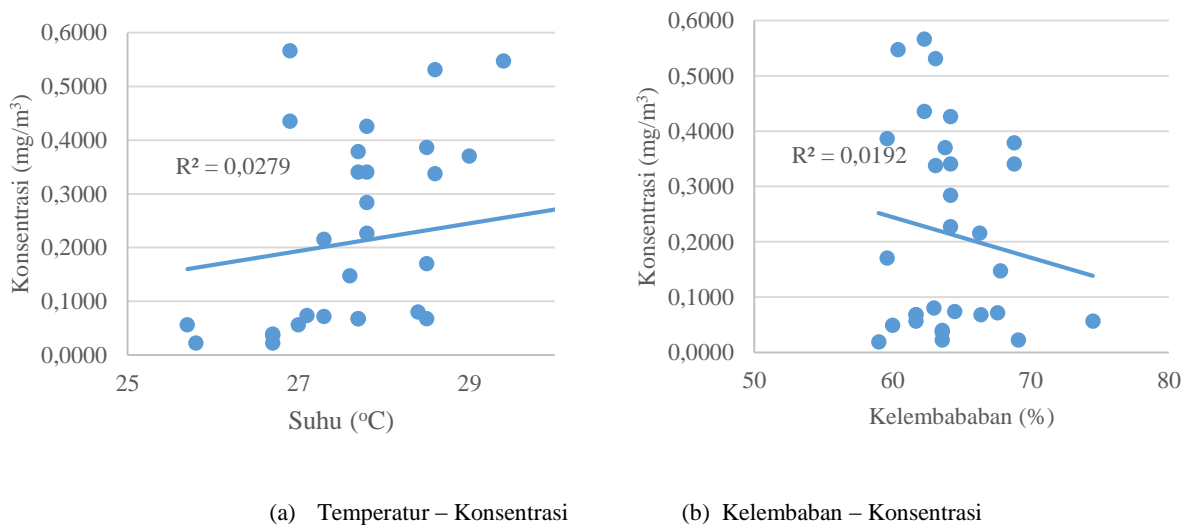
NAB kristal silika menurut SE 01/MEN/1997 adalah $0,1 \text{ mg/m}^3$, *Threshold Limit Value - Time Weighted Average* (TLV-TWA) ACGIH (2010) adalah $0,025 \text{ mg/m}^3$ dan *Permissible Exposure Limit* (PEL) OSHA tergantung dari persen kristal silika. Konsentrasi kristal silika selama 8 jam dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Dari **Gambar 2** dapat dilihat bahwa dari 30 orang pandai besi, 16 orang melebihi NAB SE 01/MEN/1997, 27 orang melebihi TLV-TWA ACGIH, dan 6 orang melebihi PEL OSHA. Rentang nilai konsentrasi kristal silika selama 8 jam kerja antara $0,0189 - 0,5663 \text{ mg/m}^3$ dengan nilai rata-rata sebesar $0,2147 \pm 0,1801 \text{ mg/m}^3$ dimana nilai rata-rata tersebut telah melebihi SE 01/MEN/1997 dan TLV-TWA ACGIH.



Gambar 2. Konsentrasi kristal silika

Hubungan antara konsentrasi kristal silika dengan parameter fisika lingkungan kerja dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Pengaruh parameter fisika lingkungan kerja terhadap konsentrasi

Pada **Gambar 3a**, terlihat bahwa pengaruh temperatur terhadap konsentrasi memiliki nilai R^2 sangat kecil yaitu 0,0279, sehingga dapat dikatakan bahwa temperatur tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap konsentrasi kristal silika. Hal ini sesuai dengan hasil analisis statistik korelasi Spearman yang menunjukkan nilai p sebesar 0,081 ($p > 0,05$). Hasil tersebut berarti tidak terdapat hubungan yang nyata antara temperatur di lingkungan kerja dengan konsentrasi kristal silika.

Pada **Gambar 3b**, terlihat bahwa pengaruh kelembaban terhadap konsentrasi juga memiliki nilai R^2 sangat kecil yaitu 0,0192, sehingga dapat dikatakan bahwa

kelembaban tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap konsentrasi kristal silika. Hasil analisis statistik korelasi Spearman menunjukkan nilai p sebesar 0,851 ($p > 0,05$) yang berarti tidak terdapat hubungan yang nyata antara kelembaban di lingkungan kerja dengan konsentrasi kristal silika.

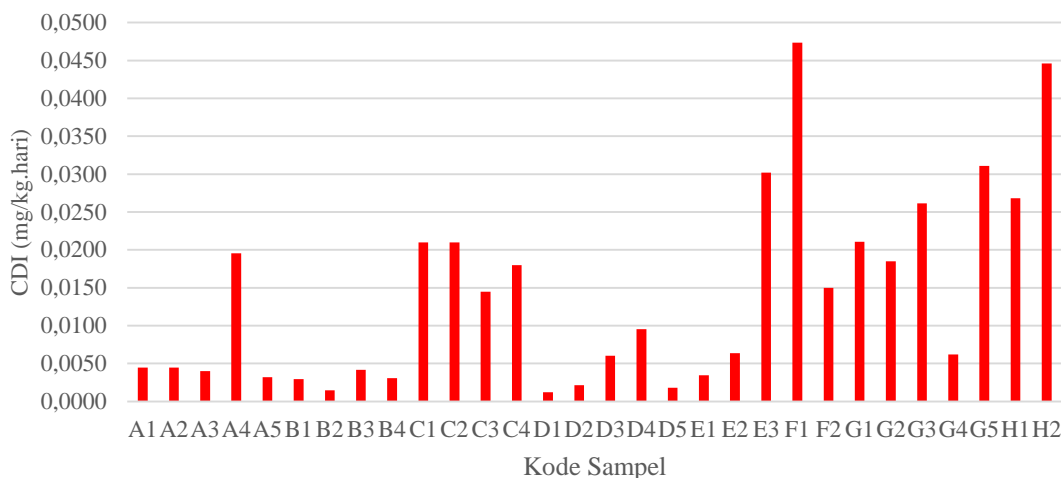
3.4 Chronic Daily Intake Kristal Silika

Efek jangka panjang yang ditimbulkan oleh kristal silika berupa pneumoconiosis merupakan efek kronis, sehingga perlu dihitung nilai *intake* berupa *Chronic Daily Intake*

(CDI). Hasil perhitungan CDI dapat dilihat pada **Gambar 4**.

Pada **Gambar 4** dapat dilihat nilai CDI bervariasi, hal ini tergantung dari konsentrasi paparan kristal silika yang

diterima saat bekerja dan juga durasi paparan kristal silika selama hidup pada responden. Rentang nilai CDI berada antara 0,0012 – 0,0473 mg/kg.hari dengan rata-rata sebesar $0,0140 \pm 0,0129$ mg/kg.hari.

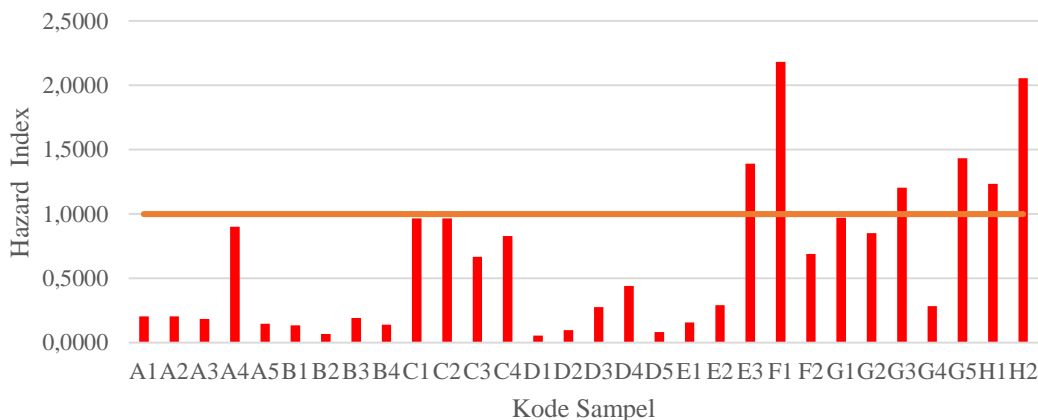


Gambar 4. CDI kristal silika

3.5 Hazard Index

Hazard Index (HI) perlu diketahui untuk melihat apakah paparan kristal silika berbahaya atau tidak ke tubuh pekerja. Nilai HI dihitung menggunakan *Reference Dose* yang telah dikonversi dari nilai konsentrasi baku mutu kristal silika di udara. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat **Gambar 5**.

Dari **Gambar 5** dapat dilihat nilai HI berkisar antara 0,0559 – 2,1817 dengan rata-rata $0,6437 \pm 0,5926$. Berdasarkan hasil perhitungan, terdapat 6 orang memiliki nilai HI > 1. Hal ini berarti dosis kristal silika membahayakan kesehatan paru-paru 6 orang tersebut berdasarkan nilai *Reference Dose* SE 01/MEN/1997.



Gambar 5. HI berdasarkan *Reference Dose* SE 01/MEN/1997

Nilai HI yang didapat bergantung dari CDI kristal silika yang masuk ke tubuh responden, sehingga juga bergantung pada masa kerja dan konsentrasi paparan selama kerja. Semakin lama masa kerja dan semakin besar konsentrasinya, maka nilai HI juga akan tinggi.

4. KESIMPULAN

Konsentrasi kristal silika terinhalasi rata-rata selama 8 jam adalah 0,2147 mg/m³ dimana terdapat 16 orang melebihi NAB SE 01/MEN/1997, 27 orang melebihi TLV-TWA ACGIH, dan 6 orang melebihi PEL OSHA. Berdasarkan *reference dose* SE01/MEN/1997, terdapat 6 orang memiliki HI > 1 yang berarti pekerjaan yang dilakukan oleh 6 orang tersebut termasuk pekerjaan yang membahayakan kesehatan paru-paru.

DAFTAR PUSTAKA

- American Conference of Industrial Hygienist (ACGIH). 2010. *Silica, Crystalline - α -Quartz and Cristobalite*.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2005. *Public Health Assessment Guidance Manual (Update)*. U.S Department of Health and Human Services Public Health Service: Atlanta, Georgia.
- Chen, Weihong, Yuewei Liu, Haijiao Wang, Eva Hnizdo, Yi Sun, Liangping Su, Xiaokang Zhang, Shaofan Weng, Frank Bochmann, Frank J. Hearl, Jingqiong Chen, Tangchun Wu. 2012. Long-Term Exposure to Silica Dust and Risk of Total and Cause-Specific Mortality in Chinese Workers: A Cohort Study. *PLoS Medicine April 2012 Volume 9 Issue 4 e1001206*.
- Hamilton Jr, Raymon F, Sheetal A Takur, Andrij Holian. 2007. *Silica Binding and Toxicity in Alveolar Macrophages*. Department of Biomedical and Pharmaceutical Sciences, Center for Environmental Health Sciences, University of Montana: USA.
- Handayani, Dyah Asri. 2001. *Desain Ventilasi Industri Pembuatan Pisau T. Kardin Knives Bandung*. Tugas Akhir Program Sarjana, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Health and Safety Executive (HSE). 2000. *MDHS 14/3: General Methods for Sampling and Gravimetric Analysis of Respirable and Inhalable Dust*. February 2000.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). 1997. *Silica, Some Silicates, Coal Dust and Para Aramid Fibrils*. Lyon: 1997; 68. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemical to Humans.
- Madl, Amy K., Ellen P. Donovan, Shannon H. Gaffney, Meg A. McKinley, Emily C. Moody, John L. Henshaw & Dennis J. Paustenbach. 2008. State-of-the-Science Review of the Occupational Health Hazards of Crystalline Silica in Abrasive Blasting Operations and Related Requirements for Respiratory Protection. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B: Critical Reviews Volume 11 Issue 7 pages 548-608*.
- Mengkidi, Dorce. 2006. *Gangguan Fungsi Paru dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya pada Karyawan PT. Semen Tonasa Pangkep Sulawesi Selatan*. Tesis Program Pasca Sarjana, Program Studi Kesehatan Lingkungan, Universitas Diponegoro.
- Methods for the Determination of Hazardous Substances (MDHS) 101. 2005. *Crystalline Silica in Respirable Silica Airborne Dusts*. Health and Safety Executive: London.
- National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH). 2002. *NIOSH Hazard Review: Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica* (DHHS (NIOSH) Publication No. 2002-129). Cincinnati, OH, 145 pp.
- NTP. 2005. *Report on Carcinogens, Eleventh Edition. Silica, Crystalline (Respirable Size*)*. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Toxicology Program.
- Occupational Safety & Health Administration (OSHA). 2004. *Respirable PEL*. 29 CFR 1910.1000-Table Z-3.
- Rani. 2011. *Analisis Paparan Debu Kapas terhadap Penurunan Fungsi Paru Pekerja Industri Tekstil PT. X*. Thesis Program Pasca Sarjana, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Soemirat, J. 2000. *Bahan Kuliah Analisis Risiko Kesehatan dan Lingkungan*. KBK Kesehatan Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja. Nomor : SE 01/MEN/1997 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja.
- Wibawa, Kresna. 2008. *Analisis Risiko Kesehatan Paparan Debu terhadap FEV_{1.0} Pekerja di Lingkungan Kerja PT. X*. Thesis Program Pasca Sarjana, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Williams, P.L & Burson. 1985. *Industrial Toxicology: Safety and Health Applications in the Workplace*. Van Nostrand Reinhold: New York.
- Yunus. F. 1997. *Dampak Debu Industri pada Paru Pekerja dan Pengendaliannya*. Cermin Dunia Kedokteran, 115, 45-51.