

## ANALISIS RISIKO KESEHATAN PAJANAN $PM_{10}$ PADA PEKERJA INDUSTRI READYMIX PT. X PLANT KEBON NANAS JAKARTA TIMUR

### *Health Risk Analysis of Particulate Matter 10 ( $PM_{10}$ ) Exposure among Readymix Workers of PT X Kebon Nanas Plant, East Jakarta*

Isnatami Nurul Azni<sup>1</sup>, Bambang Wispriyono<sup>1,2</sup>, Meliana Sari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Kesehatan Lingkungan dan Industri, FKM UI

(isnatami05@gmail.com)

#### ABSTRAK

Pajanan agen risiko kesehatan dari lingkungan kerja berdampak pada timbulnya risiko penyakit akibat kerja sehingga pekerja menjadi tidak produktif. Oleh karena itu, untuk mengestimasi risiko kesehatan dari pajanan agen risiko berupa  $PM_{10}$  dari lingkungan kerja, sebuah penelitian analisis risiko telah dilakukan pada 70 orang pekerja industri readymix PT. X Plant Kebon Nanas. Risiko kesehatan akibat pajanan  $PM_{10}$  dihitung dengan membandingkan asupan  $PM_{10}$  dengan dosis referensi. Konsentrasi  $PM_{10}$  diukur pada 6 titik dengan konsentrasi rata-rata yaitu  $0,289 \text{ mg/m}^3$ . Perhitungan risiko yang diterima saat ini (*realtime*) terdapat 21,4% pekerja yang berada dalam kategori berisiko. Hasil estimasi risiko yang diterima seumur hidup (*lifetime*) hanya 2 orang pekerja yang dalam kategori tidak berisiko. Manajemen risiko yang dapat dilakukan adalah dengan menurunkan konsentrasi menjadi  $0,08 \text{ mg/m}^3$ . Dengan konsentrasi tersebut pekerja diestimasi aman bekerja selama 11 jam per hari dan 362 hari per tahun.

**Kata kunci :** Analisis risiko, industri beton,  $PM_{10}$

#### ABSTRACT

*The exposure of a risk agent from the workplace affects the incidence of occupational-related diseases so the workers are not able to work productively. To estimate health risk from exposure to  $PM_{10}$ , cross sectional design of health risk assessment has been conducted among 70 readymix workers of PT. X at Kebon Nanas Plant. The result of the average concentration was  $0.289 \text{ mg/m}^3$ . To estimate the health risks, Risk Quotient (RQ) has been calculate which is obtained from the comparison of the daily intake and reference dose. The calculations of the real time risk showed that 21,4% of workers are not safe from a health risk. While only 2 workers are safe from life time risk. The limit concentration of  $PM_{10}$  to be safe to work is  $0,08 \text{ mg/m}^3$  for 11 hr/day and 362 days/year.*

**Keywords:** Risk analysis, concrete industry,  $PM_{10}$

## PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan masalah kesehatan lingkungan yang terjadi di negara maju maupun negara berkembang. Salah satu pencemar udara yang dapat menimbulkan masalah kesehatan adalah partikel debu kasar atau *Particulate Matter* 10 (PM<sub>10</sub>). Studi epidemiologi membuktikan bahwa PM<sub>10</sub> berhubungan dengan berbagai gangguan kesehatan.<sup>1,2</sup> PM<sub>10</sub> banyak ditemukan pada industri yang banyak menghasilkan debu salah satunya adalah industri semen. Industri semen merupakan penyumbang terbesar emisi partikulat global.<sup>3</sup> Pertambangan batu kapur yang merupakan bahan baku pembuatan semen juga ikut berkontribusi atas timbulnya debu partikulat. Debu kapur tersebut dapat mencetuskan Penyakit Paru Obstruktif Kronik.

Penelitian mengenai analisis risiko sebagai suatu langkah preventif untuk mencegah risiko kesehatan telah mengangkat agen risiko berupa partikulat dari pertambangan kapur dan industri semen.<sup>4,5,6</sup> Subjek pada penelitian tersebut merupakan populasi residensial sedangkan menurut *Centers of Disease Control and Prevention* (CDC), 30 persen dari penderita penyakit paru obstruktif kronik dan penderita asma dewasa disebabkan oleh pajanan di tempat kerja.<sup>7</sup> Oleh karena itu, adanya penelitian analisis risiko yang menggunakan populasi pekerja juga perlu dilakukan. Penelitian analisis risiko yang menggunakan populasi pekerja telah dilakukan,<sup>8</sup> tetapi pajanan agen risiko tidak dikhususkan dari lingkungan kerja.

Penelitian epidemiologi pajanan debu semen mengakibatkan gangguan kesehatan.<sup>9,10</sup> Salah satu industri yang menggunakan semen dan kapur sebagai bahan baku adalah industri beton. Enam juta ton atau 12 persen dari total 50 juta ton semen yang diproduksi di Indonesia digunakan sebagai bahan baku beton.<sup>11</sup> Beton merupakan material yang digunakan dalam pembangunan yang merupakan campuran dari semen serta material-material lain berupa agregat kasar dan halus seperti pasir, batu split, abu batu, *fly ash*, air dan bahan *additive* yang berfungsi mengatur pengerasan beton. Pembangunan infrastruktur yang semakin marak di kota besar seperti Jakarta meningkatkan produksi beton di mana produksi dilakukan di dalam sebuah pabrik/plant

yang didirikan dekat dengan proyek pembangunan. PT. X merupakan salah satu industri yang bergerak dalam bidang *readymix* atau beton siap pakai. Saat ini PT. X telah memiliki ± 35 *concrete batching plant* yang tersebar di seluruh Indonesia dan plant terbesar yaitu Plant Kebon Nanas.

Studi epidemiologi telah membuktikan adanya hubungan antara pajanan partikulat dengan gangguan kesehatan. Hasil penelitian Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan mengenai pajanan partikulat yang telah dilakukan mengambil populasi residensial, tetapi untuk penelitian analisis risiko yang mengukur tingkat risiko terhadap pekerja yang terpajan partikulat dari lingkungan kerja. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat risiko pada populasi pekerja dari pajanan di lingkungan kerja.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi analisis risiko kesehatan lingkungan. Metode ini tidak digunakan untuk menganalisis hubungan antara pajanan agen risiko dengan gangguan kesehatan. Metode ini bertujuan untuk mengestimasi risiko yang diterima suatu populasi akibat pajanan agen risiko kesehatan di lingkungan. Tahapan analisis risiko dimulai dari identifikasi bahaya; analisis pajanan dan perhitungan asupan; analisis dosis respons; dan karakterisasi risiko. Risiko dinyatakan sebagai *Risk Quotient* (RQ) dengan cara membagi antara asupan yang diterima dengan nilai referensi atau *reference concentration* (*RfC*) untuk zat non karsinogenik (Persamaan 1). Suatu keadaan dinyatakan berisiko dan membutuhkan manajemen pengendalian jika RQ > 1. Asupan/*intake* merupakan jumlah agen risiko yang diterima individu per berat badan per hari (mg/kg.hari) dihitung dengan menggunakan (Persamaan 2)<sup>12</sup> untuk pajanan inhalasi, yaitu:

$$RQ = \frac{I}{RfC} \quad \text{(Persamaan 1)}$$

$$Intake = \frac{R \times C \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}} \quad \text{(Persamaan 2)}$$

*Intake* : asupan inhalasi (mg/kg/hari)

R : laju inhalasi (m<sup>3</sup>/jam)

C : konsentrasi agen risiko (mg/m<sup>3</sup>)

- $t_E$  : lama pajanan (jam/hari)
- $f_E$  : frekuensi pajanan (hari/tahun)
- $D_t$  : durasi pajanan (tahun)
- $W_b$  : berat badan (kg)
- $t_{avg}$  : periode waktu rata-rata ( $D_t \times 365$  hari/tahun untuk zat nonkarsinogen populasi industri)

Konsentrasi  $PM_{10}$  didapatkan dari pengukuran langsung di enam titik Plant Kebon Nanas dengan menyesuaikan dengan SNI.16-7058-2004 untuk pengukuran debu total di tempat kerja. Sampel pekerja sebanyak 70 orang yang didapatkan dari rumus sampel satu proporsi. Kemudian data antropometri dan pola aktivitas dikumpulkan untuk mengetahui nilai-nilai faktor pemajanan. Data antropometri dan pola aktivitas yang dikumpulkan berupa berat badan ( $W_b$ ), lama kerja per hari ( $t_E$ ), frekuensi kerja dalam setahun ( $f_E$ ), dan durasi pajanan yang telah diterima oleh pekerja selama bekerja di Plant Kebon Nanas ( $D_t$ ). Laju inhalasi belum tersedia nilai *default* sehingga dapat dihitung menggunakan persamaan Arbrianto, 2004 dalam<sup>4</sup> yaitu  $y = 5,3 \ln(x) - 6,9$  dengan  $y$  = laju inhalasi ( $m^3/hari$ ) dan  $x$  = berat badan (kg). Referensi lain yang dapat digunakan untuk mengetahui laju inhalasi, yaitu *Exposure Factors Handbook* yang telah disusun US. EPA<sup>13</sup> menggunakan variabel umur sebagai acuan perhitungan laju inhalasi.

**HASIL**

**Konsentrasi  $PM_{10}$  di Plant Kebon Nanas.**

**Tabel 1. Hasil Pengukuran PM10 di Udara Plant Kebon Nanas**

Lokasi	NAB* ( $mg/m^3$ )	Konsentrasi ( $mg/m^3$ )	Waktu Pengukuran
Gedung Kantor	3	0,259	09.30—10.45
Area Timbangan	3	0,333	09.40—10.25
Stockpile	3	0,407	10.25—11.11
Ruang Produksi	3	0,370	10.40—11.25
Ruang tunggu supir	3	0,200	11.25—12.15
Ruang workshop	3	0,167	13.35—14.24

**Tabel 2. Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas Pekerja (n = 70)**

Variabel	Mean $\pm$ SD	Median	Min	Max
Berat Badan (kg)	67,95 $\pm$ 12,99	68	39	109
Waktu Kerja (jam/hari)	9,83 $\pm$ 2,54	10	2	16
Frekuensi Pajanan (hari/tahun)	314,5 $\pm$ 37,88	322,5	29	329
Durasi Kerja <i>realtime</i> (tahun)	6,33 $\pm$ 5,88	4,25	1 bulan	24 tahun

Hasil pengukuran konsentrasi  $PM_{10}$  di enam titik Plant Kebon Nanas tercantum dalam Tabel 1. Konsentrasi  $PM_{10}$  di lingkungan Plant Kebon Nanas tidak menunjukkan nilai yang melewati Nilai Ambang Batas Permenakertrans No. 13 Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Fisik dan Kimia di Tempat Kerja.<sup>14</sup> Namun seluruh konsentrasi telah melebihi standar primer maupun sekunder yang ditetapkan oleh US. EPA sebesar  $150\mu g/m^3$ .<sup>15</sup> Dari hasil analisis didapatkan rata-rata konsentrasi  $PM_{10}$  yaitu sebesar  $0,289 mg/m^3$ .

**Karakteristik Antropometri dan Pola Aktivitas.** Survei dilakukan pada 70 orang pekerja untuk mendapatkan gambaran umum karakteristik antropometri dan pola aktivitas pekerja Plant Kebon Nanas. Variabel yang disurvei adalah berat badan dan pola kerja berupa lama kerja per hari, frekuensi kerja per tahun, dan masa kerja (tahun) yang diasumsikan sebagai pola pajanan pekerja terhadap agen risiko  $PM_{10}$  dari lingkungan kerja Plant Kebon Nanas (Tabel 2). Karakteristik umur pekerja berkisar antara 19 sampai 55 tahun. Umur menjadi salah satu variabel penentuan laju inhalasi (R) yang nantinya mempengaruhi asupan  $PM_{10}$  selain yang dapat dihitung menggunakan variabel berat badan ( $W_b$ ).

Rata-rata lama kerja per hari yaitu 10 jam, sedangkan frekuensi kerja selama 322,5 hari/tahun. Hasil survei didapatkan pula masa kerja di Plant Kebon Nanas tersingkat yaitu 1 bulan dan terlama yaitu 24 tahun. Berdasarkan hasil tersebut kemudian diambil nilai yang representatif untuk dijadikan sebagai variabel perhitungan asupan

**Tabel 3. Variabel Perhitungan Asupan**

Variabel	Nilai
Konsentrasi (mg/m <sup>3</sup> )	0,289
Berat Badan (W <sub>b</sub> ) (kg)	67,95
Waktu Kerja (t <sub>E</sub> ) (jam/hari)	9,83
Frekuensi Pajanan (f <sub>E</sub> ) (hari/tahun)	322,5
Durasi Kerja seumur hidup (lifespan) (D <sub>i</sub> )	25
Laju Inhalasi (m <sup>3</sup> /jam)	0,6

(Tabel 3). Nilai laju inhalasi diambil menggunakan persamaan Arbrianto, 2004 dalam<sup>4</sup> yaitu  $y = 5,3 \ln(x) - 6,9$  dengan  $y =$  laju inhalasi (m<sup>3</sup>/hari) dan  $x =$  berat badan (kg). dengan nilai  $x=70$  kg didapatkan  $R=15,6$  m<sup>3</sup>/hari kemudian dikonversi ke dalam satuan m<sup>3</sup>/jam menjadi 0,6 m<sup>3</sup>/jam.

**Analisis Asupan.** Nilai variabel pemajanan yang didapatkan dari hasil survei pada pekerja Plant Kebon Nanas. Nilai rata-rata pajanan ( $t_{avg}$ ) yang digunakan adalah  $25 \times 365$  untuk pajanan industri dan komersial dan tidak diketahui secara khusus material yang terkandung di dalam PM<sub>10</sub> sehingga nilai yang digunakan adalah rata-rata pajanan nonkarsinogenik. Hasil pengukuran asupan didapatkan dengan menggunakan Persamaan 2. Untuk pajanan *real time* menggunakan durasi pajanan (D<sub>i</sub>) 4,25 tahun sedangkan perhitungan pajanan *lifetime* menggunakan (D<sub>i</sub>) 25 tahun. Penentuan dosis respons PM<sub>10</sub> diturunkan dari nilai baku mutu *National Ambient Air Quality Standards* (NAAQS) yaitu 150µg/m<sup>3</sup>.<sup>15</sup> Nilai RfC ini tidak menggunakan Nilai Ambang Batas Permenakertrans 13/2011 karena nilai faktor pemajannya tidak diketahui. Nilai RfC juga tidak menggunakan nilai *No-Observed-Adverse-Efect Level* (NOAEL) ataupun nilai *Lowest-Observed-Adverse-Efect Level* (LOAEL) karena belum ada tinjauan dari instansi yang berkompeten. Nilai RfC pada penelitian ini adalah 0,007 mg/kg/hari.

**Karakterisasi Risiko.** Hasil perhitungan didapatkan pada pajanan *realtime* tidak memperlihatkan adanya risiko sedangkan pada pajanan *lifetime* memperlihatkan adanya risiko (Tabel 4). Dengan menggunakan perhitungan yang sama, dapat diketahui pula durasi pajanan yang mulai menimbulkan risiko. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa risiko mulai ada dan perlu dilakukan pengendalian pada durasi pajanan >5 tahun (Tabel 5). Oleh karena itu, sebanyak 38% dari pekerja yang telah bekerja >5 tahun sudah

**Tabel 4. Hasil Perhitungan Risiko**

Pajanan	RQ	Risiko
<i>Realtime</i>	0,5	Tidak Berisiko
<i>Lifetime</i>	3,3	Berisiko

**Tabel 5. Proyeksi Tingkat Risiko**

5 tahun	10 tahun	15 tahun	20 tahun
0,6	1,3	1,9	2,6

memiliki risiko.

**Manajemen Risiko.** Pada pekerja yang terindikasi berisiko kesehatan terhadap pajanan PM<sub>10</sub> perlu dilakukan manajemen risiko untuk mengurangi dampak pajanan pada pekerja pada durasi pajanan yang lama. Manajemen risiko dapat dilakukan dengan cara memanipulasi faktor pemajanan yaitu manajemen pada sumber dan manajemen waktu pajanan. Manajemen pada sumber dilakukan dengan cara menurunkan konsentrasi PM<sub>10</sub> hingga mencapai batas konsentrasi aman dalam pajanan *lifetime*. Penentuan konsentrasi aman dapat dilakukan dengan mensubstitusi nilai RfC sebagai nilai asupan (0,007 mg/kg/hari).

Seluruh faktor pemajanan menggunakan nilai yang didapatkan dari hasil survei pada pekerja kecuali durasi pajanan digunakan waktu 25 tahun sebagai perhitungan asupan *lifetime*. Berdasarkan perhitungan didapatkan konsentrasi aman untuk pajanan 25 tahun yaitu 0,08 mg/m<sup>3</sup>.

Dengan persamaan tersebut didapatkan waktu kerja maksimal per hari yaitu 3 jam/hari dan frekuensi kerja 100 jam/hari. pengurangan waktu kerja dirasa tidak memungkinkan karena adanya standar jam kerja. Oleh karena itu manajemen risiko yang paling memungkinkan adalah pengurangan konsentrasi. Jika konsentrasi dapat diturunkan menjadi konsentrasi aman (0,08 mg/m<sup>3</sup>) maka dengan perhitungan yang sama didapatkan waktu kerja aman selama 11 jam/hari dan frekuensi kerja sebanyak 362 hari/tahun (Tabel 6).

## PEMBAHASAN

Hasil pengukuran udara ambien di enam titik Plant Kebon Nanas menunjukkan bahwa konsentrasi PM<sub>10</sub> seluruhnya masih di bawah Nilai Ambang Batas Permenakertrans No. 13/MEN/X/2011<sup>14</sup> untuk partikulat respirabel sebe-

**Tabel 6. Manajemen Risiko**

Konsentrasi	0,289 mg/m <sup>3</sup>	0,08 mg/m <sup>3</sup>
Waktu Paparan ( $t_E$ )	3 jam/hari	11 jam/hari
Frekuensi Paparan ( $f_E$ )	100 hari/tahun	362 hari/tahun
Durasi Paparan ( $D$ )	8 tahun	28 tahun

sar 3 mg/m<sup>3</sup> dan Ambang Batas OSHA untuk *total dust* sebesar 15 mg/m<sup>3</sup>. Selain itu jika dibandingkan dengan standar nasional udara ambien baik *primary* maupun *secondary* dari US.EPA<sup>15</sup> yaitu 150 µg/m<sup>3</sup> seluruh konsentrasi PM<sub>10</sub> sudah berada di atas batas aman. *Primary standard* merupakan baku mutu untuk melindungi kesehatan manusia sedangkan *secondary* merupakan baku mutu untuk melindungi makhluk hidup secara umum. Oleh karena itu, batas 150 µg/m<sup>3</sup> yang sudah dilewati oleh Plant Kebon Nanas selain membahayakan pekerja, masyarakat di sekitar Plant juga berisiko kesehatan yang sama bahayanya.

Sebaran data konsentrasi PM<sub>10</sub> di Plant Kebon Nanas normal sehingga nilai yang digunakan adalah nilai rata-rata (*mean*) yaitu sebesar 0,289 mg/m<sup>3</sup>. Konsentrasi tersebut lebih besar dari 5 titik lokasi sampling PM<sub>10</sub> di Jakarta.<sup>8</sup> Pada penelitian ini tidak digunakan faktor meteorologi seperti arah angin, suhu, curah hujan, dan kelembaban. Risiko akan lebih besar pada lokasi yang tertimpa arah angin lebih besar.<sup>6</sup>

Konsentrasi PM<sub>10</sub> tertinggi berada di area *stockpile* yaitu sebesar 0,407 mg/m<sup>3</sup>. *Stockpile* merupakan area terbuka yang digunakan sebagai penyimpanan material berupa agregat halus dan kasar. Area tersebut juga dilalui kendaraan yang masuk atau ke luar Plant seperti truk *mixer*, *tanker*, serta *loader* sehingga memungkinkan timbulnya konsentrasi PM<sub>10</sub> yang tinggi di area tersebut. Kondisi tersebut sangat memungkinkan terjadi karena sumber PM<sub>10</sub> dapat berasal dari aktivitas transportasi atau emisi kendaraan. Pembakaran bahan bakar fosil dari aktivitas transportasi merupakan penyumbang terbesar emisi partikulat ke udara. Partikulat juga berasal dari debu jalan terutama pada jalanan yang tidak beraspal<sup>16</sup>. Konsentrasi yang tinggi mempengaruhi asupan yang nantinya akan meningkatkan risiko kesehatan.

Pengukuran antropometri dan survei pola aktivitas menghasilkan nilai faktor pemajanan untuk populasi pekerja. Studi analisis risiko yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan popu-

lasi residensial sehingga nilai faktor pemajanan lebih tinggi yaitu 24 jam/hari untuk waktu paparan dan 365 hari/tahun untuk frekuensi paparan. Variabel berat badan yang ditemukan dalam penelitian ini sebesar 68 kg lebih tinggi dari studi analisis risiko sebelumnya yaitu 55 kg<sup>4,8</sup> namun nilai tersebut mendekati nilai *default* US.EPA, yaitu 70 kg.<sup>13</sup> Perbedaan berat badan ini dapat mempengaruhi laju inhalasi yang akhirnya dapat menjadi faktor peningkatan risiko.

Plant Kebon Nanas beroperasi selama 24 jam per hari tergantung dengan jumlah permintaan produksi. Hal tersebut mempengaruhi pola aktivitas pekerja di Plant Kebon Nanas. Lama kerja rata-rata yaitu selama 10 jam/ hari dan 322,5 hari/tahun. Nilai tersebut sudah melebihi standar jam kerja normal Keputusan Menakertrans N0. 102/MEN/VI/2004 tentang waktu kerja lembur dan upah kerja lembur, yaitu 8 jam/hari dan 5 hari kerja/ minggu.<sup>17</sup> Semakin lama pekerja berada di dalam Plant Kebon Nanas maka makin tinggi jumlah asupan PM<sub>10</sub> yang berasal dari lingkungan kerja.

Risiko dapat dihitung dengan menggunakan nilai rata-rata pada pekerja maupun nilai masing-masing individu. Untuk konsentrasi PM<sub>10</sub> tidak dapat menggunakan nilai sesungguhnya pada individu karena pengukuran konsentrasi PM<sub>10</sub> tidak menggunakan *personal dust sampler* sehingga konsentrasi yang dihirup setiap waktu diasumsikan berdasarkan pola aktivitas masing-masing individu.

Hasil perhitungan RQ rata-rata untuk paparan *realtime* menunjukkan masih dalam batas aman dari risiko kesehatan (RQ<1). Namun seiring dengan durasi yang meningkat pada perhitungan paparan *lifetime* risiko kesehatan masuk dalam kategori tidak aman dan perlu dilakukan pengendalian (RQ1). Estimasi risiko mulai muncul yaitu pada durasi >5 tahun karena 38% dari pekerja yang diwawancarai sudah bekerja >5 tahun. Pada estimasi paparan *lifetime* hanya 2,8% pekerja yang belum memperlihatkan adanya

risiko sehingga manajemen risiko perlu segera dilakukan.

Sesuai dengan perhitungan risiko yang telah dilakukan bahwa risiko perlu dilakukan pengendalian agar 97,2% pekerja tidak berisiko kesehatan. Ada dua cara yang dapat dilakukan yaitu menurunkan konsentrasi dan waktu pajanan. Namun, manajemen risiko yang paling memungkinkan untuk dilakukan adalah dengan pengendalian konsentrasi PM<sub>10</sub>. Pengendalian dapat dilakukan penghijauan karena pohon secara alami dapat menyerap polutan. Selain itu efektivitas serta perawatan fasilitas seperti *dust collector* dan *sprinkler* untuk penyiraman material di *stockpile* perlu dilakukan untuk mengurangi konsentrasi PM<sub>10</sub>. Sumber PM<sub>10</sub> juga berasal dari pembakaran bahan bakar untuk aktivitas transportasi di mana dalam aktivitas produksi di Plant Kebon Nanas, penggunaan truk mixer, loader, dan truk tanker merupakan hal yang utama sehingga perawatan kendaraan juga perlu dilakukan untuk mengendalikan PM<sub>10</sub> di lingkungan kerja.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Konsentrasi PM<sub>10</sub> di seluruh area Plant Kebon Nanas telah melebihi standar NAAQS US.EPA sebesar 150µg/m<sup>3</sup>. Tingkat risiko rata-rata menunjukkan hasil RQ<1 yang mana risiko masih rendah dan belum berbahaya. Namun, pada perhitungan tingkat risiko per individu terdapat 15 pekerja yang masuk dalam kategori berisiko (RQ>1) dan perlu dilakukan pengendalian risiko. Manajemen risiko yang paling mungkin dilakukan pada pekerja adalah dengan menurunkan konsentrasi menjadi 0,08 mg/m<sup>3</sup>. Program penghijauan merupakan suatu cara yang dapat dilakukan untuk mengendalikan konsentrasi PM<sub>10</sub> selain cara lainnya yaitu perawatan truk mixer dan loader serta pengaspalan daerah dalam Plant Kebon Nanas.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Peters, A et al. Associations Between Mortality and Air Pollution in Central Europe. *Environmental Health Perspective*. 2000;108(4):283-287
2. Medina-Ramon, et al. The Effect of Ozone and PM10 on Hospital Admissions for Pneumonia and Chronic Obstructive Pulmonary Disease: a National Multicity Study. *American Journal of Epidemiology*. 2006;163(6):579—588
3. Zeleke ZK et al. 2010. Cement Dust Exposure and Acute Lung Function: A Cross-shift study. *BMC Pulm Medicine*. 2010;10:19. doi: 10.1186/1471-2466-10-19.
4. Rahman, Abdur et al. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Pertambangan Kapur di Sukabumi, Cirebon, Tegal, Jepara, dan Tulung Agung. *Jurnal Ekologi Kesehatan*. 2008;7(1):665-677
5. Suryaman, Ujang Saleh dan Abdur Rahman. Safe Area For Residential Population to Reside Near Limestone Mining: a risk management approach. *Jurnal Ekologi Kesehatan*. 2011;10(4):256-266
6. Novirsa, Randy dan Achmadi, Umar Fahmi. Analisis Risiko Pajanan PM 2,5 di Udara Ambien Siang Hari terhadap Masyarakat di Kawasan Industri Semen. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 2012;7(4):173-179
7. Kurniawidjaja, L, Meily. Program Perlindungan Kesehatan Respirasi di Tempat Kerja Manajemen Risiko Penyakit Paru Akibat Kerja. *J Respir Indo*. 2010;30(4):217-229
8. Nukman, et al. Analisis dan Manajemen Risiko Kesehatan Pencemaran Udara: Studi Kasus di Sembilan Kota Besar Padat Transportasi. *Jurnal Ekologi Kesehatan*. 2005;4(2):270-289
9. Mwaliselage et al. Respiratory Symptoms and Chronic Obstructive Pulmonary Disease among Cement Workers. *Scand J Work Environ Health*. 2005;31(4):316-323
10. Nordby et al. Exposure to Thoracic Dust, Airway Symptoms and Lung Function in Cement Dust Production Workers. *European Respiratory Journal*. 2011;38(6):1278-1286
11. CNN Indonesia. 2014. Produksi Beton Tahun Depan Naik 42 Persen. 2014. <http://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20141007174540-99-5661/produksi-beton-tahun-depan-naik-42-persen/>
12. Louvar, Joseph F. Health and Environmental Risk Analysis: Fundamental with Application. Prentice Hall Inc: USA. 1998
13. US. EPA. 2011. Exposure Factors Handbook: 2011 Edition. [www.epa.gov/ncea/efh](http://www.epa.gov/ncea/efh)
14. Kementerian Tenaga Kerja Dan Transmi-

- grasi, Peraturan Menteri Nomor Per.13/Men/X/2011 Tahun 2011, Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika Dan Faktor Kimia Di Tempat Kerja
15. US. EPA. 2012. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). <http://www.epa.gov/ttn/naaqs/criteria.html>
  16. Fierro, Marian. 2000. Particulate Matter. Diakses di [http://www.airinfnow.org/pdf/Particulate\\_Matter.pdf](http://www.airinfnow.org/pdf/Particulate_Matter.pdf)
  17. Keputusan Menakertrans NO. 102/MEN/VI/2004, tentang waktu kerja lembur dan upah kerja lembur