

Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan *Particulate Matter* 2,5 (PM_{2,5}) Dalam Rumah Tinggal di Perumahan X Kawasan Industri Semen

Rinda Andhita Regia*, Vera Surtia Bachtiar**, Rifel Solihin

Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Indonesia

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis risiko kesehatan terhadap paparan *Particulate Matter* 2,5 (PM_{2,5}) di dalam rumah tinggal yang berada di kawasan industri semen. Penelitian dilakukan di Blok B dan Blok D Perumahan X. Pengambilan sampel PM_{2,5} dengan Low Volume Sampler (LVS) dan metode gravimetri untuk mengetahui konsentrasi PM_{2,5}, serta pengukuran suhu dan tekanan udara menggunakan Pocket Weatherman. Analisis risiko kesehatan berdasarkan Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) Direktorat Jenderal PP dan PL Kementerian Kesehatan tahun 2012 dengan melakukan wawancara dan kuesioner dengan jumlah responden sebanyak 46 penghuni rumah. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi PM_{2,5} di Blok B dan Blok D berkisar antara 8,87 sampai 23,72 µg/m³ dengan konsentrasi tertinggi berada di Blok D. Konsentrasi tersebut masih memenuhi baku mutu Permenkes RI No. 1077 tahun 2011. Hasil perhitungan ARKL menunjukkan risiko realtime berkisar antara 0,0014 sampai 0,4529 dan risiko lifetime berkisar antara 0,0680 sampai 0,6794. Hal ini menunjukkan bahwa risiko realtime dan risiko lifetime semua responden di Blok B dan Blok mempunyai nilai Risk Quotient (RQ) <1 yang berarti paparan PM_{2,5} tersebut dikatakan aman dan tidak memiliki efek kesehatan yang merugikan terhadap penghuni rumah di Blok B dan Blok D Perumahan X.

Kata kunci: ARKL, Blok B, Blok D, Industri Semen, PM_{2,5}

ABSTRACT

This research aims to analyze the health risks of exposure to *Particulate Matter* 2.5 (PM_{2.5}) in residential houses in the cement industrial area. The research was conducted in Block B and Block D, Housing X. Sampling of PM_{2.5} used Low Volume Sampler (LVS) and the gravimetric method to determine the concentration of PM_{2.5} while measuring temperature and air pressure using Pocket Weatherman. Health risk analysis based on the Guidelines for Environmental Health Risk Analysis (EHRA) of the Directorate General of PP and PL of the Ministry of Health in 2012 by conducting interviews and questionnaires with a total of 46 respondents. The results showed that the concentration of PM_{2.5} in Block B and Block D ranged from 8.87 to 23.72 g/m³ with the highest concentration in Block D. The concentration still met the quality standard of the Minister of Health RI No. 1077 in 2011. The results of the EHRA calculation show that the realtime risk ranges from 0.0014 to 0.4529, and the lifetime risk ranges from 0.0680 to 0.6794. It shows that the realtime risk and lifetime risk of all respondents in Block B and Block D have a Risk Quotient (RQ) value <1, which means that PM_{2.5} exposure is said to be safe and has no adverse health effects on residents of houses in Block B and Block D.

Keywords: Block B, Block D, Cement Industry, EHRA, PM_{2.5}

Citation: Regia, R.A., Bachtiar, V.S., Solihin, R. (2021). Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan *Particulate Matter* 2,5 (PM_{2,5}) Dalam Rumah Tinggal di Perumahan X Kawasan Industri Semen, *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3), 531-540, doi:10.14710/jil.19.3.531-540

1. Latar Belakang

Industri semen merupakan industri yang dibutuhkan untuk pembangunan fisik baik sarana dan prasarana infrastruktur dimana kebutuhannya semakin meningkat seiring meningkatnya pembangunan nasional dan kegiatan ekonomi masyarakat. Salah satu industri semen terbesar di Indonesia berada di Pulau Sumatera. Perusahaan ini memiliki total kapasitas produksi sebesar 8.900.000 ton/tahun. Penggunaan berbagai jenis bahan baku dan produk oleh industri semen memiliki dampak negatif

terhadap lingkungan, salah satunya yaitu emisi udara yang berasal dari emisi peralatan, aktivitas industri maupun dari kegiatan transportasi. Emisi udara yang dihasilkan oleh industri semen dapat berupa partikulat maupun gas.

Partikulat terdiri dari asal, ukuran, dan komposisi kimia yang berbeda. Berdasarkan distribusi partikel, partikulat terdiri dari PM berukuran ≤2,5 µm (PM_{2,5}), PM berukuran ≤10 µm (PM₁₀) dan PM berukuran ≤100 µm (PM₁₀₀/TSP)(Afifah, 2009). Salah satu yang berbahaya adalah PM_{2,5}. PM_{2,5} termasuk polutan yang

* Penulis korespondensi: rinda@eng.unand.ac.id; verasurtia@eng.unand.ac.id

dapat masuk ke sistem kardiovaskular dan paru-paru sehingga meningkatkan risiko kematian dalam jangka panjang (WHO, 2018). Pada industri semen, $PM_{2,5}$ biasanya dihasilkan dari proses-proses seperti pengolahan bahan mentah (*raw material*), pembakaran, pengolahan, pengepakan, dan penyimpanan (Fatima, 2001).

Industri semen yang berada di bagian timur Kota X sangat berpotensi mencemari udara di sekitarnya karena perubahan kondisi meteorologi siang dan malam. Arah angin pada malam hari, udara emisi industri semen tersebut berupa partikulat bergerak dari timur ke barat berpotensi menurunkan kualitas udara perumahan X yang berada di sisi barat industri semen khususnya kualitas udara dalam ruangan. Tingkat paparan pencemar udara di dalam ruangan 25-62% lebih besar daripada di luar ruangan dan dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia. Efek buruknya kualitas udara dalam ruangan terhadap seseorang menimbulkan sakit baik akut maupun kronis, mengganggu fungsi fisiologi (transpor oksigen, paru, hemoglobin dan syaraf), iritasi sensorik, dan rasa tidak nyaman (Aditama, 2006). Penelitian Sari (2009) mengenai sumber pencemar dalam ruangan yaitu $PM_{2,5}$ dan *Sick Building Syndrome* (SBS) di gedung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi $PM_{2,5}$ di lantai 1 sebesar $0,041 \text{ mg/m}^3$ dan di lantai sebesar $20,037 \text{ mg/m}^3$. Konsentrasi tersebut sangat berpotensi menyebabkan gejala *Sick Building Syndrome* (SBS).

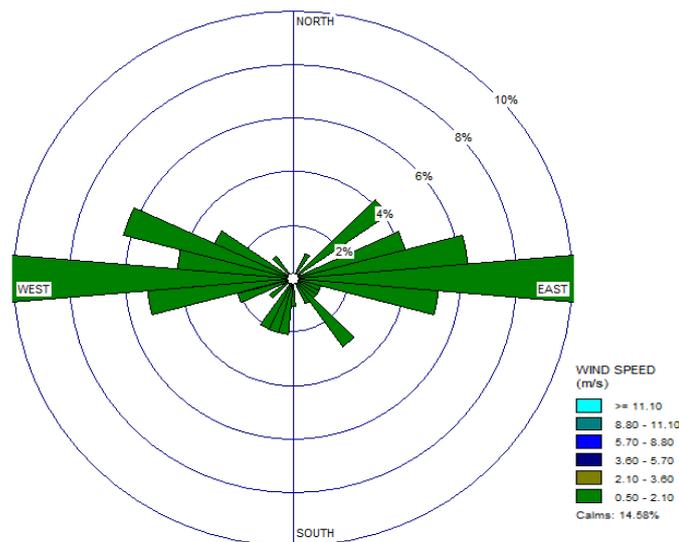
Penelitian lain oleh Novirsa dan Achmadi (2012) mengenai analisis risiko $PM_{2,5}$ di kawasan PT Semen Padang. Hasil penelitian menyatakan bahwa lokasi yang memiliki risiko tidak aman akibat paparan $PM_{2,5}$ berada di radius 500 sampai 1.000 meter, dan 1.500

sampai 2.500 meter. Perumahan X mempunyai jarak yang kurang dari 2 km dari industri semen sehingga memiliki risiko terpapar $PM_{2,5}$. Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 35 tahun 2010 menyatakan bahwa jarak minimal lokasi kegiatan industri terhadap permukiman adalah 2000 meter (2 kilometer).

Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian mengenai analisis risiko kesehatan penghuni rumah akibat paparan $PM_{2,5}$ yang berasal dari industri semen. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) bertujuan mengidentifikasi bahaya, memahami hubungan dosis agen risiko dan respon tubuh, mengukur besarnya pajanan agen risiko tersebut, dan menetapkan tingkat risiko dan efeknya pada populasi. ARKL terdiri dari empat langkah yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis respon, analisis pajanan dan karakterisasi risiko (Direktorat Jenderal PP dan KL, 2012). Karakterisasi risiko kesehatan dinilai dengan persamaan *risk quotient* (RQ). RQ dihitung dengan membandingkan *intake* dengan dosis referensi (RfC atau RfD), yaitu dosis yang tidak menimbulkan efek merusak kesehatan pada manusia (Novirsa, 2012). Hasil penelitian ini bertujuan dalam hal pengendalian risiko kesehatan masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan industri semen.

2. Metodologi

Data sekunder pada penelitian ini yaitu peta lokasi penelitian yang diperoleh dari Bapedalda Kota Padang, *Windrose* dan penelitian lainnya. Gambar 1 menunjukkan *Windrose* di Perumahan X kawasan industri semen.



Gambar 1 *Windrose*
Sumber: Wangsa, 2021

Tabel 1. Kondisi Eksisting Titik *Sampling*

No	Titik	Kondisi Titik <i>Sampling</i>
1	Blok B1	Terdapat beberapa tanaman di halaman rumah dan pintu rumah berhadapan dengan arah datangnya emisi cerobong
2	Blok B2	Terdapat 1 tanaman di depan rumah, cuaca cerah, pintu dan jendela sering dibuka namun tidak berhadapan langsung dengan arah keluar emisi cerobong
3	Blok B3	Terdapat beberapa tanaman disekitar rumah, jendela dan ventilasi rumah di pasang perangkap debu dan lebih sering ditutup
4	Blok B4	Kondisi cuaca cerah, pintu depan tidak berhadapan dengan arah keluaran emisi pabrik, dipekarangan rumah terdapat beberapa tanaman
5	Blok B5	Disekitar rumah terdapat beberapa tanaman, pintu depan dan belakang tidak berhadapan dengan arah keluar emisi pabrik. Pintu dan jendela lebih cepat ditutup
6	Blok D1	Belum terdapat pelafon rumah, pintu depan rumah sering terbuka, ventilasi belum terpasang penangkap debu
7	Blok D2	Pintu belakang rumah berhadapan rumah berhadapan langsung dengan arah keluaran emisi pabrik, kondisi cuaca cerah, pintu depan rumah sering terbuka dan ditutup pukul 20.00 WIB
8	Blok D3	Di pekarangan terdapat beberapa tanaman rendah, ventilasi terpasang penangkap debu dan kondisi cuaca cerah
9	Blok D4	Luas ruangan keluarga kecil, terdapat beberapa tanaman rendah di halaman rumah, ventilasi terpasang penangkap debu
10	Blok D5	Luas ruangan keluarga cukup kecil, belum ada pelafon rumah, ventilasi dan jendela sering ditutup namun pintu rumah cukup sering terbuka

Lokasi penelitian dipilih sebanyak 10 titik penelitian Perumahan X (5 titik di Blok B dan 5 titik di Blok D) yang dapat mewakili perumahan di daerah kawasan industri semen. Penelitian dilakukan selama 4 jam dan memilih di malam hari untuk mengestimasi risiko dampak paparan PM_{2,5} ketika berada dalam rumah dengan pertimbangan bahwa malam merupakan waktu masyarakat beristirahat di rumah. Selain itu, arah angin pada malam hari bergerak dari arah darat ke laut dikarenakan tekanan udara pada malam hari di lautan lebih rendah dibandingkan di daratan. Pergerakan angin ini dapat membawa partikel-partikel yang ada di udara. Lokasi perumahan berada pada arah barat dari industri semen, sehingga dapat dilihat bahwa angin bergerak dari industri semen ke arah Barat melewati perumahan warga yang menyebabkan konsentrasi partikulat Perumahan X menjadi tinggi. Berikut merupakan kondisi eksisting pada Tabel 1.

Pengukuran konsentrasi PM_{2,5} dengan metode gravimetri. Pengambilan sampel PM_{2,5} menggunakan *Low Volume Sampler (LVS)*. Pengukuran suhu udara dan tekanan udara menggunakan *Pocket Weatherman*. Pengukuran dilakukan setiap 15 menit selama 4 jam untuk memperoleh hasil yang valid. Prinsip pengukurannya adalah adsorpsi pada permukaan filter yang akan diukur dengan metode gravimetri dimana partikel yang tertahan di permukaan filter akan ditimbang dan dilakukan penghitungan konsentrasi PM_{2,5}. Pengukuran berat partikel filter menggunakan neraca analitik. Filter ditimbang minimal 5 kali pengukuran kemudian masing-masing dirata-ratakan sehingga diperoleh data berat filter.

Selanjutnya, ARKL digunakan untuk menganalisis data kuesioner yang mengacu kepada Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan oleh Direktorat Jenderal PP dan PL tahun 2012. ARKL terdiri dari identifikasi bahaya, analisis dosis respon, analisis

paparan dan karakterisasi risiko. Data untuk perhitungan ARKL terdiri dari data kuesioner dan wawancara dengan responden dan konsentrasi PM_{2,5} di dalam rumah responden. Kuesioner dan wawancara dengan responden yang merupakan penghuni rumah yang dijadikan titik pengambilan sampel PM_{2,5}. Jumlah sampel ditentukan berdasarkan jumlah penghuni di dalam rumah yaitu 46 orang. Hal ini dikarenakan pada studi ARKL dibutuhkan data konsentrasi *risk agent*. Data kuesioner mengenai karakteristik responden, riwayat kesehatan, paparan debu dan keluhan masyarakat mengenai debu di kawasan sekitar industri semen. Tahapan perhitungan ARKL pada penelitian ini yaitu:

$$RfC = \frac{C \times R}{W_b} \quad (1)$$

Keterangan:

- C = Konsentrasi referensi dari *National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)*;
- W_b = Berat badan referensi;
- R = Laju inhalasi referensi.

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_e \times D_t}{W_b \times t_{avg}} \quad (2)$$

Keterangan:

- I = *Intake* (mg/kg.hari)
- C = Konsentrasi *risk agent* (mg/m³)
- R = Laju asupan atau konsumsi, (m³/jam)
- t_E = Waktu 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 x 365 hari/tahun)

$$RQ = \frac{\text{Intake}(\frac{m}{kg} \text{ hari})}{RfC(\frac{m^3}{kg} \text{ hari})} \quad (3)$$

Keterangan:

RQ = Risk Characterization
 RfC = Reference Concentration

Tingkat risiko dikatakan aman jika $RQ < 1$ menunjukkan tidak adanya kemungkinan terjadinya efek yang merugikan, tetapi segala kondisi tetap dipertahankan sehingga nilai RQ tidak melebihi 1. Tingkat risiko dikatakan tidak aman jika $RQ \geq 1$ menunjukkan adanya kemungkinan terjadinya efek yang merugikan berarti semakin besar paparan *risk agent* berakibat semakin besar menimbulkan risiko kesehatan sehingga perlu dilakukan pengendalian risiko terhadap efek paparan tersebut (Direktorat Jenderal PP dan KL, 2012).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi Meteorologi

Suhu dan tekanan dapat berpengaruh dalam hasil dari Volume standar (Vstp). Selain itu suhu dapat berpengaruh pada penyebaran dan penurunan fungsi pernapasan. Berikut adalah data kondisi rata-rata suhu dan tekanan saat pengambilan sampel pada Tabel 2.

Tabel 2 menjelaskan bahwa suhu rata-rata di lokasi penelitian yaitu 27,8 °C dan tekanan rata-rata 745,5 mmHg. Rata-rata suhu dan tekanan yang didapatkan perharinya tidak terlalu bervariasi. Nilai suhu dan tekanan selama penelitian menunjukkan hubungan berbanding terbalik.

Jika suhu tinggi maka tekanan turun. Tekanan udara juga dipengaruhi oleh elevasi lokasi penelitian. Penelitian ini berada di daerah dengan elevasi ± 200 m di atas permukaan laut. Elevasi tinggi akan mengakibatkan tekanan tinggi dan suhu rendah. Syarat rumah sehat yang harus dipenuhi untuk suhu udara berdasarkan Permenkes RI No. 1077 yaitu 18– 30°C, sehingga suhu udara di Blok B dan Blok D memenuhi syarat rumah sehat.

Suhu udara akan memengaruhi kondisi pencemar udara dalam ruangan (Bernard dkk, 2001). Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa suhu udara memengaruhi gangguan saluran pernapasan pada manusia sebesar 8% dan terdapat hubungan antara suhu udara dengan jumlah pasien yang melakukan konsultasi terkait infeksi saluran pernapasan bagian bawah (Nastos dan Andreas, 2006).

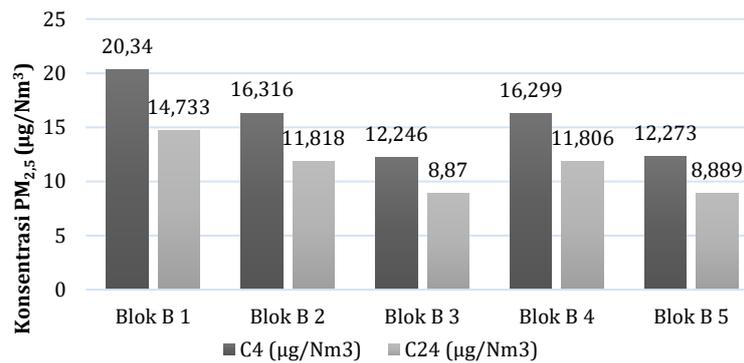
Hasil penelitian Gauderman (2004) menyatakan bahwa peningkatan suhu udara sebesar 1°C akan meningkatkan 0,4% kematian dan penurunan suhu sebesar 1°C akan meningkatkan 2,6% kematian akibat gangguan saluran pernapasan pada manusia. Gangguan saluran pernapasan yang terjadi dapat memengaruhi kondisi fungsi paru-paru manusia tersebut.

3.2 Konsentrasi PM_{2,5}

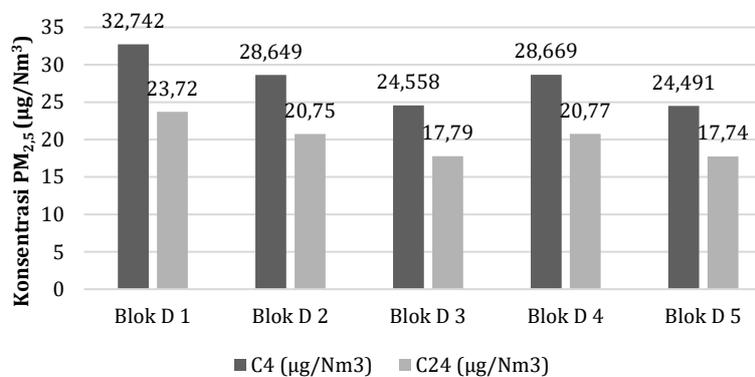
Pengambilan sampel PM_{2,5} di udara dalam ruangan dilakukan selama 4 jam pada setiap lokasi dari pukul 19.00 sampai pukul 23.00 WIB. Konsentrasi PM_{2,5} diukur sebanyak 5 titik di Blok B dan 5 titik di Blok D. Berikut hasil pengukuran konsentrasi PM_{2,5} setelah konversi ke 24 jam pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Tabel 2. Data Kondisi Rata-Rata Suhu dan Tekanan saat Pengambilan Sampel di Lapangan

No	Lokasi	Waktu (Jam)	Suhu (°C)	Suhu (K)	Tekanan (InHg)	Tekanan (mmHg)
1	Blok B1	19.00-23.00	27	300	29	747
2	Blok B2	19.00-23.00	28	301	29	746
3	Blok B3	19.00-23.00	28	301	29	745
4	Blok B4	19.00-23.00	27	300	29	746
5	Blok B5	19.00-23.00	28	301	29	744
6	Blok D1	19.00-23.00	28	301	29	745
7	Blok D2	19.00-23.00	28	301	29	745
8	Blok D3	19.00-23.00	28	301	29	745
9	Blok D4	19.00-23.00	28	301	29	745
10	Blok D5	19.00-23.00	27	300	29	744
Rata-rata			27,8	300,9	29	745,5



Gambar 2. Konsentrasi PM_{2,5} selama 4 jam dan 24 Jam di Blok B



Gambar 3. Konsentrasi PM_{2,5} selama 4 jam dan 24 Jam di Blok D

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa konsentrasi PM_{2,5} yang paling tinggi pada lokasi Blok B titik 1 sebesar 14,733 µg/m³. Konsentrasi di Blok B berkisar 8,870– 14,733 µg/m³. Perbedaan konsentrasi yang terdapat di Blok B tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan, pada pengambilan sampel udara dilakukan pengkondisian, tidak adanya sumber pencemar dari dalam ruangan, seperti memasak, merokok menyapu dan sebagainya. Jadi, hasil yang diukur dapat mewakili atau mendekati dari yang diharapkan, yaitu pencemar yang berasal dari luar ruangan khususnya emisi yang dihasilkan industri semen.

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa konsentrasi PM_{2,5} tertinggi pada titik D1 yang terdapat di Blok D dengan nilai konsentrasi yaitu 23,72 µg/Nm³ dan terendah pada titik 5 yang terdapat di Blok B dengan nilai konsentrasi 17,74 µg/Nm³. Perbedaan konsentrasi yang terdapat di Blok D tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan, pada pengambilan sampel udara dilakukan pengkondisian agar sumber pencemar yang berasal dari dalam rumah ditiadakan.

Konsentrasi PM_{2,5} tertinggi untuk semua titik di Blok B dan Blok D berada pada Blok D1. Hal ini

disebabkan karena berada di *downwind* dari industri semen dan memiliki ventilasi yang terlalu terbuka dan besar, sehingga PM_{2,5} berpotensi masuk ke dalam rumah. Konsentrasi PM_{2,5} tertinggi untuk semua titik di Blok B dan Blok D berada pada Blok B3, ini dikarenakan Blok B tidak sejajar dengan arah datangnya angin dan terdapat beberapa tanaman dipekarangan rumah serta pintu rumah membelakangi dari arah datangnya zat pencemar.

Menurut penelitian Tsai (2000) mengenai kualitas udara dalam ruangan dan luar ruangan di Bangkok bahwa ada hubungan keduanya sehingga dapat disimpulkan konsentrasi udara dalam ruangan diperkirakan sama dengan konsentrasi udara luar ruangan, sehingga nilai *intake* yang diterima setiap harinya sama antara dalam ruangan dan luar ruangan. Konsentrasi PM_{2,5} yang terukur lebih tinggi pada Blok D daripada Blok B menurut penelitian Yuliando (2014) tentang pengukuran kualitas udara ambien di Blok B dan Blok D yang menunjukkan bahwa konsentrasi partikulat Blok D lebih tinggi di malam hari dibandingkan kawasan Blok B dengan konsentrasi yaitu 482,77 µg/Nm³ di Blok D dan 107,50 µg/Nm³ di

Blok B. Berdasarkan penelitian ini zat pencemar partikulat lebih besar di Blok D daripada Blok B.

Pencemar udara dapat mengalami proses dilusi karena pengaruh kondisi meteorologi, diantaranya kecepatan dan arah angin, *mixing height*, suhu udara, stabilitas atmosfer, dan turbulensi. Kecepatan dan arah angin dapat menentukan arah dan di wilayah dengan radius tertentu yang berpotensi terpapar oleh sumber pencemar tersebut. Arah angin yang bervariasi akan memengaruhi proses dispersi, apabila angin menyebar ke berbagai arah secara kontinu, maka wilayah sebaran pencemar udara akan semakin luas, sedangkan jika arah angin hanya bergerak pada satu arah tertentu mengakibatkan wilayah tersebut akan terpapar pencemar udara dengan konsentrasi tinggi (Sepriani dkk, 2014).

Pengaruh kecepatan angin dan kontur wilayah juga dapat memengaruhi penyebaran konsentrasi yang ada di udara. Ketika kecepatan angin menjadi tenang, suhu udara di bagian atas atmosfer menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan suhu di bawahnya. Kondisi ini menyebabkan konsentrasi pencemar udara menjadi terakumulasi di permukaan dan tidak mampu mencapai permukaan yang lebih tinggi. Jika ini terjadi dalam 2 sampai 3 hari, konsentrasi pencemar udara dapat naik 10 hingga 20 kali lebih besar. Daerah yang dikelilingi oleh perbukitan atau daerah lembah dapat menjadi lebih berisiko karena perbukitan dapat menghalangi terjadinya dispersi (Craxford, 1976).

Angin akan bergerak dari timur ke barat pada malam hari, ini disebabkan oleh angin darat. Angin berhembus dari industri semen menuju perumahan-perumahan yang terdapat di sekitar industri semen khususnya perumahan X pada malam hari. Sehingga faktor arah angin ini memungkinkan memiliki pengaruh terhadap konsentrasi $PM_{2.5}$ di kawasan perumahan X Blok B dan Blok D. Perumahan kawasan Blok B, beberapa titik memiliki beberapa tanaman di pekarangan rumah sehingga dimungkinkan memiliki pengaruh terhadap kecilnya nilai konsentrasi $PM_{2.5}$ yang didapatkan. Sedangkan pada perumahan kawasan Blok D, diperkirakan faktor tertinggi konsentrasi $PM_{2.5}$ dikarenakan jarak perumahan dengan lokasi pabrik yang mungkin titik penyebaran $PM_{2.5}$ di udara lebih banyak pada kawasan Blok D. Selain itu, kawasan perumahan X Blok D memiliki arah sejajar dengan sumber emisi dari industri semen, sehingga menyebabkan kawasan perumahan X Blok D berada di jalur utama penyebaran dengan tingkat pencemar udara yang lebih tinggi dari daerah sekitarnya. Umumnya penyebaran pencemar udara akan memiliki konsentrasi tinggi di sekitar jarak maksimum dari sumber emisi, kemudian akan menyebar dengan konsentrasi yang menurun sampai

jarak yang cukup jauh dari sumbernya (Ruhiat dkk, 2008). Sehingga diperkirakan bahwa kawasan Blok D merupakan titik dispersi maksimum dari penyebaran polutan daripada kawasan Blok B.

3.3 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

Pengukuran besarnya paparan pencemar udara dilakukan untuk menganalisis besarnya paparan, yaitu dengan menghitung jumlah asupan (*intake*) $PM_{2.5}$ yang masuk ke dalam tubuh. Penentuan analisis paparan (*exposure assessment*) dilakukan dengan memasukkan nilai-nilai karakteristik antropometri dan pola aktivitas ke dalam suatu formula (Novirsa, 2012). *Intake* dinyatakan sebagai jumlah paparan yang diterima oleh individu per kilogram berat badan per hari. *Intake* dihitung secara *lifetime* dan *realtime*. *Intake* paparan *lifetime* menggunakan durasi paparan, standar (Dt) 30 tahun. Waktu diperkirakan untuk efek non karsinogenik termanifestasi pada manusia. *Intake* paparan *realtime* dihitung menggunakan durasi paparan sebenarnya (Dt_{real}), yaitu durasi paparan, berdasarkan lamanya individu tinggal di area penelitian (Novirsa, 2012).

Nilai konsentrasi yang digunakan untuk menghitung *intake* adalah konsentrasi terukur yang dikonversi dalam 24 jam. Hal yang paling berpengaruh dalam tinggi rendahnya nilai *intake* adalah konsentrasi dari $PM_{2.5}$. Selain itu, berat badan juga berpengaruh dalam nilai *intake*. Semakin besar berat badan maka semakin rendah nilai dari *intake* dan sebaliknya. Lama paparan waktu juga berpengaruh pada nilai *intake*, semakin lama paparannya maka semakin besar nilai dari *intake*, semakin besar risikonya.

Konsentrasi $PM_{2.5}$ yang digunakan adalah konsentrasi yang terukur pada setiap rumah di Blok B dan Blok D. Berat badan, lama paparan (tE) dan frekuensi paparan (fE) yang digunakan didapatkan dari hasil kuesioner. Laju inhalasi (R) yang digunakan adalah $20 \text{ m}^3/\text{hari}$ atau dikonversi menjadi $0,83 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan $0,5 \text{ m}^3/\text{jam}$, yaitu nilai standar laju inhalasi rata-rata orang dewasa dan anak-anak (Direktorat PP dan KL, 2012). Karena perhitungan risiko ini adalah non-karsinogen, durasi rata-rata (t_{avg}) yang digunakan untuk paparan non karsinogen adalah 365×30 tahun.

Nilai dari *intake realtime* merupakan jumlah paparan yang diterima penghuni rumah dengan waktu paparan yang sebenarnya. *Intake lifetime* memperkirakan risiko pada individu dengan paparan waktu 30 tahun. Nilai dari *intake lifetime* dan *intake realtime* pada dewasa di Blok B dapat dilihat pada Tabel 3 dan anak-anak di Blok B dapat dilihat pada Tabel 4. Untuk Nilai dari *Intake Realtime* dan *Intake Lifetime* di Blok D dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 3. Nilai *Intake Lifetime* dan *Realtime* untuk Dewasa di Blok B

No.	Titik	Kode Sampel	<i>Intake Realtime</i>	<i>Intake Lifetime</i>
1	B1	B1 A	0,0019	0,0023
2		B1 B	0,0017	0,0022
3		B1 C	0,0032	0,0043
4		B1 D	0,0017	0,0027
5		B1 E	0,0016	0,0028
6	B2	B2 A	0,00002	0,0011
7		B2 B	0,0014	0,0027
8		B3 A	0,0007	0,0009
9	B3	B3 B	0,0018	0,0023
10		B3 C	0,0008	0,0010
11		B3 D	0,0007	0,0011
12		B3 E	0,0008	0,0017
13		B4 A	0,0013	0,0039
14	B4	B4 B	0,0010	0,0029
15		B4 C	0,0012	0,0037
16		B4 D	0,0016	0,0048
17	B5	B5 A	0,0012	0,0017
18		B5 B	0,0013	0,0018
19		B5 C	0,0016	0,0022
20		B5 D	0,0013	0,0017
21		B5 E	0,0014	0,0039

Tabel 4. Nilai *Intake Lifetime* dan *Realtime* untuk Anak-Anak di Blok B

No.	Titik	Kode Sampel	<i>Intake Realtime</i>	<i>Intake Lifetime</i>
1	B2	B2 C	0,00024	0,0042
2		B2 D	0,00039	0,0042

Selanjutnya karakterisasi risiko dilakukan untuk mendapatkan nilai besarnya risiko individu berdasarkan *intake* yang diterima. Variabel yang digunakan untuk menghitung tingkat risiko adalah *intake* (yang didapatkan dari analisis paparan) dan dosis referensi yang didapatkan dari literatur/turunan. Tingkat risiko dinyatakan tidak aman apabila *intake* > RfC atau RQ > 1. Nilai RQ *realtime* dan *lifetime* dapat dilihat di Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8.

Secara keseluruhan, pada kondisi RQ *lifetime* di Blok B, nilai RQ tidak berbeda secara signifikan dengan nilai RQ pada kondisi *realtime*. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pada kondisi lama tinggal 30 tahun, risiko yang dialami oleh sampel tidak terlalu berbeda jauh dengan apabila sampel tinggal dengan kurun waktu lebih kecil (kondisi saat ini dengan waktu tinggal belum mencapai 30 tahun).

Tinggi rendahnya nilai RQ dipengaruhi oleh *Intake*, sedangkan *intake* dipengaruhi oleh antropometri diantaranya lamanya paparan harian, berat badan dan lama tinggal. RQ *realtime* di Blok B terbesar yang diterima adalah 0,2446 pada kode sampel B1 C dengan, sedangkan RQ terkecil adalah 0,0014 dengan

kode sampel B2 A. RQ paparan *lifetime* dihitung menggunakan durasi paparan selama 30 tahun, yaitu durasi paparan yang diperkirakan apakah seseorang tersebut berisiko di daerah tersebut dengan waktu 30 tahun. RQ *lifetime* di Blok B terbesar yang diterima adalah 0,3667 pada kode sampel B4 D, sedangkan RQ *lifetime* terkecil adalah 0,0680 dengan kode sampel B3 A.

RQ *realtime* dan *lifetime* yang tertinggi dengan risiko paparan terbesar dialami oleh individu dengan konsentrasi PM_{2,5} yang terbesar. RQ terbesar di Blok D yang akan diterima senilai 0,4529 untuk *realtime* dan 0,6794 untuk *lifetime* dengan kode sampel D1 D. RQ *realtime* terkecil di Blok D yang akan diterima senilai 0,0378 dengan kode sampel D4 A, sedangkan untuk RQ *lifetime* terkecil di Blok D diterima oleh kode sampel D3 E dengan nilai 0,0943. RQ terbesar yang akan diterima pada Blok D dialami oleh individu dengan berat badan relatif rendah, konsentrasi dan lama paparan yang relatif tinggi. RQ terkecil yang diterima dialami individu dengan berat badan yang relatif rendah, konsentrasi dan lama paparan yang relatif tinggi.

Tabel 5. Nilai *Intake Lifetime* dan *Realtime* untuk Dewasa di Blok D

No.	Titik	Nama	<i>Intake Realtime</i>	<i>Intake Lifetime</i>
1	D1	D1A	0,0046	0,0069
2		D1B	0,0054	0,0081
3		D1C	0,0035	0,0052
4		D1D	0,0059	0,0088
5		D1E	0,0038	0,0057
6	D2	D2A	0,0026	0,0031
7		D2B	0,0025	0,003
8		D2C	0,0036	0,0045
9		D2D	0,0029	0,0040
10		D2E	0,0032	0,0046
11		D2F	0,0028	0,0055
12	D3	D3A	0,0025	0,0035
13		D3B	0,0042	0,0058
14		D3C	0,0039	0,0056
15		D3E	0,0009	0,0012
16	D4	D4A	0,0005	0,0037
17		D4B	0,0005	0,0039
18		D4C	0,0005	0,0038
19		D4D	0,0006	0,0048
20		D4E	0,0007	0,0051
21	D5	D5A	0,0022	0,0042
22		D5B	0,0029	0,0054
23		D5C	0,002	0,0038

Tabel 6. Nilai *RQ Realtime* dan *Lifetime* Blok B Dewasa

No.	Titik	Kode Sampel	RQ	
			<i>RQ Lifetime</i>	<i>RQ Realtime</i>
1	B1	B1 A	0,1782	0,1485
2		B1 B	0,1663	0,1330
3		B1 C	0,3335	0,2446
4		B1 D	0,2041	0,1293
5		B1 E	0,2183	0,1237
6	B2	B2 A	0,0840	0,0014
7		B2 B	0,2090	0,1114
8		B3 A	0,0680	0,0521
9	B3	B3 B	0,1769	0,1356
10		B3 C	0,0798	0,0612
11		B3 D	0,0812	0,0569
12		B3 E	0,1320	0,0616
13		B4 A	0,3015	0,1005
14	B4	B4 B	0,2248	0,0749
15		B4 C	0,2871	0,0957
16		B4 D	0,3667	0,1222
17		B5 A	0,1280	0,0938
18	B5	B5 B	0,1399	0,1026
19		B5 C	0,1689	0,1239
20		B5 D	0,1340	0,0983
21		B5 E	0,2964	0,1087

Tabel 7. Nilai *RQ Realtime* dan *Lifetime* Blok B Anak-Anak

No.	Titik	Kode Sampel	RQ	
			<i>RQ Realtime</i>	<i>RQ Lifetime</i>
1	B2	B2 C	0,1512	0,0087
2		B2 D	0,1512	0,0139

Tabel 8. Nilai *RQ Realtime* dan *Lifetime* Blok D Dewasa

No.	Titik	Kode Sampel	RQ	
			<i>RQ Lifetime</i>	<i>RQ Realtime</i>
1	D1	D1A	0,5329	0,3552
2		D1B	0,6203	0,4135
3		D1C	0,400	0,2667
4		D1D	0,6794	0,4529
5		D1E	0,4369	0,2912
6	D2	D2A	0,2409	0,2007
7		D2B	0,2319	0,1932
8		D2C	0,3500	0,2800
9		D2D	0,3076	0,2255
10		D2E	0,3567	0,2497
11	D3	D2F	0,4240	0,212
12		D3A	0,2658	0,1949
13		D3B	0,4434	0,3252
14		D3C	0,4308	0,3016
15		D3E	0,0943	0,0691
16	D4	D4A	0,2832	0,0378
17		D4B	0,3006	0,0401
18		D4C	0,2922	0,039
19		D4D	0,3721	0,0496
20		D4E	0,3945	0,0526
21	D5	D5A	0,3218	0,1716
22		D5B	0,4154	0,2215
23		D5C	0,2932	0,1563

Berdasarkan pada perhitungan RQ untuk Blok B dan Blok D, nilai *RQ realtime* berkisar antara 0,0014 – 0,2446 di Blok B dan 0,0378 – 0,4529 di Blok D sedangkan untuk *RQ lifetime* berkisar 0,0680 – 0,3667 di Blok B dan 0,0943 – 0,6794 di Blok D. Semua sampel untuk kondisi *realtime* dan *lifetime* di Blok B dan Blok D memiliki RQ <1 (tidak berisiko). Hal ini berarti tidak ada yang berisiko terhadap paparan PM_{2,5} di Blok B maupun Blok D. Perkiraan risiko dengan lama tinggal 30 tahun untuk semua sampel di Blok B dan Blok D lebih berisiko daripada kondisi dengan lama tinggal lebih kecil 30 tahun (lama tinggal *real*). Hal ini sesuai dengan penelitian Ahmad dkk (2014) yang menunjukkan bahwa perkiraan risiko gangguan kesehatan pada populasi di Rusunawa Bayuangga Kota Probolinggo dengan proyeksi setiap 5 tahun menghasilkan risiko semakin meningkat dengan populasi berisiko pada saat lama tinggal 25 tahun ke atas. Jadi, semakin lama sampel terpapar maka tingkat risiko yang akan dialami juga semakin meningkat.

Menurut penelitian Novirsa (2012) tentang ARKL PM_{2,5} di kawasan Industri Semen Padang di udara ambien siang hari, nilai RQ yang melebihi 1 terdapat pada ring 1 sampai 5 (0 km - 2,5 km) dari Industri Semen Padang pada *RQ realtime*. Artinya, jarak 2,5 km dari PT Semen Padang berisiko terhadap paparan PM_{2,5}. Sedangkan nilai dari RQ yang diperoleh di penelitian ini tidak ada yang melebihi 1 atau dikategorikan masih aman. Karena perbedaan waktu dan lokasi penelitian yang dilakukan peneliti serta perbedaan jenis udara penelitian.

4. Kesimpulan

Konsentrasi PM_{2,5} di udara dalam ruangan Blok B dan Blok D tidak ada yang melebihi batas baku menurut Permenkes RI No. 1077 tentang pedoman penyehatan udara dalam ruang rumah yaitu 35 µg/m³. Nilai *RQ realtime* dan *lifetime* untuk semua sampel <1 (tidak berisiko), disimpulkan bahwa untuk perkiraan risiko di Blok B dan Blok D pada Perumahan X tidak ada

penghuni rumah yang berisiko akibat terpapar PM_{2,5} di dalam rumah.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasi kepada LPPM dan Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas. Penelitian ini didanai oleh dana BOPTN Fakultas Teknik Universitas Andalas.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, T.Y., (2006), *Tuberkulosis, Rokok, dan Perempuan*. Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta.
- Afifah, T., (2009), *Pencemaran Udara*, Institusi Teknologi Bandung, Bandung.
- Ahmad, A.A. Khoiron. Ellyke (2014), Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan dengan Risk Agen Total Suspended Particulate di di Kawasan Industri Kota Probolinggo. *e-Jurnal Pustaka Kesehatan*, 2(2): 346-352.
- Bernard, S.M., Jonathan, M.S., Anne, G., Kristie, L.E., Isabelle R., (2001), The Potential Impacts of Climate Variability and Change on Air Pollution-Related Health Effects in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 109 (2): 199-209.
- Craxford, S.R, (1976), *General Principles for The Abatement and Control of Air Pollution, Manual on Urban Air Quality Management*, Copenhagen.
- Direktorat Jenderal PP dan PL Kementerian Kesehatan, (2012), *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*, Sekretaris Kabinet Republik Indonesia.
- Fatima, K.S., (2001), Analysis of Chromosomal Aberrations in Men Occupationally Exposed to Cement Dust. *Elsevier Science*, 490:179-186.
- Gauderman, J., (2004), The Effect of Air Pollution on Lung Development from 10 to 18 Years of Age, *The New England Journal of Medicine*, 351(11):1057-1067.
- Hasanah, I.N., (2015), *Proses Terjadi Kerusakan Lingkungan Akibat Industri Semen*, Politeknik Citra Widya Edukasi, Jakarta.
- Nastos, P.T. Andreas, M., (2006), Weather Impacts on Respiratory Infections in Athens, Greece. *Int J Biometeorol.*,50: 358-369.
- Novirsa, R., Achmadi, U.F., (2012), Analisis Risiko Paparan PM_{2,5} di Udara Ambien Siang Hari terhadap Masyarakat di Kawasan Industri Semen. *Kesmas National Public Health Journal*, 7(4):173-179.
- Ruhiat, Y., Santosa, I., Bey, A., Nelwan, LO., (2008), Penyebaran Pencemar Udara di Kawasan Industri Cilegon, *Agromet*, 22(1), pp. 22-32.
- Sari, D.W., (2009), Hubungan Parameter Fisik Kualitas Udara Dalam Ruangan dengan Gejala Sick Building Syndrome (SBS) pada Tiga Gedung di DKI Jakarta. *Thesis*, Universitas Indonesia, Depok.
- Sepriani, K.D., Turyanti, A., Kudsy, M., (2014), Sebaran Partikulat (PM₁₀) pada Musim Kemarau di Kabupaten Tangerang dan Sekitarnya, *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 15(2):89-100.
- Tsai, F.C., (2000), Indoor/Outdoor PM₁₀ and PM_{2,5} in Bangkok, Thailand, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 10:15-26.
- Wangsa, D., (2021), Uji Model AERMOD terhadap Sebaran Particulate Matter 10 µm (PM₁₀) di kawasan PT Semen Padang, *Tesis*, Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang.
- WHO, (2018), Ambient (outdoor) air pollution. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health), diakses tanggal 25 Juni 2021.
- Yuliando, D.T., (2014), Pemetaan Konsentrasi TSP dan Konsentrasi Logam Ca, Si, Al, Fe, Na di udara Ambien Kawasan Barat PT Semen Padang Dan Sekitarnya, *Tugas Akhir*, Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang.