

Particulate Matter (PM_{2,5}) di Dalam Ruangan Dari Aktivitas Rumah Tangga: Literature Review

Alauddin Nabhan¹, Didin Agustian Permadi¹, Mila Dirgawati¹

1. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung
Email: alauddinnabhan13@gmail.com

ABSTRAK

Pencemaran udara dalam ruang (*indoor air pollution*) terutama rumah sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, karena pada umumnya manusia lebih banyak menghabiskan waktu untuk melakukan kegiatan di dalam rumah sehingga berkaitan dengan risiko dari pencemaran udara. *Particulate Matter* berasal dari hasil pembakaran yang tidak sempurna, ada proses pembakaran debu terbentuk dari pemecahan unsur hidrokarbon dan proses oksidasi setelahnya. Konsentrasi PM_{2,5} di dalam ruang juga berasal dari aktivitas manusia lainnya seperti merokok, kendaraan bermotor, alat pemanas. Dampak paparan jangka pendek maupun jangka panjang dari PM_{2,5} menimbulkan bahaya bagi kesehatan manusia.

Kata kunci: Pencemaran dalam ruang, Aktivitas Rumah Tangga, Particulate Matter (PM_{2,5})

1. PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.1077 Tahun 2011 Tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah pencemaran udara dalam ruang rumah adalah suatu keadaannya satu atau lebih polutan dalam ruangan rumah yang konsentrasinya dapat berisiko menimbulkan gangguan kesehatan penghuni rumah. *World Health Organization* (WHO) melaporkan, pada tahun 2020 terjadi 3,2 juta kematian akibat pencemaran udara di dalam ruangan. Pencemaran udara di dalam dan luar ruangan merupakan *silent killer* (Taghizadeh-Hesary dan Taghizadeh-Hesary, 2020). Penelitian terdahulu menemukan bahwa pencemaran udara di dalam rumah lebih mematikan dibandingkan dengan pencemaran udara ambien (Saini dkk., 2020). *Environmental Protection Agency* (EPA) menyebutkan bahwa udara di dalam ruang lebih terkontaminasi dibandingkan dengan udara di luar ruang (Mannan dan Al-Ghamdi, 2021). Manusia menghabiskan 90% hidupnya di dalam ruangan (Lu dkk., 2016). Akan tetapi pencemaran udara di dalam ruangan ini belum mendapatkan perhatian dibandingkan dengan pencemaran udara ambien (Gonzalez-Martin dkk., 2021). Dampak dari adanya pencemar udara dalam ruang rumah terhadap kesehatan dapat terjadi baik secara langsung maupun tidak langsung. Gangguan kesehatan secara langsung seperti iritasi mata, iritasi hidung dan tenggorokan, serta sakit kepala, mual, nyeri otot, dan asma. Sedangkan gangguan kesehatan secara tidak langsung seperti penyakit paru, jantung dan kanker (WHO, 2018). Studi ini bertujuan untuk melakukan studi literatur terkait pemantauan kualitas udara di dalam ruangan dari aktivitas rumah tangga dengan fokus kepada parameter PM_{2,5}.

2. METODOLOGI

Pada studi ini akan dilakukan identifikasi pencemaran $PM_{2,5}$ yang berasal dari hasil aktivitas rumah tangga dengan metode studi literatur dari berbagai sumber. Acuan terkait konsentrasi $PM_{2,5}$ yang aman di dalam ruangan adalah dari Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan. Terkait pemantauan kualitas udara di dalam ruang khususnya yang melakukan aktivitas rumah tangga dan faktor-faktor yang memungkinkan berpengaruh terhadap konsentrasi pencemar di dalam ruang didapati dari sumber-sumber seperti publikasi resmi, jurnal, dan buku. Adapun keterbatasan pada penelitian ini, identifikasi dilakukan secara kualitatif dan tidak melihat secara mendalam terkait pengukuran dan faktor yang sangat berpengaruh terhadap konsentrasi $PM_{2,5}$ yang berada di dalam ruangan. Melainkan penelitian ini hanya bertujuan untuk mengetahui hal-hal tersebut secara mendasar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruang

Pada penelitian (Sembiring, 2018) pemantauan kualitas udara dalam ruang menggunakan alat AEROCET 531s' Particle Mass Profiler & Counter. Alat tersebut sudah terkalibrasi berdasarkan metode industri yang berlaku menggunakan peralatan, prosedur, dan standar sesuai National Institute of Standards and Technology (NIST), American Standard Testing and Material (ASTM), dan Japanese Industrial Standards (JIS). Penggunaan alat ini dengan cara menggunakan operasi genggam, Alat ini dapat sangat akurat dan dapat 23 memonitor partikulat dari empat rentang massa dan total suspended particulate ($PM_{2.5}$, PM_{10} , dan TSP). AirVisual Indoor merupakan salah satu alat yang digunakan untuk memantau kualitas udara dalam ruang. Alat tersebut telah dievaluasi dengan Met One Beta Attenuation Monitor dan diadapati bahwa AirVisual Indoormemiliki tingkat presisi yang baik (Atfeh dkk., 2020), akurasi yang tinggi (Zamora dkk., 2020) dan linearitas yang baik (He dkk., 2020). Alat pemantauan kualitas udara dalam ruang diletakkan setinggi breathing level dari lantai (EPA, 2023) dan alat pantau diletakkan tidak terlalu dekat dengan sumber api, pintu, ataupun jendela (Huboyo dkk., 2014). Kadar maksimal $PM_{2,5}$ di dalam ruangan adalah sebesar 25 ug/m^3 dengan kurun waktu selama 24 jam.

Pada penelitian (Khumsaeng dan Kanabkaew, 2021) dilakukan pengukuran konsentrasi $PM_{2,5}$ selama 8 jam di dalam ruang dari aktivitas penggunaan pemanas ruangan dengan bahan bakar kayu bakar, minyak tanah, Listrik dan LPG. Pengukuran dilakukan pada Kota Bhutan Negara Thailand, di Kota Bhutan terdapat empat jenis konsumsi energi di perkotaan yaitu kayu bakar (91%), listrik (4%), minyak tanah (3%) dan LPG (2%). Hasil rata-rata konsentrasi $PM_{2,5}$ yang terukur untuk bahan bakar minyak tanah sebesar $3,28 \text{ ug/m}^3$, untuk bahan bakar LPG rata-rata konsentrasi $PM_{2,5}$ yang terukur sebesar $5,39 \text{ ug/m}^3$, untuk bahan bakar kayu bakar rata-rata konsentrasi $PM_{2,5}$ yang terukur sebesar $18,39 \text{ ug/m}^3$ dan untuk bahan bakar listrik rata-rata konsentrasi $PM_{2,5}$ yang terukur sebesar $4,72 \text{ ug/m}^3$.

3.2 Faktor yang Berpengaruh Terhadap Pencemar Dalam Ruang

Menurut penelitian (Shrestha dkk., 2019) faktor lainnya yang memiliki pengaruh terhadap konsentrasi pencemar udara di dalam ruangan yaitu ventilasi, suhu, kelembaban dan pencemar luar ruangan selain itu jenis dapur yang memiliki penyedot udara juga memiliki pengaruh terhadap pencemar dalam ruangan. Dapur yang menggunakan penyedot udara memiliki pencemar udara di dalam ruangan yang lebih sedikit dibandingkan dengan dapur yang tidak memiliki penyedot udara. Dalam SNI 03-6572-2001 tentang tata cara perancangan sistem

ventilasi dan penkondisian udara pada bangunan gedung mengatakan bahwa luas ventilasi yang baik yaitu tidak kurang 5% dari luas lantai. Kecilnya luas ventilasi dapat berpengaruh pada laju sirkulasi udara ke luar ruang yang menjadi kecil pula (H. S. Huboyo dan Budihardjo, 2009). Pada penelitian (Alonso dkk., 2022) mengatakan bahwa rumah dengan ventilasi tertutup memiliki konsentrasi pencemar yang tinggi. Pencemaran udara dari luar ruangan dapat berpengaruh terhadap kualitas udara di luar ruangan (Lu dkk., 2016). Udara dari luar masuk melalui jendela, pintu, dan celah lain ke dalam ruangan (Tahsiin dkk., 2020).

3.3 Dampak Pencemaran Udara Dalam Ruang

Kadar maksimal $PM_{2,5}$ di dalam ruangan menurut Peraturan Menteri Kesehatan nomor 2 Tahun 2023 Tentang Kesehatan Lingkungan yaitu sebesar $25 \mu g/m^3$ dalam 24 jam, jika konsentrasi $PM_{2,5}$ melebihi ambang batas baku mutu akan mengalami gangguan kesehatan. $PM_{2,5}$ memiliki area permukaan yang besar sehingga dapat menyerap senyawa-senyawa yang berbahaya bila terhirup oleh manusia (Oanh, Permadi, dkk., 2012). $PM_{2,5}$ dapat membawa berbagai zat beracun, apabila terhirup tidak dapat disaring dalam sistem pernafasan bagian atas dan akan menembus bagian terdalam paru-paru. Dampak paparan jangka pendek maupun jangka panjang dari $PM_{2,5}$ menimbulkan bahaya bagi kesehatan manusia (Cholianawati, 2019). Berdasarkan studi terkait $PM_{2,5}$ yang dilakukan Feng, et al (2016) menunjukkan bahwa pajanan $PM_{2,5}$ berkaitan dengan kejadian penyakit paru obstruktif kronik, penurunan fungsi paru, ISPA, meningkatkan insiden dan memperburuk asma.

3.4 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

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. Karakterisasi risiko kesehatan dinilai dengan persamaan risk quotient (Saini dkk.). RQ dihitung dengan membandingkan intake dengan dosis referensi (RfC atau RfD), yaitu dosis yang tidak menimbulkan efek merusak kesehatan pada manusia. ARKL terdiri dari empat langkah yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis respon, analisis pajanan dan karakterisasi risiko. Karakterisasi risiko kesehatan dinilai dengan persamaan risk quotient (Saini dkk.). Tahapan perhitungan ARKL pada penelitian ini yaitu:

$$RfC = \frac{C \times R}{W_b} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

- C = Konsentrasi Baku mutu $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)
- W_b = Berat badan referensi (kg)
- R = Laju asupan (*intake rate*) = $0,83 \text{ m}^3/\text{jam}$

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_e \times D_t}{W_b \times t_{avg}} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

- I = Intake (mg/kg.hari)
- C = Konsentrasi $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$)
- W_b = Berat badan referensi
- R = Laju asupan (*intake rate*)
- t_E = Waktu pajanan (jam/hari)

f_e = Frekuensi pajanan (hari/tahun)
 D_t = Durasi pajanan (tahun)
 t_{avg} = Periode waktu rata-rata ($D_t \times 365$ hari/tahun)

$$RQ = \frac{Intake \left(\frac{m}{kg} \text{hari} \right)}{Rfc \left(\frac{m^3}{kg} \text{hari} \right)} \dots\dots\dots (3.3)$$

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 (Regia dkk., 2021).

4. KESIMPULAN

Pemantauan kualitas udara di dalam ruang khususnya parameter $PM_{2,5}$ dapat dilakukan dalam kurun waktu 24 jam dengan batas maksimal sebesar $25 \mu g/m^3$ mengacu pada PerMenKes No.2 Tahun 2023. Faktor yang memiliki pengaruh terhadap konsentrasi pencemar udara di dalam ruangan yaitu ventilasi, suhu, kelembaban dan pencemar luar ruangan. Untuk mengidentifikasi dampak pajanan $PM_{2,5}$ diperlukan perhitungan analisis risiko Kesehatan lingkungan. Tingkat risiko dikatakan aman jika $RQ < 1$ menunjukkan tidak adanya kemungkinan terjadinya efek yang merugikan, tingkat risiko dikatakan tidak aman jika $RQ \geq 1$ menunjukkan adanya kemungkinan terjadinya efek yang merugikan.

DAFTAR RUJUKAN

- Alonso, M. J., Moazami, T. N., Liu, P., Jørgensen, R. B., dan Mathisen, H. M. (2022). Assessing the indoor air quality and their predictor variable in 21 home offices during the Covid-19 pandemic in Norway. *Building and Environment*, 225, 109580.
- Atfeh, B., Kristóf, E., Mészáros, R., dan Barcza, Z. (2020). Evaluating the effect of data processing techniques on indoor air quality assessment in Budapest.
- EPA. (2023). A Guide to Siting and Installing Air Sensor. Diunduh dari <https://www.epa.gov/air-sensor-toolbox/guide-siting-and-installing-air-sensors>
- Gonzalez-Martin, J., Kraakman, N. J. R., Perez, C., Lebrero, R., dan Munoz, R. (2021). A state-of-the-art review on indoor air pollution and strategies for indoor air pollution control. *Chemosphere*, 262, 128376.
- He, R., Han, T., Bachman, D., Carluccio, D. J., Jaeger, R., Zhang, J., Thirumurugesan, S., Andrews, C., dan Mainelis, G. (2020). Evaluation of two low-cost PM monitors under different laboratory and indoor conditions. *Aerosol science and technology*, 55(3), 316-331.

- Huboyo, H. S., Tohno, S., Lestari, P., Mizohata, A., dan Okumura, M. (2014). Characteristics of indoor air pollution in rural mountainous and rural coastal communities in Indonesia. *Atmospheric Environment*, 82, 343-350.
- Iskandar, N., Nugroho, S., dan Feliyana, M. F. (2019). Uji kualitas produk briket arang tempurung kelapa berdasarkan standar mutu SNI. *Majalah Ilmiah Momentum*, 15(2).
- Khumsaeng, T., dan Kanabkaew, T. (2021). Measurement of indoor air pollution in Bhutanese households during winter: an implication of different fuel uses. *Sustainability*, 13(17), 9601.
- Lu, C., Deng, Q., Li, Y., Sundell, J., dan Norbäck, D. (2016). Outdoor air pollution, meteorological conditions and indoor factors in dwellings in relation to sick building syndrome (SBS) among adults in China. *Science of the Total Environment*, 560, 186-196.
- Mannan, M., dan Al-Ghamdi, S. G. (2021). Indoor air quality in buildings: a comprehensive review on the factors influencing air pollution in residential and commercial structure. *International journal of environmental research and public health*, 18(6), 3276.
- Regia, R. A., Bachtar, V. S., dan 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.
- Shrestha, R. M., Kim Oanh, N. T., Shrestha, R. P., Rupakheti, M., Rajbhandari, S., Permadi, D. A., Kanabkaew, T., dan Iyngararasan, M. (2013). Atmospheric Brown Clouds: Emission Inventory Manual.
- Taghizadeh-Hesary, F., dan Taghizadeh-Hesary, F. (2020). The impacts of air pollution on health and economy in Southeast Asia. *Energies*, 13(7), 1812.
- WHO, W. H. O. (2018). Household air pollution: Health impacts.
<https://www.who.int/airpollution/household/health-impacts/en/>
- Zamora, M. L., Rice, J., dan Koehler, K. (2020). One year evaluation of three low-cost PM_{2.5} monitors. *Atmospheric Environment*, 235, 117615