

# Pengukuran Kualitas Udara Dalam Ruang di Puskesmas X Parameter $PM_{2,5}$ Menggunakan *Low-cost Sensors*

**FEBI ANDRIANSYAH**

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: febi.andriansyah15@gmail.com

## **ABSTRAK**

*Puskesmas X, sebuah fasilitas pelayanan kesehatan yang terletak di Kota Bandung, memiliki rata-rata kunjungan pasien sekitar 3000 setiap bulan. Padatnya aktivitas di puskesmas ini berpotensi menurunkan kualitas udara dalam ruangan, yang dapat berdampak pada kesehatan pengunjung dan pekerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kualitas udara dalam ruang di Puskesmas X menggunakan low-cost sensors yaitu Air Visual Indoor dan Bosen T-Z01 sebagai upaya untuk memantau dan meningkatkan kondisi lingkungan. Pengukuran ini diharapkan memberikan informasi mengenai panduan dalam pengukuran kualitas udara dalam ruang.*

**Kata kunci:** udara dalam ruang, Air Visual Indoor, Bosen T-Z01, low-cost sensors,  $PM_{2,5}$

## **1. PENDAHULUAN**

Salah satu elemen esensial untuk kelangsungan hidup makhluk hidup adalah udara. Apabila kandungan zat pencemar di udara melebihi ambang batas yang telah ditentukan, hal ini dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia. Faktor-faktor yang menyebabkan buruknya kualitas udara dalam ruangan meliputi kurangnya ventilasi, kontaminan dari dalam maupun luar ruangan, serta bahan material bangunan (Prabowo, 2018).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Kesehatan Lingkungan, fasilitas pelayanan kesehatan diartikan sebagai sarana dan/atau tempat yang digunakan untuk menyelenggarakan upaya kesehatan, baik yang bersifat promotif, preventif, kuratif, maupun rehabilitatif, yang dilaksanakan oleh pemerintah pusat, pemerintah daerah, dan/atau masyarakat. Dalam konteks fasilitas kesehatan seperti Puskesmas, kualitas udara dalam ruangan memiliki peran yang sangat penting.

Pencemaran udara dalam ruangan memiliki risiko yang lebih tinggi karena sumber pencemarannya berada dekat dengan individu yang terpapar. *United States Environmental Protection Agency* (US EPA) menyatakan bahwa kualitas udara dalam ruang dapat dua hingga sepuluh kali lebih berbahaya dibandingkan dengan udara luar (Haris et al., 2012)

Kualitas udara dalam ruangan dapat memburuk secara signifikan jika tidak didukung oleh sistem ventilasi. Berbagai jenis polutan dapat masuk ke dalam ruangan baik dari luar maupun dihasilkan

oleh aktivitas di dalam ruangan itu sendiri (Aurora, 2021). Kualitas udara yang buruk dapat memicu penyakit kronis seperti asma dan *penumonitis*. Selain itu, gejala lain seperti sakit kepala, mata kering, mual, kelelahan, serta hidung tersumbat juga dapat muncul. Gejala-gejala ini sering dikaitkan dengan *sick building syndrome* (SBS) (Aurora, 2021).

*Low-cost* sensor adalah alat pemantau kualitas udara yang dapat digunakan untuk memantau kondisi udara secara langsung dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan alat pemantau udara konvensional. Sensor ini memungkinkan pengoperasian yang mudah, sehingga individu dapat melakukan pemantauan udara tanpa memerlukan keahlian khusus dalam bidang tersebut (Karagulian, 2019). Namun, kelemahan dari *low-cost* sensor adalah harga yang murah dapat menyebabkan kelemahan dalam desain alat, yang berdampak pada kurangnya reliabilitas data yang dihasilkan (Gabel, 2022).

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur untuk memahami tahap serta metode analisis yang digunakan dalam pengukuran kualitas udara dalam ruang di Puskesmas X. Dengan meninjau berbagai sumber literatur yang relevan. Sumber literatur yang digunakan meliputi artikel jurnal, buku, dan laporan penelitian yang relevan mengenai tahapan pengukuran dan metode analisis yang dapat digunakan untuk pengukuran kualitas udara dalam ruang. Literatur yang dikumpulkan dianalisis untuk mengidentifikasi tahapan pengukuran, termasuk kategori teori dan temuan utama dari berbagai studi.

## 3. PEMBAHASAN

### 3.1 Teknik Sampling

Rata-rata tinggi badan pria di Indonesia berdasarkan umur 16-80 tahun adalah sebesar 158 cm, sedangkan rata-rata nilai tinggi badan perempuan berdasarkan umur 16-80 tahun adalah 150 cm (Muljati et al., 2016). Sehingga penempatan alat dilakukan menggunakan tripod dengan tinggi sekitar 1,5 meter untuk mensimulasikan area zona bernapas (López et al., 2021). Seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1** Peletakan Alat Saat Pengukuran (Sumber: Hasil Dokumentasi, 2024)

Peletakan alat pengukuran ditempatkan dengan menyesuaikan kondisi pada Puskesmas X. peletakan alat ditempatkan pada area dengan aktivitas pengunjung dan pekerja tinggi, sehingga dapat mewakili kondisi sebenarnya tanpa mengganggu jalannya kegiatan di Puskesmas.

Pengukuran dilakukan secara bersamaan menggunakan dua alat, yaitu dengan Bosean T-Z01 dan *Air Visual Indoor*. Data yang dikumpulkan oleh alat *Air Visual Indoor* yaitu  $PM_{2,5}$ ,  $CO_2$ , suhu, dan

kelembaban. Sedangkan data yang dapat dikumpulkan oleh Bosen T-Z01 adalah formaldehid, TVOC, CO, CO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub>, suhu, dan kelembaban.

Alat Bosen T-Z01 diketahui belum banyak digunakan dalam penelitian pemantauan kualitas udara dalam ruangan. Oleh karena itu data dari Bosen T-Z01 perlu dilakukan validasi atau dibandingkan dengan data yang diperoleh dari alat *Air Visual Indoor* melalui uji korelasi. Dengan tujuan untuk mengevaluasi kesesuaian data dari kedua alat tersebut. *Air Visual Indoor* dipilih sebagai alat pembanding karena dikenal memiliki tingkat akurasi dan presisi yang tinggi (He et al., 2020).

### 3.2 Waktu Sampling

Pengukuran dilakukan selama 8 jam dengan pencatatan setiap 5 menit untuk melihat *time series*. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Kesehatan Lingkungan, di mana lamanya pengukuran didasarkan batas maksimal yang diperbolehkan dalam udara dalam ruangan. Pengukuran PM<sub>2,5</sub> dan HCHO dilakukan selama 8 jam dikarenakan adanya keterbatasan tenaga kerja, waktu dan perizinan akses selama 24 jam.

Pengukuran dilakukan selama 5 hari pada ruang tunggu 1 dan ruang tunggu 2. Dilakukannya pengukuran selama 5 hari yaitu dengan tujuan untuk melihat perbandingan perhari apakah nantinya didapati pola harian yang akan sama. Kualitas udara dalam ruangan dapat berfluktuasi sepanjang hari karena variasi jumlah pasien, aktivitas di dalam ruangan. Pengukuran lima hari memungkinkan pengumpulan data yang lebih representatif terhadap berbagai kondisi harian. Selain itu pengukuran 5 hari dapat mengidentifikasi dan memahami pola serta tren kualitas udara yang mungkin tidak terjadi dalam pengukuran jangka pendek.

### 3.3 Validasi Data

Validasi dilakukan untuk mengevaluasi hubungan antara dua variabel dan besar hubungan antara variabel yang diukur dengan instrumen yang digunakan dalam penelitian (Janna, 2021). Validasi data menggunakan uji korelasi untuk melihat hubungan antara alat ukur. Pada korelasi ini memiliki tingkat kekuatan terkait korelasinya (Sugiyono, 2015). Korelasi digunakan untuk melihat hubungan antara dua variabel atau lebih.

### 3.4 Analisis Risiko Paparan PM<sub>2,5</sub>

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) bertujuan untuk mengidentifikasi bahaya, memahami hubungan antara dosis agen risiko dan respon tubuh, mengukur tingkat paparan agen risiko, serta menetapkan tingkat risiko dan dampaknya terhadap populasi. ARKL melibatkan empat langkah utama, yaitu identifikasi bahaya, analisis dosis respons, analisis paparan, dan karakterisasi risiko (Regia, 2021). Dengan tahapan perhitungan ARKL yaitu:

$$RfC = \frac{C \times R}{W_b}$$

Dengan penjelasan, C sebagai konsentrasi baku mutu PM<sub>2,5</sub>, W<sub>b</sub> sebagai berat badan referensi (kg), dan R sebagai laju asupan (*intake rate*). Setelah itu dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut.

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_e \times D_t}{w_b \times t_{avg}}$$

Dengan penjelasan, I merupakan Intake (mg/kg/hari), C merupakan konsentrasi rata-rata PM<sub>2,5</sub>, W<sub>b</sub> merupakan berat badan referensi, R merupakan *intake rate*, t<sub>E</sub> merupakan waktu paparan (jam/hari), f<sub>e</sub> merupakan frekuensi paparan (hari/tahun), D<sub>t</sub> merupakan durasi paparan (tahun),

dan  $t_{avg}$  merupakan periode waktu rata-rata ( $D_t \times 356$  hari/tahun). Setelah itu dilakukan tahapan perhitungan dengan rumus berikut.

$$RQ = \frac{Intake}{RfC}$$

Tingkat risiko dianggap aman jika  $RQ < 1$ , yang menunjukkan tidak adanya kemungkinan terjadinya efek merugikan. Namun, kondisi harus tetap dipertahankan agar nilai RQ tidak melebihi 1. Sebaliknya, tingkat risiko dianggap tidak aman jika  $RQ > 1$ , yang menunjukkan adanya kemungkinan efek merugikan (Regia, 2021).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan tinjauan literatur terkait tahapan pengukuran dan metode analisis yang dapat digunakan pada parameter  $PM_{2,5}$ , dapat disimpulkan bahwa untuk melakukan pengukuran kualitas udara dalam ruang perlu diperhatikan teknik sampling dan waktu pengukuran. Sedangkan untuk analisa data diperlukan uji korelasi jika menggunakan dua alat serta pada tahap analisis risiko pajanan didapatkan jika  $RQ < 1$  maka menunjukkan tidak adanya kemungkinan terjadinya efek yang merugikan. Namun, jika  $RQ > 1$  maka adanya kemungkinan efek yang merugikan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyusunan paper ini. Akhirnya terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan moral yang tak ternilai harganya,

#### DAFTAR RUJUKAN

- Aurora, W. I. D. (2021). Efek Indoor Air Pollution Terhadap Kesehatan. *Electronic Journal Scientific of Environmental Health and Disease*, 1.
- Gabel, P. (2022). *Development of Air Quality Boxes Based on Low-cost Sensor Technology for Ambient Air Quality Monitoring*. 10.
- Haris, A., Muchtar I, & Rita R. (2012). *Asap Rokok sebagai Bahan Pencemar dalam Ruangan*.
- He, R., Han, T., Bachman, D., & Carluccio, D. (2020). Evaluation of two low-cost PM monitors under different laboratory and indoor conditions. *Aerosol science and technology*, 3.
- Janna, N. M. (2021). *Konsep Uji Validitas dan Reliabilitas Dengan Menggunakan SPSS*.
- Karagulian, F. (2019). *Review of the Performance of Low-cost Sensors for Air Quality Monitoring*. 9.
- López, A., Fuentes, E., Yusà, V., López-Labrador, F. X., Camaró, M., Peris-Martinez, C., Llácer, M., Ortolá, S., & Coscollà, C. (2021). Indoor air quality including respiratory viruses. *Toxics*, 9(11), 1–13. <https://doi.org/10.3390/toxics9110274>
- Muljati, S., Triwinarto, A., Utami, N., & Hermina. (2016). Gambaran Median Tinggi Badan Dan Berat Badan Menurut Kelompok Umur Pada Penduduk Indonesia Yang Sehat Berdasarkan Hasil Riskesdas 2013 (Description of Median Number of Weight and Height Classified By Age Group on Healthy Indonesian Citizens Based on Ris. *Journal of Nutrition dan Food Research*, 39(2), 137–144.
- Prabowo, K. M. . B. (2018). *Penyehatan Udara*.
- Regia, 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*, 3.
- Sugiyono, P. (2015). *Metode penelitian kombinasi (mixed methods)*.