

Pengaruh Asap Rokok pada Peningkatan Konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ di Ruang Tamu Akibat Merokok di Dalam dan di Luar Rumah

Neneng Nuryati¹, Kasni Sumeru², Andriyanto Setyawan³, Yudi Prana Hikmat⁴, Husain Akbar Sumeru⁵, dan Mohamad Firdaus bin Sukri⁶

¹Jurusan Akuntansi, Politeknik Negeri Bandung; e-mail: neneng.nuryati@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Refrigerasi & Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung; e-mail: sumeru@polban.ac.id

³Jurusan Teknik Refrigerasi & Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung; e-mail: andriyanto@polban.ac.id

⁴Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung; e-mail: yudiprana@polban.ac.id

⁵Jurusan Teknologi Industri Kimia, Universitas Padjajaran; e-mail: husain.akbar@unpad.ac.id

⁶Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknikal Malaysia; e-mail: mohdfirdaus@utem.edu.my

ABSTRAK

Udara bersih adalah kebutuhan dasar untuk menjamin kesehatan bagi penghuni rumah. Asap rokok adalah salah satu polutan yang sering berada di rumah. Efek negatif dari asap rokok pada kesehatan telah dilaporkan oleh beberapa ahli. Namun, hingga saat ini, masih banyak dijumpai perokok yang merokok di tempat sembarang di sekitar rumah, seperti di teras, di dalam ruang tamu dan di kamar mandi. Perilaku ini akan berdampak buruk bagi kualitas udara di dalam rumah. Partikulat berdiameter kurang dari 2.5 µm (PM_{2.5}) dan kurang dari 10 µm (PM₁₀) adalah salah satu polutan utama yang dihasilkan oleh asap rokok. Berdasarkan beberapa penelitian, melaporkan bahwa selain akan mengendap di paru-paru, PM_{2.5} dan PM₁₀ dapat menyebabkan beberapa penyakit, antara lain asma, ISPA (infeksi saluran pernafasan akut), kanker paru-paru dan meningkatkan tingkat mortalitas. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran PM_{2.5} dan PM₁₀ di dalam ruang tamu akibat perokok yang merokok di kamar mandi, di dalam ruang tamu dan di teras. Pengukuran konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ dilakukan di rumah dengan luas sekitar 45 m². Pengambilan data dilakukan sebelum merokok, 15 menit setelah rokok dinyalakan, 30 dan 60 menit setelah rokok dimatikan. Berdasarkan pengukuran didapat bahwa konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ di ruang tamu akan meningkat di atas baku mutu untuk semua lokasi merokok di area rumah. Meskipun perokok merokok di teras dengan pintu ruang tamu tertutup, konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ di ruang tamu tetap meningkat, dari yang sebelumnya 27 dan 68 µg/m³ menjadi 63 dan 127 µg/m³. Dari penelitian ini didapat kesimpulan bahwa meskipun merokok di luar rumah, dengan pintu tertutup, tetap dapat meningkatkan konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ di ruang tamu jauh di atas di atas baku mutu. Tentu saja hal ini akan berdampak buruk bagi seluruh penghuni rumah.

Kata kunci: Asap rokok, teras, ruang tamu, kamar mandi, PM_{2.5}, PM₁₀

ABSTRACT

Clean air is a basic need to ensure the health of the occupants in a house. Cigarette smoke is one of the pollutants that are often present at home. The negative effects of cigarette smoke on health have been reported by experts all over the world. However, until now, there are still many smokers who smoke anywhere around the house, such as on the terrace, in the living room, and in the bathroom. This behavior will have a negative impact on the air quality in the house. Particulate matter with a diameter of less than 2.5 µm (PM_{2.5}) and less than 10 µm (PM₁₀) is one of the main pollutants produced by cigarette smoke. Based on several previous studies, it was reported that apart from settling in the lungs, PM_{2.5} and PM₁₀ can cause several diseases, including asthma, ARI (acute respiratory infection), lung cancer, and increase mortality rates. In this study PM_{2.5} and PM₁₀ were measured in the living room due to smokers smoking in the bathroom, in the living room, and on the terrace. PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations were measured in a house with an area of about 45 m². Data collection was carried out before smoking, 15 minutes after the cigarette was lit, and 30 and 60 minutes after the cigarette was extinguished. Based on the measurements, it was found that the concentrations of PM_{2.5} and PM₁₀ in the living room will higher than that of the quality standard for all smoking locations in the house area. Even though the smoker smoked on the terrace with the living room door completely closed, the concentrations of PM_{2.5} and PM₁₀ in the living room continued to increase, from the previous 27 and 68 µg/m³ to 63 and 127 µg/m³. From this study it was concluded that even though smoking outside the home, with the door closed, it can still increase the concentration of PM_{2.5} and PM₁₀ in the living room much higher than that of the national quality standard. This, of course, will be harmful for all residents of the house.

Keywords: Tobacco smoke, terrace, living room, PM_{2.5}, PM₁₀

Citation: Nuryati, N., Sumeru, K., Setyawan, S., Hikmat, Y. P., Sumeru, H. A., dan Sukri, M. F. (2024). Pengaruh Asap Rokok Pada Peningkatan Konsentrasi PM_{2.5} Dan PM₁₀ DI Ruang Tamu Akibat Merokok Di Dalam Dan Di Luar Rumah. Jurnal Ilmu Lingkungan, 22(1), 85-92, doi:10.14710/jil.22.1.85-92

1. Latar Belakang

Kualitas udara yang dihirup oleh manusia sangat berhubungan erat dengan mortalitas dan morbiditas (rentan terkena penyakit) dilaporkan oleh Orellano et al. (2020); Vodonos et al. (2018) dan Wang et al. (2017). Mereka melaporkan bahwa kematian akibat penyakit tertentu sangat erat hubungannya dengan konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ di tempat tinggalnya. Penelitian lainnya menyatakan bahwa kematian akibat penyakit kardiovaskular, penyakit pernafasan dan kanker paru-paru sangat erat hubungannya dengan konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ di udara yang dihirup oleh korban (Stayner et al., 2007; Chen & Hoek, 2020; Wan et al., 2022). Sumber dari PM_{2.5} dan PM₁₀ di udara di setiap lokasi tentu saja berbeda-beda. Secara alamiah, partikulat atau debu lembut ini dapat berasal dari hasil gesekan antar material, garam laut dan bahan biologis (WHO, 2006). Sedangkan partikulat hasil dari kegiatan manusia adalah berasal dari pembakaran, baik pembakaran sampah maupun pembakaran di dalam mesin kendaraan bermotor dan asap rokok (Xing et al., 2016; Pital et al., 2022).

Efek buruk dari asap rokok telah lama diketahui dan telah banyak dilaporkan oleh beberapa ahli, antara lain oleh Johansson et al., 2000; Peruga & Fernández, 2023; O’Keeffe et al., 2018, Hahn et al., 2006 dan Larsson et al., 2008. Namun meskipun efek negatif dari asap rokok telah banyak diteliti dan dilaporkan oleh banyak ahli, namun justru jumlah perokok terus meningkat, terutama pada generasi muda di Indonesia. Menurut Kementerian Kesehatan, jumlah perokok aktif pada usia remaja (10-18 tahun) dari tahun 2013 dan 2018 meningkat, dari 7,2% menjadi 9,1% (Kemenkes RI, 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Almaidah et al. (2021) melaporkan bahwa dari 103 responden remaja di Jawa Timur, 80,6% telah merokok dan terus merokok hingga survei dilakukan. Sebanyak 69,9% dilaporkan bahwa alasan merokok adalah untuk melepaskan stress, dan sebanyak 69,0% mengaku merasa tenang saat merokok. Remaja tetap merokok meskipun mengetahui resiko merokok. Sebanyak 87,4% remaja tersebut mengaku mengetahui bahwa merokok dapat menyebabkan kanker paru-paru (Almaidah et al., 2021).

Menurut para ahli, asap rokok mengandung sekitar 4000 zat polutan (Johansson et al., 2000; Peruga & Fernández, 2023). Karbon monoksida (CO), *nicotine* dan *tars* adalah zat polutan utama. *Nicotine* terdispersi ke udara menempel pada debu PM_{2.5} dan PM₁₀. Debu tersebut bila dihirup, sebagian dari *nicotine* tersebut akan mengendap di paru-paru. Asap rokok yang terhirup oleh perokok pasif disebut *environmental tobacco smoke* (ETS) (O’Keeffe et al., 2018; Johansson et al., 2006). Mueller et al. (2011) dan Peruga et al. (2023) melaporkan bahwa *particulate matter* (PM) adalah salah satu komponen utama yang menyebarkan zat-zat beracun yang terkandung di dalam asap rokok melalui udara.

Dampak negatif dari rokok telah secara luas diketahui oleh hampir semua lapisan masyarakat.

Namun berdasarkan penelusuran referensi, tim penulis belum menemukan artikel yang melaporkan efek peningkatan PM_{2.5} dan PM₁₀ dari asap rokok di dalam ruang tamu, bila perokok merokok di kamar mandi dan teras. Dalam kenyataannya, masih banyak dijumpai perokok yang merokok di di luar rumah (teras) dan di kamar mandi, tanpa menyadari bahwa asap rokok tersebut dapat menyebar ke ruang tamu.

Penelitian ini tidak untuk mengungkap lebih dalam tentang dampak negatif dari asap rokok bagi kesehatan, namun hanya melaporkan penyebaran PM_{2.5} dan PM₁₀ dari asap rokok di beberapa ruang di dalam rumah bila perokok merokok di sekitar rumah. Dengan adanya data-data pada penelitian ini diharapkan dapat menyadarkan bagi perokok untuk tidak merokok di sekitar rumah bila menginginkan semua ruangan di dalam rumahnya bebas dari asap rokok.

2. Metode Penelitian

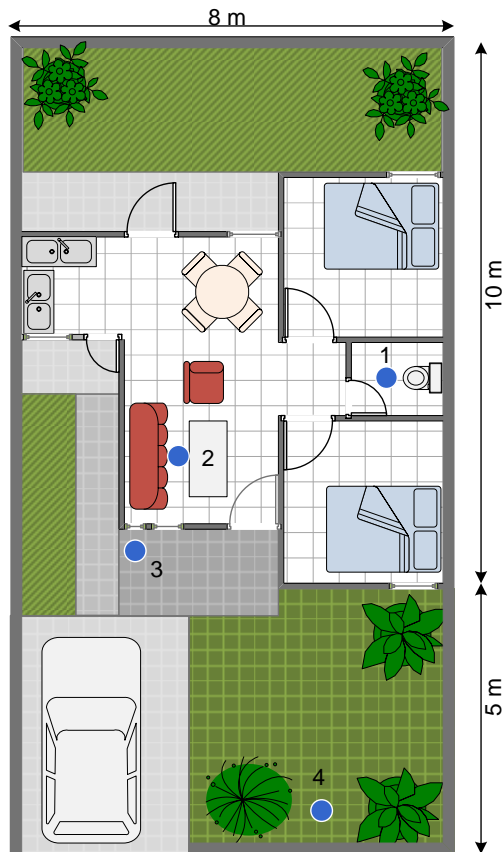
Pengukuran konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ dilakukan di empat lokasi di area rumah hunian, yaitu di kamar mandi, ruang tamu, teras dan taman. Konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ di taman dianggap mewakili konsentrasi di udara luar dan dijadikan referensi apakah peningkatan konsentrasi polutan di dalam rumah berasal dari udara luar atau akibat aktivitas merokok.

Untuk melihat pengaruh asap rokok setelah rokok dinyalakan dan dimatikan, pengukuran konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ dilakukan sebelum aktivitas merokok, saat merokok (15 menit setelah rokok dinyalakan), 30 dan 60 menit setelah rokok dimatikan. Tujuan utamanya adalah untuk melihat pengaruh asap rokok pada konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ di ruang tamu bila merokok di tiga tempat, yaitu di kamar mandi, ruang tamu dan teras. Mengapa dipilih ruang tamu, karena ruang tamu biasanya ruangan yang sering digunakan untuk kumpul keluarga.

Pengambilan data dilakukan pada satu rumah dengan luas bangunan sekitar 45 m² yang terletak di kompleks perumahan di daerah Lembang Bandung. Rumah tempat uji menghadap selatan, sedangkan jalan di depan rumah merupakan jalan dua arah, yaitu arah timur-barat. Kecepatan angin dominan di lokasi saat pengukuran adalah ke arah tenggara, dengan kecepatan relatif sangat rendah, karena kurang dari 0.1 m/dt.

Pengambilan data dilakukan tidak pada hari yang sama, dengan maksud untuk memastikan pengaruh rokok pada hari pengukuran pertama berbeda dengan pengukuran hari kedua dan hari-hari selanjutnya. Denah rumah tempat pengambilan data terlihat pada Gambar 1. Pada gambar tersebut terlihat bahwa terdapat empat titik pengukuran, yaitu di kamar mandi, ruang tamu, teras dan taman, yang disimbolkan lingkaran warna biru. Alat ukur konsentrasi yang digunakan adalah *Particulate Counter* HT-9600.

Untuk mengevaluasi kualitas udara di dalam rumah tempat pengujian, baku mutu PM2.5 dan PM10 yang dijadikan acuan pada kajian ini adalah berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1007, tahun 2011 (Peraturan MENKES, 2011), yaitu 35 dan 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk PM2.5 dan PM10. Kualitas udara di dalam rumah dikatakan sehat bila konsentrasi PM2.5 dan PM10-nya lebih rendah dari baku mutu yang dikeluarkan oleh MENKES.



Gambar 1 Denah Rumah Tempat Pengujian dan Lokasi Titik Pengukuran di Empat Tempat (Ditandai dengan Lingkaran Berwarna Biru), yaitu di Kamar Mandi, Kamar Tamu, Teras dan Taman

3. Hasil dan Pembahasan

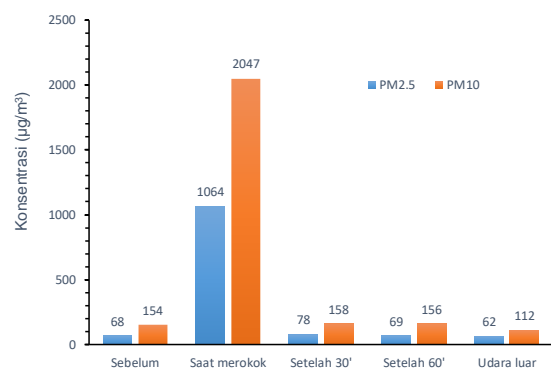
3.1. Merokok di Kamar Mandi

Salah satu kebiasaan perokok orang Indonesia adalah merokok saat di kamar mandi. Kebiasaan ini tanpa disadari berdampak kurang sehat bagi perokok itu sendiri atau orang yang masuk ke kamar mandi setelah si perokok. Gambar 2 melukiskan konsentrasi PM2.5 dan PM10 di dalam kamar mandi saat perokok merokok, setelah 30 dan 60 menit setelah rokok dimatikan. Dari gambar dapat dilihat bahwa konsentrasi PM2.5 dan PM10 sangat tinggi, yaitu 1064 dan 2047 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, jauh di atas baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menkes No. 1007 (Peraturan MENKES, 2011), yaitu 35 dan 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk PM2.5 dan PM10. Konsentrasi PM2.5 meningkat lebih dari 15 kali, sedangkan konsentrasi PM10 meningkat lebih dari 13 kali lipat. Kondisi ini

sangat beresiko jika sering dilakukan, karena paru-paru kita dipaksa untuk memproses kualitas udara yang sangat buruk. Tingginya konsentrasi PM2.5 dan PM10 selain disebabkan relatif kecil dimensi kamar mandi, yaitu hanya sekitar (1,5x2) m^2 , juga tidak dilengkapi *exhaust* untuk menarik udara di dalam kamar mandi keluar ke lingkungan.

Berdasarkan data pada Gambar 2 jelas terlihat sangat tidak dianjurkan untuk merokok di kamar mandi, karena dengan tingginya konsentrasi partikulat di udara yang dihisap seseorang maka semakin meningkat pula potensi penyakit kardiovaskular, penyakit pernafasan dan kanker paru-paru (Wan et al., 2022; O'Keeffe et al., 2018 dan Xing et al., 2016).

Pada Gambar 2 terlihat bahwa konsentrasi PM2.5 dan PM10 menurun tajam setelah 30 menit rokok dimatikan dan pintu kamar mandi dibuka. Setelah 30 menit rokok dimatikan, konsentrasi PM2.5 menurun drastis, dari 1064 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ menjadi 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan untuk PM10, dari 2047 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ menjadi 158 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi dari menit ke-30 ke menit ke-60 hanya menurun sedikit, hal ini disebabkan konsentrasi PM2.5 dan PM10 hampir mendekati konsentrasi sebelum ada aktivitas merokok di dalam kamar mandi. Mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1007, tahun 2011 (Peraturan MENKES, 2011), yaitu 35 dan 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ untuk PM2.5 dan PM10, maka konsentrasi PM2.5 dan PM10 di dalam kamar mandi, yaitu 68 dan 154 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan di luar rumah, yaitu 62 dan 122 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ telah di atas baku mutu. Kegiatan merokok di dalam kamar mandi semakin memperburuk kualitas udara di dalam kamar mandi.



Gambar 2 Konsentrasi P2.5 dan PM10 Merokok di Kamar Mandi

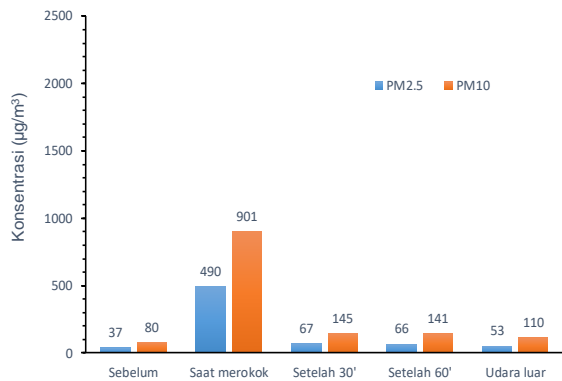
3.2. Merokok di Ruang Tamu

Ruang tamu adalah ruang yang paling sering dimanfaatkan untuk kumpul keluarga. Dengan kata lain, ruang tamu adalah ruang yang memiliki durasi paling lama ditempati selain kamar tidur. Oleh karena digunakan untuk durasi yang cukup lama maka sebaiknya konsentrasi PM2.5 dan PM10 serendah mungkin agar tidak berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan bagi penghuninya. Namun kenyataannya, masih banyak dijumpai perokok yang

merokok di ruang tamu. Gambar 3 menunjukkan konsentrasi PM2.5 dan PM10 di ruang tamu bila perokok merokok di ruang tamu. Terlihat bahwa konsentrasi PM2.5 dan PM10 sangat tinggi dibandingkan dengan baku mutu, yaitu 490 dan 901 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dengan kata lain konsentrasi PM2.5 meningkat menjadi lebih dari 13 kali, dan PM10 meningkat menjadi lebih dari 11 kali lipat.

Berdasarkan AQG (*Air Quality Guideline*) tahun 2021 (WHO, 2021), konsentrasi yang tinggi akan meningkatkan tingkat kematian bagi penghuninya. Menurut AQG, bila konsentrasi PM2.5 rata-rata selama 24 jam adalah 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan diasumsikan bahwa tingkat kematian 100, maka untuk konsentrasi PM2.5 75, 50, 37.5, dan 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tingkat kematian akibat terpapar PM2.5 menjadi 104, 102, 101 dan 101. Bila konsentrasi PM2.5 di ruang tamu adalah 490 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, maka secara statistik, tingkat kematian akan jauh lebih meningkat. Dengan kata lain, hindari merokok di dalam ruang tamu untuk menjaga kesehatan semua anggota keluarga.

Pada Gambar 3 juga terlihat bahwa konsentrasi PM10 juga sangat tinggi, yaitu 901 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, jauh di atas baku mutu dari MENKES, yaitu 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Menurut AQG dari WHO (WHO, 2021), bila konsentrasi rata-



Gambar 3 Konsentrasi P2.5 dan PM10 Merokok di Kamar Tamu

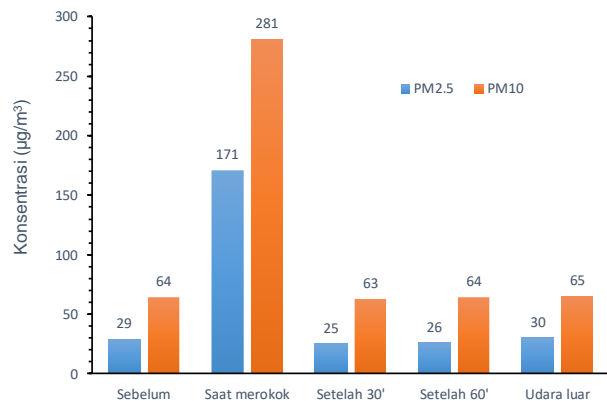
Gambar 4 menunjukkan konsentrasi PM2.5 dan PM10 di dalam ruang tamu saat perokok merokok di teras dengan pintu di ruang tamu terbuka. Terlihat dari gambar bahwa sebelum merokok, konsentrasi PM2.5 dan PM10 di dalam ruang tamu hanya 29 dan 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, yaitu masih di bawah baku mutu (Peraturan MENKES, 2011), namun 15 menit setelah rokok dinyalakan, konsentrasi PM2.5 dan PM10 meningkat sangat tajam, menjadi 171 dan 281 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, jauh di atas baku mutu. Konsentrasi PM2.5 meningkat sekitar 6 kali, dan PM10 meningkat sekitar 4 kali. Ini artinya, bila merokok di teras dengan posisi pintu ruang tamu terbuka, maka asap rokok tetap akan mencemari udara yang berada di dalam ruang tamu. Tentu saja seperti yang telah dijelaskan di atas, polutan dari asap rokok akan berdampak negatif bagi kesehatan, terutama bagi ibu-ibu yang sedang hamil dan balita. Janin yang sedang berkembang di dalam kandungan tidak selayaknya mendapatkan polusi dari asap rokok

rata selama 24 jam PM10 adalah 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ menghasilkan tingkat kematian 100, maka tingkat kematian untuk konsentrasi PM10 150, 100 dan 75 dan 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ adalah 104, 102, 101 dan 100,2. Serupa dengan penjelasan di atas (untuk PM2.5), maka tingkat kematian akibat PM10 juga akan sangat meningkat. Efek negatif dari asap rokok yang harus diwaspadai adalah pada ibu-ibu yang sedang mengandung, karena bila terlalu sering menghirup udara dengan kualitas buruk akan berpotensi melahirkan bayi autisme (Pangestu & Fibriana, 2017).

3.3. Merokok di Teras Efeknya di Ruang Tamu

Sebelumnya telah dijelaskan bahwa konsentrasi PM2.5 dan PM10 *indoor* akan meningkat tajam bila merokok di dalam rumah (kamar mandi dan ruang tamu). Pada bagian ini akan ditampilkan data konsentrasi PM2.5 dan PM10 bila perokok merokok di teras yang terletak di luar rumah. Aktivitas merokok di teras umumnya dianggap aman dan tidak akan mencemari udara *indoor*. Hal ini disebabkan karena teras terletak di luar rumah. Sehingga menganggap bahwa asap rokok tersebut akan menjauh dari rumah terbawa angin yang lewat di sekitar rumah.

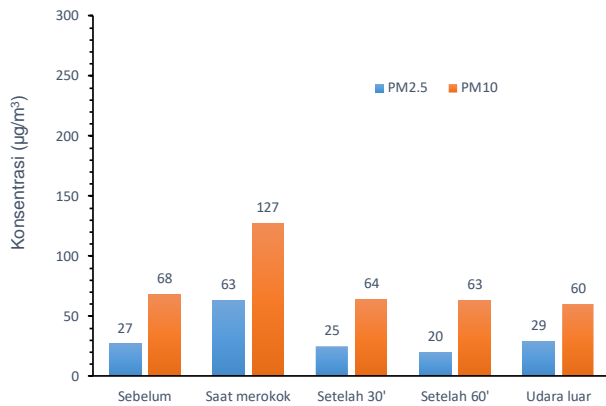
melalui udara yang dihirup oleh ibunya yang sedang mengandung. Diduga, salah satu penyebab autisme pada anak adalah sang ibu banyak menghirup asap rokok di atas baku mutu (Pangestu & Fibriana, 2017).



Gambar 4 Konsentrasi PM2.5 dan PM10 di Ruang Tamu Saat Perokok Merokok di Teras dengan Pintu Terbuka

Pertanyaan berikutnya adalah apakah bila merokok di teras dengan pintu ruang tamu tertutup, apakah masih aman pada kualitas udara di ruang tamu? Gambar 5 melukiskan konsentrasi PM2.5 dan PM10 di dalam ruang tamu saat perokok merokok di teras dengan pintu di ruang tamu tertutup. Terlihat dari gambar bahwa konsentrasi PM2.5 dan PM10 di ruang tamu sebelum merokok adalah 27 dan 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Setelah 15 menit merokok, konsentrasi PM2.5 dan PM10 di ruang tamu meningkat menjadi 63 dan 127 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Peningkatan PM2.5 dan PM10 sebelum dan setelah merokok sekitar 2 kali lipat. Meskipun peningkatannya lebih rendah dari saat pintu terbuka, namun konsentrasi di ruang tamu tetap di atas baku

mutu. Ini menunjukkan bahwa meskipun saat merokok di teras dengan pintu ruang tamu tertutup, tetap saja asap rokok dapat masuk ke ruang tamu. Dengan kata lain, tidak dianjurkan merokok di teras walaupun dengan kondisi pintu ruang tamu tertutup, bila menginginkan rumah yang dihuni bebas polusi dari asap rokok.



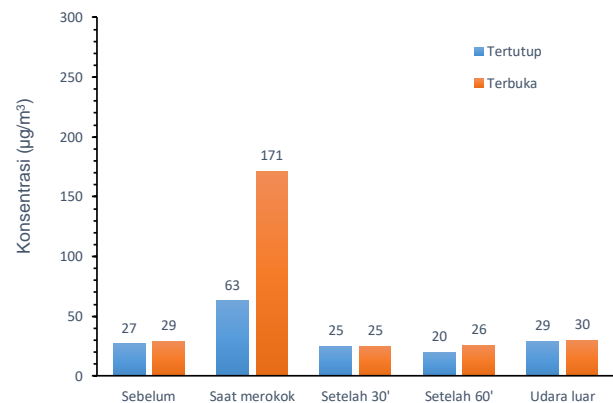
Gambar 5 Konsentrasi P2.5 dan PM10 di Ruang Tamu Saat Perokok Merokok di Teras dengan Pintu Tertutup

Untuk melihat lebih dalam perbandingan konsentrasi PM2.5 dan PM10 di ruang tamu akibat perokok di teras saat pintu terbuka dan tertutup terlihat pada Gambar 6 dan 7. Dari kedua gambar terlihat bahwa terjadi perbedaan yang cukup tinggi antara konsentrasi partikulat di ruang tamu pada saat pintu terbuka dan tertutup. Misalnya, konsentrasi PM2.5 pada saat pintu terbuka dan tertutup adalah 63 dan 171 µg/m³, seperti yang terlihat pada Gambar 6. Ini artinya konsentrasi PM2.5 saat pintu ruang tamu terbuka meningkat hampir tiga kali dibanding saat pintu tertutup. Konsentrasi di ruang tamu kembali normal setelah 30 menit rokok dimatikan.

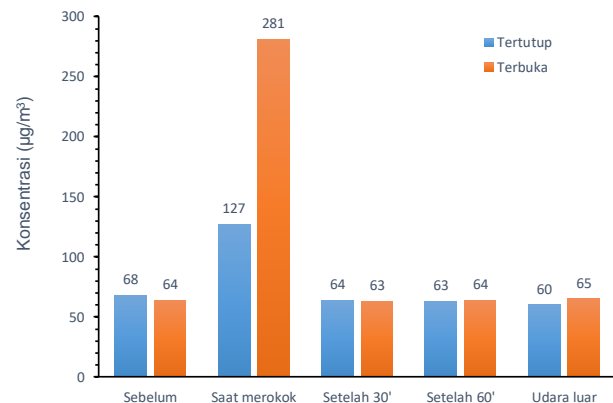
Laporan tentang bahayanya PM2.5 bagi kesehatan dilaporkan oleh Wierzbicka et al. (2022). Mereka melaporkan bahwa konsentrasi PM2.5 di indoor di atas baku lebih berpotensi berdampak negatif bagi kesehatan dibandingkan dengan di outdoor, mengingat sebagian besar waktu kita, sekitar 65% (Brasche & Bischof, 2005), dihabiskan di indoor. Berdasarkan pengujiannya (Wierzbicka et al., 2022), melaporkan bahwa tikus-tikus uji akan mengalami peradangan paru-paru bila terpapar PM2.5 di indoor dibandingkan di outdoor.

Fenomena serupa terjadi pada konsentrasi PM10 di ruang tamu. Pada Gambar 7 terlihat bahwa konsentrasinya meningkat lebih dari dua kali bila dibandingkan saat pintu tertutup dan terbuka. Ini bukan berarti bahwa merokok di teras dengan pintu ruang tamu tertutup aman bagi kesehatan. Oleh karena meskipun pintu ruang tamu tertutup, konsentrasi PM2.5 dan PM10 masih di atas baku mutu. Dengan kata lain, merokok di teras tidak

dianjurkan meskipun dengan menutup pintu ruang tamu. Konsentrasi PM2.5 dan PM10 akan kembali normal seperti saat sebelum merokok setelah 30 menit rokok dimatikan.



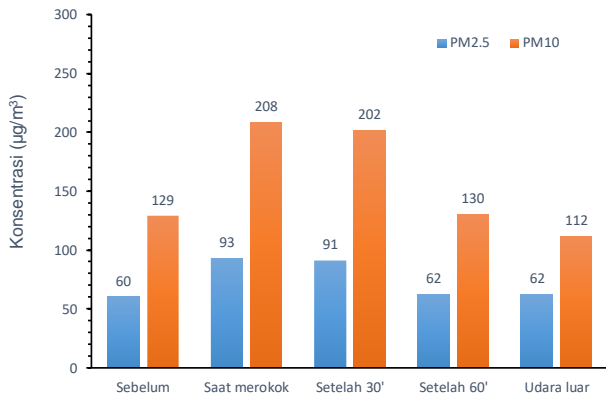
Gambar 6 Perbandingan Konsentrasi PM2.5 di Ruang Tamu Saat Perokok Merokok di Teras dengan Pintu Tertutup vs. Terbuka



Gambar 7 Perbandingan Konsentrasi PM10 di Ruang Tamu Saat Perokok Merokok di Teras dengan Pintu Tertutup vs. Terbuka

3.4. Merokok di Kamar Mandi Efeknya di Ruang Tamu

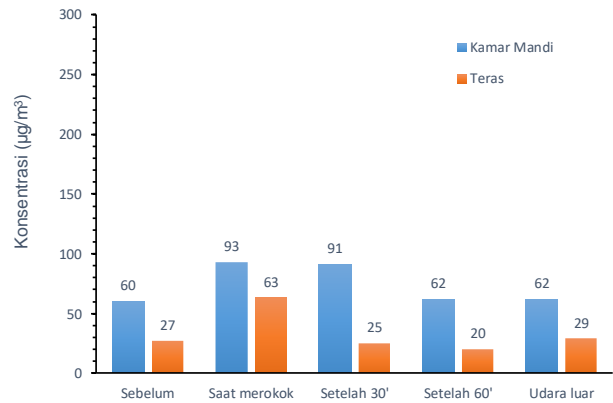
Pada bagian sebelumnya telah dibahas konsentrasi PM2.5 dan PM10 akibat merokok di kamar mandi. Pada bagian ini akan ditampilkan konsentrasi PM2.5 dan PM10 di ruang tamu akibat merokok di kamar mandi, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 8. Dari gambar tersebut terlihat bahwa konsentrasi partikulat di ruang tamu akan meningkat tajam akibat merokok di kamar mandi dengan kondisi pintu tertutup. Peningkatan tajam dialami oleh PM10, yang sebelumnya 129 µg/m³ menjadi 208 µg/m³, saat perokok merokok di kamar mandi. Artinya terjadi peningkatan hampir dua kali lipat. Konsentrasi PM10 di kamar mandi kembali normal setelah 60 menit setelah rokok dimatikan. Dengan kata lain, bila ingin aman masuk kamar mandi, maka masuklah setelah 60 menit rokok dimatikan.



Gambar 8 Konsentrasi P2.5 dan PM10 di Ruang Tamu, Saat Perokok Merokok di Kamar Mandi dengan Pintu Tertutup

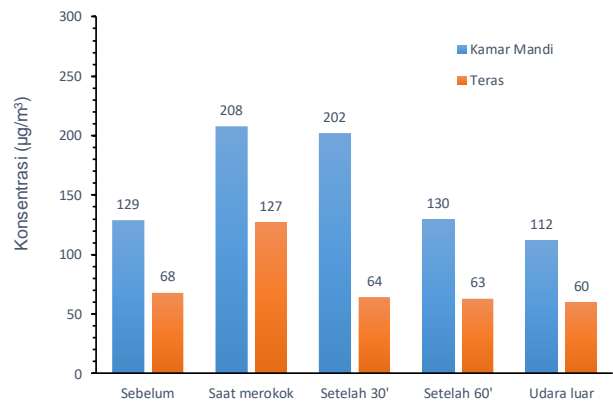
Pada bagian sebelumnya telah dibahas konsentrasi PM2.5 dan PM10 di ruang tamu akibat merokok di dalam mandi dan di teras dengan kondisi pintu tertutup. Pada bagian ini akan dibandingkan mana yang lebih besar pengaruhnya pada konsentrasi PM2.5 dan PM10 di ruang tamu, apakah merokok di kamar mandi atau merokok di teras. Gambar 9 menunjukkan konsentrasi PM2.5 di ruang tamu akibat merokok di kamar mandi dan teras. Terlihat bahwa konsentrasi PM2.5 di ruang tamu kamar sebelum kegiatan merokok telah relatif tinggi, yaitu 60 µg/m³, sedangkan saat pengukuran merokok di teras, konsentrasinya relatif rendah, yaitu hanya 27 µg/m³. Setelah 15 menit rokok dinyalakan, konsentrasi PM2.5 di ruang tamu dari kamar mandi naik menjadi 93 µg/m³, atau terjadi kenaikan sebesar 33 µg/m³. Sedangkan konsentrasi di ruang tamu dari teras naik dari 27 µg/m³ menjadi 73 µg/m³ m, atau terjadi kenaikan 46 µg/m³. Ini artinya, efek merokok di teras dengan pintu tertutup lebih besar pengaruhnya dibandingkan efek dari merokok di kamar mandi terhadap peningkatan konsentrasi PM2.5 di ruang tamu.

Gambar 10 melukiskan peningkatan konsentrasi PM10 di ruang tamu akibat merokok di kamar mandi dan di teras. Pada gambar terlihat bahwa konsentrasi PM10 di ruang tamu meningkat hampir dua kali lipat, setelah 15 menit merokok di kamar mandi, yaitu dari 128 µg/m³ menjadi 208 µg/m³, atau terjadi kenaikan 80 µg/m³. Sedangkan konsentrasi PM10 di ruang tamu akibat merokok di teras juga mengalami peningkatan sebesar 59 µg/m³, yaitu dari 68 µg/m³ ke 127 mµg/m³. Ini artinya merokok di kamar mandi lebih berdampak lebih besar pada peningkatan konsentrasi PM10 di ruang tamu dibandingkan dengan merokok di teras. Fenomena ini berkebalikan dengan peningkatan konsentrasi PM2.5 di ruang tamu akibat merokok di kamar mandi dan di teras, seperti yang telah dibahas sebelumnya.



Gambar 9 Perbandingan Konsentrasi PM2.5 di Ruang Tamu, Saat Perokok Merokok di Kamar Mandi dan Teras dengan pintu tertutup

Dari semua pembahasan di atas menunjukkan bahwa merokok dimanapun di sekitar rumah, akan berdampak pada peningkatan konsentrasi PM2.5 dan PM10 hingga di atas baku mutu nasional (Peraturan MENKES, 2011). Oleh karena telah di atas baku mutu, maka konsentrasi PM2.5 dan PM10 akan berdampak negatif pada kesehatan bagi seluruh penghuni rumah. Salah satu upaya untuk menurunkan konsentrasi PM2.5 dan PM10 di ruang tamu akibat aktivitas merokok di lingkungan rumah adalah dengan memasang ventilasi mekanik (*exhaust fan*) di salah satu sisi dinding kamar tamu tersebut. Secara teoritis penggunaan ventilasi mekanik dapat mengurangi konsentrasi polutan cukup signifikan di dalam suatu ruangan (Kumar et al., 2022).



Gambar 10 Perbandingan Konsentrasi PM10 di Ruang Tamu, Saat Perokok Merokok di Kamar Mandi dan Teras dengan pintu tertutup

4. Kesimpulan

Berdasarkan paparan di atas terlihat jelas bahwa merokok di sekitar area rumah, baik di dalam maupun di luar rumah, asap rokok dapat meningkatkan konsentrasi PM2.5 dan PM10 sangat signifikan. Artinya konsentrasi PM2.5 dan PM10 yang awalnya (sebelum ada aktivitas merokok) relatif rendah, maka setelah ada kegiatan merokok di sekitar rumah, dapat meningkatkan konsentrasi PM2.5 dan

PM₁₀ di ruang tamu hingga jauh melebihi baku mutu yang disarankan.

Kebiasaan merokok di kamar mandi harus ditinggalkan, karena dengan luas kamar mandi yang tidak terlalu lapang, maka konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ akan naik sangat tajam, lebih dari 15 kali untuk PM_{2.5} dan lebih dari 13 kali lipat untuk PM₁₀.

Dari data juga telah terlihat bahwa meskipun merokok di luar rumah, yaitu di teras, dengan pintu ruang tamu tertutup, tetap saja akan meningkatkan konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ sangat tinggi. Konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ yang sangat tinggi di udara bila sering terhirup oleh penghuni rumah, akan berdampak negatif bagi kesehatan seisi rumah tersebut.

Penelitian ini belum mengkaji efek ventilasi mekanik yang terpasang pada ruang tamu pada konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ akibat aktivitas merokok di dalam dan di luar rumah. Untuk itu penelitian lanjutan tentang hal tersebut perlu dilakukan untuk melihat seberapa efektif penggunaan ventilasi mekanik terhadap pengurangan konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ di ruang tamu akibat aktivitas merokok di lingkungan rumah.

DAFTAR PUSTAKA

- Almaidah, F., S. Khairunisa, I.P. Sari, C.D. Shrisna, A. Firdaus, Z.H. Kamiliya, N.P. Williantari, A.N.M. Akbar, et al. (2021). Survei faktor penyebab perokok remaja mempertahankan perilaku merokok. *Jurnal Farmasi* 8(1), 20-26.
- Brasche, S., & Bischof, W. (2005). Daily time spent indoors in German homes- baseline data for the assessment of indoor exposure of German occupants. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 208(4), 247-253.
- Chen, J., & G. Hoek. (2020). Long-term exposure to PM and all-cause-specific mortality: Systematic review and meta-analysis. *Environment Internasional* 143, 105974. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105974>.
- Hahn, E.J., M.K. Rayens, N. York, C.T. Okoli, M. Zhang, M. Dignan, & W.K. Al-Delaimy. (2006). Effects of a smoke-free law on hair nicotine and respiratory symptoms of restaurant and bar workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 48(9), 906-913. doi: 10.1097/01.jom.0000215709.09305.01.
- Johansson, S., M. Landtorn, L. Bjermer & R. Henriksson. (2000). Effects of tobacco smoke on tumor growth and radiation response of dunning R3327 prostate adenocarcinoma in rats. *The Prostate* 42, 253-259.
- Johnsson, T., T. Tuomi, H. Riuttala, M. Hyvärinen, M. Rothberg, & K. Reijula. (2006). Environmental tobacco smoke in Finnish restaurants and bars before and after smoking restriction were introduced. *The Annals of Occupational Hygiene* 50, 331-341. doi: 10.1093/annhyg/mel011.
- Kemenkes RI. (2017). *Gerakan Masyarakat Hidup Sehat (GERMAS)*, Warta Kemas, Jakarta.
- Kumar, A., A. Moreno-Rangel, A. Khan, & M. Piasecki. (2022). Ventilation and Indoor Air Quality. *Atmosphere* 13, 1730. doi.org/10.3390/atmos13101730.
- Larsson, M., G. Boëthius, S. Axelsson, & S.M. Montgomery. (2008). Exposure to environmental tobacco smoke and health effects among hospitality workers in Sweden-Before and after the implementation of a smoke-free law. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health* 34(4), 267-277. doi: 10.5271/sjweh.1234.
- Mueller, D., S. Uibel, M. Braun, D. Klingelhoefer, M. Takemura, & D.A. Groneberg. (2011). Tobacco smoke particles and indoor air quality (ToPIQ) – the protocol of a new study. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 6, 1-5.
- Orellano, P., J. Reynoso, N. Quaranta, A. Bardach, & A. Ciapponi. (2020). Short-term exposure to particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}), nitrogen dioxide (NO₂), and Ozone (O₃) and all-cause-specific mortality: Systematic review and meta-analysis. *Environment Internasional* 142, 105876. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105876>.
- O'Keeffe, L.M., G. Taylor, R.R. Huxley, P. Mitchell, M. Woodward, & S.A.E. Peters. (2018). Smoking as a risk factor lung cancer in women and men: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open* 8:021611. doi: 10.1136/bmjopen-2018-021611.
- Pangestu N., & A.I. Fibriana. (2017). Faktor risiko kejadian autisme. *Higea Journal of Public Health Research and Development* 1(2), 141-150.
- Peraturan (MENKES) Menteri Kesehatan Nomor 1007/PER/V/2011, tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah.
- Peruga, A., & E. Fernándezagrué. (2023). Addressing commercial determinants to end high tobacco dependence among adolescents. *American Journal of Public Health* 113(8), 856-858. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2023.307330>.
- Pipal, A.S., S.P. Singh, T. Tripathi, & A. Taneja. (2022). Variation in black carbon and particulate matter (PM₁, PM_{2.5} and PM₁₀) during firecrackers bursting episodes and burning: A case study during the Diwali festival. *Journal of Air Pollution and Health*, 7(4), 347-360. <https://doi.org/10.18502/japh.v7i4.11383>.
- Stayner, L., J. Bena, A.J. Sascó, R. Smith, K. Steenland, M. Kreuser, & K. Straif. (2007). Lung cancer risk and workplace exposure to environmental tobacco smoke. *American Journal of Public Health* 97(3), 545-551. doi: 10.2105/AJPH.2004.061275.
- Vodonos, A., Y.A. Awad, & J. Schwartz. (2018). The concentration-response between long-term PM_{2.5} exposure and mortality; a meta-regression approach. *Environmental Research* 166, 677-689. DOI: 10.1016/j.envres.2018.06.021.
- Wan, Y., M.L. North, G. Navaranjan, A.K. Ellis, J.A. Siegel, & M.L. Diamond. (2022). Indoor exposure to phthalates and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) to Canadian children: the Kingston allergy birth cohort. *Journal of exposure science & environmental epidemiology* 32, 69-81.
- Wang, Y., L. Shi, M. Lee, P. Liu, Q. Di, A. Zanobetti, & J.D. Schwartz. (2017). Long-term exposure to PM_{2.5} and mortality among older adults in the Southeastern US. *Epidemiology* 28, 207-214. doi: 10.1097/EDE.0000000000000614

- WHO. (2006). Air quality guidelines: Global update 2005: Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide. World Health Organization.
- WHO. (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. ISBN 978-92-4-003421-1.
- Wierzbicka, A., Y. Omelekhina, A.T. Saber, E. Bloom, L. Gren, et al. (2022). Indoor PM_{2.5} from occupied residences in Sweden caused higher inflammation in mice compared to outdoor PM_{2.5}. *Indoor Air* 32(12), e13177. <https://doi.org/10.1111/ina.13177>.
- Xing, Y.F., Y.H. Xu, M.H. Shi, & Y.X. Lian. (2016). The impact of PM_{2.5} on human respiratory system. *Journal of Thoracic Disease* 8(1), E69-E74. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2016.01.19.