

EVALUASI KUALITAS UDARA AMBIEN DI SEKITAR SISTEM PEMBAKARAN SAMPAH SEDERHANA DENGAN SMOKELESS BARREL INCINERATOR

Dani Angga Saputra¹, Leila Muhelni², Mistia Sari³, Dertha Mukhtar⁴
, Universitas Nahdlatul Ulama Sumatera Barat, Padang
e-mail: ¹Leilamuhelni@gmail.com

Abstract: *Open burning of waste is still one of the problems in waste management because it can produce various air pollutants and has the potential to reduce environmental quality. This study aims to evaluate the ambient air quality around a simple waste incinerator using a Smokeless Barrel Incinerator (SBI) and analyze the concentrations of sulfur dioxide (SO₂), carbon monoxide (CO), and ozone (O₃) against ambient air quality standards. The study uses a quantitative approach with an experimental method. Sampling was carried out in the parking area of Nahdlatul Ulama University of West Sumatra at a distance of 20 meters from the source of combustion with a downwind position and the height of the tool was about 1.5–2 meters from the ground level. Sampling was carried out for 1 hour. SO₂ and O₃ parameters were analyzed using an impinger system and spectrophotometry methods, while CO was measured using gas analysis instruments according to laboratory methods. The test results showed a concentration of SO₂ of 4.02 µg/m³, CO of 338 µg/m³, and O₃ of 0.067 µg/m³. Based on the reference values used in the study, the three parameters were below the ambient air quality standard. The results showed that under the test conditions, the use of SBI did not cause the concentration of SO₂, CO, and O₃ at the sampling point to exceed the quality standard values. The primary and secondary ventilation systems in SBI have the potential to help improve oxygen supply and combustion processes. However, the results of the study cannot be used to state that SBI is pollutant-free because the parameters of particulate matter, NO_x, VOCs, PAHs, dioxins-furans, and heavy metals have not been analyzed and direct comparative testing with open combustion has not been carried out.*

Keywords: *Ambient Air Quality, Waste Combustion, Smokeless Barrel Incinerator, SO₂, CO, O₃, Emissions.*

Abstrak: Pembakaran sampah terbuka masih menjadi salah satu masalah dalam pengelolaan sampah karena dapat menghasilkan berbagai polutan udara dan berpotensi menurunkan kualitas lingkungan. Studi ini bertujuan mengevaluasi kualitas udara sekitar insinerator sampah sederhana menggunakan *Smokeless Barrel Incinerator* (SBI) dan menganalisis konsentrasi sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), dan ozon (O₃) terhadap standar kualitas udara ambien. Studi ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimental. Pengambilan sampel dilakukan di area parkir Universitas Nahdlatul Ulama Sumatera Barat pada jarak 20 meter dari sumber pembakaran dengan posisi menghadap angin dan tinggi alat sekitar 1,5–2 meter dari permukaan tanah. Pengambilan sampel dilakukan selama 1 jam. Parameter SO₂ dan O₃ dianalisis menggunakan sistem impinger dan metode spektrofotometri, sedangkan CO diukur menggunakan instrumen analisis gas sesuai metode laboratorium. Hasil uji menunjukkan konsentrasi SO₂ sebesar 4,02 µg/m³, CO 338 µg/m³, dan O₃ sebesar 0,067 µg/m³. Berdasarkan nilai referensi yang digunakan dalam studi, ketiga parameter tersebut berada di bawah standar kualitas udara ambien. Hasil menunjukkan bahwa dalam kondisi pengujian, penggunaan SBI tidak menyebabkan konsentrasi SO₂, CO, dan O₃ di titik pengambilan sampel melebihi nilai standar kualitas. Sistem ventilasi primer dan sekunder dalam SBI berpotensi membantu meningkatkan pasokan oksigen dan proses pembakaran. Namun, hasil studi ini tidak dapat digunakan untuk menyatakan bahwa SBI bebas polutan

karena parameter partikel, NO_x, VOC, PAH, dioksin-furan, dan logam berat belum dianalisis serta pengujian perbandingan langsung dengan pembakaran terbuka belum dilakukan.

Kata kunci: Kualitas Udara Ambient, Pembakaran Sampah, *Smokeless Barrel Incinerator*, SO₂, CO, O₃, Emisi.

PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang perlu mendapat perhatian, terutama ketika sampah dikelola melalui pembakaran terbuka. Pembakaran sampah secara tidak terkendali dapat menghasilkan berbagai polutan yang berpotensi menurunkan kualitas udara. Ramadan et al. (2022) melaporkan bahwa pembakaran sampah rumah tangga dapat menghasilkan emisi berupa karbon monoksida (CO), hidrokarbon, nitrogen oksida (NO_x), dan partikulat. Besarnya emisi yang dihasilkan dari pembakaran sampah dipengaruhi oleh jenis sampah dan kondisi pembakaran. Wang et al. (2023) menjelaskan bahwa karakteristik sampah serta kondisi pembakaran berpengaruh terhadap jenis dan jumlah polutan yang dilepaskan. Lemieux et al. (2004) juga menunjukkan bahwa pembakaran sampah secara terbuka dapat menghasilkan berbagai senyawa pencemar udara. Oleh karena itu, diperlukan metode pembakaran yang lebih terkontrol untuk mengurangi dampak pencemaran udara.

Salah satu alternatif pembakaran sampah yang dapat digunakan adalah *Smokeless Barrel Incinerator* (SBI). Alat ini menggunakan sistem ventilasi primer dan sekunder untuk membantu memenuhi kebutuhan oksigen selama proses pembakaran. Rivai et al. (2024) menunjukkan bahwa penerapan sistem pembakaran dengan pengaturan kondisi pembakaran dapat membantu mengurangi asap dan meningkatkan kinerja pembakaran.

Meskipun demikian, penggunaan SBI tetap perlu dievaluasi berdasarkan dampaknya terhadap kualitas udara ambien di sekitarnya. Parameter yang

dapat digunakan dalam evaluasi ini antara lain sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), dan ozon (O₃). Pengukuran parameter tersebut diperlukan untuk mengetahui kondisi kualitas udara di sekitar proses pembakaran dan membandingkannya dengan baku mutu udara ambien yang berlaku. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi kualitas udara ambien di sekitar penggunaan *Smokeless Barrel Incinerator* (SBI) berdasarkan konsentrasi SO₂, CO, dan O₃.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode **kuantitatif dengan pendekatan eksperimen** untuk mengevaluasi kualitas udara ambien di sekitar *Smokeless Barrel Incinerator* (SBI). Penelitian dilaksanakan di area parkir Universitas Nahdlatul Ulama Sumatera Barat pada 5 Agustus 2026. Sampah yang digunakan terdiri atas 70% bahan organik dan 30% bahan anorganik dengan berat 50 gram. Proses pembakaran dilakukan menggunakan SBI yang dilengkapi ventilasi primer dan sekunder.

Pengambilan sampel udara dilakukan pada jarak **20 meter dari sumber pembakaran** dengan posisi *downwind* dan ketinggian inlet sekitar **1,5–2 meter** dari permukaan tanah selama **60 menit**. Parameter yang dianalisis meliputi **SO₂, CO, dan O₃**. Pengujian SO₂ dan O₃ dilakukan menggunakan metode *impinger* dan spektrofotometri UV-Vis dengan mengacu pada SNI 7119.7:2017 dan SNI 7119.8:2017, sedangkan CO diukur menggunakan *portable CO analyzer*. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan hasil pengukuran

terhadap baku mutu udara ambien yang digunakan dalam penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian mengenai evaluasi kualitas udara ambien di sekitar *Smokeless Barrel Incinerator* (SBI) diperoleh melalui

pengujian kualitas udara dan validasi alat yang digunakan. Pengambilan sampel udara dilakukan pada jarak 20 meter dari sumber pembakaran dengan arah *downwind* selama 1 jam. Pengujian laboratorium meliputi parameter sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), dan ozon (O₃). Hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 1 Hasil Pengujian Kualitas Udara Ambien (Jarak 20 m, Durasi 1 Jam)

No	Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu (PP No. 22/2021)	Satuan	Status	Spesifikasi
1	Sulfur Dioksida (SO ₂)	4,02	150	µg/m ³	Memenuhi	SNI 7119.7:2017
2	Karbon Monoksida (CO)	338	10.000	µg/m ³	Memenuhi	IKM.040.LK.SB
3	Oksidan - O ₃	0,067	150	µg/m ³	Memenuhi	SNI 7119.8:2017

Sumber: Laporan Hasil Uji UPTD Laboratorium Kesehatan Provinsi Sumatera Barat (2026).

Berdasarkan Tabel 4.1, seluruh parameter kualitas udara yang diuji berada di bawah nilai baku mutu yang tercantum dalam skripsi. Konsentrasi SO₂ sebesar 4,02 µg/m³, CO sebesar 0,338 µg/m³, dan O₃ sebesar 0,067 µg/m³. Dengan demikian, berdasarkan ketiga parameter tersebut, kualitas udara ambien pada titik

pengambilan sampel dinyatakan memenuhi baku mutu yang digunakan dalam penelitian.

Selain pengujian kualitas udara, penelitian juga melakukan validasi terhadap *Smokeless Barrel Incinerator*. Hasil validasi disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 2 Tabel Skor Validitas

No	Aspek validasi	Skor validator 1	Skor validator 2	Skor validator 3	Skor validator 4	Skor validator 5	Rata-rata	Keterangan
1	Kesesuaian fungsi alat				✓		4	Valid
2	Kejelasan cara kerja					✓	5	Sangat valid
3	Keamanan penggunaan			✓			3	Cukup Valid
4	Hasil output alat					✓	5	Sangat valid
5	Kemudahan pengoperasian					✓	5	Sangat valid

Sumber: Data hasil validasi dalam skripsi.

Berdasarkan Tabel 4.2, aspek kejelasan cara kerja, hasil *output*, dan kemudahan pengoperasian memperoleh skor 5. Kesesuaian fungsi alat memperoleh skor 4, sedangkan aspek keamanan penggunaan memperoleh skor 3. Hasil tersebut menunjukkan bahwa berdasarkan

penilaian validasi dalam penelitian, SBI memiliki fungsi dan cara kerja yang dinilai baik serta relatif mudah dioperasikan. Aspek keamanan memperoleh skor paling rendah sehingga menjadi bagian yang perlu mendapatkan perhatian dalam pengembangan alat selanjutnya.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi pengujian yang dilakukan, parameter SO₂, CO, dan O₃ berada di bawah nilai baku mutu yang digunakan. Hasil validasi juga menunjukkan bahwa SBI dapat berfungsi sesuai rancangan, meskipun aspek keamanan masih perlu ditingkatkan.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Smokeless Barrel Incinerator* (SBI) pada kondisi pengujian menghasilkan konsentrasi SO₂ sebesar 4,02 µg/m³, CO sebesar 0,338 µg/m³, dan O₃ sebesar 0,067 µg/m³. Ketiga parameter tersebut berada di bawah nilai baku mutu yang digunakan dalam penelitian. Hasil ini menunjukkan bahwa pada titik pengambilan sampel dan selama waktu pengujian, kualitas udara ambien di sekitar SBI berdasarkan parameter yang dianalisis masih memenuhi nilai acuan.

Konsentrasi SO₂ sebesar 4,02 µg/m³ menunjukkan nilai yang relatif rendah dibandingkan baku mutu sebesar 150 µg/m³. Kondisi tersebut dapat dikaitkan dengan karakteristik bahan yang dibakar. SO₂ terutama berkaitan dengan kandungan sulfur dalam bahan bakar, sehingga komposisi sampah yang digunakan dapat memengaruhi jumlah SO₂ yang terbentuk selama pembakaran. Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi SO₂ tidak menunjukkan adanya pelampauan nilai baku mutu pada titik pengukuran.

Konsentrasi CO sebesar 0,338 µg/m³ juga berada di bawah nilai baku mutu yang digunakan, yaitu 10.000 µg/m³. CO merupakan salah satu produk pembakaran yang berkaitan dengan kesempurnaan proses oksidasi. Dalam penelitian ini, sistem SBI dilengkapi dengan ventilasi primer dan sekunder yang berfungsi memberikan suplai udara ke ruang pembakaran. Ventilasi primer membantu proses pembakaran bahan padat, sedangkan ventilasi sekunder membantu proses pembakaran gas dan uap hasil pirolisis. Pengaturan suplai udara

tersebut dapat mendukung proses pembakaran yang lebih optimal.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Rivai et al. (2024) mengenai penggunaan alat pembakaran sampah tanpa asap. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan alat pembakaran tanpa asap dapat mengurangi jumlah partikel asap dibandingkan pembakaran terbuka. Perbedaan kondisi pembakaran tersebut menunjukkan pentingnya desain ruang bakar dan suplai udara dalam proses pembakaran sampah.

Konsentrasi O₃ sebesar 0,067 µg/m³ juga berada di bawah nilai baku mutu yang digunakan, yaitu 150 µg/m³. O₃ merupakan parameter yang pembentukannya dapat berkaitan dengan proses fotokimia di atmosfer dan keberadaan prekursor tertentu. Oleh karena penelitian ini hanya mengukur konsentrasi O₃ pada udara ambien dan tidak mengukur seluruh prekursor pembentuknya, hasil tersebut hanya dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi O₃ pada lokasi dan waktu pengukuran.

Hasil validasi SBI menunjukkan bahwa aspek kesesuaian fungsi memperoleh skor 4, kejelasan cara kerja 5, keamanan penggunaan 3, hasil *output* 5, dan kemudahan pengoperasian 5. Nilai tersebut menunjukkan bahwa alat dapat berfungsi sesuai rancangan dan relatif mudah digunakan. Namun, aspek keamanan memperoleh skor paling rendah sehingga perlu menjadi perhatian dalam pengembangan alat berikutnya, khususnya dalam pengamanan selama proses pembakaran.

Berdasarkan hasil pengujian, *smokeless barrel* mampu menghasilkan konsentrasi SO₂, CO, dan oksidan sebagai O₃ yang berada di bawah baku mutu. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada kondisi pengujian, alat tidak menyebabkan peningkatan ketiga parameter tersebut hingga melampaui nilai acuan (UPTD Laboratorium Kesehatan Provinsi Sumatera Barat, 2026). *Smokeless barrel* juga berpotensi mengurangi asap visual melalui peningkatan suplai oksigen, sirkulasi udara, dan pembakaran kembali

gas hasil pirolisis. Namun, smokeless barrel tidak dapat disebut benar-benar bebas asap atau bebas polutan. Istilah yang lebih tepat adalah alat pembakaran yang mampu meminimalkan asap visual dan berpotensi menurunkan sebagian emisi, sedangkan efektivitas keseluruhan harus dibuktikan melalui pengukuran partikulat, NO_x, hidrokarbon, PAH, dioksin-furan, dan logam berat (Wang *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2023b).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan *Smokeless Barrel Incinerator* (SBI) pada jarak 20 meter dan waktu pengukuran selama 1 jam menunjukkan bahwa konsentrasi SO₂, CO, dan O₃ berada di bawah baku mutu udara ambien yang digunakan dalam penelitian.

Dengan demikian, SBI dapat dinyatakan **berhasil secara terbatas**, yaitu memenuhi baku mutu untuk ketiga parameter tersebut pada kondisi pengujian. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa SBI memiliki pengaruh positif terhadap pengendalian asap dan emisi gas yang diuji. Namun, SBI belum dapat dinyatakan bebas polusi karena penelitian belum menguji parameter pencemar lainnya, seperti partikulat, NO_x, VOC, PAH, dioksin, furan, dan logam berat.

Selain itu, penelitian belum melakukan perbandingan langsung antara SBI dan pembakaran terbuka pada kondisi sampah, massa, kadar air, durasi pembakaran, dan kondisi cuaca yang sama, sehingga persentase penurunan emisi belum dapat ditentukan secara pasti.

Berdasarkan hasil penelitian, pengembangan *Smokeless Barrel Incinerator* (SBI) selanjutnya disarankan untuk meningkatkan sistem ventilasi primer dan sekunder agar suplai udara dalam proses pembakaran lebih optimal serta meningkatkan aspek keamanan alat. Penelitian selanjutnya juga perlu melakukan pengujian dengan jumlah sampel dan kondisi pembakaran yang lebih beragam serta membandingkan SBI

dengan pembakaran terbuka pada kondisi yang sama. Selain itu, parameter kualitas udara perlu diperluas, meliputi partikulat, NO_x, VOC, PAH, dioksin, furan, dan logam berat, sehingga efektivitas SBI dalam mengendalikan pencemar udara dapat dievaluasi secara lebih menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2017a). *SNI 7119.7:2017: Udara ambien bagian 7: Cara uji kadar sulfur dioksida (SO₂) dengan metode pararosanilin menggunakan spektrofotometer*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017b). *SNI 7119.8:2017: Udara ambien bagian 8: Cara uji kadar oksidan dengan metode neutral buffer kalium iodida menggunakan spektrofotometer*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional.
- Chang, Y. M., et al. (2017). Reducing CO emissions through a secondary air nozzle retrofit based on the jet penetration factor and the momentum flux ratio of a commercial wood waste incinerator. *Applied Thermal Engineering*, 118, 101–110.
- Lemieux, P. M., Lutes, C. C., & Santoianni, D. A. (2004). Emissions of organic air toxics from open burning: A comprehensive review. *Progress in Energy and Combustion Science*.
- Ramadan, B. S., et al. (2022). Aktivitas pembakaran sampah rumah tangga dan emisi pencemar udara di Kota Semarang.
- Rivai, A., Fausy, M., & Mulyadi. (2024). Penggunaan alat pembakaran sampah tanpa asap untuk mengatasi pencemaran lingkungan. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika dan Masyarakat*, 23(1), 88–93.
- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric chemistry and physics: From air pollution to climate change*

-
- (3rd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Wang, X., et al. (2023). Characterization of gas and particle emissions from open burning of household solid waste from South Africa. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 23, 8921–8937.
- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
- Muhelni, L., & Anwar, H. “The Diversity of Butterfly in Air Dingin Landfills, Balai Gadang, Padang City.” *Berita Biologi*, 19(2), 207–214 (2020).
- Jeprianto, & Muhelni, L. (2024). Evaluasi sistem pengelolaan sampah di Pasar Raya Kota Padang. *Innovative: Journal of Social Science Research*, 4(4), 5906–5912
- A. Andriani, W., Muhelni, L., Edinov, S., & Mukhtar, D. (2025). The analysis of ambient air quality with sulfur dioxide (SO₂) and carbon monoxide (CO) parameters at the Final Disposal Site (TPA) of Air Dingin, Padang City. *The Future of Education Journal (TOFEDU)*, 3(1), 1–10

