

Pengujian Tungku Pembakar Sampah Minim Asap

Andhi Akhmad Ismail¹

Aris Hendaryanto²

Budi Basuki³

^{1,2,3}Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Jl. Yacaranda Sekip Unit IV

¹Korespodensi penulis: andhi_akhmad@ugm.ac.id

Article Info: Received: October 14, 2025; Accepted: December 09, 2025; Available online: December 13, 2025

DOI: 10.30588/jeemm.v9i2.2448

Abstract: Waste refers to residual materials resulting from various human daily activities or natural processes that exist in solid form. In general, the term waste denotes unwanted materials or substances considered to have lost their usefulness after a certain activity or domestic process has been completed. To date, waste management efforts in many regions have not yet achieved optimal results. The level of public awareness and concern regarding environmental issues related to waste also varies significantly, making this issue an urgent environmental challenge that requires immediate attention and solutions. This study focuses on testing the effectiveness of waste treatment methods through the combustion process. The main objective is to determine the concentration levels of carbon monoxide (CO) and other hazardous gases generated during combustion, as well as to evaluate the performance of a waste incineration machine designed to produce low-smoke emissions. Gas concentration measurements were conducted using gas detection sensors integrated with an Arduino-based microcontroller system. The research approach combines both qualitative and quantitative methods. The qualitative aspect involves reviewing and comparing previous research findings, while the quantitative approach is carried out through direct measurements using a self-designed measuring instrument. This study is part of an ongoing research program aimed at developing a Low-Smoke Waste Incinerator Machine. Preliminary results indicate that the effectiveness level of the waste incinerator remains relatively low. This condition is attributed to the high concentrations of harmful exhaust gases such as carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO_x), and sulfur dioxide (SO₂) produced during the combustion process. In addition, the design of the incinerator has not yet reached optimal efficiency, as reflected by the persistently high NO_x and SO₂ emissions. Therefore, more precise calibration of the gas sensors is required to ensure that the measurement data obtained accurately represent the actual concentrations of combustion gases.

Keywords: organic waste, low-smoke waste incinerator, arduino

Abstrak: Sampah merupakan material sisa dari berbagai aktivitas manusia sehari-hari maupun dari proses alami yang berbentuk padat. Umumnya, istilah sampah digunakan untuk menyebut bahan buangan yang sudah tidak dikehendaki lagi atau dianggap tidak memiliki nilai guna setelah suatu kegiatan atau proses domestik selesai dilakukan. Sampai saat ini, upaya pengelolaan sampah di berbagai wilayah masih belum mencapai hasil yang optimal. Tingkat kesadaran serta kepedulian masyarakat terhadap permasalahan lingkungan akibat sampah juga masih beragam, sehingga isu ini menjadi tantangan penting yang perlu segera mendapatkan solusi. Penelitian ini berfokus pada pengujian efektivitas metode pengolahan sampah melalui proses pembakaran. Tujuan utama penelitian adalah untuk mengetahui kadar gas karbon monoksida (CO) serta gas berbahaya lain yang muncul selama proses pembakaran, sekaligus mengevaluasi kinerja mesin pembakar sampah yang dirancang agar menghasilkan emisi asap rendah. Pengukuran kadar gas dilakukan dengan memanfaatkan sensor pendeteksi yang terhubung ke sistem mikrokontroler berbasis Arduino. Pendekatan penelitian yang diterapkan menggabungkan metode kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif, dilakukan telaah serta perbandingan terhadap hasil-hasil penelitian sebelumnya. Sementara itu, pendekatan kuantitatif dilakukan melalui pengukuran langsung menggunakan perangkat alat ukur yang dirancang secara mandiri. Penelitian ini merupakan bagian dari program riset berkelanjutan yang berorientasi pada pengembangan Mesin Pembakar Sampah Minim Asap. Hasil uji awal menunjukkan bahwa tingkat efektivitas tungku pembakar sampah masih tergolong rendah. Kondisi ini disebabkan oleh masih

tingginya konsentrasi gas buang berbahaya seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), dan sulfur dioksida (SO₂) yang terbentuk selama proses pembakaran. Di samping itu, rancangan tungku pembakar belum sepenuhnya efisien, terlihat dari besarnya emisi NO_x dan SO₂ yang masih dihasilkan. Oleh sebab itu, diperlukan proses kalibrasi sensor gas yang lebih presisi agar data pengukuran yang diperoleh dapat mendekati kondisi nyata dari gas hasil pembakaran tersebut.

Kata Kunci: sampah organik, pembakar sampah minim asap, arduino

I. Pendahuluan

Sampah merupakan permasalahan lingkungan yang semakin kompleks seiring dengan pertumbuhan populasi dan aktivitas manusia. Produksi sampah yang terus meningkat, terutama sampah rumah tangga dan organik, menuntut adanya sistem pengelolaan yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan. Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengurangi volume sampah adalah pembakaran. Namun, proses pembakaran sampah konvensional sering kali menghasilkan emisi asap yang tinggi serta kandungan gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan partikel halus (PM), yang berdampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan.

Sebagai solusi terhadap permasalahan tersebut, diperlukan inovasi teknologi yang dapat mengurangi emisi asap dari proses pembakaran sampah. Salah satu pendekatan yang dikembangkan adalah tungku pembakar sampah minim asap, yaitu alat pembakar sampah yang dirancang secara khusus untuk mengoptimalkan proses pembakaran sekaligus meminimalkan pelepasan polutan ke udara. Penggunaan tungku jenis ini diharapkan dapat menjadi alternatif pengelolaan sampah berskala kecil, terutama di tingkat rumah tangga dan komunitas, yang belum memiliki akses ke sistem pengolahan sampah terpusat.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas kinerja tungku pembakar sampah minim asap melalui pengukuran kadar gas-gas hasil pembakaran, khususnya karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen oksida (NO_x). Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan desain tungku dalam menurunkan emisi asap dan meningkatkan efisiensi pembakaran. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sensor gas yang terintegrasi dengan mikrokontroler sebagai sistem monitoring yang akurat dan *real-time*.

II. Bahan dan Metode

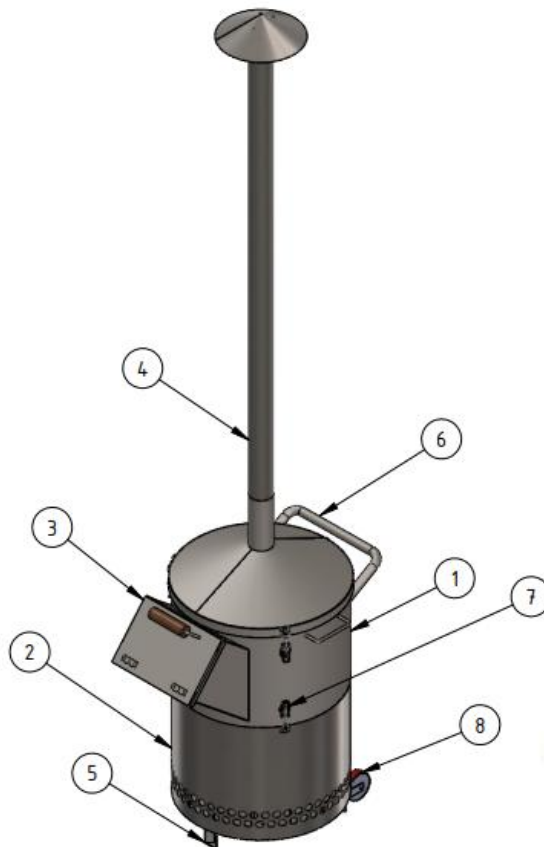
1. Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan sejumlah alat dan bahan untuk mendukung proses pengujian kinerja tungku pembakar sampah minim asap, yaitu:

a. Tungku Pembakar Sampah Minim Asap

Merupakan hasil rancangan awal dengan struktur berbahan logam, dilengkapi ruang bakar tertutup, dan cerobong pengeluaran asap. Tungku ini dirancang untuk mengoptimalkan pembakaran serta meminimalkan emisi asap. Bagian-bagian dari tungku pembakar sampah minim asap yang dirancang adalah:

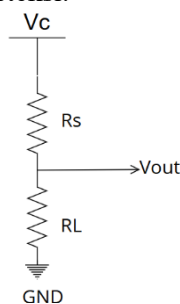
1. *Combustion chamber*
2. *Cover*
3. *Gate*
4. *Chimney*
5. *Support*
6. *Handle*
7. *Toggle latch*
8. *Trolley wheel*



Gambar 1. Tungku Pembakar Sampah Minim Asap

a. Sensor Gas

MQ-7 adalah sensor semikonduktor (timah dioksida, SnO_2) yang dirancang khusus untuk deteksi karbon monoksida (CO). Sensor mengubah resistansi elemen sensitif (R_s) sesuai konsentrasi gas. Nilai resistansi elemen sensitif SnO_2 akan menurun saat gas pereduksi (CO) terbaca oleh SnO_2 . Keluaran sensor MQ-7 berupa tegangan analog 0 - 5V yang meningkat seiring dengan membesarnya kadar CO yang dideteksi.



$$V_{out} = V_c \times \frac{R_L}{R_s + R_L}$$

Gambar 2. Rangkaian R_s , R_L , V_c , dan V_{out} sensor MQ-7

Range deteksi efektif: 20 – 2000 ppm, resistansi R_s menurun saat CO meningkat. Mekanisme kerja: Gas CO bereaksi dengan oksigen teradsorpsi pada SnO_2 hal ini akan menyebabkan terjadinya pelepasan elektron menyebabkan konduktivitas naik.

MQ-135 adalah sensor gas semikonduktor berbasis SnO_2 (timah dioksida) yang dirancang untuk *air-quality* dan sensitif terhadap NH_3 , NO_x , alkohol, benzena, asap, dan indikator perubahan CO_2 . Dalam penelitian ini sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi NO_x . Keluaran sensor MQ-135 berupa tegangan 0 – 5V. Nilai tegangan yang dihasilkan sensor akan menurun dengan meningkatnya kadar NO_x

yang dideteksi. Berikut ini penjelasan umum mengenai sensor MQ-135 (Gas Polutan Umum – NH₃, CO₂, NO_x, CO).

Range deteksi efektif:

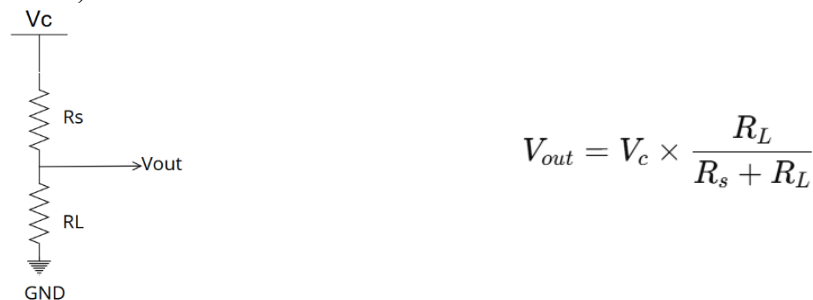
NH ₃	: 10 – 300 ppm
CO ₂	: 10 – 1000 ppm
CO	: 10 – 1000 ppm
Benzena	: 10 – 300 ppm
NO _x	: 10 – 200 ppm (perkiraan dari kurva Rs/R ₀)

Mekanisme kerja:

Gas pereduksi (NH₃, CO, CH₄) → menurunkan Rs. Gas oksidator (NO₂) → menaikkan Rs

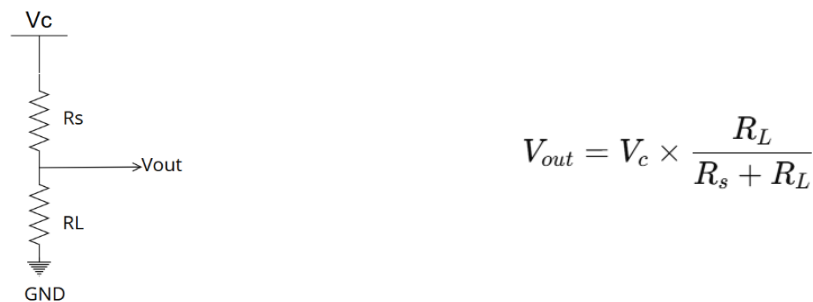
Keluaran sensor: Tegangan analog 0–5 V proporsional dengan konsentrasi gas.

MQ-136 adalah semikonduktor gas sensor tipe-N yang dirancang khusus untuk mendeteksi gas beracun sulfur dioksida (SO₂), serta sebagian gas H₂S, NH₃, dan etanol. Prinsipnya sama seperti seri MQ lain (MQ-7, MQ-135, dll.), namun elemen sensitifnya telah dimodifikasi untuk lebih responsif terhadap gas oksidator (seperti SO₂).



Gambar 3. Rangkaian Rs, RL, Vc, dan Vout sensor MQ-135

Keluaran sensor MQ-136 berupa tegangan 0 – 5V, yang akan naik sesuai dengan kenaikan SO₂ yang dideteksi.



Gambar 4. Rangkaian Rs, RL, Vc, dan Vout sensor MQ-136

Range deteksi efektif: 1 – 200 ppm

Mekanisme kerja: Gas SO₂ bereaksi dengan oksigen teradsorpsi → melepaskan elektron → Rs menurun → tegangan keluaran meningkat.

Sensitivitas tertinggi: Sekitar 50–150 ppm SO₂.

b. Mikrokontroler Arduino Uno

Digunakan sebagai unit utama pengolahan dan pengambilan data dari sensor-sensor gas. Arduino Uno yang digunakan adalah Arduino Uno R3

c. LCD (*Liquid Crystal Display*)

Digunakan sebagai *display* kandungan gas pada saat sensor-sensor mendeteksi kandungan gas hasil pembakaran.

d. Bahan Bakar Uji

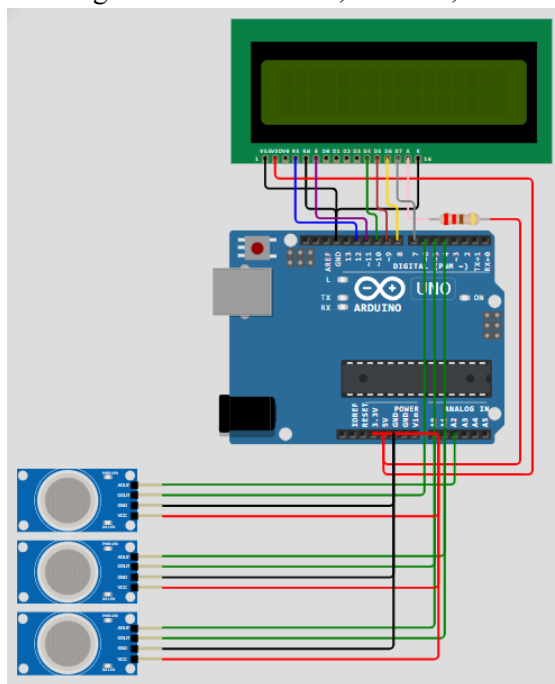
Sampah organik rumah tangga seperti daun kering, sisa makanan, dan potongan kayu kecil sebagai bahan bakar pembakaran.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan merupakan pendekatan eksperimen laboratorium, yang mencakup tahapan sebagai berikut:

a. Perancangan dan Perakitan Alat

Rangkaian sensor gas dipasang pada posisi strategis di dekat cerobong tungku untuk mendeteksi emisi asap yang keluar. Sensor dihubungkan dengan Arduino Uno, yang kemudian dikalibrasi untuk memastikan pembacaan akurat. Rangkaian sensor-sensor, Arduino, dan LCD adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Rangkaian Alat Uji

b. Pengujian Pembakaran

Proses pembakaran dilakukan dalam kondisi yang terkontrol. Sampah organik dimasukkan ke dalam ruang pembakaran tungku, lalu dilakukan pembakaran dengan volume dan jenis sampah yang sama untuk setiap percobaan. Waktu pembakaran dan volume asap dicatat.

c. Pengambilan Data

Selama proses pembakaran berlangsung, sensor akan merekam data kadar gas CO, SO₂, dan NO_x.

d. Analisis Data

Data hasil pembacaan sensor dianalisis untuk mengetahui konsentrasi rata-rata gas berbahaya selama proses pembakaran. Hasil ini dibandingkan dengan ambang batas emisi yang ditetapkan oleh standar lingkungan (misalnya Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI).

e. Evaluasi Efektivitas

Efektivitas tungku dinilai berdasarkan:

1. Rendahnya kadar gas berbahaya yang terdeteksi
2. Waktu pembakaran yang efisien.

III. Hasil dan Pembahasan

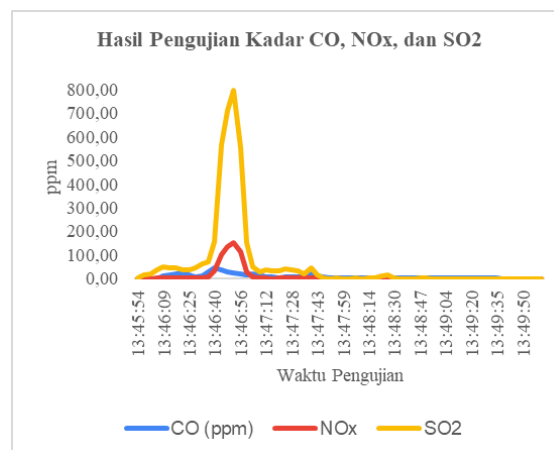
1. Hasil Percobaan

Hasil percobaan Tungku Pembakar Sampah Minim asap untuk masing-masing sensor ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Kadar CO, NO_x, dan SO₂

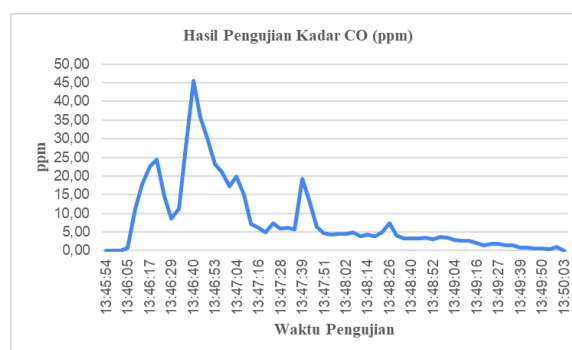
Waktu	CO (ppm)	NO _x	SO ₂
13:45:54	0,00	0,00	4,95
13:45:57	0,00	0,55	14,79
13:46:02	0,00	1,24	22,65
13:46:05	0,76	2,77	36,98
13:46:09	11,32	4,30	49,73
13:46:13	17,92	4,56	48,12
13:46:17	22,65	4,59	45,14
13:46:22	24,31	4,05	39,23
13:46:25	14,62	3,39	38,74
13:46:29	8,69	2,84	45,56
13:46:33	11,29	4,30	63,87
13:46:37	27,82	6,30	70,30
13:46:40	45,48	34,02	155,73
13:46:44	35,61	100,40	566,39
13:46:48	30,08	137,12	708,62
13:46:53	23,12	152,00	794,51
13:46:56	21,05	114,16	554,47
13:47:01	17,15	31,13	152,62
13:47:04	19,95	8,04	48,30
13:47:08	14,86	3,59	30,09
13:47:12	7,26	2,79	37,26
13:47:16	6,13	1,38	31,95
13:47:20	4,92	2,30	35,10
13:47:23	7,30	3,91	43,90
13:47:28	5,86	2,05	36,12
13:47:32	6,12	2,31	33,12
13:47:36	5,71	1,93	19,96
13:47:39	19,34	5,61	46,46
13:47:43	13,62	2,07	16,83
13:47:47	6,35	0,13	4,95
13:47:51	4,80	0,00	1,33
13:47:55	4,26	0,00	1,88
13:47:59	4,53	0,00	0,00
13:48:02	4,52	0,00	0,00
13:48:06	4,94	0,00	5,56
13:48:10	3,83	0,00	0,00
13:48:14	4,24	0,00	5,22
13:48:18	3,96	0,00	3,10
13:48:22	4,85	0,06	12,33
13:48:26	7,38	1,21	14,26
13:48:30	4,14	0,00	2,85
13:48:35	3,37	0,00	0,00
13:48:40	3,22	0,00	0,00
13:48:44	3,21	0,00	0,00
13:48:47	3,39	0,00	2,47
13:48:52	3,11	0,00	3,57
13:48:56	3,71	0,00	0,00

13:49:01	3,42	0,00	0,00
13:49:04	2,85	0,00	0,00
13:49:08	2,58	0,00	0,00
13:49:11	2,67	0,00	0,85
13:49:16	1,94	0,00	0,00
13:49:20	1,48	0,00	0,00
13:49:23	1,83	0,00	0,00
13:49:27	1,91	0,00	0,00
13:49:31	1,50	0,00	0,00
13:49:35	1,49	0,00	0,00
13:49:39	0,83	0,00	0,00
13:49:43	0,87	0,00	0,00
13:49:47	0,64	0,00	0,00
13:49:50	0,64	0,00	0,00
13:49:58	0,45	0,00	0,00
13:49:58	0,99	0,00	0,00
13:50:03	0,00	0,00	0,00

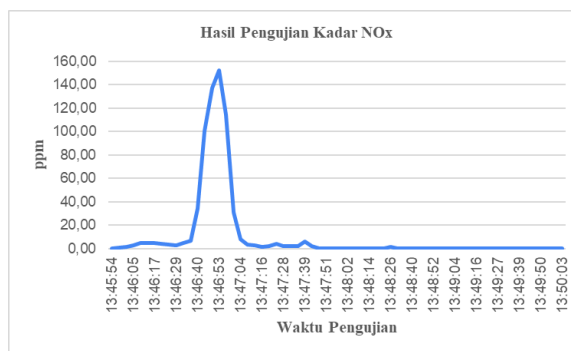


Gambar 6. Hasil Pengujian Secara Keseluruhan

Hasil pengujian pada Gambar 6 tidak dibuat menjadi satu per satu supaya kelihatan jelas nilai ppm yang dihasilkan dibandingkan dengan waktu pembakaran sampah terjadi. Berikut ini ditunjukkan hasil pengujian masing-masing kadar gas hasil pembakaran. Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa kadar CO tertinggi adalah 45,48 ppm dan terjadi pada 13:46:40, atau 47 detik setelah proses pembakaran terjadi. Proses pembakaran yang menghasilkan CO terjadi selama 4 menit 10 detik.

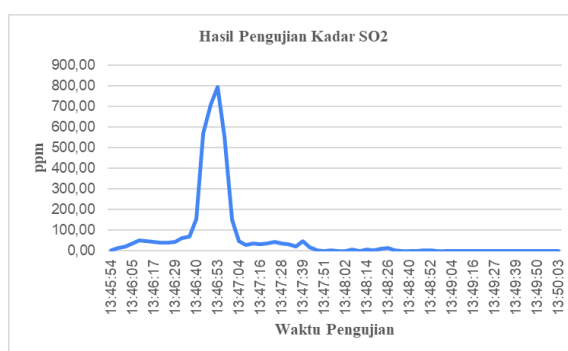


Gambar 7. Hasil Pengujian Kadar CO



Gambar 8. Hasil Pengujian Kadar NO_x

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa kadar NO_x tertinggi adalah 152,00 ppm dan terjadi pada 13:46:53, atau 49 detik setelah proses pembakaran terjadi. Proses pembakaran yang menghasilkan NO_x terjadi selama 2 menit 32 detik.



Gambar 9. Hasil Pengujian Kadar SO₂

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa kadar SO₂ tertinggi adalah 794,52 ppm dan terjadi pada 13:46:53, atau 59 detik setelah proses pembakaran terjadi. Proses pembakaran yang menghasilkan SO₂ terjadi selama 3 menit 18 detik. Lama pembakaran yang menghasilkan gas hasil pembakaran tertinggi bervariasi, paling cepat adalah CO dalam waktu 47 detik, kemudian NO_x dalam waktu 49 detik dan SO₂ memiliki waktu paling lama yaitu 59 detik. Lama pembakaran yang menghasilkan kandungan gas CO paling lama yaitu 4 menit 10 detik, gas NO_x 2 menit 32 detik, dan gas SO₂ 3 menit 18 detik.

2. Analisis Hasil Percobaan

Kandungan gas hasil pembakaran yang dianalisis pada percobaan ini adalah CO, NO_x, dan SO₂, hal ini dilakukan karena gas-gas tersebut merupakan gas yang berbahaya terhadap tubuh jika terhirup manusia.

CO adalah gas tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan tidak mengiritasi, sehingga sulit dideteksi tanpa alat. Gas CO tidak beracun karena bereaksi kimia, melainkan karena mengikat hemoglobin (Hb) dalam darah jauh lebih kuat daripada oksigen. Daya ikat CO terhadap Hb ≈ 200–250 kali lebih kuat daripada O₂. Artinya, begitu CO terhirup, ia menggantikan O₂ dari hemoglobin, sehingga darah tidak bisa mengangkut oksigen ke jaringan tubuh. Akibatnya, sel-sel otak, jantung, dan organ vital mengalami hipoksia (kekurangan oksigen) meski seseorang bernapas normal. Dari data hasil percobaan dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kadar CO selama 4 menit 10 detik adalah 8,78 ppm, nilai ini masih aman jika dilihat nilai referensi pada Tabel 2.

Tabel 2. Efek fisiologis CO pada kadar tertentu

Kadar CO (ppm)	Lama Paparan	Kadar COHb darah	Dampak fisiologis
0–9	–	<1%	Aman (batas udara bersih)
10–30	Beberapa jam	1–3%	Gejala ringan, sakit kepala ringan
50	8 jam	~5–8%	Batas kerja OSHA; mulai terasa pusing bagi sensitive

100	2 jam	10%	Sakit kepala, lemas
200	1–2 jam	15–20%	Mual, pusing, gangguan penglihatan
400	1 jam	25–30%	Sakit kepala berat, muntah
800	30 menit	40–50%	Pingsan, kehilangan kesadaran
1.600	10–20 menit	50–60%	Kematian mungkin terjadi
>3.200	<10 menit	>60%	Kematian cepat (beberapa menit)

(Sumber: WHO Air Quality Guidelines 2021; US EPA; NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards)

Sumber nitrogen (N) dalam pembakaran daun/ranting berasal dari protein dan asam amino di jaringan tumbuhan, dan nitrogen atmosfer (N₂) di udara pembakaran. Kedua sumber inilah yang dapat membentuk gas NO_x (NO dan NO₂) saat terbakar. NO_x terbentuk dari oksidasi unsur nitrogen dalam bahan organik dan sebagian dari udara pada temperatur pembakaran (400–900°C). Pembakaran sampah organik (daun, ranting, dan kertas) menghasilkan gas NO_x antara 1 hingga 15 ppm, tergantung kondisi api dan kadar nitrogen bahan. Dari hasil percobaan, kandungan maksimal 152,00 ppm atau rata-rata 15,73 ppm selama 2 menit 32 detik adalah tidak mungkin terjadi. Kemungkinan nilai tersebut muncul karena pengukuran sangat dekat ke sumber asap/nyala (di dalam cerobong, drum, atau mulut api), konsentrasi di titik sumber bisa jauh lebih tinggi daripada di sekeliling area.

Tabel 3. Efek kesehatan akibat paparan NO_x

Tingkat paparan (ppm NO ₂)	Durasi paparan	Dampak terhadap tubuh
<0,1	Jangka panjang	Sudah melampaui batas aman WHO, dapat memicu batuk ringan & penurunan fungsi paru pada anak-anak
0,5 – 2	1–8 jam	Iritasi mata, hidung, dan tenggorokan, sakit kepala, sesak napas ringan
5 – 20	Menit–jam	Batuk berat, nyeri dada, peradangan bronkus (bronkitis akut)
20 – 50	Menit	Sesak napas berat, iritasi paru, napas berbunyi, dan berisiko edema paru
>100	Menit	Berbahaya dan bisa mematikan – menyebabkan kerusakan paru parah, edema paru dalam 1–2 jam
>150	Singkat (<5 menit)	Kondisi gawat darurat – risiko kematian tinggi bila tanpa oksigen & perawatan medis

(Sumber: WHO, Air Quality Guidelines 2021; ATSDR, Nitrogen Dioxide Toxicological Profile, 2012; EPA, Integrated Science Assessment for Oxides of Nitrogen, 2016)

Dari Tabel 3, paparan NO_x sebesar 15,73 ppm selama 2 menit 32 detik berbahaya terhadap manusia, dapat menyebabkan batuk berat, nyeri dada, peradangan bronkus (bronkitis akut).

Sulfur dioksida (SO₂) adalah gas tidak berwarna, berbau tajam menusuk (seperti belerang terbakar), dan sangat larut dalam air. Ketika seseorang menghirup udara yang mengandung SO₂, gas ini bereaksi dengan air di saluran pernapasan (terutama hidung, tenggorokan, dan paru) membentuk asam sulfit (H₂SO₃), dari reaksi SO₂+H₂O→H₂SO₃. Asam sulfit bersifat iritan kuat, menyebabkan peradangan mukosa dan penyempitan saluran pernapasan (bronkokonstriksi). Pada paparan tinggi, sebagian SO₂ dioksidasi menjadi H₂SO₄ (asam sulfat) → menyebabkan kerusakan jaringan paru.

Meskipun daun, ranting, dan kertas tampak tidak mengandung belerang (S), sebenarnya seluruh bahan organik alami memiliki unsur sulfur dalam jumlah kecil. Reaksi utamanya adalah oksidasi sulfur (S) menjadi sulfur dioksida (SO₂) pada temperatur tinggi dan kondisi kaya oksigen. Meskipun kadarnya rendah, SO₂ tetap berbahaya karena bersifat iritan kuat pada saluran pernapasan. Pembakaran sampah organik berupa daun, ranting, dan kertas dapat menghasilkan gas SO₂ dengan kadar sekitar 0,3–10 ppm

di udara terbuka, dan bisa mencapai >15 ppm pada pembakaran tidak sempurna atau di ruang tertutup. Meskipun terlihat kecil, kadar tersebut melebihi batas aman paparan manusia (0,5 ppm menurut WHO), sehingga berisiko menimbulkan iritasi saluran napas, batuk, sesak, dan bronkokonstriksi.

Dari hasil percobaan didapatkan kadar SO₂ maksimal 794,52 ppm atau rata-rata 74,04 ppm selama 3 menit 18 detik. Nilai 794,52 ppm atau rata-rata 74,04 ppm selama 3 menit 18 detik mungkin terjadi tapi tidak umum untuk pembakaran sampah organik. Nilai 74,04 ppm SO₂ sangat tinggi untuk pembakaran sampah organik biasa. Sangat tidak mungkin untuk pembakaran terbuka sederhana di lapangan menghasilkan rata-rata 74 ppm di area pernapasan publik. Namun angka itu bisa terjadi dalam kondisi tertentu:

1. Pengukuran di titik sangat dekat sumber (mis. <1 m dari mulut api atau di dalam cerobong/drum/oven)
2. Ruang tertutup/ventilasi buruk (misal pada bak/tong/ruang kerja/garasi), menyebabkan gas menumpuk sampai puluhan–ratusan ppm
3. Bahan yang dibakar mengandung S tinggi atau bahan tambahan: pupuk, karet, plastik tertentu, kertas tercetak/berlapis (tinta/lem), kayu yang diawetkan menyebabkan pelepasan SO₂ lebih banyak.
4. Temperatur dan kondisi pembakaran: pembakaran sangat panas dan oksigen cukup menyebabkan lebih banyak oksidasi S sehingga SO₂ tinggi
5. Kebocoran dari proses industri di dekat lokasi (bukan murni pembakaran sampah) yang mengontaminasi sampel.

Penyebab lain yang mungkin menjadi penyebab pembacaan SO₂ tinggi adalah:

1. Alat tidak terkalibrasi atau salah kalibrasi
2. Unit yang salah (mis. mg/m³ terbaca sebagai ppm)
3. Interferensi sensor (sensor electrochemical/semikonduktor terganggu oleh gas lain).

Sebelum pengukuran kandungan gas pada pembakaran sampah organik, perlu dilakukan kalibrasi secara baik pada sensor-sensor yang digunakan, sehingga hasil yang ditunjukkan oleh sensor mendekati atau sama dengan nilai gas hasil pembakaran sebenarnya.

IV. Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa ditarik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Efektivitas tungku pembakar sampah masih rendah, hal ini terjadi karena masih dihasilkan gas CO, NO_x, dan SO₂ yang tinggi pada pengujian.
2. Desain tungku masih belum optimal, karena emisi masih tinggi, terutama pada NO_x, dan SO₂.

Daftar Pustaka

- PP.101. 2014. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. Indonesia.
- Martana, Budhi, Sri Sulasminingsih, dan M. Arifudin Lukmana. 2017. “Perencanaan dan Uji Performa Alat Pembakar Sampah Organik.” BINA TEKNIKA 13 (Juni):65–71.
- P.15/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/. 2019. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. Indonesia.
- P.56/MENLHK/SETJEN/. 2015. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. Indonesia.
- Septyanti, Ade, Lili Indah Sari, dan Wishnu Aribowo Probonegoro. 2023. “Pendeteksi Kadar Gas Karbon Monoksida Pada Ruangan Berbasis Arduino ATmega 328.” Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi, April, 331–38.
- Tawaf, Nanang, Rama Prangeta, M. Taufik, dan Istomi. 2021. “Perancangan Alat Pembakaran Sampah Tanpa Asap.” Jurnal SainTekA 2 (Juni).
- Widodo, Slamet, M. Miftahkhul Amin, Adi Sutrisman, dan Aldo Aziiz Putra. 2017. “Rancang Bangun Alat Monitoring Kadar Udara Bersih dan Gas Berbahaya CO, CO₂, dan CH₄ di Dalam Ruangan Berbasis Mikrokontroler.” Jurnal Pseudocode IV (September):105–19.
<http://www.ejournal.unib.ac.id/index.php/pseudocode>.

- Zidni, Muhammad, Mochammad Hannats, Hanafi Ichsan, dan Sabriansyah Rizqika Akbar. 2022. "Sistem Monitoring Kesehatan Udara menggunakan Sensor MQ7 dan MQ135 terhadap Berbagai Gas Berbahaya pada Mobil." Vol. 6. <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- Apriani, E. (2017). Analisa Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Limbah dari Serat Kelapa Muda, Batang Pisang dan Kertas bekas terhadap Kekuatan Bending sebagai Papan Komposit. *Jurnal ENGINE: Energi, Manufaktur, dan Material*, Vol. 1(2), hal: 38-46.