

Pengaruh Variasi Kecepatan Asap Terhadap Efektivitas *Water Scrubber* Dengan Larutan Kalium Hidroksida (KOH) Dalam Pemurnian NH_3 dan H_2S

I Made Yuda Mahendra, I Nyoman Suprpta Winaya, I Putu Angga Yuda Pratama, dan I Gusti Ngurah Putu Tenaya

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat penangkap flue gas dengan menambahkan larutan kalium hidroksida (KOH) ke dalam sistem water scrubber untuk meningkatkan efektivitas penghilangan gas pencemar dan bau dari proses pengeringan municipal solid waste (MSW) pada suhu 110°C . Proses pengeringan MSW menghasilkan gas pencemar seperti CO , CO_2 , CH_4 (tidak berbau), serta NH_3 dan H_2S (berbau). Flue gas dialirkan melalui smoke chamber menggunakan blower menuju water scrubber yang memanfaatkan turbulensi fluida untuk menangkap fly ash, NH_3 , dan H_2S . Scrubber menggunakan air sebanyak 18 liter dengan tambahan larutan KOH 0,8 Mol. Penelitian menguji variasi kecepatan aliran asap antara 15–30 m/s selama 15 menit untuk menentukan kecepatan optimal dalam pemurnian gas. Hasil menunjukkan bahwa kecepatan aliran 25 m/s memberikan hasil paling efektif, dengan penurunan konsentrasi NH_3 dari 24,06 ppm menjadi 1,3 ppm, dan H_2S dari 24,95 ppm menjadi 9,1 ppm. Kecepatan ini menghasilkan efisiensi penangkapan sebesar 7,53%, menjadikannya variasi paling optimal untuk proses pemurnian.

Kata Kunci: Water Scrubber, Flue Gas, Kalium Hidroksida (KOH), Kecepatan Aliran Asap, Efektivitas.

Abstract

This study aims to develop a flue gas capture device by adding potassium hydroxide (KOH) solution into the water scrubber system to increase the effectiveness of removing pollutant gases and odors from the municipal solid waste (MSW) drying process at a temperature of 110°C . The MSW drying process produces pollutant gases such as CO , CO_2 , CH_4 (odorless), and NH_3 and H_2S (odorous). Flue gas is flowed through a smoke chamber using a blower to a water scrubber that utilizes fluid turbulence to capture fly ash, NH_3 , and H_2S . The scrubber uses 18 liters of water with the addition of 0.8 Mol KOH solution. The study tested variations in smoke flow speed between 15–30 m/s for 15 minutes to determine the optimal speed in gas purification. The results showed that a flow velocity of 25 m/s provided the most effective results, with a reduction in NH_3 concentration from 24.06 ppm to 1.3 ppm, and H_2S from 24.95 ppm to 9.1 ppm. This velocity resulted in a capture efficiency of 7.53%, making it the most optimal variation for the purification process.

Keywords : Water Scrubber, Flue Gas, Potassium Hydroxide (KOH), Smoke Flow Speed, Effectiveness.

1. Pendahuluan

Sampah kota atau *Municipal Solid Waste* (MSW) merupakan salah satu sumber utama pencemaran lingkungan. Peningkatan jumlah penduduk, aktivitas ekonomi, dan perluasan pemukiman menyebabkan peningkatan volume sampah. Jika tidak dikelola dengan baik, sampah dapat menimbulkan dampak negatif seperti pencemaran lingkungan, penyumbatan drainase, dan penyebaran penyakit. Salah satu solusi pengelolaan yang diperkenalkan adalah pengeringan sampah untuk mengurangi volume dan meningkatkan efisiensi pengelolaan. Data tahun 2022 mencatat total timbunan sampah dari 299 kabupaten/kota di Indonesia mencapai 35,17 juta ton per tahun, dengan 65,03% terkelola dan 34,97% belum terkelola [1].

Pengelolaan sampah adalah proses untuk mengurangi jumlah dan dampak sampah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia maupun alam melalui pendekatan yang terstruktur dan

berkelanjutan. Proses ini mencakup, pemisahan, penyimpanan, dan pengangkutan sampah. Namun, praktik pengelolaan saat ini masih belum sepenuhnya sesuai dengan standar ramah lingkungan. Pengelolaan yang bertanggung jawab penting untuk menjaga kelestarian lingkungan, melindungi kesehatan masyarakat, dan menjadikan sampah sebagai sumber daya. Pemerintah dan masyarakat dituntut untuk lebih siap dalam menghadapi tantangan pengelolaan sampah di masa depan [2].

Pengelolaan sampah dilakukan untuk memastikan penanganannya aman dan berkelanjutan dengan menerapkan prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), diawali pemilahan sampah organik dan anorganik. Sampah juga berpotensi menjadi energi terbarukan sebagai alternatif pengganti bahan bakar fosil. Proses pengolahan harus menghasilkan polusi dan kontaminasi yang rendah agar aman bagi lingkungan, dengan tujuan utama mengurangi dampak negatif

Korespondensi: Tel./Fax.: 081339799554 / -

E-mail: soldier.of.rasta@gmail.com

sampah terhadap lingkungan [3].

Refuse Derived Fuel (RDF) adalah produk alternatif hasil pengolahan sampah yang mendukung konsep *Waste to Energy* (WTE). RDF ini dihasilkan melalui proses pemilahan sampah yang mudah terbakar, seperti sampah organik, dan memisahkan material non-kombustible seperti logam dan kaca. Proses di TPST meliputi pemilahan, pemisahan, magnetik, pencacahan, pengeringan, dan pengayakan hingga menghasilkan serpihan RDF. RDF menjadi solusi pemanfaatan sampah sebagai energi terbarukan sekaligus mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil [4].

Kecepatan aliran asap pada *smoke chamber* MSW (*Municipal Solid Waste*) sangat mempengaruhi laju pengupan moisture content yang membentuk *flue gas* di udara ambien. Pada kecepatan 2 m/s, kadar kelembaban akhir kotoran sapi mencapai 70%, sedangkan pada 1,3 m/s mencapai 90%. Hal ini menunjukkan peningkatan kecepatan aliran asap mempercepat proses pengeringan material padat, meningkatkan efisiensi dan kualitas pengeringan, serta mempengaruhi karakteristik gas buang (*flue gas*) yang di lepaskan ke lingkungan [5].

Proses pengeringan MSW menghasilkan *flue gas* dari hasil penguapan kelembaban yang mengandung polutan udara seperti NH_3 , H_2S , CO_2 , CH_4 , CO . Water Scrubber adalah teknologi pemurnian *flue gas* yang bekerja dengan mencampurkan gas buang ke dalam air dalam kondisi terkendali untuk menghilangkan polutan seperti partikulat, gas asam, dan senyawa organik *volatile* [6]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan aliran asap dan penambahan larutan kalium hidroksida (KOH) terhadap efektivitas sistem *water scrubber* dalam membersihkan asap hasil pengeringan MSW.

2. Dasar Teori

Municipal Solid Waste (MSW) merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan akibat peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi. Pengelolaan sampah berbasis *Reduce, Reuse, Recycle* (3R) dan *Waste to Energy* (WTE), seperti *Refuse Derived Fuel* (RDF), menjadi solusi untuk mengurangi volume sampah organik dan anorganik menjadi bahan bakar alternatif. Proses pengeringan MSW menghasilkan *flue gas* yang mengandung polutan udara CO , NH_3 , H_2S , CO_2 , CH_4) yang berdampak pada pencemaran udara dan pemanasan global. Untuk itu, teknologi *water scrubber* digunakan untuk memurnikan *flue gas* sebelum dilepaskan ke atmosfer, dimana efektivitasnya di pengaruhi oleh kecepatan aliran asap dan penambahan larutan kalium hidroksida (KOH) sebagai media pembersih [7].

3. Metode Penelitian

a. Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan variabel bebas berupa

variasi kecepatan aliran asap (15 m/s, 20 m/s, 25 m/s, 30 m/s) dan penggunaan larutan KOH (dengan dan tanpa). Variabel terikan meliputi kandungan NH_3 , H_2S , emisi (CO , CO_2 , CH_4), efektivitas KOH, dan efektivitas *water scrubber*. Variabel kontrol yang dijaga konstan yaitu jenis larutan KOH, jenis sampah RDF dari MSW campuran, serta moisture content MSW sebesar 50%.

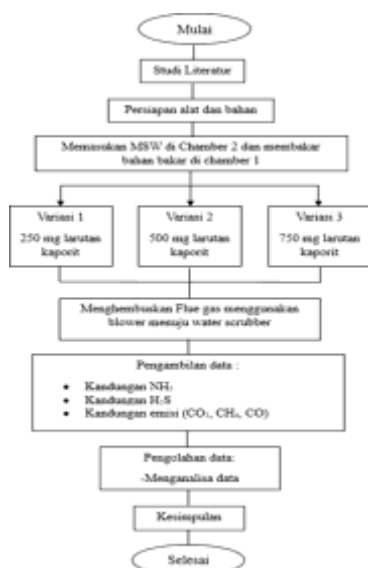
b. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi kecepatan aliran *flue gas*, yang dikontrol melalui pengaturan kecepatan udara blower, terhadap efektivitas proses pemurnian pada *water scrubber*, baik dengan penambahan larutan kalium hidroksida (KOH) maupun tanpa penambahan KOH.

c. Alat dan Bahan Penelitian

1. *Water Scrubber*
2. Kalium Hidroksida
3. Anemometer
4. *Gas Detector*
5. Valve 4 inch
6. *Gas Analyzer*
7. Plat
8. Blower
9. *Thermocouple*
10. *Moisture Meter*
11. Timbangan
12. Sampah Kota (MSW)
13. Pipa 4 inch

d. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

a. Karakteristik KOH

Kalium Hidroksida (KOH) adalah basa kuat yang terionisasi sempurna dalam air, menghasilkan ion K^+ dan OH^- . KOH bereaksi dengan asam membentuk garam dan air (netralisasi). Senyawa ini efektif menyerap gas polutan seperti amonia (NH_3), hidrogen sulfida (H_2S), dan karbon dioksida (CO_2), sehingga banyak digunakan dalam proses pemurnian gas dan pengendalian emisi, membentuk senyawa seperti kalium karbonat (K_2CO_3).

b. Karakteristik MSW

Pengondisian *Municipal Solid Waste* (MSW) dilakukan untuk menentukan presentase kadar air (*moisture content*), yang berpengaruh terhadap kandungan *flue gas* yang dihasilkan selama proses pengeringan. Kadar air dalam MSW bersifat fluktuatif dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti komposisi sampah, frekuensi pengumpulan, musim, sistem penyimpanan, serta suhu lingkungan.

Tabel 4. 1 Data Uji Proximate *Municipal Solid Waste* (MSW) dengan *Moisture Content* 50%.

Data Uji Proximate Municipal Solid Waste (MSW) dengan Moisture Content 50%						
Komposisi %		Initial Mass	Moisture	Volatile	Ash	Fixed Carbon
MSW	MC					
50 %	50%	1.0044	54.80	54.80	38.59	5.85

c. Efektivitas KOH Pemurnian NH_3 dan H_2S

Pengukuran nilai efektivitas penggunaan KOH

diukur dengan parameter *ash* yang telah ditangkap pada proses penangkapan menggunakan alat penangkap *water scrubber*.

Tabel 4. 2 Efektivitas NH_3 dan H_2S Penggunaan *Water Scrubber*

Data Efektivitas Total Kandungan NH_3 dan H_2S Setelah Menggunakan <i>Water Scrubber</i> Dalam Variasi Kecepatan dan Penambahan Larutan KOH 0,8 Mol					
Variabel Terikat	Variasi Kecepatan Aliran Asap				
	Tanpa KOH	15 m/s	20 m/s	25 m/s	30 m/s
NH_3	92,31	12,71	5,62	1,3	15,28
H_2S	45,68	10,13	10,3	9,1	16,15
Total	137,99	22,84	15,92	10,4	31,43
Efektivitas	0	16,55	11,56	7,53	22,77



Gambar 4. 1 Grafik Efektivitas NH_3 dan H_2S Penggunaan *Water Scrubber*

Masing-masing variasi kecepatan aliran asap dan penambahan larutan KOH sebesar 0,8 Mol menghasilkan efektivitas yaitu, tanpa menggunakan KOH sebesar 137,99%, sedangkan dengan penambahan larutan KOH menghasilkan efektivitas yaitu variasi 15 m/s menghasilkan 16,55%, variasi 20 m/s menghasilkan 11,56%, variasi 25 m/s menghasilkan 7,53%, variasi 30 m/s menghasilkan 22,77%.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada pengaruh variasi kecepatan aliran asap dan penambahan larutan kalium hidroksida (KOH) terhadap pemurnian *flue gas* dengan sistem *water scrubber*, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Nilai kandungan *flue gas* sebelum penambahan larutan kalium hidroksida (KOH) memiliki total nilai kandungan yang cukup tinggi yaitu sebesar 49,98 ppm. Seiring dengan penambahan larutan KOH menjadikan nilai kandungan *flue gas* mengalami penurunan.
2. Nilai kandungan *flue gas* akan mengalami

penurunan seiring dengan meningkatnya variasi kecepatan aliran asap dan penambahan larutan kalium hidroksida (KOH) sebesar 0,8 Mol. Variasi kecepatan aliran asap 25 m/s dapat menurunkan kandungan dari 49,98 ppm menjadi 10,4 ppm.

Daftar Pustaka

- [1] Gabriel , CR. (2023). *Pengurangan Nh3 Dan H2s Menggunakan Plat Interceptor Bermedia Minyak Pelumas Pada Berbagai Variasi Aliran Asap*.
- [2] Tri Ariyani, D., & Yushardi, dan. (2023). *Mekanisme dan Penerapan Refuse Derived Fuel (RDF) di Industri Pembangkit Listrik sebagai Alternatif Pengelolaan Sampah* (Vol. 7, Issue 2).
- [3] Putri Afisna, L., Meurah Indra Riayatsyah, T., & Efendi, R. (2023). Efek kecepatan udara dan penambahan serbuk kayu terhadap kadar kelembapan kotoran sapi yang dikeringkan menggunakan mesin pengering tipe drum dryer. In *Teknik Mesin Indonesia* (Vol. 18, Issue 1).
- [4] Ariyani, D., & Yushardi, dan. (2023). *Mekanisme dan Penerapan Refuse Derived Fuel (RDF) di Industri Pembangkit Listrik sebagai Alternatif Pengelolaan Sampah* (Vol. 7, Issue 2).
- [5] Fernando, D., Keban, P., & Lahat, A. (2021). Proses Pemanfaatan Flue Gas Setelah Pembakaran Pada Boiler Pc Di Pltu Keban Agung 2 X 135 Mw. In *Jurnal Teknik Elektro Raflesia*: Vol. I (Issue 1). Politeknik Raflesia.
- [6] Nurhidayanti, N., Ardiatma, D., & Anggriawan, B. (2020). Pelita Teknologi Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Dalam Menurunkan Kadar Amonia Total Dalam Air Limbah Industri. *Jurnal Pelita Teknologi*, 15(1), 68–76.
- [7] Firdaus. (2021). Pengaruh Kalium Hidroksida Terhadap Emisi Gas Buang Motor Bensin Berbahan Bakar Biogas. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 9(1),

	I Made Yuda Mahendra Menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana tahun 2025.
Judul Tugas Akhir Pengaruh Variasi Kecepatan Asap Terhadap Efektivitas Water Scrubber Dengan Larutan Kalium Hidroksida (KOH) Dalam Pemurnian NH3 dan H2S	
	Prof. I Nyoman Suprpta Winaya, S.T.,M.A.Sc.,PhD. Menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada tahun 1994, S2 di Dalhousie University, pada tahun 2008, Prof, I Nyoman Suprpta Winaya ST., MA.Sc.,PhD. memiliki konsentrasi ilmu dalam bidang konversi energi.
	Ir. I Putu Angga Yuda Pranata, S.T., M.T. Menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada tahun 2019 dan S2 di Universitas Udayana tahun 2021 memiliki konsentrasi ilmu bidang konversi energi.
	I Gusti Ngurah Putu Tenaya, ST., MT. Menyelesaikan pendidikan S1 di Universitas Udayana pada tahun 1994, dilanjutkan dengan S2 di Universitas Brawijaya pada tahun 2007 memiliki konsentrasi ilmu bidang konversi energi.