

Pengaruh Variasi Konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) Terhadap Efektivitas Sistem Water Scrubber Dalam Pemurnian Amonia (NH₃) dan Hidrogen Sulfida (H₂S)

I Made Diko Gunung Putra, I Nyoman Suprpta Winaya, I Putu Angga Yuda
Pratama

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penelitian ini mengembangkan alat penangkap flue gas dengan menambahkan larutan Kalium Hidroksida (KOH) pada water scrubber untuk meningkatkan efektivitas pemurnian gas buang dan menghilangkan bau dari proses pengeringan Municipal Solid Waste (MSW). Proses pengeringan dilakukan pada suhu 110°C, menghasilkan gas pencemar seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), serta gas berbau seperti amonia (NH₃) dan hidrogen sulfida (H₂S). Flue gas dialirkan ke water scrubber menggunakan blower, di mana pemurnian dilakukan dengan konsep turbulensi fluida. Penelitian ini menguji efektivitas KOH dengan variasi konsentrasi 0,35 mol hingga 0,8 mol dalam 18 liter air selama 15 menit. Hasil menunjukkan bahwa pada konsentrasi KOH 0,8 mol, terjadi penurunan signifikan kadar gas pencemar: NH₃ dari 78,98 ppm menjadi 2 ppm, H₂S dari 88,93 ppm menjadi 0,9 ppm. Konsentrasi KOH 0,8 mol terbukti paling efektif, dengan tingkat penangkapan flue gas dan fly ash mencapai 98,237%.

Kata kunci: Water Scrubber, flue gas, kalium hidroksida (KOH), efektifitas dan efisiensi

Abstract

This study focuses on developing a flue gas capture device by adding Potassium Hydroxide (KOH) solution to a water scrubber to enhance the removal of flue gas and odors generated from the drying process of Municipal Solid Waste (MSW). The drying process operates at a temperature of 110°C, producing pollutant gases such as carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), as well as odorous gases like ammonia (NH₃) and hydrogen sulfide (H₂S). Flue gas is directed into the water scrubber using a blower, where purification occurs through fluid turbulence. The study examines the effectiveness of KOH at varying concentrations from 0.35 mol to 0.8 mol in 18 liters of water over a 15-minute test period. The results indicate that at a KOH concentration of 0.8 mol, there was a significant reduction in pollutant gas levels: NH₃ decreased from 78.98 ppm to 2 ppm, H₂S from 88.93 ppm to 0.9 ppm. The 0.8 mol KOH concentration proved to be the most effective, capturing up to 98.237% of flue gas and fly ash.

Keywords: Flow measurement, orifice meter, pressure differential

1. Pendahuluan

Permasalahan sampah di kota Denpasar terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan Tingkat konsumsi Masyarakat.[1] Data BPS menunjukkan jumlah penduduk Denpasar bertambah dari 160.150 jiwa pada tahun 2019 menjadi 162.220 jiwa di 2020, yang berdampak pada peningkatan volume sampah hingga 316.312,65 ton/tahun 2022 [2]. Untuk mengatasi masalah ini, pemerintah kota Denpasar menerapkan pengelolaan sampah berbasis Undang-Undang No. 18 Tahun 2008, yang bertujuan menjadikan sampah sebagai sumber daya.

Salah satu upayanya adalah pembangunan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) dengan (Reduce, Reuse, Recycle). konsep TPST 3R Kesiman Kertalangu memiliki kapasitas pengolahan 450 ton/hari, dengan hasil daur ulang 45 ton/hari serta produk RDF (Refuse Derived Fuel) sebanyak 350 ton/hari. Metode pengelolaan sampah di TPST Kesiman Kertalangu mencakup pengeringan menggunakan teknologi pemanas rotary dryer, yang menghasilkan flue gas dari proses pengeringan Municipal Solid Waste (MSW). Flue gas ini

mengandung Amonia (NH₃), Hydrogen Sulfida (H₂S), dan fly ash, yang berpotensi mencemari lingkungan. H₂S memiliki kelarutan tinggi dalam air dan dapat mendukung pertumbuhan bakteri serta jamur, menyebabkan bau tidak sedap [3].

Untuk mengurangi dampak pencemaran, digunakan water scrubber sebagai sistem kontrol polusi udara. Water scrubber berfungsi menurunkan kepekatan flue gas dengan sirkulasi tetesan air melalui nozzle tanpa menambah volume air. Namun, beberapa sistem konvensional menggunakan media filtrasi yang berisiko menghasilkan limbah tambahan serta memerlukan biaya tinggi. Pengolahan sampah dengan sistem termal memungkinkan pengurangan volume sampah dan kadar kelembaban dalam waktu singkat [4]. Namun, proses ini berpotensi menghasilkan gas buang berbahaya.

Untuk mengatasi hal tersebut, digunakan ruang pengendalian asap berbasis water scrubber dalam pemurnian flue gas. Efektivitas fluida cair dalam pemurnian flue gas dapat menurun seiring waktu, sehingga diperlukan penambahan Kalium Hidroksida (KOH). KOH yang bersifat basa kuat mampu

meningkatkan pH air dan bereaksi dengan NH₃ serta H₂S, membentuk Ion Amonium (NH₄⁺) dan Kalium Sulfida (K₂S). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa KOH memiliki efisiensi tinggi dalam pemurnian Amonia, dengan efisiensi hingga 87,6% setelah 24 jam perendaman [5]. Selain itu, peningkatan konsentrasi KOH dapat meningkatkan penyerapan CO₂, dari 35,5% menjadi 5,5% pada konsentrasi 1,96%[6]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas KOH dalam water scrubber untuk pemurnian NH₃ dan H₂S dari gas hasil pengeringan MSW.

2. Dasar Teori

Sampah merupakan konsekuensi dari aktivitas manusia dan alam yang telah kehilangan nilai ekonomi. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021, sampah adalah sisa dari usaha atau kegiatan tertentu. Selain dari industri besar, sampah juga berasal dari sektor pangan. Refuse Derived Fuel (RDF) adalah hasil pengolahan sampah yang dikeringkan untuk menurunkan kadar air hingga 25% dan meningkatkan nilai kalorinya setelah dicacah menjadi bagian kecil (2-5 cm).

RDF berpotensi sebagai sumber energi terbarukan yang dapat menggantikan bahan bakar fosil, terutama dalam industri seperti pabrik semen dan PLTU. Sistem pengeringan adalah proses yang digunakan untuk mengurangi kadar air pada sampah [7]. Proses utama dalam pembuatan Refuse Derived Fuel (RDF) menggunakan teknik pengeringan tertutup. Teknik ini melibatkan penggunaan panas yang berasal dari tungku pembakaran wood pellet untuk menghasilkan panas 110oC dalam penurunan kadar air sampah menjadi kurang dari 25% dan meningkatkan nilai kalor sampah. Salah satu teknik yang umum digunakan dalam pengeringan sampah. Proses melibatkan penggunaan udara panas untuk mengurangi kelembapan pada penggunaan mesin rotary dryer.

Rotary dryer atau drum dryer adalah alat pengering berbentuk drum yang berputar secara kontinu dan dipanaskan menggunakan tungku atau gasifier. Proses pengeringan terjadi melalui pemutaran berulang, sehingga seluruh bagian material, baik atas maupun bawah, mengalami pengeringan secara bergantian. Metode ini menghasilkan pengeringan yang lebih merata, mengurangi kadar air secara signifikan, dan mempercepat waktu proses pengeringan. Scrubber adalah salah satu jenis teknologi penyaringan gas yang digunakan untuk membersihkan gas buang dari polutan dan kontaminan.

Prinsip kerja scrubber adalah dengan menggunakan cairan pembersih (air atau larutan kimia) untuk menangkap atau mereaksikan polutan dalam gas buang sebelum gas tersebut dilepaskan ke lingkungan. Kalium Hidroksida (KOH) adalah basa

kuat dengan sifat alkalis yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengolahan air. KOH efektif dalam menetralkan asam serta mengendapkan partikel dan logam berat, sehingga membantu meningkatkan kejernihan air. Selain itu, KOH juga memiliki efek antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan mikroorganisme dalam air.

Menurut penelitian [8], penambahan KOH dalam pemurnian biogas sebelum masuk ke ruang bakar dapat mempengaruhi emisi gas buang pada mesin berbahan bakar biogas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi massa KOH yang digunakan, semakin banyak volume biogas yang dapat dimurnikan. Pada konsentrasi KOH 15 M, emisi karbon monoksida (CO) yang dihasilkan mencapai level terendah, yaitu 0,237% pada putaran 5500 rpm.

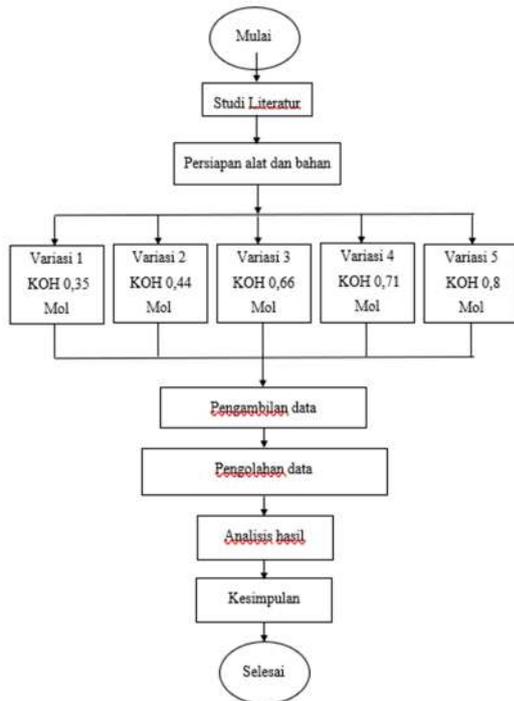
3. Metode Penelitian

3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan di penelitian ini adalah sebagai berikut :

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

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3 | Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Karakteristik KOH

Kalium Hidroksida (KOH) adalah basa kuat yang terionisasi sepenuhnya dalam air, menghasilkan ion kalium (K^+) dan ion hidroksida (OH^-). Senyawa ini bereaksi dengan asam dalam proses netralisasi, membentuk garam dan air. KOH memiliki kemampuan menyerap gas seperti amonia (NH_3) dan hidrogen sulfida (H_2S), sehingga sering digunakan dalam proses pemurnian gas. Selain itu, KOH juga dapat menyerap karbon dioksida (CO_2) dari udara, membentuk kalium karbonat (K_2CO_3).

4.2. Karakteristik MSW

Pengondisian Municipal Solid Waste (MSW) dilakukan untuk menentukan persentase 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.

Komposisi %		Initial Mass	Moisture	Volatile	Ash	Fixed Carbon
MSW	MC					
100 %	0%	1.0050	7.80	70.91	6.24	7.92
50 %	50%	1.0044	54.80	54.80	38.59	5.85

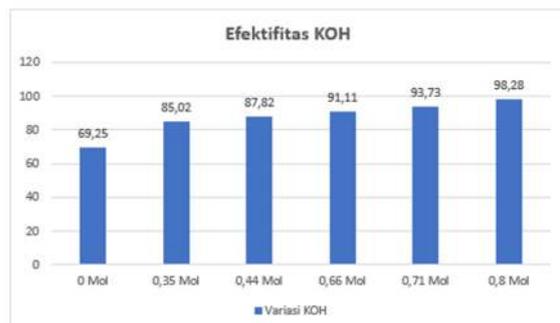
Gambar 4. 2 Data Uji Proximate Municipal Solid Waste (MSW) dengan Moisture Conten 50%

4.3. Efektivitas KOH memurnikan NH_3 dan H_2S

Efektivitas penggunaan KOH diukur dengan menggunakan persamaan (1), untuk mengetahui perbandingan pengaruh penggunaan terhadap pemurnian NH_3 dan H_2S .

masing masing variasi KOH menghasilkan efektivitas, yaitu tanpa menggunakan KOH sebesar 69,25%, KOH 0,35 Mol sebesar 85,02%, KOH 0,44 Mol sebesar 87,82%, KOH 0,66 Mol sebesar 91,11%, KOH 0,71 Mol sebesar 93,73%, dan KOH 0,8 Mol sebesar 98,28%.

Variabel Terikat (ppm)	Konsentrasi KOH					
	Tanpa KOH	0,35 Mol	0,44 Mol	0,66 Mol	0,71 Mol	0,8 Mol
NH_3	23,82	12,04	9,66	5,84	5,18	2
H_2S	28,11	13,26	10,91	9,17	5,4	0,9
Total	51,93	25,3	20,57	15,01	10,58	2,9
Efektivitas	69,25	85,02	87,82	91,11	93,73	98,28



Gambar 4. 1 Data Efektivitas kandungan NH_3 dan H_2S penggunaan Water Scrubber dalam variasi KOH

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi kalium hidroksida (KOH) terhadap pemurnian flue gas menggunakan sistem water scrubber, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kalium Hidroksida yang dilarutkan ke dalam Water Scrubber sangat mempengaruhi pemurnian NH_3 dan H_2S yang dihasilkan dari pengeringan Municipal Solid Waste.
2. Peningkatan konsentrasi kalium hidroksida menurunkan kadar NH_3 dan H_2S dalam gas buang. Pada konsentrasi 0,8 mol, kandungan gas turun dari 167,93 ppm menjadi 2,9 ppm, dengan efektivitas pemurnian tertinggi sebesar 98,28%.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik. (2019). Sensus Penduduk Wilayah Kota Denpasar. <https://denpasarkota.bps.go.id/indikator/12/49/1/proyeksi-penduduk-kota-denpasar.html>
- [2] Satu Data Denpasar. (2022). Data Timbunan Sampah Di Kota Denpasar. https://dota.denpasarkota.go.id/?page=DataDetail&language=id&domian=dota.denpasarkota.go.id&data_id=1688367702.
- [3] Andra (2024). Efektivitas Waste ,Motor Oil Pada Plat Interceptor Sebagai Media Penurunan Kepekatan Flue Gas Variasi Moisture Content Msw.
- [4] EFI. (2024). Pengaruh Variasi debit Spray terhadap Konsentrasu Total Suspended Solid (TSS) dalam Air Buangan pada Alat Pembakaran Sampah Portable.
- [5] 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.
- [6] Anas Febrian. (2013). Pengaruh Konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) Terhadap Pemurnian Biogas Dengan Metode Bubble Purification.
- [7] Atika. (2019). Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengaruh Pengeringan Konvensional terhadap Karakteristik Fisik Indigo Bubuk. *Jurusan Teknik Kimia*, 4–5.
- [8] Firdaus. (2021). Pengaruh Kalium Hidroksida Terhadap Emisi Gas Buang Motor Bensin Berbahan Bakar Biogas. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 9(1), <https://doi.org/10.23887/jptm.v9i1.31545>.

	<p>I Made Diko Gunung Putra Menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Universitas Mesin Udayana tahun 2025</p>
<p>Judul tugas akhir Pengaruh Variasi Konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) Terhadap Sistem Water Scrubber Dalam Pemurnian Amonia (NH3) dan Hidrogen Sulfida (H2S)</p>	
	<p>Prof. I Nyoman Suprpta Winaya, S.T,M.A.Sc.,Ph.D. Menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada tahun 1994, S2 di Dalhousie University, pada tahun 2008, Prof, I Nyoman Suprpta Winaya ST., MA.Sc.,ph.D memiliki konsentrasi ilmu dalam bidang konversi energi.</p>
	<p>Ir. I Putu Angga Yuda Pratama, 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.</p>