

Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan Kaporit Terhadap Efektifitas Sistem *Water Scrubber* Dalam Memurnikan *Flue Gas*

I Dewa Gede Adi Vikramadita, I Nyoman Suprpta Winaya, dan
I Putu Angga Yuda Pratama.

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pengeringan sampah padat kota (MSW) bertujuan mengurangi volume dan kadar air, namun dapat menghasilkan emisi gas berbahaya seperti NH₃, H₂S, CO₂, CH₄, dan CO yang perlu diolah. Penelitian ini mengembangkan alat water scrubber untuk memurnikan flue gas dari pengeringan MSW. Percobaan dilakukan dengan variasi kaporit (250 mg, 500 mg, 750 mg) dalam air, mengukur efektivitas water scrubber dalam mengurangi kandungan gas. Hasilnya, penggunaan scrubber dengan larutan kaporit menurunkan kandungan flue gas secara signifikan. Sebelum penggunaan scrubber, gas-gas tersebut memiliki nilai rata-rata NH₃ 15,8 ppm, H₂S 17,79 ppm, CO₂ 0,04 ppm, CH₄ 0,06 ppm, dan CO 0,09 ppm. Setelah penggunaan scrubber dengan larutan kaporit, penurunan signifikan tercatat, dengan NH₃ 1,07 ppm, H₂S 0,79 ppm, dan CO₂, CH₄, CO mencapai 0 ppm. Variasi kaporit 750 mg menunjukkan hasil terbaik dalam penangkapan flue gas.

Kata Kunci : Water Scrubber, Flue Gas, Kaporit, Efektifitas

Abstract

The drying of municipal solid waste (MSW) aims to reduce volume and water content, but it can produce hazardous gas emissions such as NH₃, H₂S, CO₂, CH₄, and CO that need to be treated. This research develops a water scrubber to purify the flue gas from MSW drying. Experiments were conducted with variations of bleaching powder (250 mg, 500 mg, 750 mg) in water, measuring the effectiveness of the water scrubber in reducing gas content. The results show that the use of a scrubber with a bleaching powder solution significantly reduced the flue gas content. Before using the scrubber, these gases had average values of NH₃ 15.8 ppm, H₂S 17.79 ppm, CO₂ 0.04 ppm, CH₄ 0.06 ppm, and CO 0.09 ppm. After using the scrubber with a bleaching powder solution, a significant reduction was recorded, with NH₃ 1.07 ppm, H₂S 0.79 ppm, and CO₂, CH₄, CO reaching 0 ppm. The 750 mg bleaching powder variation showed the best results in capturing flue gas.

Keywords: Water Scrubber, Flue Gas, Calcium Hypochlorite, Effectiveness

1. Pendahuluan

Sampah padat kota adalah jenis limbah yang dihasilkan dari kegiatan di kawasan perkotaan, mencakup berbagai material seperti sampah rumah tangga, kertas, plastik, logam, dan bahan organik lainnya. Sampah padat kota yang tidak diolah mengakibatkan dampak yang cukup signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Di Bali data timbulan sampah mencapai 4.281 ton per hari, sampah organik sebesar 60%, sampah plastik 20%, dan sampah lainnya terdiri dari kertas, logam. Pada tahun 2020 Kota Denpasar memiliki jumlah penduduk sebanyak 962.9 jiwa. Kota Denpasar menghasilkan timbulan sampah mencapai 957.59 ton per hari atau sebesar 349.52 ton per tahun [1]. Pengelolaan sampah di wilayah Pulau Bali khususnya di Kota Denpasar terdiri dari 3 titik Tempat Pembuangan Sampah Terpadu (TPST) yaitu TPST Kesiman Kertalangu, TPST Tahura, TPST Padang Sambian. Dimana ketiga TPST ini menerapkan konsep 3R. TPST Kesiman

Kertalangu yang mengolah sampah padat kota menjadi bahan bakar terbarukan memiliki hasil dari proses recycle yang berupa RDF (*Refused Derived Fuel*).

Pada proses pembentukan RDF akan dilakukan proses pengeringan sampah untuk mengurangi kadar air pada sampah, kandungan air yang menguap pada proses pengeringan akan mengandung flue gas yang dapat mencemari lingkungan seperti H₂S (Hidrogen Sulfida) dan NH₃ (Amonia) yang menimbulkan bau tidak sedap serta gas yang tidak menimbulkan bau seperti CO₂, CH₄, CO. Berdasarkan penelitian [2], Variasi komposisi MSW pembentuk RDF, fraksi organik sebesar 70%, anorganik sebesar 30% menghasilkan kandungan zat terbang mencapai 29,184%, 44,878% kandungan *fixed carbon* dan 18,214% kandungan *moisture*. Sedangkan Fluktuasi komposisi MSW 30% organik dan 70% anorganik menghasilkan zat terbang yang lebih rendah sebesar 19,215%, 62,673% kandungan *fixed carbon* dan 13,212% kandungan *moisture*. Hal tersebut sangat mempengaruhi proses pembentukan *flue gas* dari proses

pengeringan. *Water scrubber* adalah sistem pengendali polusi udara yang efektif dalam mengurangi *flue gas*. Aliran *flue gas* yang masuk ke dalam proses pemurnian *water scrubber* akan di sirkulasi menggunakan tetesan kecil yang di dihasilkan karena terjadinya turbulensi pada *scrubber* tanpa penambahan volume air [3]. Pemurnian *flue gas* menggunakan *water scrubber* dengan media air mampu menangkap kandungan amonia sebesar 7 mg/l dengan kandungan amonia yang masuk sebesar 14 mg/l [4]. Hal tersebut memerlukan penambahan larutan pada sistem *water scrubber* supaya meningkatkan tingkat efektifitas pemurnian *flue gas* dari hasil pengeringan MSW. Adapun beberapa larutan yang dapat digunakan dalam proses pemurnian *flue gas* seperti air, kalium hidroksida (KOH), asam sulfat (H_2SO_4), larutan garam (NaCl), dan kaporit ($Ca(ClO)_2$). Pada penelitian ini larutan yang digunakan adalah kaporit, dimana kaporit akan bereaksi dengan air dan kaporit akan melepaskan ion hipoklorit (OCl^-) yang dapat mengoksidasi kontaminan dari reaksi amoniak dengan kaporit yang selanjutnya membentuk kloramina dan terurai menjadi gas nitrogen dan klorida. Berdasarkan penelitian [5]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi larutan kaporit terhadap efektivitas sistem water scrubber dalam membersihkan asap hasil pengeringan MSW.

2. Dasar Teori

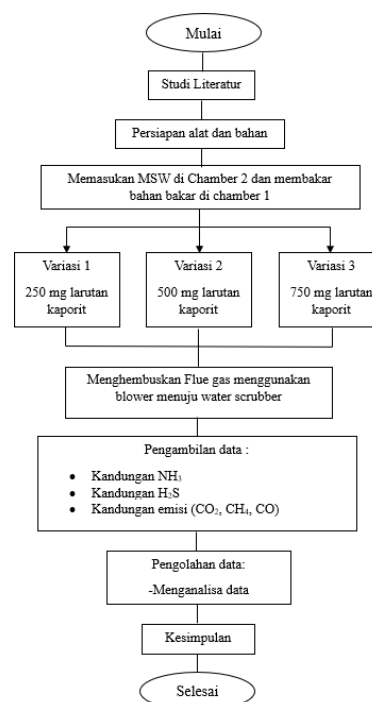
Sampah merupakan suatu bahan atau barang yang tidak digunakan atau terbuang dan sudah tidak memiliki nilai jual yang berasal dari hasil kegiatan manusia maupun lingkungan sekitar. Sampah tersusun dari berbagai campuran dari bahan yang digolongkan tidak berbahaya maupun berbahaya dalam bentuk padat maupun tidak padat [6]. Jenis dan sumber sampah di Indonesia telah di atur dalam Undang-Undang No. 18 tahun 2008 [7] jenis dan sumber yang diatur yaitu: sampah rumah tangga, sampah sejenis sampah rumah tangga, sampah spesifik

3. Metode penelitian

3.1. Alat dan bahan

- Smoke.
- Water Scrubber
- Plat
- Blower
- Pipa
- Gas Analyzer
- Gas Detector
- Anemometer
- Moistur meter
- Thermocouple
- Kaporit
- Sampah Padat Kota (MSW)

3.2. Diagram alir penelitian



Gambar. 1 Diagram alir penelitian

3.3 Efektivitas Kaporit

Efektivitas kaporit merupakan perbandingan massa polutan sebelum menggunakan kaporit pada scrubber dan sesudah menggunakan kaporit pada scrubber. Efektivitas kaporit dapat di hitung menggunakan metode TSS yaitu :

$$TSS = \frac{(W2 - W1)}{\text{volume sampel}} \times 1.000$$

Dimana :

W2 = Berat kertas saring setelah penyaringan dan pengeringan (mg)

W1 = Berat kertas sebelum penyaringan (mg)

Volume sampel = Volume air yang disaring (liter)

TTS = Partikel yang tersuspensi mg

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Karakteristik Kaporit

Kaporit (kalsium hipoklorit) digunakan untuk memurnikan air kolam karena dapat membunuh bakteri dan mikroorganisme. Saat dilarutkan, kaporit melepaskan asam hipoklorit ($HOCl$) dan ion hipoklorit (OCl^-) yang bersifat sebagai disinfektan.

Kaporit juga bereaksi dengan amoniak (NH_3) membentuk kloramina, senyawa berbau yang kurang efektif sebagai disinfektan. Selain itu, kaporit bisa mengoksidasi hidrogen sulfida (H_2S) menjadi sulfur atau sulfat, membantu menghilangkan bau tak sedap dari air.

4.2. Pengujian Gravimetri

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat *thermogravimetri analysis* (TGA) yang bertujuan untuk membuktikan kandungan air di dalam MSW yang telah mengalami pengkondisian dengan melihat perubahan berat yang terjadi akibat perubahan temperature, serta dapat mengetahui kandungan zat terbang, karbon padat, dan Kadar debu.

Tabel. 1 data uji proximate

Data Uji Proximate MSW						
Komposisi (%)		Initial Mass	Moisture	Volatile	Ash	Fixed Carbon
MSW	MC					
50%	50%	1.0044	54.80	38.59	2.77	5.85

4.3. Efektivitas Kaporit dalam memurnikan Flue Gas

Pengukuran nilai efektivitas dari larutan kaporit dapat diukur dengan menggunakan metode Total Suspended Solid (TSS). TSS merupakan metode yang mengacu pada jumlah padatan yang tersuspensi dalam suatu cairan berupa debu, kotoran, atau material lain yang terdispersi dalam udara atau air.

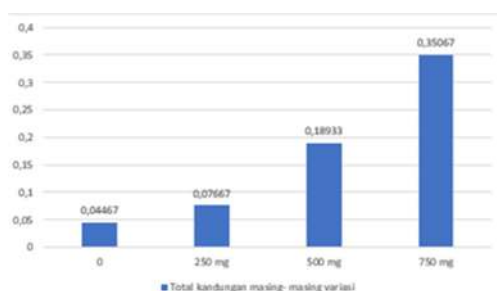
Perhitungan efektivitas larutan kaporit menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$TSS = \frac{(W2-W1)}{\text{volume sampel}} \times 1.000$$

$$= \frac{(0,8140-0,7965)}{50} \times 1.000 = 0,35067$$

Tabel. 2 Data hasil Uji TSS

Variasi larutan kaporit	W1 (berat awal kertas saring)	W2(kertas+Sampel)	Mg TSS per liter
0	0,8028	0,8050	0,04467
250 mg	0,8066	0,8105	0,07667
500 mg	0,7953	0,8048	0,18933
750 mg	0,7965	0,8140	0,35067



Gambar. 2 Grafik Efektivitas larutan kaporit

Penggunaan larutan kaporit ini menunjukkan peningkatan dalam penangkapan partikel-partikel asap dari hasil pengeringan msw. Dapat dilihat dari sebelum digunakannya larutan hingga digunakan variasi larutan kaporit sejumlah 250 mg, 500 mg, 750 mg terjadi kenaikan jumlah penangkapan partikel. Dilihat dari ketiga variasi larutan kaporit yang digunakan larutan kaporit dengan variasi 750 mg dapat menangkap partikel

dengan jumlah yang cukup banyak yaitu 0,35067 mg tss/liter

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan pada pengaruh konsentrasi larutan kaporit dalam memurnikan *flue gas* dengan sistem *Scrubber* dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Kaporit dengan jumlah variasi larutan 250 mg, 500 mg, 750 mg yang di larutkan ke dalam air sebanyak 18 liter di dalam scrubber dapat dikatakan efektif dalam memurnikan flue gas hasil pengeringan MSW. Hal ini di karenakan pada variasi 750 mg kaporit dapat melakukan penangkapan jumlah kandungan paling banyak.

Daftar Pustaka

- [1] Budha, I. K., Wahyuni, P. I., & Aryastana, P. 2023. Transformasi Lingkungan dan Pengelolaan Persampahan di Kota Denpasar: Kajian Efektifitas Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST).
- [2] Rahanto, I. W., Saputra, T. J., & Dewi, R. P. 2023. *Pengolahan municipal solid waste (MSW) menjadi refuse derived fuel (RDF) dengan proses non-karbonisasi sebagai bahan bakar padat alternatif.*
- [3] Anita Catur Trisnayanti. 2017. *Analisis absorpsifitas gas H2S pada filter purifikasi biogas dengan menggunakan wet scrubber.*
- [4] Zainal Imron Hidayat. 2017. *Pengelolaan Proses Instalasi Perawatan Air Limbah Dalam Pembersihan Minyak dan Gas Dengan Menggunakan Separator Dan Scrubber Di Lapangan "X."*
- [5] Ulliaji, A., Joko, T., Lanang Dangiran Bagian Kesehatan Lingkungan, H., & Kesehatan Masyarakat, F. 2016. *Efektivitas variasi dosis kaporit dalam menurunkan kadar amoniak limbah cair rumah sakit roemani muhammadiyah semarang (Vol. 4).*
- [6] Santosa, S., & Soemarno, D. 2014. *Indonesian Green Technology Journal Peningkatan Nilai Kalor Produk pada Produk Proses Bio-drying Sampah Organik Improved Calor Value on Biodrying Production of Organic Waste.*
- [7] Undang-Undang No. 18 tahun 2008, & Pasal, D. (2008). *2-Dengan Persetujuan Bersama Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia dan Presiden Republik Indonesia.*

	I Dewa Gede Adi Vikramadita Menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana tahun 2025
Judul tugas akhir Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan Kaporit Terhadap Efektifitas Sistem <i>Water scrubber</i> Dalam Memurnikan <i>Flue Gas</i>	
	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.
	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.