

EFEKTIVITAS *WASTE MOTOR OIL* PADA *PLAT INTERCEPTOR* SEBAGAI MEDIA PENURUNAN KEPEKATAN *FLUE GAS* VARIASI *MOISTURE CONTENT* MSW

I Wayan Andrayuga, I Nyoman Suprpta Winaya, I Wayan Arya Darma, I Gusti Ngurah Putu Tenaya, I Putu Angga Yuda Pratama

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat penangkap *flue gas* dengan *plat interceptor* bermedia *waste motor oil* (WMO) untuk menurunkan kepekatan *flue gas* dan bau yang timbul dari proses pengeringan *municipal solid waste* (MSW) dengan variasi MC. Asap dan uap air yang dihasilkan dari proses pengeringan MSW diakibatkan oleh penguapan MC pada suhu 110°C. Produk sampingan yang dihasilkan dari proses pengeringan berupa gas pencemar tidak berbau seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan metana (CH₄), serta gas berbau seperti ammonia (NH₃), dan hidrogen sulfida (H₂S), yang sangat bergantung pada fraksi penyusun MSW yang dikeringkan dan MC yang terkandung di dalamnya. *Plat interceptor* dibuat dalam bentuk balok berukuran panjang 1 m, lebar 0.12 m dan tinggi 0.13 m dimana *plat* disusun secara *zig-zag* untuk menghambat aliran asap gas sehingga partikel pencemar menjadi tertangkap dan menempel pada media WMO yang dilapiskan pada permukaan *plat* tersebut. MC pada MSW divariasikan dari 50% sampai 10% untuk melihat tingkat pembentukan *flue gas* yang dihasilkan serta efektivitas penangkapan gas-gas tercemar selama durasi waktu pengujian 5 menit. Hasil investigasi menunjukkan bahwa penurunan persentase *flue gas* terjadi pada setiap variasi *moisture content* yang diberikan yakni pada 50% MC, yaitu NH₃ dari 56.50 ppm menjadi 22.61 ppm, H₂S dari 6.9 ppm menjadi 2.5 ppm. Keefektifan dan efisiensi penangkapan media WMO diukur paling optimal pada variasi 50% MC dengan 13.6% penangkapan *ash* dari *flue gas* yang dihasilkan.

Kata kunci: *plat interceptor*, asap dan bau, *waste motor oil*, efektivitas dan efisiensi

Abstract

This study aims to develop a flue gas capture device with an interceptor plate with waste motor oil (WMO) media to reduce the flue gas density and odor arising from the drying process of municipal solid waste (MSW) with varying moisture content. Smoke and water vapor generated from the drying process of MSW are caused by the evaporation of MC at 110°C. By-products generated from the drying process are odorless polluting gases such as carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), and methane (CH₄), as well as odorous gases such as ammonia (NH₃), and hydrogen sulfide (H₂S), which are highly dependent on the fraction of MSW being dried and the MC contained therein. The interceptor plate is made in the form of a block measuring 1 m long, 0.12 m wide and 0.13 m high where the plate is arranged in a zigzag manner to inhibit the flow of gas fumes so that pollutant particles are captured and attached to the WMO media coated on the surface of the plate. MC in MSW was varied from 50% to 10% to see the level of flue gas formation produced and the effectiveness of capturing polluted gases for a test time duration of 5 minutes. The results of the investigation showed that a decrease in the percentage of flue gas occurred in each variation of moisture content given at 50% MC, namely NH₃ from 56.50 ppm to 22.61 ppm, H₂S from 6.9 ppm to 2.5 ppm. The effectiveness and efficiency of WMO media capture was measured to be most optimal in the 50% MC variation with 13.6% ash capture from the flue gas produced.

Keywords: *interceptor plate*, smoke, odor, *waste motor oil* (WMO), effectiveness, efficiency

1. Pendahuluan

Lima negara berkembang seperti, Tiongkok, Indonesia, India, Brazil, dan Mexico termasuk dalam sepuluh besar negara

penghasil *municipal solid waste* (MSW) yang signifikan dan terus meningkat pesat setiap tahunnya. Hal tersebut dapat disebabkan oleh

tingkat kesejahteraan ekonomi dan sosial dari masyarakat serta pengelolaan limbah padat yang belum beroperasi secara maksimal baik dari sumber limbah tersebut maupun hasil lanjutan dari pengelolaan sampah perkotaan [2].

Berdasarkan data Dinas Kehutanan dan Lingkungan Hidup tahun 2023, Kota Denpasar merupakan salah satu produsen sampah terbesar di provinsi Bali yang mencapai 29.4% pada tahun 2022. Meskipun pemerintah telah berhasil mengurangi 14.51% sampah, nyatanya penumpukan sampah di TPA Suwung telah mencapai ketinggian 25 m dari permukaan laut sehingga mengganggu efektivitas penanganan sampah dan berakibat pada lahan pembuangan yang terbatas serta biaya operasional yang tinggi. TPST Kesiman Kertalangu merupakan salah satu TPST di Kota Denpasar yang telah beroperasi dengan menerapkan prinsip *Reduce, Reuse, dan Recycle* sehingga menghasilkan produk berupa, *Recycle product* 45 tpd, *RDF Product* 350 tpd, dan *RDF Briket* yang mampu meningkatkan *streaming revenue* dan potensi serapan pasar (Dinas Kehutanan dan Lingkungan Hidup, 2023).

Pengelolaan sampah dengan kadar air yang tinggi memberikan pengaruh terhadap penurunan efisiensi pengeringan dikarenakan sebagian energi panas digunakan untuk penguapan air sehingga suhu pada ruang bakar akan menurun. Hal tersebut memerlukan perlakuan awal berupa pengeringan yang digambarkan sebagai proses perpindahan panas dengan penghilangan zat volatil (kadar air) secara termal [1].

Sampah padat kota (MSW) yang melalui proses pengeringan berpotensi menghasilkan gas buang berupa CO_2 , NH_3 , SO_2 , CH_4 , serta kandungan volatil seperti

ethyl benzene, toluene, styrene yang berpotensi menurunkan kualitas udara [3]. Perubahan kondisi udara disebabkan oleh keberadaan zat pencemar, baik dalam bentuk gas-gas maupun partikel kecil atau aerosol yang terdapat di atmosfer. Partikel dengan ukuran antara 0,01 hingga 5 μm adalah penyumbang utama pencemar udara karena keberadaannya yang tidak dapat terlihat dengan jelas serta mampu bertahan dalam atmosfer pada jangka waktu yang cukup lama [5].

Partikel-partikel tersebut terbentuk dari sisa-sisa bahan bakar yang mengalami perlakuan panas di dalam ruang bakar dan dikeluarkan melalui saluran pembuangan gas. Pengaruh kekuatan medan magnet dan konsentrasi *ferrofluid* menghasilkan peningkatan persentase penghilangan *flue gas* berupa CO_2 sejumlah 32%, 36.6%, 41.2% dibandingkan dengan penggunaan air murni karena deformasi permukaan *ferrofluid* di bawah medan magnet memengaruhi bentuk tetesan. Medan magnet dapat menginduksi gaya dan tekanan permukaan pada tetesan sehingga memengaruhi terjadinya kontak dengan partikel *flue gas*. Salah satu pemanfaatan yang dihasilkan adalah konversi *waste motor oil* (WMO) menjadi bahan bakar bernilai tinggi dengan teknik pirolisis. Kepekatan *flue gas* MSW sangat dipengaruhi oleh proses berjalannya pengeringan, sedangkan efektivitas *moisture content* (MC) sangat bergantung dengan kandungan *moisture content* pada pengeringan MSW. Referensi kandungan *moisture content* akan sangat memengaruhi nilai kalor dan nilai karbon yang berdampak ketika MSW mengalami proses perlakuan panas yang akan menghasilkan lebih banyak emisi polutan udara karena setiap komponen MSW memiliki kemampuan dalam mengikat air yang berbeda-beda. *Moisture content* yang

tinggi pada MSW menyediakan lingkungan yang lebih baik untuk pertumbuhan bakteri, jamur, dan mikroorganisme yang dapat menghasilkan senyawa penyebab bau yang terbawa pada aliran *flue gas* [4,6]. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi *moisture content* MSW terhadap proses penurunan kepekatan *flue gas* keluaran mesin pengering MSW dengan pengaplikasian WMO sebagai media pelumas *plat interceptor*.

2. Metode Penelitian

2.1 Tempat, Waktu, Variabel, Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium *New Renewable-Conservation of Energy*, Fakultas Teknik, Universitas Udayana selama 6 bulan menggunakan pendekatan eksperimental. Variabel bebas berupa *Moisture Content* MSW dengan persentase 50%, 40%, 30%, 20%, 10%. Variabel terikat berupa kandungan NH_3 , H_2S , efektivitas WMO, dan pemurnian kandungan NH_3 serta H_2S . Variabel kontrol adalah WMO sisa kendaraan bermotor, kecepatan laju aliran asap 2 m/s, massa MSW 1 kg/variasi, *wood chip* 1 kg/variasi, dan waktu pengambilan data setiap 30 detik selama 5 menit.

Alat yang digunakan, diantaranya meteran, busur, penggaris, mesin bor, gerinda, gunting, spidol, kuas, gergaji kayu, lem aibon, lem *ethyl cyanoacrylate*, *water pump*, *blower*, *fan*, cat pelapis clear anti bocor, martil, paku kecil, *coiled hose*, *thermocouple*, anemometer, *plat interceptor*. Bahan yang digunakan, diantaranya *municipal solid waste* (MSW) dan *waste motor oil* (WMO). MSW dengan *moisture content* yang mengalami proses *drying* berfungsi sebagai bahan baku utama pembentukan *Refused Derived Fuel* (RDF).

Pembentukan RDF mengakibatkan *moisture content* sampah menguap menghasilkan *flue gas* yang terbawa *blower* menuju cerobong asap. Kesesuaian *moisture content* MSW dengan variabel bebas dapat diketahui dengan beberap tahapan, yakni: 1) pengeringan MSW dengan panas matahari pada persentase 50%, 40%, 30%, 20% dan 10%, 2) MSW yang telah dikeringkan dapat ditambahkan persentase air sesuai persentase massa MSW, 3) MSW yang telah dikondisikan diuji dengan metode gravimetri pada suhu 110°C dalam waktu ± 5 jam untuk memastikan nilai *moisture content* dari MSW yang digunakan. Nilai *moisture content* didapatkan berdasarkan persamaan berikut:

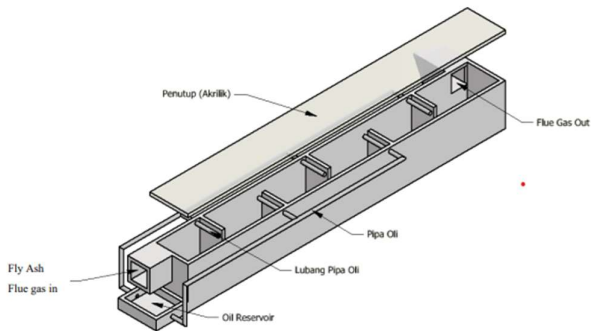
$$\frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\%$$

WMO hasil kendaraan bermotor yang tidak terpakai lagi memiliki tingkat viskositas yang tinggi dan tahan terhadap panas sehingga tidak mudah menguap pada suhu tinggi serta dapat menangkap *fly ash* dan *flue gas* lebih baik dari air dan meningkatkan proses pengelolaan limbah B3.

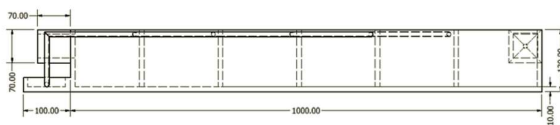
Sistem penangkap asap *interceptor* memiliki beberapa komponen, seperti alat pengering MSW yang berfungsi dalam proses pengeringan, alat penangkap asap *interceptor* untuk membersihkan *flue gas* yang terkontaminasi hasil pengeringan, *plat interceptor* sebagai wadah pengaliran oli bekas sehingga *fly ash* yang teralir ke dalam *scrubber* tertangkap dan udara di dalam *scrubber* tertubulens, *pump* untuk memompa WMO dan dialirkan pada *plat interceptor*, *coiled hose* untuk mengalirkan WMO dari *reservoir* menuju *plat interceptor*, *reservoir* sebagai penampung WMO ketika *scrubber* beroperasi, *fan* sebagai penyalur *fly ash* ke dalam *scrubber*, *blower* sebagai pendorong

fly ash dalam *scrubber* sehingga terjadi turbulens, dan alat ukur berupa *gas detector* dan anemometer untuk mengukur proporsi, kecepatan aliran gas masuk, dan komposisi campuran gas buang (NH_3 dan H_2S) yang dihasilkan dari proses pengeringan MSW.

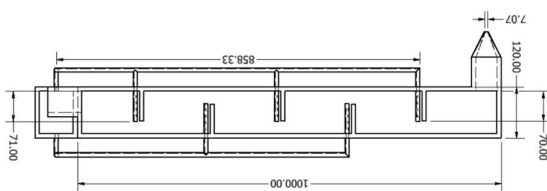
2.2 Alat Penangkap Asap *Interceptor* dan Alat Sistem Pengering



Gambar 1. Skematik Rancangan Sistem Alat Penangkap Asap *Plat Interceptor*



Gambar 2. Skematik Sistem Alat Penangkap Asap *Plat Interceptor* Tampak Samping



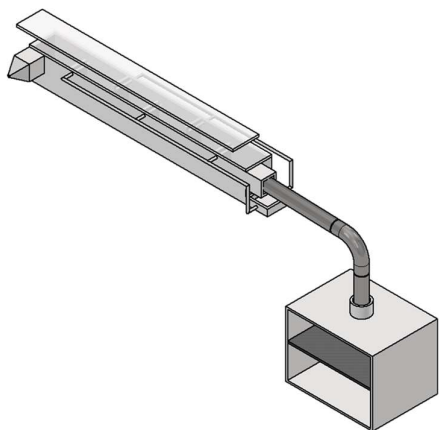
Gambar 3. Skematik Sistem Alat Penangkap Asap *Plat Interceptor* Tampak Atas

Sistem alat penangkap asap *interceptor* merupakan alat penyaring *flue gas* hasil pembakaran dan pengeringan dari MSW. Alat alat penangkap asap *interceptor* yang dirancang menggunakan material berbahan kayu dengan tingkat kemiringan 45° . Pada bagian dalam alat penangkap asap *interceptor*

dilapisi dengan cairan anti bocor untuk menghindari kebocoran pada material, dan memiliki jumlah *plat interceptor* 5 bagian dengan disusun secara berkelu-liku yang berfungsi untuk mengatur aliran udara pada alat penangkap asap *interceptor*, sehingga aliran gas yang masuk pada sistem mengalami turbulens. Pada *plat interceptor* di aliri WMO yang berfungsi untuk menangkap partikel-partikel pada *flue gas* yang masuk ke dalam alat ini dengan menggunakan *blower* dan *fan*.

Alat penangkap asap *interceptor* akan menangkap *flue gas* hasil proses pengeringan dan menurunkan kepekatan *flue gas* hasil pengeringan MSW yang dilakukan pada alat pengering dengan *blower* untuk mengalirkan *flue gas* yang dihasilkan. Alat penangkap asap *interceptor* akan menggunakan *plat* berlapis dengan dialiri WMO untuk memulihkan konsentrasi abu terbang, ammonia dan asap. Cara kerja alat penangkap asap *interceptor* untuk membersihkan gas buang hasil proses pengeringan MSW dengan kecepatan yang telah ditentukan dan timbulnya turbulensi akibat *plat interceptor* yang disusun secara *zig-zag*. Cara ini menimbulkan turbulensi dalam fluida, sehingga gas yang disuplai akan terperangkap pada media WMO dan kepekatan asap dapat dikurangi. Pompa yang bekerja akan mengalirkan WMO ke *plat interceptor* menggunakan selang bening, sedangkan *flue gas* hasil pengeringan yang mencapai *plat interceptor* terakhir melalui *filter* akan keluar melalui saluran gas buang dan mengalami proses pengukuran kandungan.

2.3 Alat Pengering



Gambar 4. Skematik Sistem Pengering *Moisture Content* MSW

Alat pengering merupakan tempat berlangsungnya proses pengeringan MSW dengan memanaskan MSW pada *chamber* pengeringan dengan menggunakan energi panas dari briket yang telah dipanaskan, hal ini bertujuan untuk menguapkan *moisture content* yang terdapat pada MSW. Kelembapan MSW akan menguap menjadi *flue gas* yang selanjutnya dialirkan menggunakan selang menuju alat penangkap asap *interceptor*. Sistem pengeringan ini menggunakan konsep seperti mesin pengering *rotary dryer* di TPST Kertalangu dengan memodifikasi sistem dalam skala kecil dan penggunaan bahan bakar penghasil sumber panas untuk proses pengeringan. Sistem pengering ini dirancang menggunakan besi plat dan dibagi menjadi dua bagian *chamber*, yaitu *chamber* pengeringan MSW pada bagian atas dan *chamber* penghasil energi panas pada bagian bawah.

Municipal Solid Waste (MSW) dengan *moisture content* yang akan mengalami proses pengeringan, diletakan di panel pembatas menggunakan besi polos pada *chamber* pengeringan dengan posisi berada diatas panel pembatas proses pembakaran. Sedangkan gas panas yang digunakan untuk

menguapkan *moisture content*, didapat dari hasil briket yang telah dipanaskan secara eksternal supaya tidak mempengaruhi hasil *flue gas* ketika dipanaskan didalam *chamber*. Energi panas dari bahan bakar padat briket tidak mengalami kontak langsung dengan MSW yang akan dikeringkan karena terdapat panel pembatas menggunakan jaring besi untuk mengaliri gas panas dan menjaga MSW tidak jatuh ke dalam *chamber* penghasil energi panas pada proses pengeringan berlangsung.

2.4 Pengujian Penelitian

Langkah pengujian diawali dengan seluruh alat dan bahan dipersiapkan dan dipastikan dalam kondisi siap pakai, bahan bakar *wood chip* dipanaskan pada *chamber* pembakaran, MSW dengan satu variasi MC dalam satu kali *running* (50%; 40%; 30%; 20%; 10%) dimasukkan pada *chamber* pengeringan, *flue gas* dikeluarkan melalui saluran pembuangan, *pump* dihidupkan untuk mengalirkan WMO pada sistem *scrubber*, kecepatan *flue gas* yang masuk diatur dengan *blower* dan *fan* mencapai 2 m/s, *timer* disiapkan pada setiap pengujian variasi untuk mengukur waktu proses beroperasinya alat penangkap asap *interceptor* dan penurunan kepekatan *flue gas* ketika pengambilan sampel menggunakan alat ukur, sampel kandungan NH_3 , H_2S , kepekatan *flue gas* dan volume gas pada proses pemurnian *flue gas* diambil menggunakan alat ukur. Seluruh tahapan diulangi pada seluruh variasi MC MSW. Hasil data yang didapatkan berupa kandungan NH_3 , H_2S , kepekatan *flue gas* dan volume gas sebelum dan setelah perlakuan berlangsung dicatat dan dilakukan olah data.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik *Waste Motor Oil* (WMO)

Kandungan WMO perlu diketahui untuk melihat karakteristik WMO sebelum dan sesudah pada penggunaan alat penangkap asap *interceptor*. Karakteristik WMO diketahui melalui pengujian *proximate* menggunakan *thermo gravimetric analysis* (TGA).

3.1.1 Pengujian *Proximate*

Thermogravimetric analysis (TGA) adalah alat untuk mengetahui parameter *proximate* berupa senyawa fisika, yakni *moisture content* (kadar air), *volatile matter* (zat terbang), *fixed carbon* (karbon padat), dan *ash* (kadar abu). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh WMO dalam menangkap kandungan dan partikel-partikel pada *flue gas* yang dihasilkan dari proses pengeringan MSW.

Tabel 1. Tabel Uji *Proximate Waste Motor Oil* (WMO)

<i>Weight Loss (%)</i>			
<i>Moisture</i>	<i>Volatile</i>	<i>Ash</i>	<i>Fixed Carbon</i>
0.12	99.35	0.05	0.48

3.2 Pengondisian *Municipal Solid Waste* (MSW)

Pengondisian MSW dilakukan untuk mengetahui persentase kadar air (*moisture content*) sebagai penentu kandungan *flue gas* yang dihasilkan pada proses pengeringan. Persentase kadar air (*moisture content*) MSW bersifat fluktuatif yang dapat dipengaruhi oleh komposisi MSW, frekuensi pengumpulan, musim atau cuaca, sistem penyimpanan serta temperatur lingkungan. Oleh karena itu, MSW memerlukan beberapa tahapan pengondisian sebelum menjadi bahan penelitian.

3.2.1 *Treatment Awal Municipal Solid Waste* (MSW)

Perlakuan awal yang dilakukan terhadap MSW bertujuan untuk

menstabilisasi *moisture content* sebelum penelitian. Hal ini dilakukan karena kondisi fluktuatif MC yang terdapat pada MSW dari TPST Kertalangu. MSW dikeringkan menggunakan energi panas matahari selama ± 5 jam dimulai dari pukul 10.00 s.d 15.00 WITA, kemudian sampel tersebut dibagi-bagi menjadi 1 sebanyak jumlah variasi MC penelitian dan dilakukan penambahan kandungan air sesuai dengan persentase MC dan massa MSW yang digunakan pada penelitian. Hal ini bertujuan untuk membentuk MC yang stabil dan akurat, sehingga kandungan *flue gas* yang dihasilkan dari proses pengeringan MSW maksimal.

3.2.2 Pengujian Gravimetri

Pengujian metode gravimetri menggunakan alat *thermogravimetri analysis* (TGA) dan *furnace* dengan tujuan membuktikan variasi MC pada MSW yang telah mengalami pengondisian melalui perubahan massa yang terjadi akibat dari perubahan temperatur serta mengetahui kandungan *volatile matter* (zat terbang), *fixed carbon* (karbon padat), dan *ash* (kadar abu). Pada pengujian *proximate* menggunakan TGA, MSW hanya mengalami kontak dengan energi panas tanpa memasuki proses pembakaran.

Tabel 2. Data Uji *Proximate Municipal Solid Waste* (MSW) dengan Variasi *Moisture Content*

<i>Weight Loss (%)</i>					
<i>Komposisi (%)</i>		<i>Moisture</i>	<i>Volatile</i>	<i>Ash</i>	<i>Fixed Carbon</i>
MSW	MC				
100%	0%	7.80	70.91	6.24	7.92
50%	50%	54.80	38.59	2.77	5.85
60%	40%	45.43	45.08	3.74	6.75
70%	30%	35.23	51.61	4.25	9.03
80%	20%	27.21	54.95	5.06	10.77
90%	10%	12.83	60.22	5.79	11.71

3.3 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian diambil sejak proses *treatment sample* MSW di TPST Kertalangu yang dilanjutkan dengan proses gravimetri MSW untuk mendapatkan variasi 50 % MC, 40% MC, 30% MC, 20% MC, dan 10% MC hingga dilakukan proses pengeringan menggunakan chamber pengering untuk menghasilkan *flue gas* yang kemudian dimurnikan menggunakan alat penangkap asap *interceptor* hingga pengukuran kandungan MSW dengan masing-masing variasi MC menggunakan alat ukur. Berikut adalah data-data yang diperoleh setelah pengujian dilakukan.

3.3.1 H₂S (Hidrogen Sulfida)

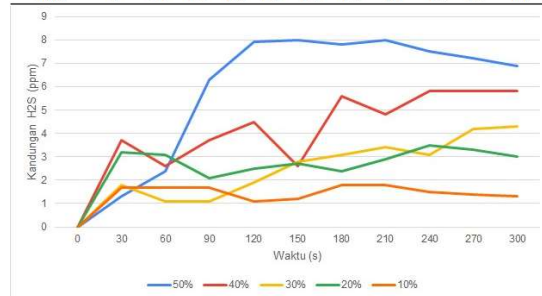
Pembentukan H₂S pada proses pengeringan MSW sangat dipengaruhi oleh MC yang terkandung di dalamnya. Kandungan MC yang tinggi pada MSW dapat meningkatkan ketersediaan sulfur seperti asam amino dan protein yang merupakan substrat bagi mikroorganisme anaerobik melakukan metabolisme yang menghasilkan produk sampingan berupa H₂S. Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4 semakin tinggi MC maka kandungan H₂S akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh MC yang mengandung mikroorganisme pada bahan organik pada MSW terurai dalam kondisi kurang teroksidasi. Mikroorganisme anaerobik mendegradasi bahan organik dan MC yang tinggi mempengaruhi pH pada MSW sehingga mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dan menghasilkan produk sampingan berupa H₂S. Tingginya kandungan H₂S pada *flue gas* ketika berada pada udara ambien memberikan dampak pada kesehatan manusia serta kondusifitas dari lingkungan, oleh karena itu perlu dilakukan pemurnian kandungan H₂S setelah proses pengeringan MSW.

Tabel 3. Data Kandungan H₂S Sebelum Penggunaan Alat Penangkap Asap *Interceptor*

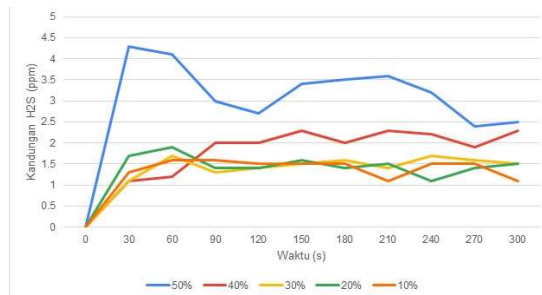
		Data Kandungan H ₂ S (ppm)									
Moisture Content	Waktu (s)	Waktu (s)									
		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270
50%	0	1.3	2.4	6.3	7.9	8.0	7.8	8.0	7.5	7.2	6.9
40%	0	3.7	2.6	3.7	4.5	2.6	5.6	4.8	5.8	5.8	5.8
30%	0	1.8	1.1	1.1	1.9	2.8	3.1	3.4	3.1	4.2	4.3
20%	0	3.2	3.1	2.1	2.5	2.7	2.4	2.9	3.5	3.3	3.0
10%	0	1.7	1.7	1.7	1.1	1.2	1.8	1.8	1.5	1.4	1.3

Tabel 4. Data Kandungan H₂S Setelah Penggunaan Alat Penangkap Asap *Interceptor*

		Data Kandungan H ₂ S (ppm)									
Moisture Content	Waktu (s)	Waktu (s)									
		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270
50%	0	4.3	4.1	3.0	2.7	3.4	3.5	3.6	3.2	2.4	2.5
40%	0	1.1	1.2	2.0	2.0	2.3	2.0	2.3	2.2	1.9	2.3
30%	0	1.1	1.7	1.3	1.4	1.5	1.6	1.4	1.7	1.6	1.5
20%	0	1.7	1.9	1.4	1.4	1.6	1.4	1.5	1.1	1.4	1.5
10%	0	1.3	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.1	1.5	1.5	1.1



Gambar 5. Grafik Pengukuran Kandungan H₂S Sebelum Penggunaan Alat Penangkap Asap *Interceptor* Terhadap Waktu



Gambar 6. Grafik Pengukuran Kandungan H₂S Setelah Penggunaan Alat Penangkap Asap *Interceptor* Terhadap Waktu

Dapat dilihat pada tren grafik pengukuran kandungan H₂S sebelum penggunaan alat penangkap asap *interceptor*, grafik menunjukkan peningkatan kadar H₂S secara bertahap selama 300 detik. Peningkatan ini terbagi menjadi dua fase dengan kecepatan yang berbeda. Fase 1

menunjukkan kenaikan yang lebih cepat, sedangkan fase 2 menunjukkan kenaikan yang lebih lambat. Pada 270 detik, kadar H₂S mencapai nilai puncaknya yaitu 8 ppm. Pada **Gambar 6** bahwa terjadi perubahan kandungan H₂S setelah menggunakan alat penangkap asap *interceptor*. Grafik menunjukkan tren kandungan H₂S pada detik awal meningkat pada seluruh variasi MC, namun tidak konsisten pada beberapa fluktuasi yang diakibatkan oleh faktor kondisi fluktuatif udara pada saat proses pengujian. Namun, pada detik 150 kandungan H₂S mencapai nilai puncaknya yaitu 4.5 ppm, hal ini menunjukkan terjadinya penurunan pada kandungan H₂S dari nilai puncak grafik sebelum penggunaan alat penangkap *interceptor*.

3.3.2 NH₃ (Amonia)

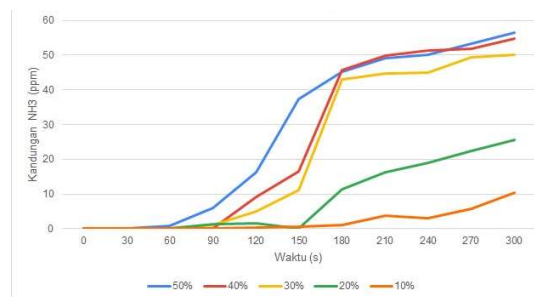
Berdasarkan tabel dibawah, kandungan NH₃ yang diukur menggunakan *gas detector*, sangat dipengaruhi oleh seberapa besar MC yang terdapat pada MSW. Tingginya kandungan MC pada *municipal solid waste*, akan sangat memengaruhi proses dekomposisi bahan organik dan reaksi kimia komposisi lainnya pada MSW, sehingga pembentukan amonia dalam bentuk ammonium akan semakin tinggi dan terlarut pada kandungan MC. Kadar amonia yang terikat pada MSW ketika dalam proses pengeringan dapat terlepas ke udara menjadi *flue gas* sebagai gas amonia (NH₃).

Tabel 5. Data Kandungan NH₃ Sebelum Penggunaan Alat Penangkap Asap *Interceptor*

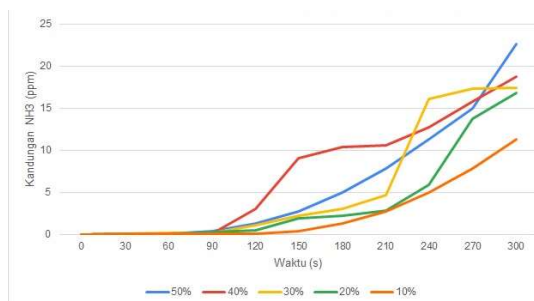
Data Kandungan NH ₃ (ppm)	
Moisture Content	Waktu (s)
	0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300
50%	0 0.02 0.93 5.91 16.39 37.41 45.30 49.25 50.10 53.20 56.50
40%	0 0.01 0.01 0.12 9.20 16.57 45.74 49.98 51.30 51.76 54.82
30%	0 0.03 0.01 1.13 5.01 11.11 43.06 44.63 45.07 49.26 50.00
20%	0 0.01 0.02 1.35 1.68 7.37 11.49 16.23 18.87 22.48 25.58
10%	0 0.01 0.01 0.20 0.34 0.64 1.09 3.68 3.15 5.67 10.43

Tabel 6. Data Kandungan NH₃ Setelah Penggunaan Alat Penangkap Asap *Interceptor*

Data Kandungan NH ₃ (ppm)	
Moisture Content	Waktu (s)
	0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300
50%	0 0.01 0.01 0.39 1.26 2.71 4.93 7.83 11.28 15.00 22.61
40%	0 0.01 0.01 0.11 3.05 9.05 10.34 10.55 12.72 15.75 18.73
30%	0 0.01 0.12 0.20 1.11 2.19 3.00 4.68 16.11 17.28 17.45
20%	0 0.01 0.01 0.23 0.45 1.93 2.22 2.78 5.91 13.73 16.78
10%	0 0.01 0.02 0.03 0.08 0.39 1.26 2.71 4.93 7.83 11.28



Gambar 7. Grafik Pengukuran Kandungan NH₃ Sebelum Penggunaan Alat Penangkap Asap *Interceptor* Terhadap Waktu



Gambar 8. Grafik Pengukuran Kandungan NH₃ Setelah Penggunaan Alat Penangkap Asap *Interceptor* Terhadap Waktu

Gambar 7. menunjukkan tren peningkatan konsentrasi NH₃ selama periode 300 detik, pada fase awal (0-90 detik) dengan kenaikan moderat dan stabil yang mencerminkan laju peningkatan secara bertahap. Pada fase kedua (90-210 detik), peningkatan konsentrasi NH₃ semakin tinggi. Terefleksikan oleh kemiringan grafik yang curam, peningkatan tersebut diakibatkan oleh faktor intensifikasi dari aktivitas pengeringan MSW yang menghasilkan kandungan NH₃. Pada fase ketiga (210-300 detik), terjadi perlambatan laju peningkatan namun kandungan NH₃ yang di ukur masih meningkat. Sedangkan pada **Gambar 8**, tren

grafik selama periode 300 detik menunjukkan tren kenaikan kandungan NH₃ yang sama dengan grafik pada **Gambar 7**, karena *flue gas* yang dihasilkan berasal dari MSW dan suhu pengeringan yang sama antara sebelum penggunaan alat penangkap asap *interceptor* dan sesudah penggunaan alat, namun pada tren grafik **Gambar 8**, kandungan NH₃ lebih rendah, hal ini disebabkan *flue gas* telah mengalami pemurnian oleh WMO pada alat penangkap *interceptor*.

3.4 Efektivitas Waste Motor Oil (WMO)

Pengukuran nilai efektivitas dari WMO diukur menggunakan parameter *ash* yang telah ditangkap pada proses penangkapan asap menggunakan alat penangkap asap *interceptor*. Pengukuran sebelum menggunakan alat penangkap asap *interceptor* dapat dilihat pada **Tabel 1**, sedangkan pengukuran setelah menggunakan alat penangkap asap *interceptor* dapat dilihat pada **Tabel 7**. Contoh perhitungan efektivitas WMO menggunakan persamaan sebagai berikut:

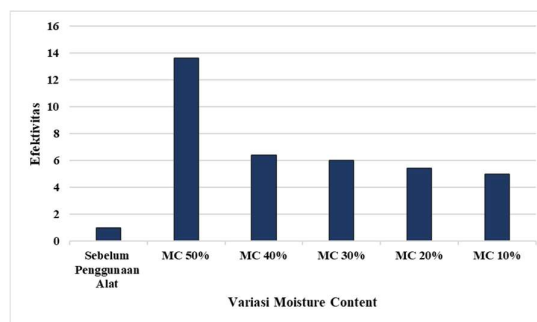
$$E = \frac{\text{Kandungan Ash Akhir}}{\text{Kandungan Ash Awal}} = \frac{0.68}{0.05} = 13,6$$

Tabel 7. Nilai Kandungan Waste Motor Oil (WMO) Setelah Pengujian

Variasi	Weight Loss (%)					Efektivitas
	Initial Mass	Moisture	Volatile	Ash	Fixed Carbon	
MC 50%	1.0684	1.07	99.47	0.68	0.13	13,6
MC 40%	1.0434	0.13	99.49	0.32	0.05	6,4
MC 30%	1.1227	1.51	100.7	0.30	0.08	6
MC 20%	1.0795	3.51	96.16	0.27	0.07	5,4
MC 10%	1.0892	0.50	99.18	0.25	0.06	5

Berdasarkan tabel diatas penggunaan WMO jika dilihat dari parameter *ash* yang berhasil di ukur, mengalami peningkatan performa efektivitas penurunan kepekatan *flue gas* pada setiap variasi MC MSW. Performa efektivitas WMO pada penelitian ini menunjukkan terjadinya peningkatan kandungan *ash* pada WMO yang sebelum digunakan pada media alat penangkap asap

interceptor mencapai 0.26, kemudian meningkat seperti pada **Tabel 7**. Pada **Gambar 9** menunjukkan peningkatan efektivitas WMO dalam menangkap ash dari proses pengeringan MSW dengan variasi MC 50% memperoleh efektivitas paling tinggi jika dibandingkan dengan kandungan awal WMO.



Gambar 9. Perbandingan Efektivitas WMO pada Setiap Variasi MC

3.5 Efisiensi Pemurnian Kandungan NH₃ dan H₂S

Nilai efisiensi kandungan NH₃ dan H₂S pada setiap variasi MC ditampilkan pada tabel, dan dapat dilihat bahwa pada tabel menunjukkan jumlah total kandungan NH₃ dan H₂S sebelum menggunakan alat penangkap asap *interceptor* dan setelah penggunaan alat penangkap asap *interceptor* yang kemudian dihitung nilai efisiensinya menggunakan persamaan. Efisiensi NH₃ dan H₂S sebelum menggunakan alat penangkap asap *interceptor* sebesar 37.831 ppm, setelah dilakukan pengujian menggunakan alat penangkap asap *interceptor* terjadi penurunan pada nilai kandungan NH₃ dan H₂S hingga menjadi 9.873 pada variasi MC 50%. Nilai efisiensi terbaik di dapatkan pada variasi 50% MC dengan efisiensi sebesar 73.902 %. MC akan sangat mempengaruhi pada performa penurunan kepekatan *flue gas* oleh alat penangkap asap *interceptor*. Contoh perhitungan efisiensi penurunan kandungan NH₃ dan H₂S hasil proses pengeringan MSW

adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\text{Kandungan Polutan} - \text{Kandungan Polutan Akhir}}{\text{Kandungan Polutan Awal}} \times 100\%$$

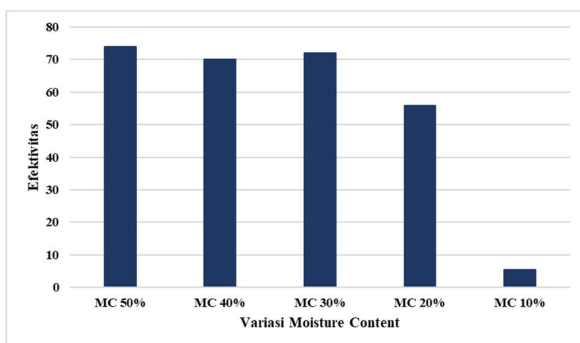
$$= \frac{37.831 - 9.873}{37.831} \times 100\% = 73.902$$

Tabel 8. Data Total Kandungan NH₃ dan H₂S Sebelum Penggunaan Alat Penangkap Asap *Interceptor*

Data Total Kandungan NH ₃ dan H ₂ S Sebelum Penggunaan Alat Penangkap Asap <i>Interceptor</i>					
Variabel	Moisture Content				
	50%	40%	30%	20%	10%
NH ₃	31.501	27.951	24.931	10.508	2.522
H ₂ S	6.33	4.49	2.68	2.87	1.52
Total	37.831	32.441	27.611	13.378	4.274

Tabel 9. Data Total Kandungan NH₃ dan H₂S Setelah Penggunaan Alat Penangkap Asap *Interceptor*

Data Total Kandungan dan Efisiensi NH ₃ dan H ₂ S Setelah Penggunaan Alat Penangkap Asap <i>Interceptor</i>					
Variabel	Moisture Content				
	50%	40%	30%	20%	10%
NH ₃	6.603	8.032	6.224	4.405	2.854
H ₂ S	3.27	1.70	1.48	1.49	1.42
Total	9.873	9.732	7.704	5.895	4.042
Efisiensi	73.902	70.000	72.098	55.935	5.428



Gambar 10. Perbandingan Efisiensi Pemurnian NH₃ dan H₂S pada Setiap Variasi MC

Berdasarkan **Gambar 10**, variasi MC

50% menghasilkan efisiensi tertinggi sebesar 73.902%, 40% MC sebesar 70.000%, 30% MC sebesar 72.098%, 20% MC sebesar 55.935%, dan 10% MC sebesar 5.428%.

4. Kesimpulan

Tingginya MC pada MSW sangat memengaruhi nilai kandungan *flue gas* (NH₃ dan H₂S) yang dihasilkan dari proses pengeringan MSW sangat dipengaruhi oleh kandungan MC dan komposisi kimia bereaksi ketika pemanasan. Semakin tinggi MC yang dimiliki MSW maka komposisi kimia yang terkandung juga semakin tinggi. Tidak hanya itu, fraksi sampah MSW juga mempengaruhi komposisi kimia pada MC. Tingginya MC dapat mengurangi efisiensi pengeringan karena sebagian besar energi panas dibebankan untuk menguapkan MC pada MSW sehingga produk sampingan dari penguapan MC yang tinggi pada *flue gas* terbentuk.

Namun, meningkatnya MC pada MSW akan mengurangi pembentukan kandungan CO₂ dan meningkatkan pembentukan CO akibat suhu pada proses pengeringan belum mencapai titik pembakaran sempurna karena tingginya kelembapan MSW akibat persentase MC yang tinggi. Sebaliknya, rendahnya MC akan lebih mengoptimalkan pembentukan CO₂ karena mampu meningkatkan laju energi panas dan memungkinkan oksigen untuk berinteraksi lebih efisien dengan bahan bakar. Kemampuan WMO menangkap partikel dipengaruhi oleh banyaknya partikel yang dihasilkan pada proses pengeringan MSW. Hasil efisiensi WMO terjadi pada variasi 50% MC dengan nilai 13,6% dan 0.68 *ash*.

Daftar Pustaka

[1] Kereh, R.L., Riza, A. dan Tanujaya, H. (2022) 'Analisis Karakteristik

- Pengering Sampah Organik Tipe Tray Dryer dengan Pendekatan CFD’, *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(7), pp. 9804–9815.
- [2] Nanda, S. and Berruti, F. (2021) ‘Municipal Solid Waste Management and Landfilling Technologies: A Review’, *Environmental Chemistry Letters*, 19(2), pp. 1433–1456. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01100-y>.
- [3] Naryono, E. (2013) ‘Perancangan Sistem Pemilahan, Pengeringan dan Pembakaran Sampah Organik Rumah Tangga’, *Indonesian Green Technology Journal*, pp. 27–36.
- [4] Santosa, S. (2012) ‘Peningkatan Nilai Kalor Produk pada Produk Proses Bio-Drying Sampah Organik Improved Calor Value on Biodrying Production of Organic Waste’.
- [5] Siti Nuryani, Sigid Sudaryonto, H Sardjito Eko Windarso, J.M.S. (2021) ‘MODIFICATION OF THE WET SCRUBBER TO REDUCE DUST LEVELS AND SMOKE CONCLUSIONS AT IMMOVABLE EMISSION SOURCES’, 7(02), pp. 1-7.
- [6] Triyadi, D. and Gandidi, I.M. (2019) ‘Simulasi Proses Torefaksi Sampah Sistem Kontinu Menggunakan Software Aspen Plus’, 10(1).

	<p>I Wayan Andrayuga menyelesaikan program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2024</p>
<p>Efektifitas <i>Waste Motor Oil</i> Pada Plat <i>Interceptor</i> Sebagai Media Penurunan Kepekatan <i>Fuel Gas</i> Pada Variasi <i>Moisture</i></p>	

Content MSW

	<p>Prof, I Nyoman Suprapta Winaya, S.T., MA.Sc., Ph.D. menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada tahun 1994, S2 di Dalhousie University pada tahun 2000, dan S3 di Niigata University pada tahun 2008. Prof, I Nyoman Suprapta Winaya, S.T., MA.Sc., Ph.D memiliki konsentrasi ilmu dalam bidang konversi energi.</p>
	<p>I Wayan Arya Darma, S.T., M.T. menyelesaikan program S1 di Universitas Udayana pada tahun 2013 dan S2 di Universitas Udayana pada tahun 2018.</p>
	<p>I Gusti Ngurah Putu Tenaya S.T, MT. menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada tahun 1994 dan S2 di Universitas Udayan tahun 2007 memiliki konsentrasi ilmu dalam konversi energi.</p>
	<p>I Putu Angga Yuda Pratama S.T, MT. menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada tahun</p>



2019 dan S2 di
Universitas Udayan
tahun 2021 memiliki
konsentrasi ilmu
dalam bidang
konversi energi.