

PENGOLAHAN MUNICIPAL SOLID WASTE (MSW) MENJADI REFUSE DERIVED FUEL (RDF) DENGAN PROSES NON-KARBONISASI SEBAGAI BAHAN BAKAR PADAT ALTERNATIF

Ilham Wisbangun Rahanto¹, Trisma Jaya Saputra², Rany Puspita Dewi³

Jurusan Teknik Mesin SI, Fakultas Teknik Universitas Tidar, Magelang, Jawa Tengah, Indonesia

Email : ilhamwisb@gmail.com, trismajayasaputra@untidar.ac.id, ranypuspita@untidar.ac.id.

ABSTRAK

Di Kota Magelang, jumlah MSW (*Municipal Solid Waste*) yang dihasilkan per orang per hari terus bertambah setiap tahunnya. Sekarang menjadi 2,58 liter/orang/hari, sama dengan 0,304 kg/orang/hari, dan terdiri dari 47% sampah organik dan 53% sampah kimia. MSW dapat digunakan untuk membuat RDF (*Refuse Derived Fuel*) yang merupakan bahan bakar padat alternatif dengan kisaran bagian organik dan anorganik yang akan mempengaruhi hasil analisis proksimat RDF. MSW diubah menjadi RDF melalui metode yang tidak melibatkan karbonisasi atau kokas. Ini berarti tidak ada bahan organik yang berubah menjadi karbon atau residu yang mengandung karbon. Penghancuran, penyortiran, pengepresan tanpa lem, dan pengeringan adalah bagian dari proses ini. Penelitian ini dilakukan dengan 5 kombinasi komponen MSW organik dan mineral yang berbeda: 30%:70, 40%:60, 50%:50, 60%:40, dan 70%:30. Sampel RDF diuji nilai kalor, jumlah abu, jumlah kelembaban, jumlah bahan yang mudah terbakar, dan jumlah karbon tetap. Nilai studi proksimat RDF tergantung pada bagaimana bagian organik dan anorganik dari *Municipal Solid Waste* (MSW) berubah. Nilai kadar air RDF, kadar abu, dan kandungan bahan volatil naik semakin banyak bahan organik yang dimilikinya. Namun, nilai kandungan karbon tetap dan nilai kalornya turun. RDF dengan campuran 30% bahan organik berbeda: Hasil terbaik berasal dari 70% buatan. Itu memiliki nilai kalor 5.456 kal / g, kelembaban 13,2%, abu 4,9%, bahan mudah menguap 19,2%, dan karbon tetap 8%.

Kata kunci : *Municipal Solid Waste* (MSW), *Refused Derived Fuel* (RDF), Non-karbonisasi

ABSTRACT

In Magelang City, the amount of MSW (municipal solid waste) made per person per day is growing every year. It is now 2.58 liters/person/day, which is the same as 0.304 kg/person/day, and it is made up of 47% organic waste and 53% chemical waste. MSW can be used to make RDF (Refuse Derived Fuel), which is an alternative solid fuel with a range of organic and inorganic parts that will affect the results of the RDF proximate analysis. MSW is turned into RDF through a method that doesn't involve carbonization or coking. This means that no organic material is turned into carbon or carbon-containing residue. Crushing, sorting, pressing without glue, and drying are all parts of this process. This study was done with 5 different combinations of organic and mineral MSW components: 30%:70, 40%:60, 50%:50, 60%:40, and 70%:30. RDF samples were tested for their calorific value, amount of ash, amount of moisture, amount of flammable matter, and amount of fixed carbon. The value of the RDF proximate study depends on how the organic and inorganic parts of Municipal Solid Waste (MSW) change. The value of an RDF's moisture content, ash content, and volatile matter content goes up the more organic matter it has. However, the value of its fixed carbon content and heating value goes down. RDF with a different mix of 30% organic materials: The best results came from 70% artificial. It had a calorific value of 5,456 cal/g, 13.2% moisture, 4.9% ash, 19.2% volatile matter, and 8% fixed carbon.

Keywords: *Municipal Solid Waste* (MSW), *Refuse Derived Fuel* (RDF), Non-carbonization.,

PENDAHULUAN

Pengelolaan MSW yang tidak baik dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran terhadap air, tanah, dan udara pada lingkungan sekitarnya. Pencemaran ini disebabkan oleh produk-produk sampingan hasil proses penguraian bahan organik yang ada di dalam sampah seperti lindi, gas metana, dan amoniak. Bahan anorganik juga mencemari lingkungan karena tidak dapat terurai.

Kota Magelang merupakan salah satu wilayah metropolitan dengan volume timbulan sampah harian sebesar 160,58 m³. Pada tahun 2016 Kota Magelang menghasilkan 2,58 liter per orang per hari atau setara dengan 0,304 kilogram per orang. Sedangkan sampah terdiri dari 55% bahan organik dan 45% bahan anorganik. Sampah organik terdiri dari 12,65 persen sampah daun, 40,18 persen sisa makanan, dan 2,14 persen ranting/kayu. Sampah anorganik terdiri dari 10,37% kertas, 16,31% plastik, 2,23% logam, 2,86% kaca/keramik, 2,27% karet/kulit, 2,54% kain, dan 8,44% bahan lainnya [6]

Sampah yang tercecer akan menyebabkan timbunan sampah yang akan semakin meningkat setiap tahunnya sesuai dengan pertambahan jumlah penduduk. Timbunan sampah ini adalah timbunan sampah perkotaan atau sering disebut *Municipal Solid Waste* (MSW).

Pengolahan *Municipal Solid Waste* (MSW) menjadi *Refuse Derived Fuel* (RDF) diperlukan untuk mengurangi dampak lingkungan dari MSW. RDF adalah produk baru yang menjanjikan yang dibuat dengan mengurangi ukuran sampah melalui penggunaan homogenizer. RDF merupakan inovasi pengelolaan sampah yang dapat mengurangi sampah TPA, dapat dikembangkan dalam berbagai skala sesuai dengan *inisiatif Reduce, Reuse, dan Recycle* (3R), dapat digunakan untuk pembangkit listrik, dan menyediakan energi bersih bagi masyarakat.

Tujuan produksi RDF adalah untuk mengubah fraksi sampah kota yang mudah terbakar menjadi bahan bakar. Dalam hal ini,

produksi RDF dapat memberikan kontribusi positif terhadap penyelesaian masalah lingkungan.

Prosedur non-karbonisasi mengacu pada produksi RDF tanpa karbonisasi. Dalam proses non-karbonisasi, zat organik tidak diubah menjadi karbon atau residu yang mengandung karbon. RDF yang dihasilkan tanpa karbonisasi adalah bahan bakar yang tidak mengalami karbonisasi sebelum diolah menjadi RDF.

Saat ini penelitian tentang pemanfaatan sampah kota sebagai bahan bakar alternatif masih sangat minim, khususnya di Kota Magelang. Selain itu, masyarakat Kota Magelang kurang memiliki pengetahuan tentang pemanfaatan sampah di sektor perumahan, sehingga sampah berserakan dan tidak berguna. Untuk menjawab permasalahan tersebut di atas, perlu dilakukan penelitian tentang *Municipal Solid Waste* (MSW) menjadi *Refuse Derived Fuel* (RDF) sebagai alternatif bahan bakar padat alternatif.

METODE PENELITIAN

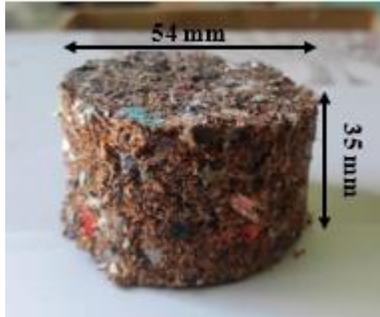
Berdasarkan pengetahuan penelitian eksperimen, maka penelitian ini akan dilakukan secara bertahap untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Penelitian diawali dengan pengumpulan bahan baku di TPA, dilanjutkan dengan pemilahan sampah. Limbah yang dikaji dalam penelitian ini adalah limbah yang tidak dapat dimanfaatkan dan tidak memiliki nilai ekonomis. Penelitian dilanjutkan dengan percobaan laboratorium untuk mengetahui pengaruh komposisi terhadap nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan karbon tetap limbah padat kota.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Lima sampel yang mengandung berbagai komponen organik dan anorganik dihasilkan menggunakan metode non-karbonisasi untuk membuat RDF. Sebelum proses analisis proksimat dilakukan, sampel RDF telah melewati tahapan-tahapan yang telah digariskan dalam prosedur pembuatan RDF.

RDF yang dihasilkan memiliki dimensi diameter 54 mm, tinggi 35 mm, dan massa 50 gram. Gambar 1. menggambarkan hasil proses produksi RDF dengan menggunakan metode non-karbonisasi yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 1. RDF

Hasil sampel RDF kemudian dievaluasi dengan menggunakan metode analisis perkiraan. Analisis aproksimasi bertujuan untuk menetapkan nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan kadar karbon tetap. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan *American Society for Testing and Materials (ASTM) D7582-15 Standard test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by macro Thermogravimetric Analysis*, dengan parameter analisis proksimat sebagai berikut:

- a. Analisis kadar air (moisture), yang tujuannya adalah untuk memastikan jumlah air yang ada dalam batubara.
- b. Abu adalah residu yang tidak mudah terbakar yang terdiri dari silika oksida (SiO₂), kalsium oksida (CaO), karbonat, dan berbagai mineral lainnya.
- c. Analisis kandungan zat terbang, yaitu jumlah zat yang dipancarkan pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen (seperti C_xH_y, H₂, dan SO_x).
- d. Analisis perkiraan lainnya, termasuk analisis karbon padat, dihitung.

Hasil analisis proksimat terdiri dari beberapa parameter antara lain kadar air, zat terbang, arang, dan karbon tetap. ASTM D7582-15 Metode uji standar untuk Analisis Proksimat Batubara dan Kokas dengan Analisis

Termogravimetri Makro digunakan untuk analisis ini.

1. Hasil Pengujian Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor dilakukan sebanyak dua kali pengulangan pada setiap variasi komposisi MSW. Hasil pengujian nilai kalor ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian nilai kalor RDF

Kode sampel O : A (%)	Pengulangan ke-	Nilai kalor (kal/g)	Rata-rata (kal/g)
30 : 70	1	5318,623	5456,197
	2	5593,771	
40 : 60	1	4498,897	4618,440
	2	4737,983	
50 : 50	1	4404,441	4330,530
	2	4256,619	
60 : 40	1	3862,373	3836,941
	2	3811,509	
70 : 30	1	3414,440	3368,565
	2	3322,689	

*O = organik, A = anorganik

Nilai kalor dari lima sampel RDF dengan komposisi yang bervariasi ditunjukkan pada Tabel 1. Ketika membandingkan lima sampel RDF dengan komposisi yang bervariasi, kami menemukan bahwa sampel dengan komposisi organik 30% hingga variasi anorganik 70% memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 5456.197 kal/g. RDF dengan komposisi bervariasi antara 70% organik dan 30% anorganik memiliki hasil nilai kalor terendah yaitu 3368.565 kal/g. Nilai kalor sampel RDF berubah secara signifikan di kisaran 40% organik hingga 60% anorganik, 50% organik hingga 50% anorganik, dan 60% organik hingga 40% anorganik. 4618.440 kal/g, 4330.530 kal/g, dan 3836.941 kal/g ditemukan pada 40% anorganik. Data ini merupakan hasil rata-rata dari dua pengujian terpisah yang dilakukan pada setiap sampel.

2. Hasil Pengujian Kadar Air

Kadar air adalah ukuran berapa banyak uap air yang ada dalam suatu zat. Untuk mengetahui berapa kadar air dalam RDF dilakukan pengujian kadar air. Teknik ASTM D-3173 digunakan untuk menentukan kelembaban relatif dalam sampel ini. Setiap varian diwakili oleh satu spesimen dalam sampel pengujian. Persamaan yang digunakan untuk menurunkan nilai kadar air adalah sebagai berikut:

$$MC = \frac{(a+b)-c}{b} \times 100 \%$$

Dimana:

- MC = moisture content
 a = massa wadah (gram)
 b = massa RDF setelah pemanasan 105°C (gram)
 c = massa konstan

Untuk setiap varian komposisi MSW, kami melakukan uji kadar air sebanyak dua kali. Temuan analisis kadar air ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil nilai pengujian kadar air RDF

Kode sampel	Pengulangan ke-	Berat wadah gr (a)	Berat sampel gr (b)	Berat konstan gr (c)	Kadar air (a+b-c)/b	Rata-rata (%)
30 : 70	1	18,554	1,118	19,526	13,036	13,212
	2	18,374	1,061	19,293	13,388	
40 : 60	1	18,362	1,130	19,335	13,875	13,896
	2	18,340	1,064	19,256	13,917	
50 : 50	1	18,738	1,254	19,810	14,493	14,593
	2	18,860	1,202	19,885	14,693	
60 : 40	1	18,551	1,170	19,531	16,313	16,269
	2	18,175	1,038	19,045	16,225	
70 : 30	1	18,754	1,390	19,890	18,305	18,214
	2	18,613	1,045	19,469	18,123	

*O = organik, A = anorganik

Persentase air yang terdapat pada 5 sampel RDF dengan komposisi bervariasi ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai terbesar dilaporkan pada RDF dengan variasi komposisi 70% organik: 30% anorganik, yang menunjukkan peningkatan kadar air sebesar 18,214% jika dibandingkan ke empat sampel RDF lainnya. RDF dengan variasi komposisi organik 30%: anorganik 70% sebesar 13,212% ditetapkan memiliki nilai kadar air terendah. Sampel RDF dengan komposisi organik:anorganik 40:60, organik:anorganik 50:50, dan organik:anorganik 60:40 memiliki nilai kadar air masing-masing sebesar 13,896%, 14,593%, dan 16,269%. Data ini merupakan hasil rata-rata dari dua pengujian terpisah yang dilakukan pada setiap sampel.

3. Hasil Pengujian Kadar Abu

Abu adalah produk sampingan dari pembakaran yang tidak mengandung karbon. Standar ASTM D-3174-04 digunakan untuk

pengujian kadar abu. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan kadar abu:

$$AC = \frac{c-a}{b} \times 100 \%$$

Dimana:

- AC = ash content (%)
 a = massa wadah (gram)
 b = massa RDF setelah pemanasan 550°C (gram)
 c = massa konstan

Setiap penyesuaian komposisi MSW menghasilkan pengujian ulang nilai kadar abu secara double-blind. Hasil analisis kadar abu ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil nilai pengujian kadar abu RDF

Kode sampel	Pengulangan ke-	Berat wadah gr (a)	Berat Sampel gr (b)	Berat konstan gr (c)	Kadar abu (c-a)/b	Rata-rata (%)
30 : 70	1	18,554	1,118	18,609	4,930	4,900
	2	18,374	1,061	18,425	4,871	
40 : 60	1	18,362	1,130	18,422	5,345	5,491
	2	18,340	1,064	18,400	5,638	
50 : 50	1	18,738	1,254	18,811	5,799	5,699
	2	18,860	1,202	18,927	5,599	
60 : 40	1	18,551	1,170	18,623	6,127	6,258
	2	18,175	1,038	18,241	6,388	
70 : 30	1	18,754	1,391	18,860	7,621	7,724
	2	18,613	1,045	18,695	7,827	

*O = organik, A = anorganik

Tabel 3. menunjukkan hasil pengujian kadar abu dari 5 sampel RDF dengan variasi komposisi yang berbeda. Terjadi peningkatan hasil kadar abu dari kelima sampel RDF dengan variasi komposisi yang berbeda dengan nilai tertinggi terdapat pada RDF dengan variasi komposisi 70% organik : 30% anorganik sebesar 7,724%. Hasil kadar abu terendah terdapat pada RDF dengan variasi komposisi organik 30% : anorganik 70% sebesar 4.900%. Nilai kadar abu sampel RDF dengan variasi 40% organik: 60% anorganik, 50% organik: 50% anorganik, dan 60% organik: 40% anorganik berturut-turut adalah 5,491%, 5,699%, dan 6,258%. Hasil ini merupakan hasil rata-rata dari dua ulangan pengujian untuk masing-masing sampel.

4. Hasil Pengujian Nilai Kadar Volatile Matter

Volatile matter terdiri dari unsur hidrokarbon, metana, dan karbon monoksida.

Besar nilai kadar *volatile matter* didapat dari perhitungan dengan persamaan sebagai berikut,

$$VM = \frac{c-a}{b} \times 100 \%$$

Dimana:

- VM = *volatile matter* (%)
- a = massa wadah (gram)
- b = massa RDF setelah pemanasan 105°C (gram)
- c = massa RDF setelah pemanasan 550°C (gram)

Setiap perubahan dalam komposisi MSW menjalani dua set pengujian nilai untuk konten bahan yang mudah menguap. Tabel 4 menampilkan signifikansi hasil dari pengujian untuk tingkat *volatile matter*.

Tabel 4. Hasil nilai pengujian *volatile matter* RDF

Kode sampel	Pengulangan	Berat wadah gr	Berat sampel gr	Berat konstan gr	<i>volatile matter</i>	Rata-rata
O : A (%)	ke-	(a)	(b)	(c)	(c-a)/b	(%)
30 : 70	1	18,554	1,118	18,769	19,182	19,215
	2	18,374	1,061	18,578	19,248	
40 : 60	1	18,362	1,130	18,618	22,644	22,706
	2	18,340	1,064	18,583	22,768	
50 : 50	1	18,738	1,254	19,056	25,397	25,337
	2	18,860	1,202	19,164	25,277	
60 : 40	1	18,551	1,170	18,873	27,448	27,444
	2	18,175	1,038	18,460	27,440	
70 : 30	1	18,754	1,391	19,160	29,204	29,184
	2	18,613	1,045	18,918	29,165	

*O = organik, A = anorganik

Lima sampel RDF dianalisis kandungan bahan volatilnya, dan hasilnya dirangkum dalam Tabel 4. Konsentrasi bahan volatil dari lima sampel RDF ditemukan meningkat dengan perubahan komposisi, dengan peningkatan terbesar tercatat di RDF dengan variasi 70% komposisi organik: 30% anorganik (sebesar 29,184%). Dengan kisaran 30% organik hingga 70% anorganik sebesar 19,215%, RDF ditetapkan memiliki kadar zat terbang terendah. Sampel RDF memiliki kandungan zat terbang sebesar 22,706%, 25,337%, dan 27,444% dengan rasio organik terhadap anorganik masing-masing 40%, 50%, dan 60%. Data ini adalah rata-rata dari dua pengujian terpisah yang dilakukan pada setiap sampel.

5. Hasil Pengujian Nilai Kadar Fixed Carbon

RDF terdiri dari karbon tetap selain dugaan kelembaban, abu, dan volatil yang biasa. Rumus penentuan karbon tetap adalah sebagai berikut: karbon tetap = 100% - kadar air (kelembaban) - kadar abu - zat yang mudah menguap,

$$FC (\%) = 100\% - (MC + AC + VM)$$

Dimana:

- MC = *moisture content* (%)
- AC = *ash content* (%)
- VM = *volatile matter* (%)

Untuk setiap iterasi komposisi MSW, kandungan karbon tetap diuji dua kali untuk memastikan keakuratannya. Tabel 5 menampilkan nilai kandungan karbon tetap yang dihitung.

Tabel 5. Hubungan variasi komposisi MSW terhadap nilai *fixed carbon* RDF

Kode sampel	Pengulangan	Kadar air	Kadar abu	Kadar <i>volatile matter</i>	<i>fixed carbon</i>	Rata-rata
O : A (%)	ke-	% (MC)	% (AC)	% (VM)		(%)
30 : 70	1	13,036	4,930	19,182	62,852	62,673
	2	13,388	4,871	19,248	62,493	
40 : 60	1	13,875	5,345	22,644	58,136	57,907
	2	13,917	5,638	22,768	57,677	
50 : 50	1	14,493	5,799	25,397	54,311	54,271
	2	14,693	5,599	25,277	54,431	
60 : 40	1	16,313	6,127	27,448	50,111	50,029
	2	16,225	6,388	27,440	49,947	
70 : 30	1	18,305	7,621	29,204	44,870	44,878
	2	18,123	7,827	29,165	44,886	

*O = organik, A = anorganik

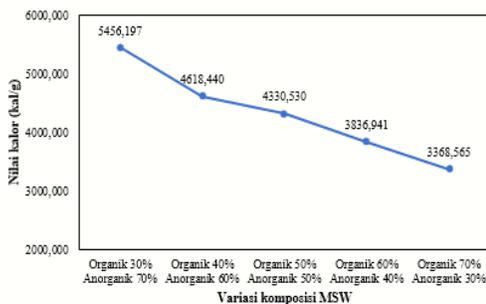
Kandungan karbon tetap dihitung untuk 5 sampel RDF dengan komposisi yang bervariasi, dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 5. Kandungan karbon tetap menurun dari nilai maksimum yang terdapat pada RDF dengan variasi komposisi organik 30%: 70% anorganik hingga nilai terendah ditemukan pada RDF dengan variasi komposisi organik 0% : 100% anorganik sebesar 62,673%. RDF, dengan komposisi organik 70%: variasi anorganik 30%, ditentukan memiliki kandungan karbon tetap terendah. Kandungan karbon tetap dari sampel RDF bervariasi dari 57,907% hingga 54,271% hingga 50,029% ketika rasio komponen organik dan anorganik masing-masing adalah 40%, 60%, dan 50%. Data ini adalah rata-rata

dari dua pengujian terpisah yang dilakukan pada setiap sampel.

Pembahasan

1. Hubungan Komposisi MSW Terhadap Nilai Kalor RDF

Berdasarkan hasil pengujian nilai kalor, variasi komposisi MSW memberikan pengaruh terhadap nilai kalor dari RDF yang dihasilkan. Hubungan variasi komposisi MSW terhadap nilai kalor RDF dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan variasi komposisi MSW terhadap nilai kalor RDF

Gambar 2. menunjukkan bahwa sampel RDF yang komposisinya bervariasi antara 30% organik dan 70% anorganik memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 5456.197 kal/g. Sampel RDF memiliki kandungan karbon tetap terendah, dengan rata-rata 44,878 kal/g dan kisaran 70% organik hingga 30% anorganik.

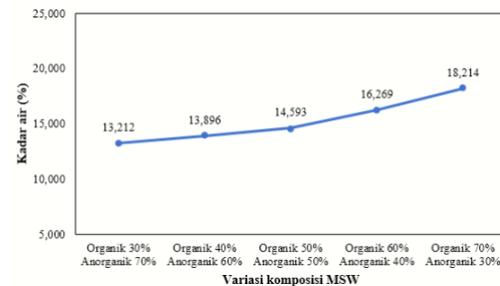
Karena *trendline* meningkatnya kandungan anorganik, kita dapat menyimpulkan bahwa RDF dengan kandungan anorganik yang lebih tinggi memiliki nilai kalor yang lebih tinggi. Sebaliknya, nilai kalor sampel RDF turun semakin tinggi komponen organiknya.

Nilai kalor RDF yang dihasilkan dari MSW di Kota Magelang lebih tinggi dari norma RDF di Finlandia, menurut penelitian laboratorium. Kriteria nilai kalor untuk RDF di Inggris dan Italia dilampaui oleh sampel dengan komposisi 40% organik: 60% anorganik dan komposisi 30% organik: 70% anorganik. Nilai kalori minimum RDF di negara-negara tersebut adalah 3.107, 4.469, dan 3.585 kcal/kg. Sampel RDF dengan komposisi 40% organik:60% anorganik dan sampel RDF dengan komposisi 30% organik:70% anorganik keduanya

memiliki nilai kalor yang sesuai dengan standar briket biocoal yang ditetapkan oleh Permen ESDM No.047 Tahun 2006 [4].

2. Hubungan Komposisi MSW Terhadap Kadar Air RDF

Menurut temuan uji kadar air, nilai kadar air RDF yang dihasilkan dipengaruhi oleh perbedaan komposisi MSW. Gambar 3 menampilkan korelasi antara persentase air dalam RDF dan komposisi MSW yang berbeda.



Gambar 3. Grafik hubungan variasi komposisi MSW terhadap nilai kadar air RDF

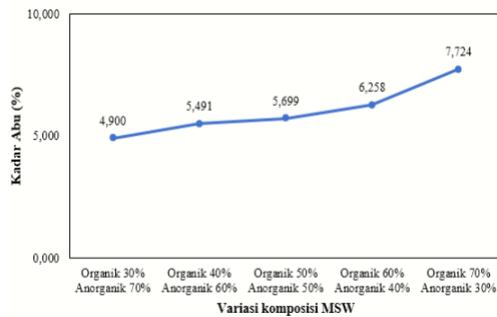
Gambar 3 menunjukkan bahwa sampel RDF yang bervariasi antara komposisi organik dan anorganik 70% dan 30% memiliki nilai kadar air paling besar yaitu 18,214%. Sampel RDF memiliki nilai kadar air terendah yaitu sebesar 13,212%, dengan selisih komposisi organik 30% dan anorganik 70%. RDF di Italia tidak boleh melebihi kadar air 25%, dan sampel dibuat dengan berbagai komponen organik dan anorganik [2].

Bahan organik banyak mengandung air. Ini karena ada konsentrasi air yang signifikan dalam senyawa organik. Pada penelitian ini nilai kadar air meningkat dari 13,2% menjadi 18,2% ketika kandungan komponen organik dinaikkan sebesar 40%. Jika ditimbang dengan penelitian lain, manfaat menaikkan kadar air tidak banyak. Hal ini sesuai dengan temuan Dianda & Munawar, (2023), yang menemukan bahwa proporsi air terhadap sampah organik tumbuh secara signifikan dari waktu ke waktu. RDF dengan 80% sampah organik memiliki kadar air lebih tinggi dibandingkan RDF tanpa sampah organik (3% vs. 10%). Ini karena

sampah organik biasanya mengandung banyak uap air.

3. Hubungan Variasi Komposisi MSW Terhadap Nilai Kadar Abu RDF

Pengujian nilai kadar abu menunjukkan bahwa nilai kadar abu resultan RDF dipengaruhi oleh perbedaan komposisi MSW. Gambar 4 menampilkan korelasi antara konsentrasi abu RDF dan perubahan komposisi MSW.



Gambar 4. Grafik hubungan variasi komposisi MSW terhadap nilai kadar abu RDF

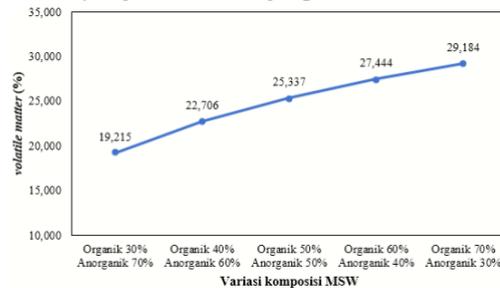
Gambar 4 menunjukkan bahwa sampel RDF dengan komposisi dominan organik 70%:30% anorganik 7,724% memiliki nilai kadar abu tertinggi. Sampel RDF yang bervariasi komposisi organik hingga anorganik dengan faktor 4.900% memiliki nilai kadar air terendah. Semua sampel RDF yang dibuat dengan komponen organik dan anorganik yang berbeda memenuhi standar yang ditetapkan [2] yang mengklaim bahwa kadar air maksimum RDF di Italia adalah 20%.

Pembuatan RDF dengan prosedur non-karbonisasi tanpa perekat juga berkontribusi terhadap rendahnya konsentrasi abu pada sampel RDF. Gandhi menemukan bahwa kadar abu bahan bakar padat bebas perekat adalah yang tertinggi, dan bahan bakar yang sama juga memiliki nilai kalor maksimum [1].

4. Hubungan Variasi Komposisi MSW Terhadap Nilai Volatile Matter RDF

Hasil pengujian nilai volatile matter menunjukkan bahwa nilai RDF yang dihasilkan dipengaruhi oleh perbedaan komposisi MSW. Gambar 4 menampilkan korelasi antara

perubahan komposisi MSW dan kandungan bahan yang mudah menguap dari RDF.



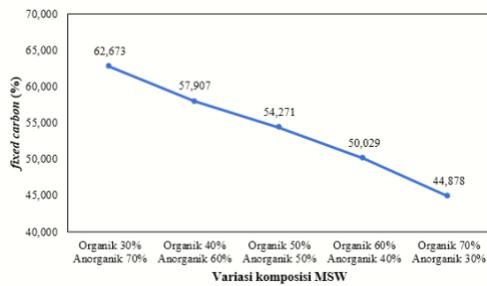
Gambar 4. Grafik hubungan variasi komposisi MSW terhadap nilai kadar volatile matter RDF

Gambar 4 menunjukkan bahwa sampel RDF dengan variasi komposisi organik 70% : anorganik 30% sebesar 29,184%, mengandung nilai kandungan zat terbang yang paling tinggi. Fluktuasi komposisi 30% organik hingga 70% anorganik sampel RDF menghasilkan pengukuran zat terbang terendah, sebesar 19,215%.

Meskipun demikian, RDF dengan komponen organik yang lebih tinggi juga memiliki kandungan air yang lebih tinggi. Nilai volatile matter yang tinggi atau berat yang hilang selama pembakaran berbanding lurus dengan persentase komponen organik. Menurut Mokodompit menemukan bahwa kegunaan bahan bakar padat sebagai sumber zat terbang meningkat sebanding dengan jumlah air yang dihasilkannya [3].

5. Hubungan Variasi Komposisi MSW Terhadap Nilai Fixed Carbon RDF

Pengujian nilai karbon tetap menunjukkan bahwa nilai karbon tetap dari resultan RDF dipengaruhi oleh perbedaan komposisi MSW. Gambar 5 menampilkan korelasi antara nilai karbon tetap RDF dan variabilitas komposisi MSW.



Gambar 5. Grafik hubungan variasi komposisi MSW terhadap nilai kadar *fixed carbon* RDF

Dari yang dapat dilihat pada Gambar 5, sampel RDF dengan variabel komposisi 30% organik hingga 70% anorganik berjumlah 62,673% kandungan karbon tetap memiliki nilai terbesar. Sedangkan sampel RDF memiliki kandungan karbon tetap terendah, dengan variasi 70% organik 30% anorganik sebesar 44,878%.

Hal ini disebabkan tingginya nilai *fixed carbon content* dari bahan anorganik seperti kertas dan karet. Menurut penelitian [4], baik kertas maupun karet memiliki nilai karbon tetap sebesar 9,51 persen. Mengingat sebagian besar sampah di Kota Magelang terdiri dari bahan anorganik [5] ,maka hal ini patut dipertimbangkan.

KESIMPULAN

Kami dapat menarik kesimpulan berikut dari penelitian yang mengamati konversi MSW non-karbonisasi menjadi RDF sebagai bahan bakar padat alternatif:

1. Produksi harian MSW Kota Magelang adalah 0,304 kg/orang/hari, yang berarti berpotensi untuk dijadikan RDF sebagai alternatif bahan bakar padat. Ini setara dengan 2,58 liter/orang/hari. Sampah yang dihasilkan 47% organik dan 53% anorganik.
2. Tahap koagulasi MSW, di mana bahan baku, yang awalnya berkisar dalam ukuran partikel sebelum dibagi, ditumbuk, dan diayak, diubah menjadi RDF melalui proses non-karbonisasi, dijelaskan secara rinci dalam paragraf berikut. Setelah dikompresi dan tanpa perekat, MSW

dikirim langsung ke fase pengeringan, tanpa melewatkan proses karbonisasi.

3. Ketiga, kualitas analisis proksimat RDF bergantung pada proporsi bahan organik dan anorganik dalam MSW yang digunakan, yang mungkin sangat bervariasi. Kadar air, abu, dan *volatile matter* semuanya meningkat nilainya saat komponen organik RDF meningkat, sementara kandungan karbon tetap turun. RDF dengan komponen organik 30% yang bervariasi: Komposisi: 70% anorganik, kriteria RDF organik 40% di Finlandia, Inggris, dan Italia terpenuhi dengan kandungan anorganik 60%. Variabel-komposisi RDF (30% bahan organik): Hasil optimal dicapai dengan menggunakan 70% anorganik, yang memiliki nilai kalor 5.456 kal/g, kadar air 13,2%, kadar abu 4,9%, kadar *volatile matter* 19,2%, 62,8 % kadar *fixed carbon*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gandhi, A. 2009. *Pengaruh Variasi Jumlah Campuran Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Tongkol Jagung*. skripsi UNNES.
- [2] Gendebien, A., Leavens, A., Blackmore, K., Godley, A., Lewin, K., Whiting, K. J. 2003. *Refused Derived Fuel, Current Practice and Perspectives Final Report. European Commission*.
- [3] Mokodompit, M. (2012). *Pengujian Karakteristik Briket (Kadar Abu, Volatile Matter, Laju Pembakaran) Berbahan Dasar Limbah Bambu Dengan Menggunakan Perekat Limbah Nasi*. 5, 1–14.
- [4] Rania, M.F., Agti, E.V., Sari, I.T.P., Dewi, P.S., 2015. *Pemanfaatan Limbah Plastik High Density Polyethylene Untuk Meningkatkan Nilai Kalor Briket Tempurung Kelapa*.
- [5] Widodo, S., & Firdaus, N. A. 2019. *Studi Timbulan Dan Komposisi Sampah Rumah Tangga Kota Magelang*. Jurnal Georafflesia: Artikel Ilmiah Pendidikan Geografi, 3(2), 74–80.