

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisa *Proximate* dan *Ultimate* MSW

Municipal Solid Waste (MSW) mulai banyak dimanfaatkan sebagai biomassa yang dapat dijadikan sebagai energi alternatif melalui proses gasifikasi karena jumlahnya yang melimpah. Pada penelitian gasifikasi ini, setelah dilakukan preparasi terhadap MSW, dilakukan pengujian terhadap 50 gr MSW yang digunakan. Berikut merupakan tabel akan hasil analisa *proximate* dan *ultimate* dari MSW sebagai biomassa pada proses gasifikasi yang telah dilakukan.

Tabel 4.1 *Proximate* dan *Ultimate* MSW

Parameter	Nilai Uji	Satuan
	<i>Municipal Solid Waste (MSW)</i>	
Analisa Proksimat		
Kadar Air	6,27	% m
<i>Volatile Matter</i>	77,33	% m
Kadar Abu	3,98	% m
<i>Fixed Carbon</i>	12,42	% m
Analisa Ultimat		
Karbon (C)	49,07	% m
Hidrogen (H)	6,05	% m
Oksigen (O)	39,79	% m
Nitrogen (N)	0,95	% m
Sulfur (S)	0,17	% m
Nilai Kalor GCV	4597	% m

(Rosyadi, 2023)

Kadar air MSW atau *moisture content* pada pengujian proksimat adalah salah satu sifat fisis dari MSW atau sampah kota. Kandungan air yang ada pada sampah ditunjukkan dalam *moisture content* ini. Nilai kadar air sampah dapat mempengaruhi nilai kalor dan karakteristik pembakaran (*ignition*) MSW. Kadar air dari MSW juga bergantung dari komposisi MSW yang digunakan karena setiap komponen MSW akan memiliki kemampuan mengikat air yang berbeda-beda. Semakin besar kadar air MSW akan semakin besar energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air tersebut. Sehingga MSW yang baik yang memiliki kadar air rendah (Ariesmayana, A., Dwirani, 2018). Berdasarkan MSW yang digunakan, didapatkan kadar air MSW sebesar 6,27%. Sehingga berdasarkan kadar air MSW yang diambil di daerah Kota Serang – Cilegon baik dijadikan sebagai bahan baku gasifikasi.

Selanjutnya *Volatile matter* atau Zat Terbang merupakan zat aktif yang terdapat pada MSW dapat mempengaruhi proses pemanasan pada gasifikasi karena dapat menghasilkan panas akibat penguapan apabila MSW mengalami pembakaran. *Volatile Matter* yang tinggi pada MSW dapat mempercepat proses pemanasan karena *volatile matter* yang mudah menguap ini akan memanaskan bahan baku pada zona oksidasi atau zona pembakaran (Winter et al., 1997). Zat terbang yang terkandung seperti gas hidrogen (H_2), karbon monoksida (CO), dan metana (CH_4). Didapatkan *volatile matter* dari MSW berdasarkan pengujian proksimat sebesar 77,33%. Dibandingkan dengan biomassa yang lain seperti tempurung kelapa, bonggol jagung, sekam padi, maupun biomassa organik lainnya, nilai *volatile matter* dari MSW sudah terbilang lebih besar dari kebanyakan biomassa.

Adapun untuk kadar abu atau *ash content* yaitu produk sampingan yang dihasilkan dalam proses gasifikasi dapat menghambat proses pemanasan yang terjadi dan bereaksi dengan oksigen. Jumlah kadar abu berdasarkan MSW yang digunakan sebesar 3,98%. Nilai kadar abu yang kecil ini menandakan bahwa MSW baik digunakan sebagai bahan baku gasifikasi.

Adapun *Fixed Carbon* mempengaruhi kualitas MSW yang didefinisikan sebagai banyaknya karbon yang terkandung dalam material sisa setelah *volatile matter* dihilangkan. Semakin besar nilai *fixed carbon* pada MSW,

semakin baik kualitas MSW yang dihasilkan (Ruchjana et al., 2019). *Fixed carbon* yang diperoleh dari pengujian proksimat sebesar 12,42%. *Fixed carbon* pada MSW mungkin memang tidak sebesar pada biomassa lain, namun tetap berdasarkan nilai *fixed carbon* tersebut MSW tetap dapat digunakan sebagai bahan baku gasifikasi.

Selanjutnya pada pengujian ultimat berdasarkan sampah kota atau MSW daerah Kota Serang – Cilegon dilakukan guna mengetahui unsur penyusun senyawa dari MSW yang digunakan didapatkan nilai karbon (C) sebesar 49,07%, hidrogen 6,05%, oksigen (O) 39,79%, nitrogen (N) 0,95%, dan sulfur (S) sebesar 0,17%. Nilai pengujian ultimat ini dapat menunjang gambaran komposisi senyawa syngas yang dapat dihasilkan.

4.2 Rasio *Steam*/MSW (S/MSW)

Gasifier yang digunakan pada proses gasifikasi ini menggunakan reaktor *updraft* dengan *gasifying agent* (media gasifikasi) yang digunakan adalah *steam* atau uap air. Alasan penggunaan *steam* sebagai media gasifikasi ini dikarenakan memang jumlah syngas yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan media lain seperti udara ataupun oksigen. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Shayan et al (2018) digunakan 4 variasi media gasifikasi, yaitu udara, oksigen, uap air, dan campuran udara-oksigen menggunakan biomassa kayu dan kertas. Berdasarkan keempat media gasifikasi tersebut, dari segi produksi gas hidrogen tertinggi pada kedua biomassa yang digunakannya tertinggi pada media uap air (*steam*), yang kemudian dilanjutkan oleh oksigen, oksigen-udara, dan terakhir udara. Maka dari itu digunakan *steam* pada penelitian kali ini.

Memvariasikan rasio antara media yang digunakan dengan biomassa yang digunakan ternyata dapat mempengaruhi kandungan syngas yang dihasilkan. Pada penelitian ini digunakan *steam* sebagai media dan MSW sebagai bahan baku gasifikasi. Maka dari itu perlu didapatkan rasio S/MSW terbaik. Yang mana rasio didapatkan melalui persamaan berikut ini.

$$S/MSW = \frac{\text{steam flow rate}}{MSW \text{ rate}} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dengan keterangan sebagai berikut.

- S/MSW = Rasio uap air terhadap MSW
- $Steam\ flow\ rate$ = Laju aliran uap air (gr/jam)
- $MSW\ rate$ = Laju pemakanan (*feeding*) MSW (gr/jam)

Berdasarkan pengujian, digunakan temperatur proses gasifikasi 750°C. Adapun *gasifier* tipe *updraft* yang digunakan mampu mengurai 50 gr MSW dalam setengah jam, itu artinya $MSW\ rate$ yang mampu dilakukan *gasifier* sebesar 100 gr/jam. Untuk mendapatkan nilai $steam\ flow\ rate$ perlu dilakukan pengukuran secara langsung pada alat gasifikasi. $Steam\ flow\ rate$ didapatkan dengan mengukur banyak air yang habis menguap ketika dipanaskan menggunakan *steam generator*. Maka, $steam\ flow\ rate$ dapat diperoleh dengan persamaan berikut.

$$steam\ flow\ rate = \frac{m_{air1} - m_{air2}}{waktu} \dots\dots\dots (4.2)$$

Dengan keterangan sebagai berikut.

- m_{air1} = massa air awal (gram)
- m_{air2} = massa air akhir (gram)
- $waktu$ = digunakan 1 jam (jam)

Contoh kuat arus yang diatur menggunakan dimmer pada *steam generator* dialiri 0,4 A. Sebelum air dipanaskan massanya sebesar 300 gram, lalu setelah dipanaskan selama 1 jam sisa massa air menjadi 244,16 gram. Itu artinya, $steam\ flow\ rate$ pada kuat arus 0,4 A didapatkan sebesar 55,84 gram. Begitu pula berlaku untuk data lainnya. Kemudian setelah dapat $steam\ flow\ rate$, dibandingkan dengan $MSW\ rate$ -nya sebesar 100 gr/jam. Sehingga pada data contoh didapatkan rasio S/MSW sebesar 0,56. Berikut merupakan data variasi $steam\ flow\ rate$ beserta variasi rasio perbandingannya terhadap MSW (S/MSW).

Tabel 4.2 Variasi Rasio S/MSW

Kuat Arus (A)	Steam Flow Rate (gram/hr)	MSW rate (gram/hr)	Rasio S/MSW
0,4	55,84	100	0,56
0,5	92,85		0,92
0,6	129,87		1,30
0,7	169,42		1,69
0,8	208,98		2,09

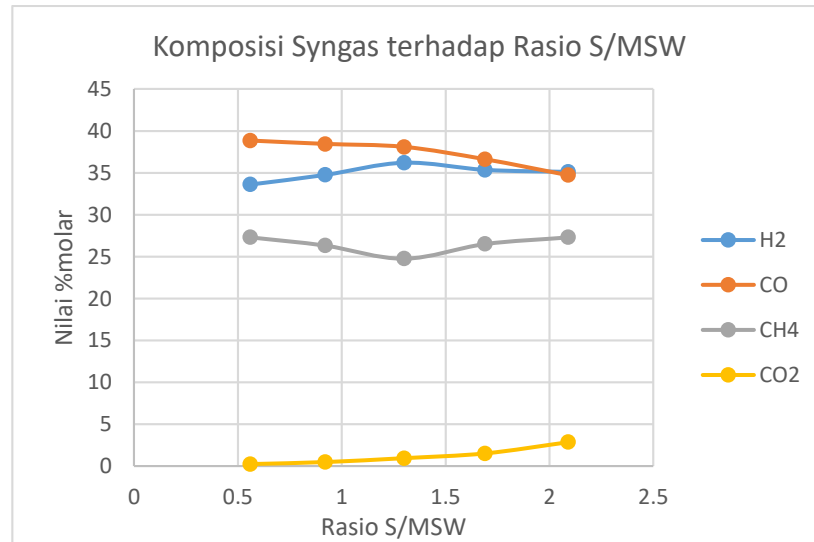
4.3 Hasil Pengujian Syngas Gasifikasi MSW

Setelah dilakukan pengujian gasifikasi dengan bahan bakar yaitu *municipal solid waste* (MSW), gas dianalisa dilaboratorium melalui proses GCMS (*Gas Chromatography and Mass Spectroscopy*) untuk mengukur senyawa H₂ (hidrogen), CO (karbon monoksida), CO₂ (karbon dioksida), dan CH₄ (metana). Rasio S/MSW yang telah didapat digunakan sebagai variasi dengan hipotesis rasio tersebut dapat mempengaruhi kandungan komposisi gas. Berikut merupakan data dari komposisi gas yang didapat.

Tabel 4.3 Data Komposisi Syngas terhadap Rasio S/MSW

No	Rasio S/MSW	Komposisi Syngas			
		Hidrogen (H ₂)	Karbon Monoksida (CO)	Metana	Karbon Dioksida (CO ₂)
1	0,56	33,611	38,841	27,315	0,232
2	0,92	34,755	38,441	26,329	0,474
3	1,3	36,203	38,09	24,764	0,943
4	1,69	35,353	36,616	26,515	1,515
5	2,09	35,110	34,720	27,308	2,861

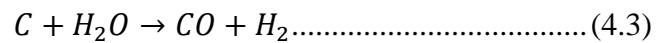
Sehingga apabila data tersebut disajikan dalam bentuk grafik menjadi sebagai berikut ini.



Gambar 4.1 Grafik Komposisi Syngas terhadap Rasio S/MSW

(Sumber: Dokumen Pribadi)

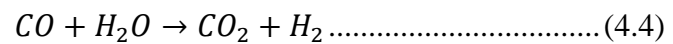
Hidrogen dan CO terbentuk atas reaksi *steam-carbon reaction* yang mana persamaannya adalah sebagai berikut.



Berdasarkan data syngas yang didapatkan, pada komposisi gas hidrogen (H₂) didapatkan dari rasio 0,56 sampai 1,3 mengalami kenaikan jumlah komposisi hidrogen. Namun pada rasio 1,69 sampai 2,09 komposisi hidrogen mengalami penurunan. Nilai hidrogen tertinggi didapatkan 36,203% pada rasio 1,30. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam mengoptimasi syngas yang kaya akan hidrogen diperlukan rasio uap air yang tepat, tidak terlalu rendah, tidak juga terlalu besar. Data tersebut sejalan dengan data yang didapatkan pada penelitian Li et al (2010). Pada penelitian yang dilakukan olehnya hidrogen terus bertambah dari rasio 0 sampai 1,33. Namun, dari rasio 1,33 ke atas mulai mengalami penurunan jumlah hidrogen. Tren penurunan jumlah hidrogen ini dapat dijelaskan dengan jumlah uap yang berlebihan dapat menurunkan suhu reaksi. Suhu reaksi dalam gasifikasi dapat meningkatkan jumlah hidrogen dalam syngas, sehingga apabila suhunya menurun karena jumlah uap yang berlebihan pastinya dapat menurunkan jumlah hidrogen sebagai kualitas dari syngas (Cheng et al., 2019). Namun pada penelitian yang dilakukan oleh Acharya et al (2010), *steam ratio* ditingkatkan dari 0,58 sampai 1,08 dan terjadi peningkatan konsentrasi volume hidrogen sebesar 7% namun dari rasio

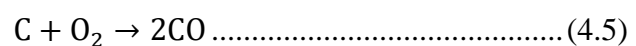
1,08 > kenaikan hidrogen mulai menipis menjadi 0,6%. Penurunan hasil gas dengan peningkatan *steam* ini menurutnya juga dapat merusak konversi biomassa menjadi gas. Acharya et al (2010) juga menyebutkan penongkatan uap dapat menyebabkan penurunan suhu karena panas menjadi terserap oleh uap air yang berlebihan. Maka dari itu, solusi agar hidrogen tetap meningkat walaupun uap air ditingkatkan adalah dengan meningkatkan pemanasan.

Adapun pada jumlah karbon monoksida berdasarkan data dan grafik yang terbentuk mengalami tren penurunan seiring dengan penambahan rasio uap air terhadap MSW (S/MSW). Penurunan karbon monoksida ini dapat dijelaskan dalam persamaan reaksi *water-gas shift* berikut.



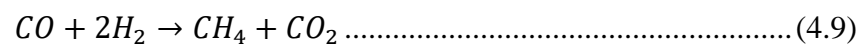
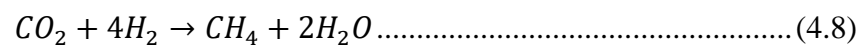
Berdasarkan persamaan reaksi (4.3) di atas, seiring pertambahannya uap air pada proses gasifikasi biomassa dapat menurunkan jumlah CO pada syngas. Tren penurunan ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Li et al (2010), Tavarez et al (2019), dan Nguyen et al (2020) bahwa nilai karbon monoksida (CO) berbanding terbalik terhadap rasio S/MSW. Namun yang membedakan adalah pada penelitian yang dilakukan Li et al (2010), produksi karbon monoksida lebih kecil dibandingkan dengan produksi hidrogen. Sedangkan pada penelitian gasifikasi MSW yang telah dilaksanakan, nilai produksi CO lebih besar dibandingkan produksi H₂. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti alat pengujian yang digunakan maupun karakteristik dari MSW yang digunakan. Pada karakteristik MSW yang digunakan sudah dijabarkan pada pengujian ultimat subbab 4.1 bahwa nilai karbon (C) yang terkandung dalam MSW persentasenya lebih besar dibandingkan dengan hidrogen (H), sehingga nilai CO pada syngas dapat lebih besar dibandingkan dengan nilai H₂-nya. Karena hal ini maka rasio yang baik berdasarkan nilai CO ada pada rasio terendah yaitu 0,56.

Selanjutnya adalah jumlah produksi karbon dioksida (CO₂). CO₂ ini terbentuk karena adanya proses oksidasi yang mana reaksinya adalah sebagai berikut.



Berdasarkan data dan grafik yang diperoleh, tren dari CO₂ ini berlawanan dengan tren dari CO. Yang mana pada CO, semakin besar *steam* maka akan semakin kecil komposisi CO, sedangkan pada CO₂ semakin besar *steam* maka akan semakin besar pula komposisi CO₂. Hal ini telah dijabarkan pada persamaan (4.3) sebelumnya yaitu *water-gas shift reaction* (WGRS) atau reaksi yang terjadi karena adanya pergeseran antara air yang terdapat pada uap dan gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi. Sehingga apabila diberikan semakin banyak *steam* maka kenaikan CO₂ tidak dapat terelakkan.

Selanjutnya pada jumlah produksi gas metana (CH₄) yang terjadi karena reaksi berikut ini.



Reaksi di atas disebut juga reaksi *methanation* yang mana pada reaksi ini terjadi pengkonversian senyawa gas yang awalnya sudah terbentuk pada proses gasifikasi seperti H₂, CO, dan CO₂ menjadi metana (CH₄). Berdasarkan data dan grafik terbentuk tren yang berlawanan dengan hidrogen (H₂). Hidrogen mengalami kenaikan seiring bertambahnya rasio uap, namun metana menurun. Kemudian hidrogen yang melimpah tersebut terkonversi menjadi metana karena adanya CO dan CO₂, sehingga dari rasio 1,3 ke atas metana mulai bertambah namun hidrogen menurun. Bentuk tren ini serupa dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Li et al (2010), dimana terjadi penurunan jumlah metana sampai titik rasio tertentu, kemudian naik kembali. Pernyataan ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Chuayboon et al (2018) bahwa *steam rate* atau S/MSW ini dapat mengurangi kandungan CH₄ pada syngas yang mana syngas lebih bagus apabila CH₄ lebih sedikit, namun apabila *steam* yang diberikan berlebihan dapat meningkatkan kembali jumlah CH₄ dalam syngas yang dihasilkan. Maka dari itu, berdasarkan pernyataan tersebut rasio S/MSW terbaik dari segi kandungan CH₄ ada pada rasio 1,30.

4.4 Hasil Produksi Zat Lain Gasifikasi MSW

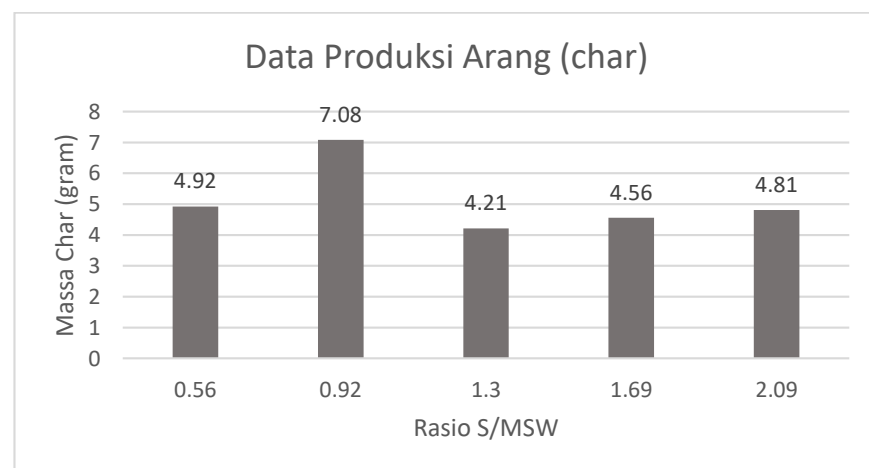
4.4.1 Data Produksi Massa Arang (*char*)

Arang atau char yang merupakan salah satu zat sisa (residu) yang terbentuk saat dari biomassa setelah proses gasifikasi selesai dilaksanakan. Berikut ini merupakan data char yang terbentuk setelah proses gasifikasi berlangsung yang dibandingkan terhadap rasio S/MSW.

Tabel 4.4 Data Produksi Massa Char

Rasio S/MSW	Massa Char yang Dihasilkan (gram)
0,56	4,92
0,92	7,08
1,30	4,21
1,69	4,56
2,09	4,81

Sehingga apabila data disajikan dalam bentuk grafik menjadi sebagai berikut ini.



Gambar 4.2 Data Produksi Arang (char)

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Adapun salah satu zat produk sampingan yang dihasilkan pada proses gasifikasi ini adalah char atau arang. Char atau arang yang juga menjadi zat sisa setelah pelaksanaan gasifikasi dilakukan berbeda dengan tar yang pengaruh besarnya disebabkan karena desain alat

gasifier. Char atau arang ini biasanya terbentuk karena adanya penambahan massa yang tercampur dengan abu pada zat sisa biomassa (dalam hal ini MSW) yang digunakan. Proses pembersihan *gasifier* sebelum dipakai kembali sangat mempengaruhi jumlah char, karena apabila tidak dibersihkan dengan benar, zat residu MSW yang sebelumnya digunakan akan terbawa pada penelitian selanjutnya. Dari kelima rasio S/MSW rata-rata char yang dihasilkan sejumlah 4 gram, namun pada rasio 0,92 char yang dihasilkan lebih banyak yaitu sekitar 7 gram. Kemungkinan hal ini terjadi karena proses pembersihan dari data sebelumnya tidak dibersihkan dengan benar sehingga menambahkan jumlah char atau arangnya.

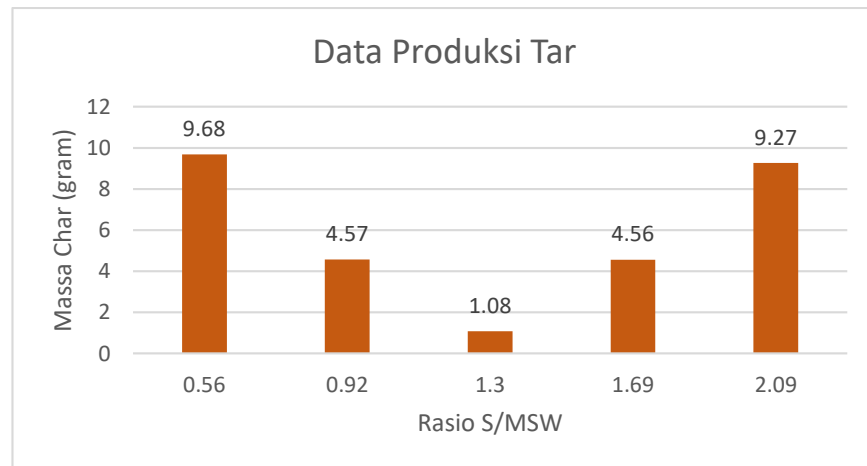
4.4.2 Data Produksi Massa Tar

Tar yang merupakan zat sisa (residu) yang dibentuk ketika proses gasifikasi berjalan. Dalam proses gasifikasi, pembentukan tar ini menjadi salah satu tantangan utama karena dapat mengkontaminasi kandungan dari syngas yang dihasilkan (Mazzoni et al., 2017). Tar dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti, bahan bakar atau biomassa yang dipakai, kondisi saat proses pirolisis, dan lain sebagainya. Dianalisa pula tar yang terbentuk saat proses gasifikasi berlangsung yang dibandingkan terhadap rasio S/MSW. Berikut merupakan datanya.

Tabel 4.5 Data Produksi Massa Tar

Rasio S/MSW	Massa Tar yang Dihasilkan (gram)
0,56	9,68
0,92	4,57
1,30	1,08
1,69	4,56
2,09	9,27

Sehingga apabila data disajikan dalam bentuk grafik menjadi sebagai berikut ini.



Gambar 4.3 Grafik Data Produksi Tar

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Berdasarkan data pada Gambar 4.3, didapatkan massa tar pada masing-masing rasio S/MSW proses gasifikasi. Berdasarkan penjabaran sebelumnya, tar yang merupakan zat residu ini menjadi tantangan besar pada proses gasifikasi karena dapat mengkontaminasi syngas yang dihasilkan (Mazzoni et al., 2017). Sehingga tar pada proses gasifikasi lebih sedikit dihasilkan lebih baik. Pada penelitian yang telah dilakukan, didapatkan tar tertinggi sebesar 9,68 gram pada rasio S/MSW 0,56. Data tar tersebut terbilang hampir mencapai 19% dari massa MSW yang digunakan. Desain alat pengujian gasifikasi (*gasifier*) sangat mempengaruhi jumlah tar yang dihasilkan. Pemilihan *gasifier downdraft* atau *updraft* dapat menentukan jumlah tar. Tar pada *gasifier updraft* lebih besar dibandingkan *downdraft*. Tar pada *gasifier* tipe *updraft* biasanya berkisar 5-20% dari massa biomassa yang dipakai (James et al., 2015). Maka dari itu tar yang dihasilkan hampir melewati batas wajar persentase tar. Adapun menurut Siahaan (2018) pada tulisannya, desain alat seperti tinggi reaktor dapat mempengaruhi jumlah tar karena tar akan semakin banyak akibat terdapat lamanya waktu distribusi panas yang terjadi pada *gasifier*.

4.5 Analisa Lower Heating Value Syngas

Lower heating value (LHV) didefinisikan sebagai jumlah panas yang dilepaskan oleh pembakaran total bahan bakar yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini.

$$LHV_{Gas} = 10,79\gamma_{H_2} + 12,63\gamma_{CO} + 35,83\gamma_{CH_4} \text{ (MJ/Nm}^3\text{)} \quad (4.10)$$

Dimana γ merepresentasikan jumlah fraksi mol dari setiap komponen syngas (Stendardo et al., 2016). Pada persamaan 4.10 tersebut, lower heating value hanya dikhususkan untuk mengukur gas yang bersifat *flammable* atau mudah dibakar seperti gas hidrogen, karbon monoksida, dan metana. Untuk karbon dioksida tidak diukur karena merupakan gas *non-flammable* atau tidak dapat dibakar. Dengan mengetahui LHV dari gas yang dihasilkan, karakteristik dari syngas dalam segi nilai kalornya pun dapat diketahui. Semakin besar nilai kalornya, semakin baik kualitas syngas tersebut.

Berdasarkan persamaan tersebut, dilakukan analisa nilai LHV Syngas yang dihasilkan yang nantinya akan dibandingkan nilainya terhadap rasio S/MSW. Berikut perhitungannya.

- Rasio 0,56

$$LHV_{Gas} = 10,79\gamma_{H_2} + 12,63\gamma_{CO} + 35,83\gamma_{CH_4}$$

$$LHV_{Gas} = 10,79 \cdot 0,33611 + 12,63 \cdot 0,38841 + 35,83 \cdot 0,27315$$

$$LHV_{Gas} = 18,319 \text{ MJ/Nm}^3$$

- Rasio 0,92

$$LHV_{Gas} = 10,79\gamma_{H_2} + 12,63\gamma_{CO} + 35,83\gamma_{CH_4}$$

$$LHV_{Gas} = 10,79 \cdot 0,34755 + 12,63 \cdot 0,38441 + 35,83 \cdot 0,26329$$

$$LHV_{Gas} = 18,039 \text{ MJ/Nm}^3$$

- Rasio 1,30

$$LHV_{Gas} = 10,79\gamma_{H_2} + 12,63\gamma_{CO} + 35,83\gamma_{CH_4}$$

$$LHV_{Gas} = 10,79 \cdot 0,36203 + 12,63 \cdot 0,3809 + 35,83 \cdot 0,24764$$

$$LHV_{Gas} = 17,59 \text{ MJ/Nm}^3$$

- Rasio 1,69

$$LHV_{Gas} = 10,79\gamma_{H_2} + 12,63\gamma_{CO} + 35,83\gamma_{CH_4}$$

$$LHV_{Gas} = 10,79 \cdot 0,35353 + 12,63 \cdot 0,36616 + 35,83 \cdot 0,26515$$

$$LHV_{Gas} = 17,939 \text{ MJ/Nm}^3$$

- Rasio 2,09

$$LHV_{Gas} = 10,79\gamma_{H_2} + 12,63\gamma_{CO} + 35,83\gamma_{CH_4}$$

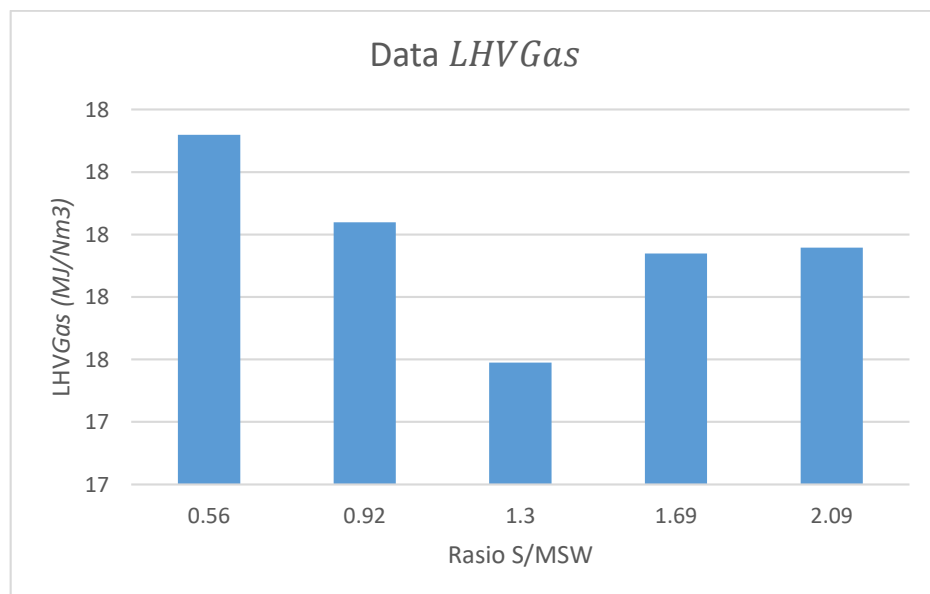
$$LHV_{Gas} = 10,79 \cdot 0,35110 + 12,63 \cdot 0,34720 + 35,83 \cdot 0,27308$$

$$LHV_{Gas} = 17,958 \text{ MJ/Nm}^3$$

Setelah dilakukan perhitungan akan *lower heating value* pada masing-masing syngas yang dihasilkan tiap rasio S/MSW, nilai LHV dibandingkan dengan rasio tersebut yang apabila ditabulasikan serta disajikan dalam bentuk grafik menjadi sebagai berikut ini.

Tabel 4.6 Data LHV_{Gas}

No.	Rasio S/MSW	LHV_{Gas} (MJ/Nm ³)
1	0,56	18,319
2	0,92	18,039
3	1,30	17,59
4	1,69	17,939
5	2,09	17,958



Gambar 4.4 Data LHV_{Gas}

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Berdasarkan tabel dan grafik di atas, didapatkan nilai LHV tertinggi pada rasio S/MSW 0,56 sebesar 18,319 MJ/Nm³ yang kemudian mengalami penurunan dan titik LHV terendah pada rasio 1,3 sebesar 17,59 MJ/Nm³. Apabila data diamati, *steam* sebenarnya tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai kalor dari syngas yang dihasilkan. Berdasarkan data tersebut mengindikasikan bahwa jumlah *steam* tidak mempengaruhi jumlah nilai kalor bawah (LHV) dari syngas yang dihasilkan.