



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

Data hasil gasifikasi diambil ketika *data logger* dan *heater* dijalankan pada temperatur awal 32°C hingga mencapai temperatur 700°C. Agar dapat mengetahui pengaruh variasi spesimen terhadap kualitas dari proses gasifikasi, maka akan ditampilkan laju pemanasan dan volume yang dihasilkan pada proses gasifikasi dalam bentuk grafik. Data keseluruhan yang akan diperoleh pada penelitian ini adalah pengaruh antara kondisi sampah dan bentonit terhadap produk gasifikasi yang diperoleh (tar, char, dan gas) serta komposisi gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi pada temperatur 700°C. Data laju pemanasan didapatkan dengan menggunakan *data logger*, sedangkan untuk data mengenai volume akan diambil ketika volume gas telah mencapai ukuran yang telah ditentukan.

Langkah pertama yang dilakukan pada proses pengambilan data hasil gasifikasi sampah organik, yaitu sampah yang telah melalui proses pengeringan dan bentonit yang telah diaktivasi dimasukkan ke dalam tungku gasifier. Kemudian *heater gasifier* dan *data logger* dihidupkan secara bersamaan. Gas akan dialirkan ke sebuah tabung ukur, agar dapat menghitung volume yang dihasilkan selama penelitian. Pengambilan data ini dilakukan selama 3 jam 10 menit. Gas yang dihasilkan pada suhu 700°C akan diambil menggunakan *gas bag* dan akan diteliti komposisi dari gas tersebut dengan menggunakan *Gas Chromatography*.

4.2 Perhitungan Volume dan Laju Pemanasan

4.2.1 Perhitungan Volume

Volume gas yang dihasilkan dihitung dengan tabung ukur, kemudian akan dipantau setiap lima menit dan ketika mencapai ketinggian tertentu. Data ketinggian tabung yang diperoleh terlampir pada Lampiran 6. Berdasarkan pada total ketinggian yang diperoleh, perhitungan volume gas hasil gasifikasi adalah sebagai berikut.

Perhitungan volume pada sampah dengan kadar air 20%

- Gasifikasi sampah dengan kadar bentonit 0%

Total ketinggian tabung ukur secara keseluruhan (h) : 2331 cm

Jari-jari tabung (r) : 2.77 cm

Volume total gas (V)

$$\begin{aligned} V &= \pi r^2 h \\ &= (22/7)(2.77)^2 (2331) \\ &= 56211.67 \text{ cm}^3 = 56.21 \text{ L} \end{aligned}$$

- Gasifikasi sampah dengan kadar bentonit 10%

Total ketinggian tabung ukur secara keseluruhan (h) : 2207 cm

Jari-jari tabung (r) : 2.77 cm

Volume total gas (V)

$$\begin{aligned} V &= \pi r^2 h \\ &= (22/7)(2.77)^2 (2207) \\ &= 53221.42 \text{ cm}^3 = 53.22 \text{ L} \end{aligned}$$

- Gasifikasi sampah dengan kadar bentonit 20%

Total ketinggian tabung ukur secara keseluruhan (h) : 2213 cm

Jari-jari tabung (r) : 2.77 cm

Volume total gas (V)

$$\begin{aligned} V &= \pi r^2 h \\ &= (22/7)(2.77)^2 (2213) \\ &= 53366.16 \text{ cm}^3 = 53.37 \text{ L} \end{aligned}$$

Perhitungan volume pada sampah kering, kadar air 1.3%

- Gasifikasi sampah dengan kadar bentonit 10%

Total ketinggian tabung ukur secara keseluruhan (h) : 2016 cm

Jari-jari tabung (r) : 2.77 cm

Volume total gas (V)

$$\begin{aligned}
 V &= \pi r^2 h \\
 &= (22/7)(2.77)^2(2016) \\
 &= 48615.49 \text{ cm}^3 = 48.62 \text{ L}
 \end{aligned}$$

- Gasifikasi sampah dengan kadar bentonit 10%

Total ketinggian tabung ukur secara keseluruhan (h) : 2282 cm

Jari-jari tabung (r) : 2.77 cm

Volume total gas (V)

$$\begin{aligned}
 V &= \pi r^2 h \\
 &= (22/7)(2.77)^2(2282) \\
 &= 55030.04 \text{ cm}^3 = 55.03 \text{ L}
 \end{aligned}$$

- Gasifikasi sampah dengan kadar bentonit 20%

Total ketinggian tabung ukur secara keseluruhan (h) : 2287 cm

Jari-jari tabung (r) : 2.77 cm

Volume total gas (V)

$$\begin{aligned}
 V &= \pi r^2 h \\
 &= (22/7)(2.77)^2(2287) \\
 &= 55150.61 \text{ cm}^3 = 55.15 \text{ L}
 \end{aligned}$$

4.2.2 Perhitungan Laju Pemanasan

Pengambilan laju pemanasan biomassa pada proses gasifikasi diambil dengan menggunakan data logger yang dihubungkan dengan *thermocouple* type-K dimana merupakan *thermocouple* yang paling umum digunakan, karena dapat digunakan pada rentang suhu yang besar (-200°C sampai 1260°C). Laju pemanasan dapat didapatkan dengan persamaan :

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{T_{akhir} - T_{awal}}{\Delta t} \dots\dots\dots(4.1)$$

Keterangan

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \text{Laju Pemanasan } (^{\circ}\text{C}/\text{menit})$$

$$T_{akhir} = \text{Temperatur akhir } (^{\circ}\text{C})$$

$$T_{awal} = \text{Temperatur awal } (^{\circ}\text{C})$$

$$\Delta t = \text{Selisih waktu (menit)}$$

Perhitungan laju pemanasan proses gasifikasi dengan kadar air 20%

- Gasifikasi sampah dengan kadar bentonit 0%

$$\text{Temperatur akhir } (T_{akhir}) : 700^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Temperatur awal biomassa: } 28^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Laju Pemanasan } \left(\frac{\Delta T}{\Delta t} \right)$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta T}{\Delta t} &= \frac{700 - 28}{79} \\ &= \frac{668}{79} = 8.51 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{menit} \end{aligned}$$

- Gasifikasi sampah dengan kadar bentonit 10%

$$\text{Temperatur akhir } (T_{akhir}) : 700^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Temperatur awal biomassa : } 28^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Laju Pemanasan } \left(\frac{\Delta T}{\Delta t} \right)$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta T}{\Delta t} &= \frac{700 - 28}{77.5} \\ &= \frac{668}{77.5} = 8.67 \text{ } ^{\circ}\text{C}/\text{menit} \end{aligned}$$

- Gasifikasi sampah dengan kadar bentonit 20%

$$\text{Temperatur akhir } (T_{akhir}) : 700^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Temperatur awal biomassa: } 28^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Laju Pemanasan } \left(\frac{\Delta T}{\Delta t} \right)$$

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{700 - 28}{94.83}$$

$$= \frac{667}{94.83} = 7.14 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{menit}$$

Perhitungan laju pemanasan proses gasifikasi dengan kadar air 1.3%

- Gasifikasi sampah dengan kadar bentonit 0%

Temperatur akhir (T_{akhir}) : 700°C

Temperatur awal biomassa: 28°C

Laju Pemanasan ($\frac{\Delta T}{\Delta t}$)

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{689 - 28}{75}$$

$$= \frac{661}{75} = 8.81 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{menit}$$

- Gasifikasi sampah dengan kadar bentonit 10%

Temperatur akhir (T_{akhir}) : 752°C

Temperatur awal : 28°C

Laju Pemanasan ($\frac{\Delta T}{\Delta t}$)

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{700 - 28}{75}$$

$$= \frac{672}{75} = 8.96 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{menit}$$

- Gasifikasi sampah dengan kadar bentonit 20%

Temperatur akhir (T_{akhir}) : 700°C

Temperatur awal biomassa : 28°C

Laju Pemanasan ($\frac{\Delta T}{\Delta t}$)

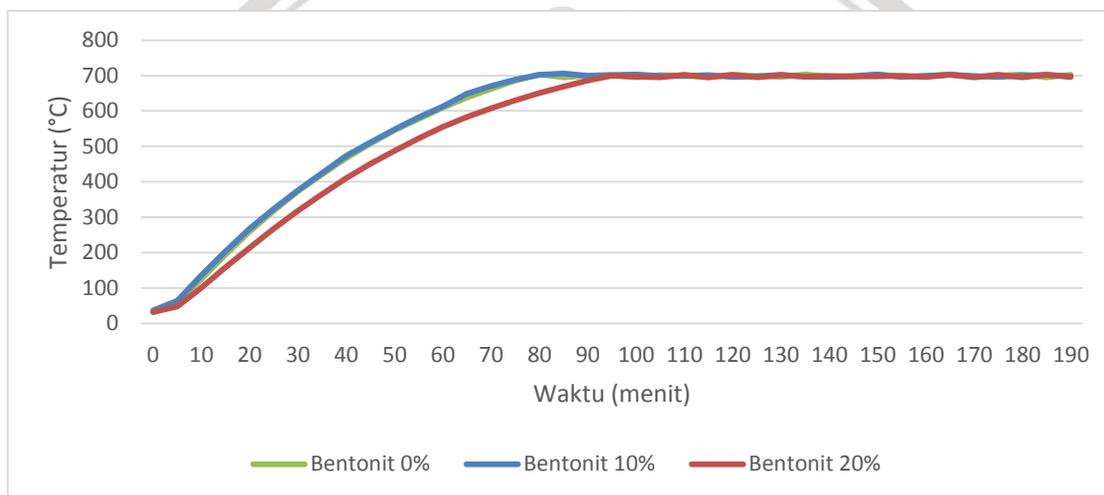
$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{700 - 28}{73.33}$$

$$= \frac{672}{73.33} = 9.16 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{menit}$$

4.3 Pembahasan dan Analisa Grafik

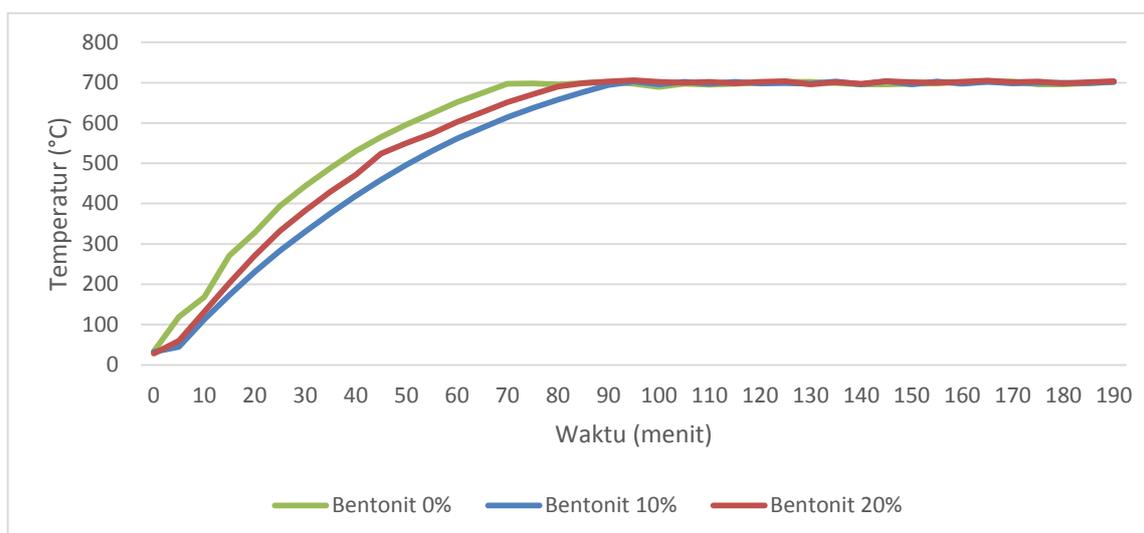
4.3.1 Analisa Grafik Temperatur *Heater* Terhadap Waktu Gasifikasi Sampah Organik

Hubungan temperatur dan waktu pada gasifikasi sampah dengan kadar air 20% adalah berbanding lurus sampai dengan temperatur 700°C, kemudian temperatur tersebut akan ditahan sampai menit ke 180. Pada bentonit 0%, temperatur 700°C dicapai pada menit ke 79. Sedangkan jika ditambahkan katalis bentonit sebanyak 10%, temperatur 700°C dicapai pada menit ke 77. Sebaliknya, jika ditambahkan katalis bentonit sebanyak 20%, temperatur 700°C dicapai pada menit ke 94. Hubungan temperatur dan waktu proses gasifikasi ditampilkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik hubungan Temperatur *heater* terhadap Waktu pada proses gasifikasi sampah dengan kadar air 20%

Hubungan temperatur dan waktu pada gasifikasi sampah dengan kadar air 1.3% ditunjukkan pada Gambar 4.2. Dapat disimpulkan bahwa waktu berbanding lurus sampai dengan temperatur yang ditentukan, sama seperti pada gambar sebelumnya. Tanpa penambahan bentonit, temperatur 700°C diperoleh pada menit ke 76. Namun, saat ditambahkan katalis bentonit 10%, laju pemanasan menurun, sehingga temperatur 700°C diperoleh pada menit ke 93. Saat penambahan bentonit sebesar 20%, temperatur 700°C diperoleh pada menit ke 85.



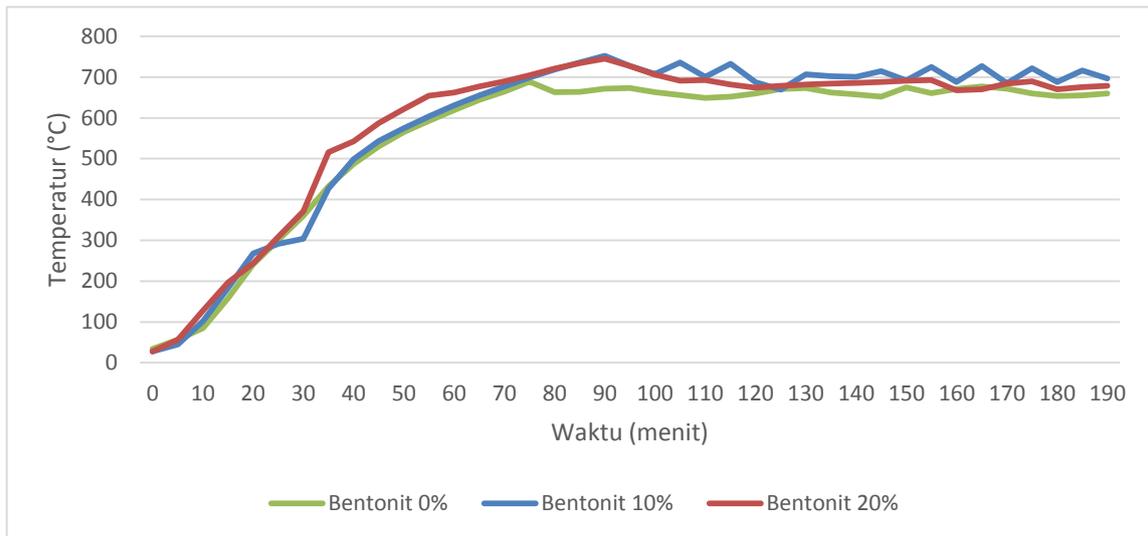
Gambar 4.2 Grafik hubungan Temperatur *heater* terhadap Waktu pada proses Gasifikasi sampah dengan Kadar Air 1.3%

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa bentonit mempengaruhi laju pemanasan tungku pada gasifikasi sampah dengan kadar air 1.3% dan 20%. Laju pemanasan cenderung mengalami peningkatan sampai temperatur *heater* mencapai 700°C. Jika dilihat secara seksama, terdapat perbedaan laju pemanasan pada temperatur-temperatur tertentu. Hal ini disebabkan karena setiap unsur pada sampah organik memiliki temperatur dekomposisi yang berbeda-beda. Seperti selulosa yang terdekomposisi pada temperatur (200-260)°C, hemiselulosa yang terdekomposisi pada temperatur (240-340)°C dan lignin yang terdekomposisi pada temperatur (280-500)°C. Akibatnya, pada temperatur diatas 200°C, laju pemanasan mengalami kenaikan lebih signifikan dibandingkan sebelumnya.

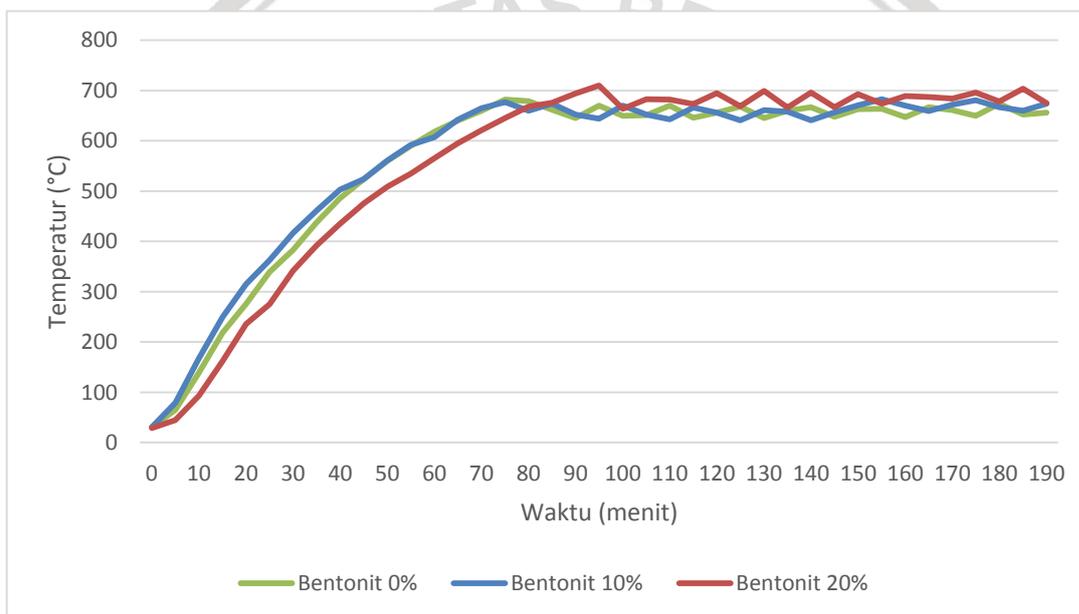
4.3.2 Analisa Grafik Temperatur Biomassa Terhadap Waktu Gasifikasi Sampah

Organik

Temperatur biomassa akan meningkat seiring dengan waktu gasifikasi, hingga *heater* mencapai suhu yang ditentukan. Pada grafik gasifikasi sampah kering (Gambar 4.3), dapat disimpulkan bahwa katalis bentonit menunjukkan peran optimal pada penambahan 10%, dimana menghasilkan laju pemanasan yang paling tinggi, diikuti dengan penambahan 20% dan tanpa penambahan bentonit. Hal yang sama berlaku pada gasifikasi sampah basah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4, bentonit turut menunjukkan peran optimal pada penambahan 10%, diikuti dengan tanpa penambahan bentonit dan dengan penambahan bentonit 20%.



Gambar 4.3 Grafik hubungan Temperatur Biomassa terhadap Waktu pada proses gasifikasi sampah dengan kadar air 1.3%



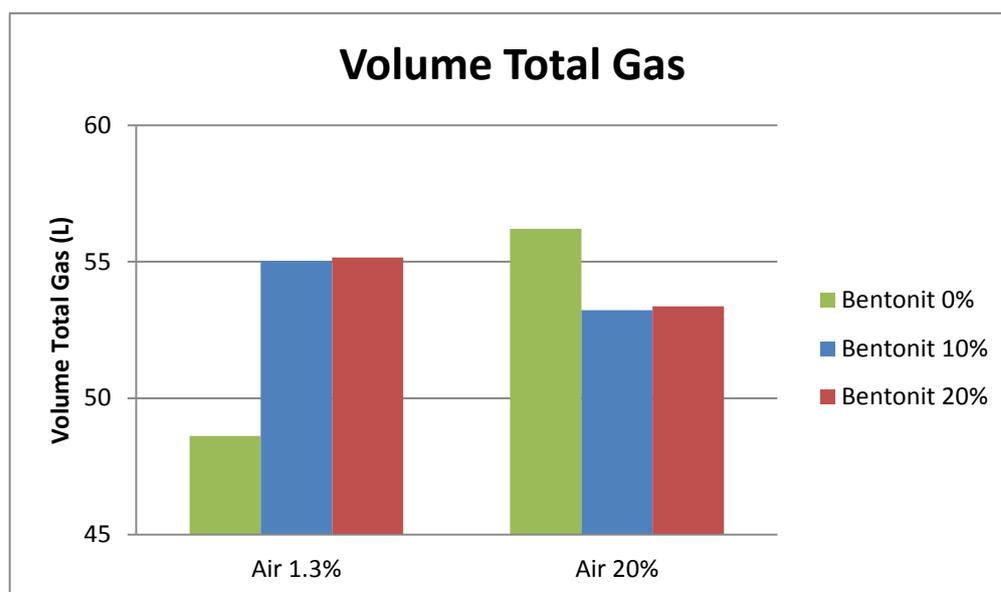
Gambar 4.4 Grafik hubungan Temperatur Biomassa terhadap Waktu pada proses gasifikasi sampah dengan kadar air 20%

Kedua grafik ini membuktikan bahwa katalis bekerja secara optimal pada kadar tertentu, berbanding lurus dengan jumlah reaktan (biomassa). Namun, kerja katalis kurang berfungsi secara optimal jika ditambahkan katalis yang tidak sebanding dengan jumlah reaktan. Hal ini dapat terjadi karena pada persentase katalis 10%, seluruh luas permukaan katalis akan berperan dalam meningkatkan laju reaksi pada proses gasifikasi. Sebaliknya, pada saat persentase katalis yang ditambahkan sebanyak 20%, terdapat beberapa katalis yang tidak melakukan perannya untuk terlibat dalam reaksi gasifikasi. Akibatnya, katalis bentonit yang tidak bekerja dapat mempersempit luas permukaan katalis untuk terlibat

dalam reaksi, sehingga akan menghambat laju gasifikasi, karena dengan luas permukaan yang lebih kecil, otomatis unsur yang akan di adsorpsi oleh bentonit pun semakin sedikit.

4.3.3 Analisa Grafik Volume Total Hasil Gasifikasi Sampah Organik

Grafik pengaruh penambahan kadar bentonit terhadap volume total gas hasil gasifikasi sampah organik ditunjukkan pada *Gambar 4.5*.



Gambar 4.5 Grafik Volume total Hasil Gasifikasi Sampah Organik

Pada grafik diatas, jika dilihat dari volume yang dihasilkan, mula-mula dapat dinyatakan bahwa bentonit bekerja secara optimal pada kadar air 1.3% dan berperan negatif jika berada pada kadar air 20%. Namun, pernyataan yang demikian tidak sepenuhnya benar, karena jika dilihat dari volume yang dihasilkan masing-masing gas, maka akan terlihat pengaruh kelembaban dan katalis, yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Volume Gas yang dihasilkan pada proses Gasifikasi

| Gas | Variasi Kadar Air | Variasi Bentonit | Persentase Gas | Massa Gas (gram) | Massa Jenis Gas (g/cm ³) | Volume Gas | Peringkat |
|----------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|--------------------------------------|------------|-----------|
| H ₂ | Kadar Air 1.3% | Bentonit 0% | 20.86% | 0.93 | 0.00008375 | 11.12 L | 4 |
| | | Bentonit 10% | 17.38% | 0.8 | | 9.5 L | 5 |
| | | Bentonit 20% | 23.14% | 1.07 | | 12.76 L | 2 |
| | Kadar Air 20% | Bentonit 0% | 22.85% | 1.07 | | 12.84 L | 1 |
| | | Bentonit 10% | 17.77% | 0.75 | | 9.4 L | 6 |
| | | Bentonit 20% | 21.30% | 0.95 | | 11.37 L | 3 |

| | | | | | | | |
|-----------------|-------------------|--------------|--------|-------|----------|---------|---|
| CH ₄ | Kadar Air 1.3% | Bentonit 0% | 67.84% | 22.03 | 0.000668 | 32.98 L | 6 |
| | | Bentonit 10% | 75.21% | 27.65 | | 41.40 L | 1 |
| | | Bentonit 20% | 69.63% | 25.65 | | 38.40 L | 4 |
| | Kadar Air 20% | Bentonit 0% | 68.58% | 25.75 | | 38.54 L | 3 |
| | | Bentonit 10% | 72.85% | 25.9 | | 38.77 L | 2 |
| | | Bentonit 20% | 71.13% | 25.35 | | 37.96 L | 5 |
| CO ₂ | Kadar Air 1.3% | Bentonit 0% | 9.30% | 7.46 | 0.000165 | 4.52 L | 3 |
| | | Bentonit 10% | 7.41% | 6.73 | | 4.08 L | 4 |
| | | Bentonit 20% | 7.24% | 6.58 | | 3.99 L | 6 |
| | Kadar Air 20% | Bentonit 0% | 8.56% | 25.75 | | 4.82 L | 2 |
| | | Bentonit 10% | 9.36% | 25.9 | | 4.98 L | 1 |
| | | Bentonit 20% | 7.55% | 25.35 | | 4.03 L | 5 |

Pada tabel 4.1, dapat disimpulkan bahwa kelembaban memberikan efek positif untuk menghasilkan gas H₂, namun katalis bentonit kurang berperan untuk menghasilkan gas H₂. Hal ini terjadi karena kadar air pada sampah memiliki kecenderungan akan bereaksi dengan karbon, membentuk karbondioksida dan gas hidrogen, dimana memiliki ΔH pembentukan yang rendah, menurut reaksi :



Bentonit kurang berperan untuk menghasilkan gas H₂, karena bentonit akan cenderung untuk menghasilkan gas metana dengan reaktan H₂, dimana memiliki nilai kalor yang lebih baik, menurut reaksi :

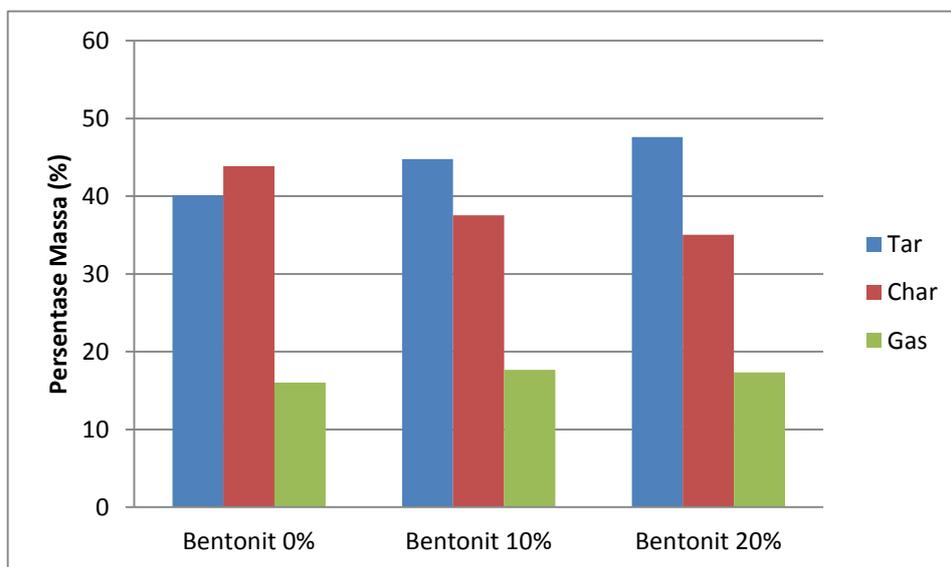


Dengan demikian, dapat diambil kesimpulan bahwa bentonit berperan positif dalam menghasilkan produk CH₄, dan produksi gas CH₄ menjadi kurang efektif jika pada lingkungan yang memiliki kelembaban yang tinggi. Selain itu, gas CO₂ dihasilkan lebih efektif pada kelembaban yang tinggi dan dengan penambahan bentonit yang secukupnya.

Jika produk gas yang diinginkan merupakan gas yang memiliki nilai kalor yang tinggi, maka gasifikasi dengan kelembaban rendah dan penambahan bentonit secukupnya merupakan cara yang efektif. Namun, jika ingin lebih banyak menghasilkan H₂ agar dapat diproses lebih lanjut, maka gasifikasi dengan kelembaban tinggi dan tanpa bentonit merupakan cara yang efektif untuk menghasilkan gas H₂.

4.3.4 Analisa Grafik Komposisi Char, Tar, Gas hasil Gasifikasi Sampah Organik

Pada proses gasifikasi sampah dengan kadar air 20%, semakin banyak katalis yang ditambahkan pada biomassa, persentase massa tar yang dihasilkan semakin tinggi. Persentase massa komposisi Char, Tar, dan Gas hasil gasifikasi sampah organik ditampilkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Komposisi Char, Tar, dan Gas hasil Gasifikasi Sampah Organik KA 20%

Persentase tar yang dihasilkan tanpa penambahan katalis, dengan penambahan bentonit 10% dan 20% secara berturut-turut sebesar 40.1%, 44.77%, dan 47.62%. Kenaikan persentase tar ini disebabkan karena pengaruh katalis untuk mempercepat reaksi pada proses pirolisis char berperan secara optimal, dimana salah satu hasil dari pirolisis char adalah senyawa tar itu sendiri, sehingga kandungan char semakin rendah dengan bertambahnya kadar bentonit, sesuai dengan reaksi pirolisis pada char :

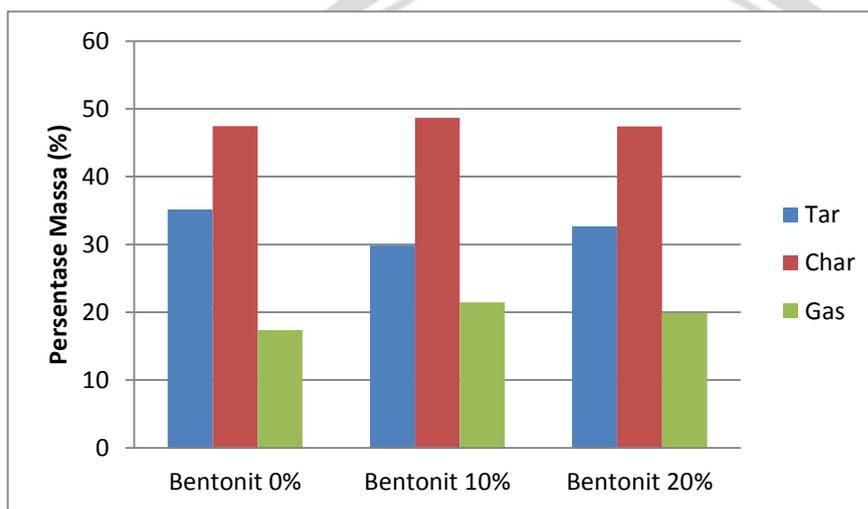


Selain pengaruh kandungan Al_2O_3 dan SiO_2 yang terdapat pada bentonit yang berperan dalam menyerap panas, penambahan kadar air pada sampah dapat mempercepat laju pemanasan pada biomassa, karena penguraian H_2O yang turut berperan dalam menyerap panas, menurut reaksi :



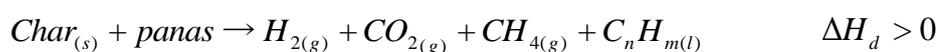
Sehingga reaksi pada gasifikasi dapat berlangsung lebih efektif.

Namun, persentase massa gas yang dihasilkan pada proses gasifikasi optimal pada penambahan katalis bentonit sebanyak 10%. Persentase massa gas yang dihasilkan pada proses gasifikasi tanpa bentonit, dengan penambahan bentonit 10% dan 20% berturut-turut sebesar 16.03%, 17.68%, dan 17.32%. Pada penambahan bentonit sebesar 20%, massa gas yang dihasilkan mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena kuantitas biomassa dengan katalis yang tidak sebanding, sehingga katalis yang berlebih cenderung diam dan sedikit banyaknya dapat menghambat kerja katalis yang lain dalam mempercepat reaksi pada biomassa.



Gambar 4.7 Grafik Komposisi Char, Tar, dan Gas hasil Gasifikasi Sampah Organik kadar air 1.3%

Sedangkan pada Gambar 4.7, dapat dilihat bahwa kadar air pada sampah berpengaruh pada hasil gasifikasi. Pada proses gasifikasi dengan kadar air 1.3%, persentase massa char semakin tinggi dengan penambahan katalis bentonit. Massa char yang diperoleh dari hasil gasifikasi tanpa katalis, dengan penambahan katalis bentonit 10% dan 20% berturut-turut sebesar 47.44%, 48.68%, dan 47.43%. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh kadar air yang sedikit sehingga hanya katalis yang berperan sebagai media penyerap panas. Akibatnya, reaksi pemanasan char akan cenderung menghasilkan gas, sesuai dengan reaksi :

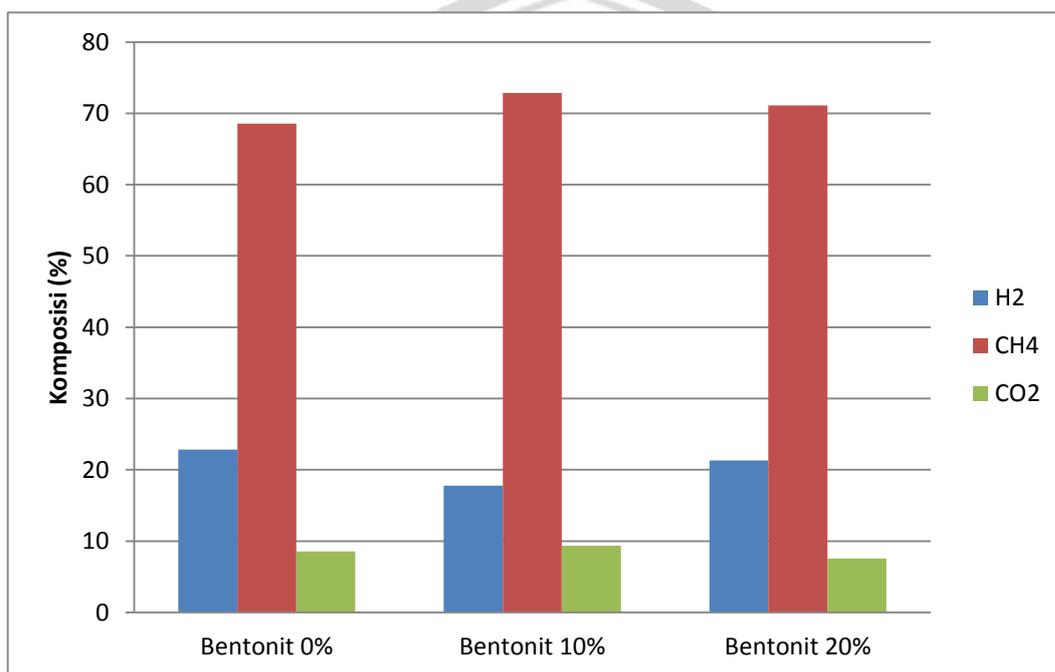


Seperti pada hasil gasifikasi sampah pada kadar air 20%, persentase massa gas yang dihasilkan optimal pada penambahan bentonit 10%. Dapat disimpulkan bahwa proses

gasifikasi sampah dapat menghasilkan massa gas yang optimal pada penambahan bentonit sebanyak 10%.

4.3.5 Analisa Grafik Komposisi Gas hasil Gasifikasi pada Temperatur 700°C

Seperti yang ditunjukkan pada *Gambar 4.8*, kualitas gas hasil gasifikasi sampah dengan kadar air 20% menghasilkan kualitas yang lebih baik dengan penambahan kadar bentonit 10%. Komposisi mol gas hasil gasifikasi dengan kadar air 20% ditampilkan pada *Gambar 4.8*.



Gambar 4.8 Grafik Komposisi Gas Hasil Gasifikasi Sampah dengan kadar air 20% pada temperatur 700°C

Secara kualitatif, data komposisi hasil gas pada gasifikasi ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.2 Komposisi Gas Hasil Gasifikasi Sampah dengan KA 20%

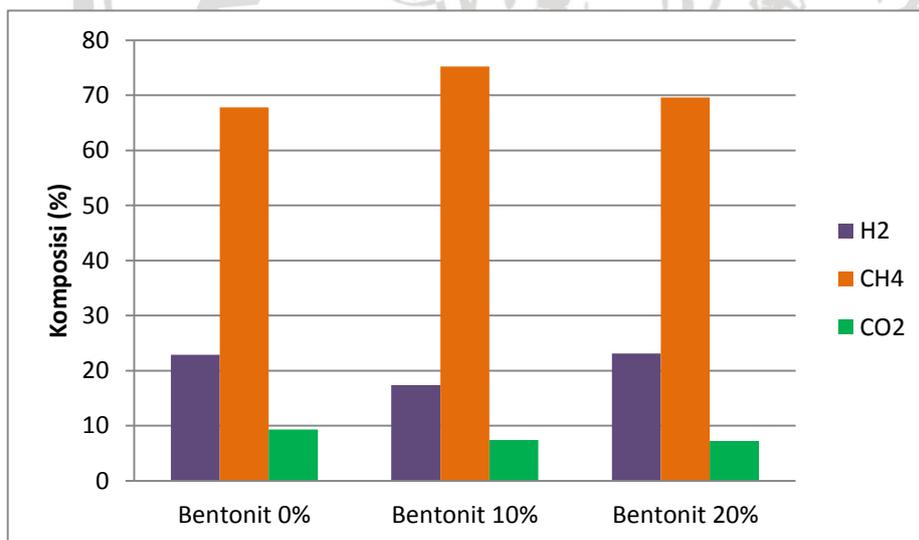
| Variasi | %H ₂ | %CH ₄ | %CO ₂ |
|--------------|-----------------|------------------|------------------|
| Bentonit 0% | 22.854 | 68.58 | 8.57 |
| Bentonit 10% | 17.779 | 72.86 | 9.36 |
| Bentonit 20% | 21.308 | 71.13 | 7.55 |

Hal ini terjadi karena meningkatnya laju pemanasan pada penambahan bentonit 10% mempengaruhi laju *thermal cracking*, dimana energi kinetik partikel yang tersedia semakin

banyak, mengakibatkan banyak partikel yang berhasil bertumbukan, sehingga produk yang dihasilkan semakin baik. Salah satu diantara reaksi gasifikasi adalah reaksi *methanation*, dimana reaksi ini terlibat dalam meningkatnya persentase dari gas metana, dengan reaksi :



Selain dengan energi kinetik partikel yang semakin besar, terdapat fenomena *catalytic cracking* dimana reaksi yang melibatkan rantai hidrokarbon yang panjang dan memiliki energi tumbukan yang tinggi, akan dipecah oleh situs aktif (Al^{3+}) yang terdapat pada permukaan bentonit, dimana Al^{3+} berperan sebagai asam Lewis, yang cenderung untuk menarik elektron bebas, sehingga dapat menghasilkan ion karbenium yang membuat reaksi gasifikasi dapat berlangsung lebih optimal. Semakin banyak katalis yang ditambahkan, luas permukaan bentonit pun sedikit berkurang, karena tertutupi oleh bentonit lain. Sehingga peran *catalytic cracking* tidak berlangsung secara optimal.



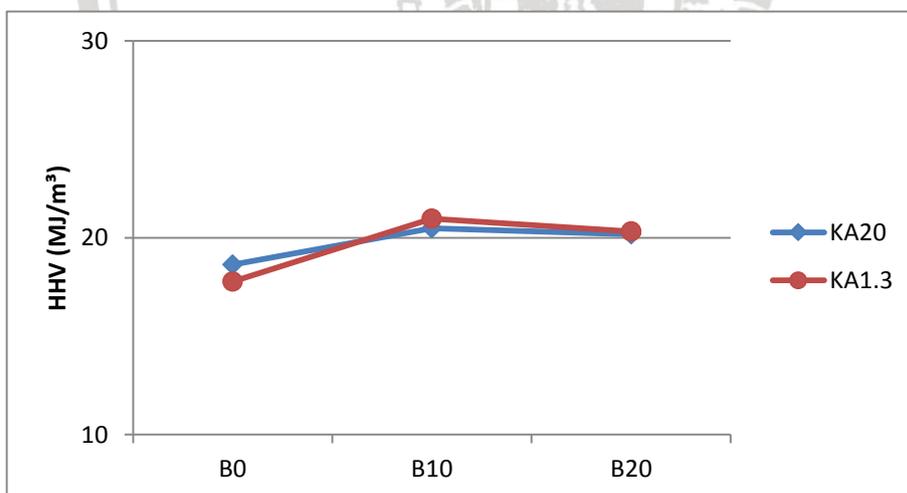
Gambar 4.9 Grafik Komposisi Gas Hasil Gasifikasi Sampah dengan kadar air 1.3% pada temperatur 700°C

Kecenderungan yang sama terjadi pada proses gasifikasi sampah dengan kadar air 1.3%, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.9. Penambahan kadar bentonit paling optimal terjadi pada penambahan 10% bentonit. Hal ini terjadi karena jumlah yang proporsional antara biomassa dan bentonit, sehingga dapat menghasilkan komposisi gas yang lebih baik. Pada proses gasifikasi sampah kering tanpa bentonit (0%), laju pemanasan

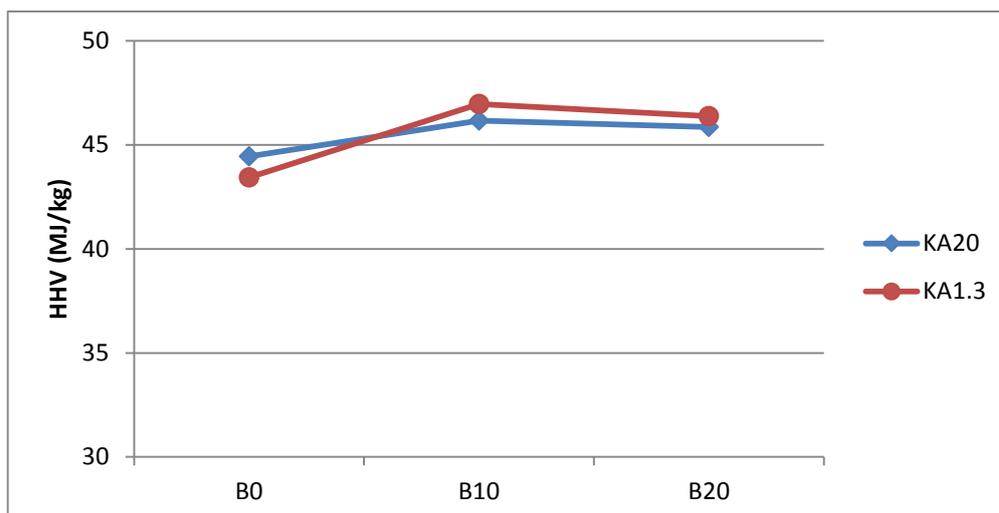
biomassa belum cukup besar untuk menghasilkan gas metana secara optimal, karena belum terdapat katalis yang berperan untuk menyediakan reaksi alternatif guna mempercepat reaksi gasifikasi pada biomassa.

4.3.6 Analisa Nilai Kalor Teoritis Gas Hasil Gasifikasi pada Temperatur 700°C

Penambahan bentonit mempengaruhi kualitas gas hasil gasifikasi. Nilai kalor gas meningkat pada penambahan bentonit 10%, namun tidak meningkat secara signifikan saat ditambahkan bentonit sebanyak 20%. Nilai pembakaran ini berkaitan dengan komposisi gas hasil gasifikasi pada Gambar 4.8, dimana komposisi CH₄ paling banyak diperoleh dari hasil gasifikasi dengan penambahan bentonit 10%, dilanjutkan dengan penambahan bentonit 20% dan tanpa penambahan bentonit. CH₄ memiliki nilai HHV yang lebih tinggi dari H₂, dimana nilai HHV CH₄ sebesar 55.6 MJ/kg atau 40 MJ/m³ dan nilai HHV dari H₂ sebesar 142 MJ/kg atau 12.76 MJ/m³, sehingga dapat meningkatkan nilai kalor dari gas hasil gasifikasi. Grafik Nilai HHV hasil gasifikasi sampah organik ditunjukkan pada gambar 4.10 dan 4.11.



Gambar 4.10 Grafik Nilai HHV gas hasil Gasifikasi Sampah Basah satuan MJ/m³



Gambar 4.11 Grafik Nilai HHV gas hasil Gasifikasi Sampah Kering satuan MJ/kg

Dapat dilihat bahwa kenaikan nilai kalor yang signifikan terjadi pada penambahan bentonit 10% dengan kadar air 1.3%. Hal ini dapat terjadi karena minimnya kadar air, sehingga *char* yang dihasilkan dari pemanasan biomassa cenderung untuk menghasilkan gas, menurut reaksi :



Pada penambahan bentonit sebesar 20%, nilai HHV gas pada hasil gasifikasi mengalami penurunan jika dibandingkan dengan penambahan bentonit 10%. Hal ini dapat terjadi karena bentonit tidak memberikan kerja yang signifikan terhadap hasil gasifikasi, dan terjadinya oksidasi parsial pada CH_4 secara eksotermik, sehingga menaikkan kadar hidrogen dan karbon monoksida, menurut reaksi :



Secara keseluruhan, Nilai Kalor gas hasil gasifikasi ditunjukkan pada Tabel 4.2

Tabel 4.3 Nilai Kalor Teoretis Gas Hasil Gasifikasi

| Variasi | HHV | Variasi | HHV |
|-----------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Air 1.3% Bentonit 10% | 46.92 MJ/kg | Air 20% Bentonit 20% | 45.82 MJ/kg |
| Air 1.3% Bentonit 20% | 46.33 MJ/kg | Air 20% Bentonit 0% | 44.41 MJ/kg |
| Air 20% Bentonit 10% | 46.13 MJ/kg | Air 1.3% Bentonit 0% | 43.40 MJ/kg |