

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengolahan Data

Data pada penelitian ini diambil pada saat *heater* pada *gasifier* di nyalakan. Pada tahap pengoperasian alat suhu tandan kosong kelapa sawit di dalam tungku *gasifier* dipanaskan sehingga suhu 700°C sesuai dengan variable penelitian. Alat ukur volume yang digunakan tabung ukur khusus dan sarana penyimpanan data menggunakan laptop.

Pada tahap pengoperasian, langkah pertama yaitu tandan kosong kelapa sawit dan bentonit dicampurkan dan dimasukkan kedalam tungku *gasifier*. Kemudian *heater* dinyalakan bersama dengan *data logger*. *Heater* digunakan untuk memanaskan tungku *gasifier* sehingga campuran tandan kosong kelapa sawit dan bentonit di ubah menjadi gas dengan penambahan bentonit sebesar 10%, 30%, dan 50% kemudain gas di alirkan ke tabung ukur dan dilakukan pengambilan data selama 2 jam.

Pengambilan data laju pemanasan menggunakan sensor *thermocouple* type-K di letakkan di dalam tungku *gasifier* dimana *thermocouple* type-K khusus untuk membaca suhu. Data yang terbaca dihubungkan dengan *data logger* sehingga dapat disimpan di dalam laptop. Data yang diperoleh dari *data logger* berupa data digital dalam satuan °C (derajat celcius) dan dikonversi ke bentuk grafik sehingga dapat memudahkan dalam pengolahan data dan analisis data.

#### 4.2 Perhitungan Laju Pemanasan

Untuk mengetahui laju pemanasan di dalam *gasifier* di lakukan perhitungan dengan menjadikan waktu pengambilan data selama 2 jam dan suhu maksimum biomassa sebagai tolak ukur yang sesuai dengan variable kontrol penelitian.

Perhitungan laju pemanasan biomassa gasifikasi *updraft* tandan kosong kelapasawit

- Gasifikasi *updraft* tandan kosong kelapa sawit tanpa penambahan bentonite

$$\frac{dT}{dt} = \frac{633,6^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}}{71,5 \text{ menit} - 0 \text{ menit}} = \frac{606,6^{\circ}\text{C}}{71,5} = 8,48 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{menit}}$$

- Gasifikasi *updraft* tandan kosong kelapa sawit dengan penambahan bentonite 10%

$$\frac{dT}{dt} = \frac{633^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}}{65,7 \text{ menit} - 0 \text{ menit}} = \frac{606^{\circ}\text{C}}{65,7} = 9,22 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{menit}}$$

- Gasifikasi *updraft* tandan kosong kelapa sawit dengan penambahan bentonite 30%

$$\frac{dT}{dt} = \frac{633,68^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}}{65,6 \text{ menit} - 0 \text{ menit}} = \frac{606,68^{\circ}\text{C}}{65,6} = 9,248 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{menit}}$$

- Gasifikasi *updraft* tandan kosong kelapa sawit dengan penambahan bentonite 50%

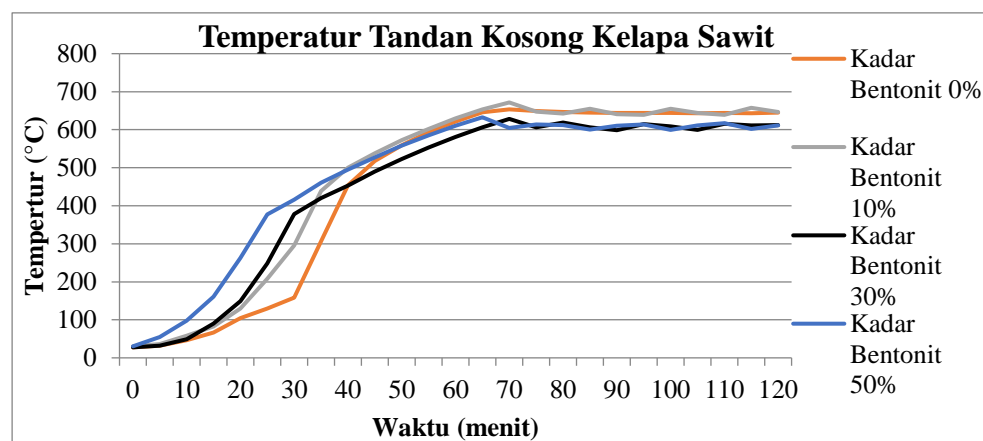
$$\frac{dT}{dt} = \frac{657^{\circ}\text{C} - 27^{\circ}\text{C}}{67,7 \text{ menit} - 0 \text{ menit}} = \frac{630^{\circ}\text{C}}{67,7} = 9,3 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{menit}}$$

### 4.3 Data Hasil Penelitian

Hasil penelitian gasifikasi *updraft* tandan kosong kelapa sawit dengan penambahan katalis 10%, 30%, 50% dan tanpa katalis pada suhu 700°C. Penelitian ini memperoleh data berupa volume dalam satuan liter (L), Laju pemanasan dalam satuan derajat celcius (°C) dan komposisi gas yang terkandung dalam persentase di ditampilkan dalam bentuk grafik yang di bahas dalam pembahasan.

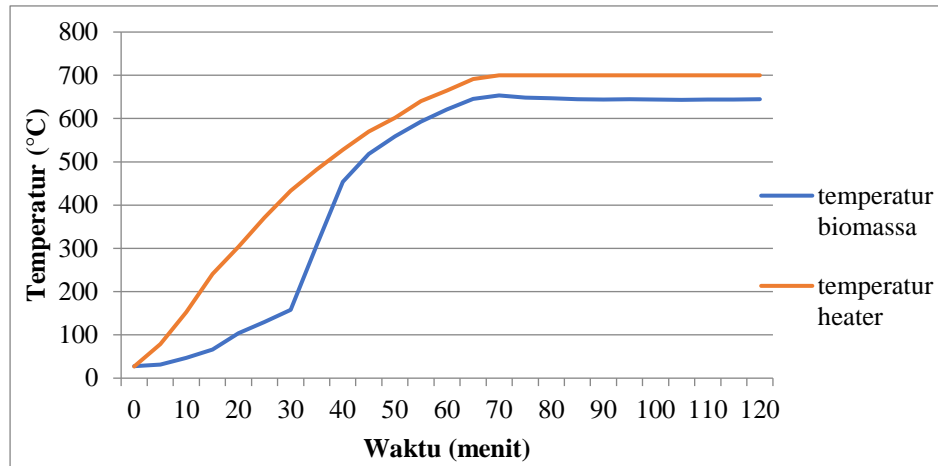
### 4.4 Pembahasan dan Analisa Grafik

#### 4.4.1 Analisa Grafik Suhu Terhadap Waktu Temperatur Gasifikasi Pada Suhu 700 °C

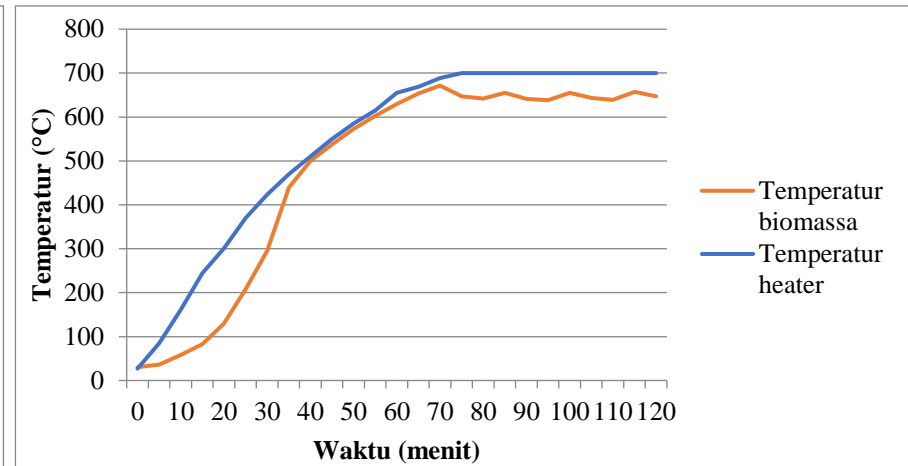


Gambar 4.1 Hubungan suhu terhadap waktu gasifikasi tandan kosong kelapa sawit

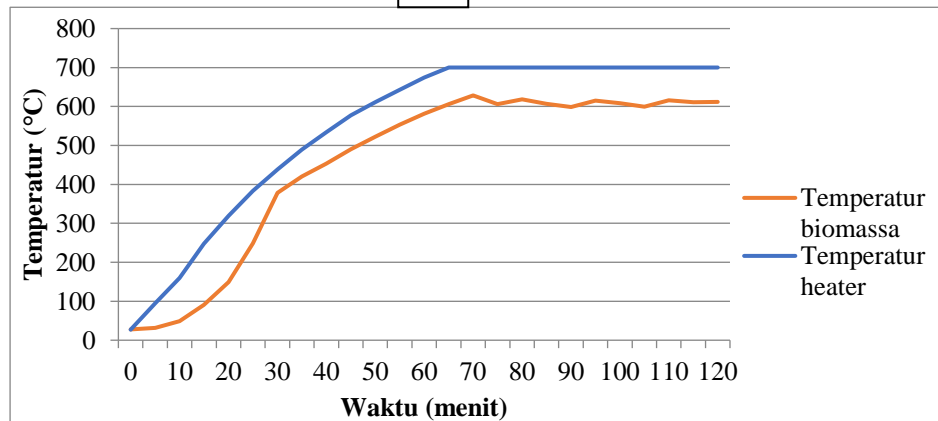
Pada gambar 4.1 menunjukkan seiring bertambahnya waktu maka suhu juga akan ikut bertambah. Pada kurva dengan seiring bertambahnya persentase bentonit pada awal waktu proses gasifikasi suhu akan semakin tinggi, ini sesuai dengan fungsi bentonit mempercepat reaksi dikarenakan bentonit memiliki unsur ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) alumina yang mempercepat perpindahan panas, sehingga membuat energi aktivasi semakin kecil. Akan tetapi pada akhir waktu proses gasifikasi semakin bertambahnya persentase bentonit suhu akan semakin rendah, ini dikarenakan reaksi pada biomassa semakin sedikit atau sudah terdekomposisi semua, sehingga energi yang dibutuhkan biomassa juga semakin kecil.



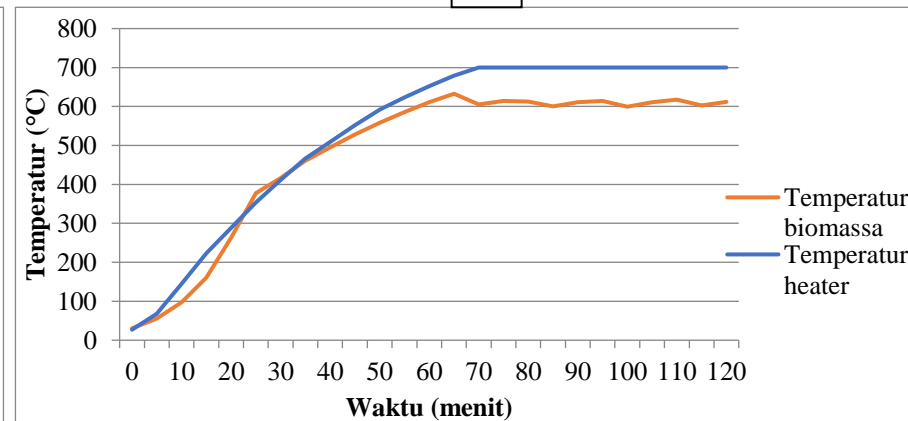
A



B



C

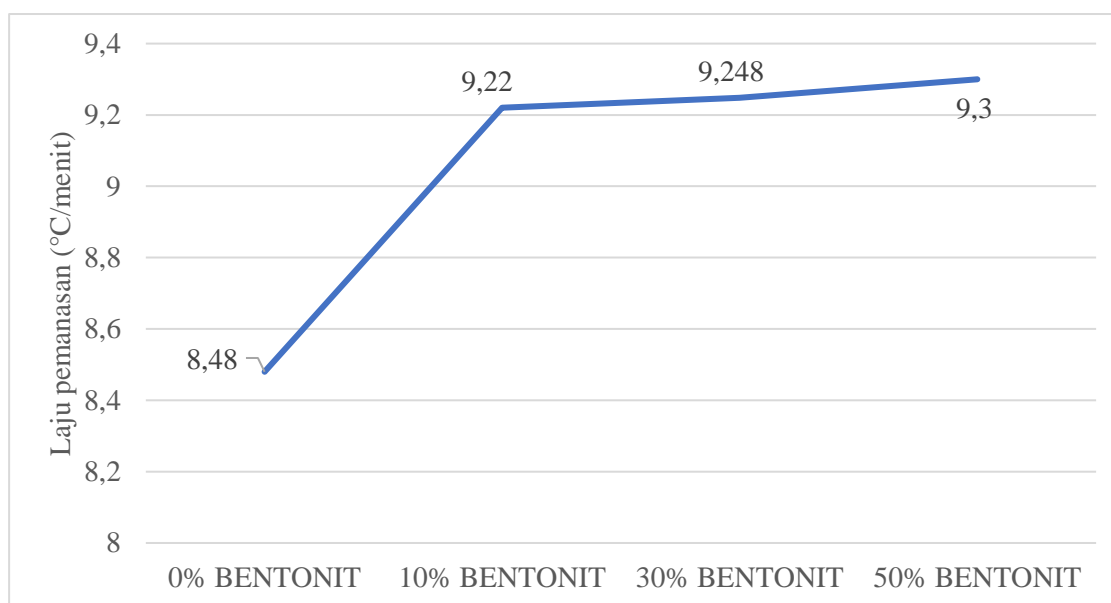


D

Gambar 4.2 A. Tempertur gasifikasi tanpa penambahan bentonit, B. temepratur gasifikasi dengan bentonit 10%, C. temperatur gasifikasi dengan bentonit 30%, D. temperatur gasifikasi dengan bentonit 50%

Pada proses gasifikasi pemanasan didapatkan dari *heater* yang nantinya akan tersalurkan pada tungku yang didalamnya terdapat biomassa yang akan di proses. Hal ini membuat adanya 2 temperatur berbeda yang muncul, yaitu temperatur dari *heater* dan juga tempertur dari biomassa.

Perbedaan temperatur ini terjadi akibat adanya resisten dari tungku yang membuat temperatur dari biomassa akan lebih kecil daripada temperatur dari *heater*, hal ini dibuktikan pada *gambar 4.2* diatas. *Gambar 4.2* menunjukkan seiring bertambahnya waktu maka suhu ikut bertambah



*Gambar 4.3* Laju pemanasan gasifikasi tandan kosong kelapa sawit

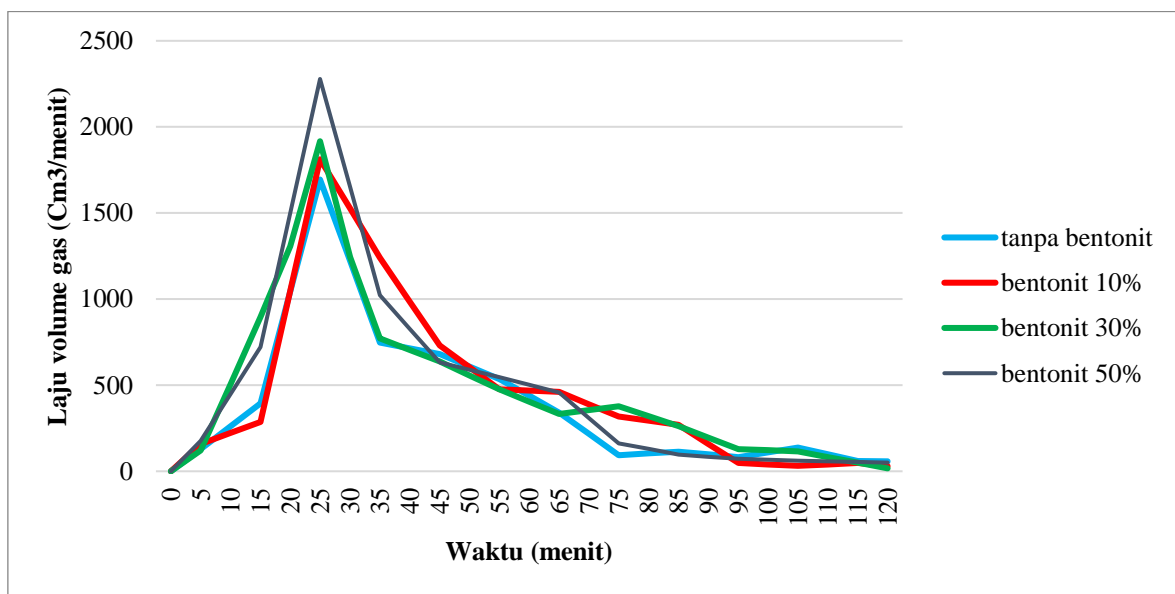
*Gambar 4.3* menunjukkan semakin tinggi persentase penambahan bentonit maka laju pemanasan juga akan meningkat. Hal ini sesuai dengan *gambar 4.2* dan juga perhitungan laju pemanasan. Pada *gambar 4.2* kurva grafik A biomassa tanpa penambahan bentonit waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu tertinggi adalah  $633^{\circ}\text{C}$  dengan hasil perhitungan laju pemanasan dimana hasil laju pemanasan sebesar  $8,48 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{menit}}$ .

Pada kurva grafik B laju pemanasan biomassa dengan penambahan bentonit 10% waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu tertinggi adalah  $633^{\circ}\text{C}$  dengan hasil perhitungan laju pemanasan sebesar  $9,22 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{menit}}$ . Laju pemanasan biomassa dengan penambahan bentonit 30% waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu tertinggi adalah  $633,68^{\circ}\text{C}$  seperti pada *gambar 4.2* kurva grafik C dengan hasil perhitungan laju pemanasan sebesar  $9,248 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{menit}}$ .

Biomassa dengan penambahan bentonit 50% waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu tertinggi  $633,68^{\circ}\text{C}$  adalah 67,7 menit seperti yang terlihat pada *gambar 4.2* kurva grafik D laju pemanasannya adalah sebesar  $9,3 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{menit}}$ .

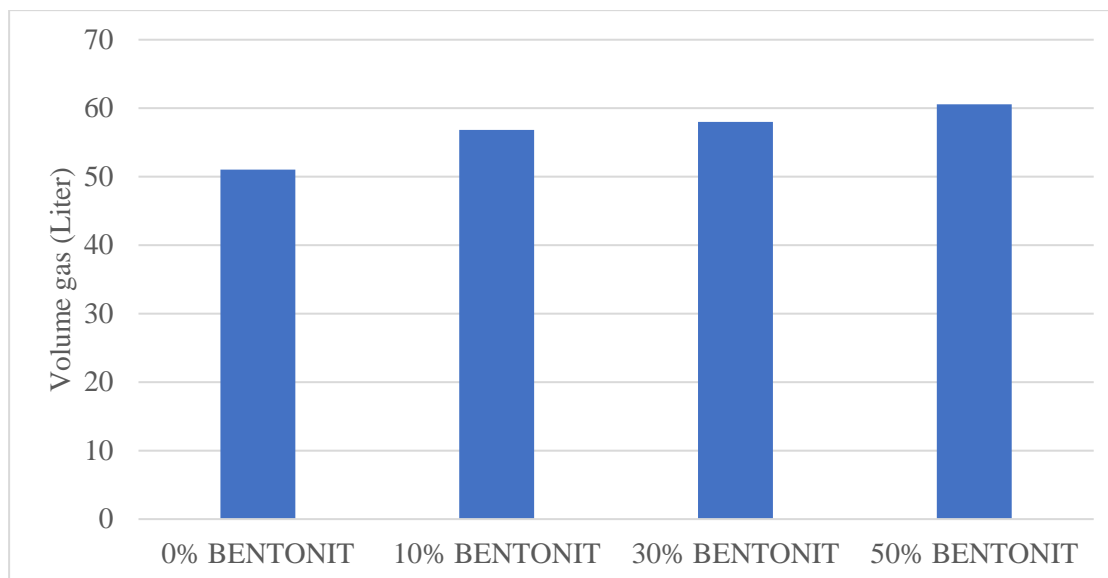
Semakin banyak persentase penambahan bentonit, maka laju pemanasan juga meningkat, hal ini disebabkan karena bentonit mengandung unsur  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (alumina) menjadi pengantar panas yang baik, sehingga panas lebih cepat merambat ke biomassa.

#### 4.4.2 Volume dan Laju Produksi Syngas Gasifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit



*Gambar 4.4* Laju produksi volume syngas gasifikasi tandan kosong kelapa sawit

Pada *gambar 4.4* menunjukkan seiring bertambahnya bentonit, maka laju produksi gas hasil gasifikasi tandan kosong kelapa sawit akan meningkat, pada kurva laju volume syngas biomassa tandan kosong kelapa sawit kurva tertinggi pada penambahan bentonit 50% yaitu mencapai  $2278,46356 \frac{\text{cm}^3}{\text{menit}}$  dan kurva terendah pada tandan kosong kelapa sawit tanpa penambahan bentonit yaitu mencapai  $1694,54 \frac{\text{cm}^3}{\text{menit}}$ . Hal ini sesuai dengan adanya fungsi penambahan bentonit, akan mempercepat reaksi dekomposisi dan mempercepat laju pemanasan, sehingga membuat laju produksi akan meningkat.

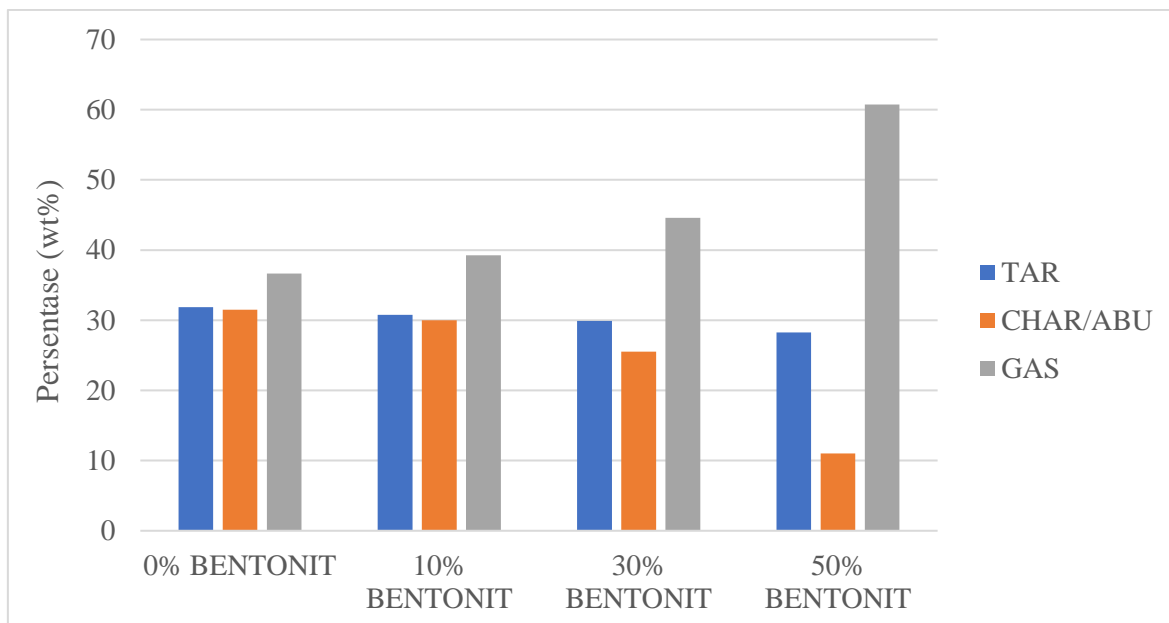


*Gambar 4.5* Volume *syngas* gasifikasi tandan kosong kelapa sawit dengan penambahan katalis dan tanpa penambahan katalis.

Pada *gambar 4.5* membandingkan 4 percobaan berbeda pada proses gasifikasi *updraft* tandan kosong kelapa sawit. Percobaan ini membandingkan penambahan persentase katalis bentonit dan tanpa penambahan katalis bentonit. Pada hasil percobaan menunjukkan volume gas yang dihasilkan dimana dengan penambahan bentonit, volume gas yang dihasilkan akan semakin besar, volume gas optimum dihasilkan pada penambahan persentase bentonit 50% sebesar 60,548 L. Pada persentase 0% atau tanpa penambahan bentonit volume gas yang dihasilkan sebesar 51,042 L merupakan hasil minimum volume gas.

Hal ini sesuai dengan fungsi dari bentonit menurunkan energi aktivasi, energi aktivasi yang berkurang menyebabkan pembentukan senyawa terjadi lebih cepat. Pembentukan senyawa yang lebih cepat berdampak pada meningkatnya jumlah *syngas* yang dihasilkan.

#### 4.4.3 Komposisi Syngas, dan Hasil Gasifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Penambahan Katalis dan Tanpa Katalis



Gambar 4.6 Komposisi hasil gasifikasi tandan kosong kelapa sawit dengan penambahan bentonit dan tanpa penambahan bentonit pada suhu 700°C

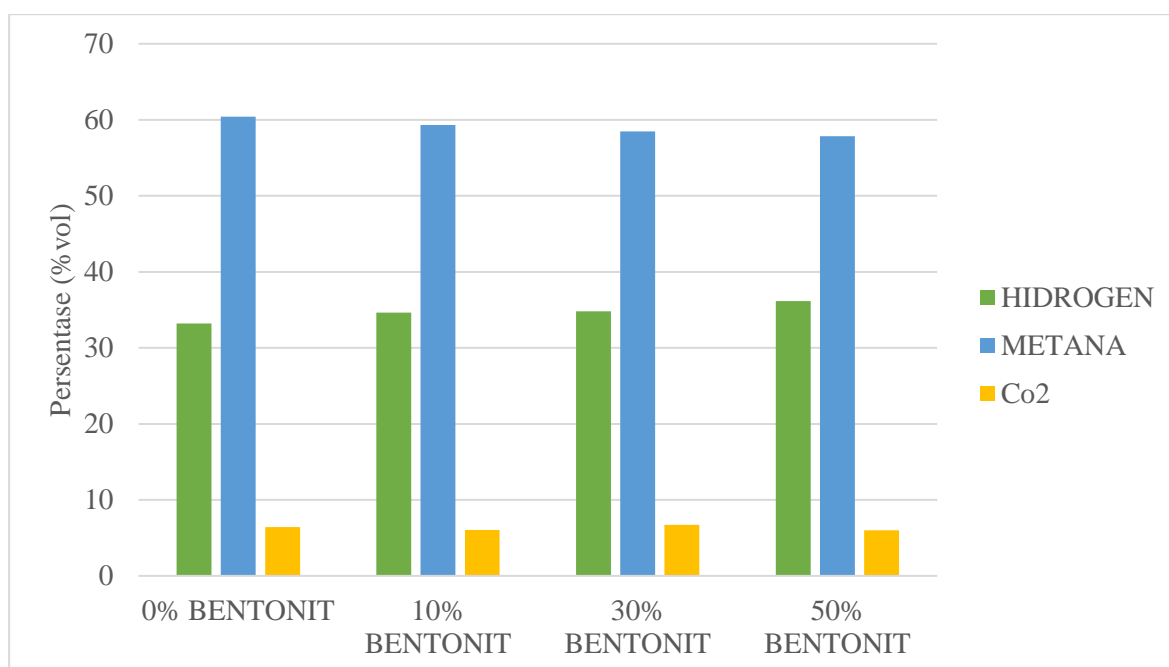
Pada gambar 4.6 dapat diketahui produk yang dihasilkan selama gasifikasi tidak hanya berupa gas. Beberapa produk sampingan yang di hasilkan adalah char/abu dan tar. Persentase massa char/abu dan tar semakin menurun sedangkan gas yang dihasilkan cenderung meningkat seiring bertambahnya persentase bentonit. Hal ini membuktikan bahwa penambahan bentonit mampu memaksimalkan penguraian char dan tar pada proses gasifikasi menjadi produk gas mampu bakar.

Char/abu paling besar di hasilkan pada tanpa penambahan bentonit. hal ini di sebabkan tanpa adanya bentonit perekahan yang terjadi memerlukan waktu yang lama dan belum sempurna sehingga char yang di hasilkan banyak, dan juga pada saat proses gasifikasi terjadi proses pembakaran sebagian yang menghasilkan abu juga, akan tetapi hasil char dan abu ini sulit dipisahkan sehingga pada penghitungannya char dan abu dijadikan satu.

Produk sampingan yang dihasilkan selain char adalah tar. Tar di hasilkan paling besar pada tandan kosong kelapa sawit tanpa penambahan bentonit dan seiring bertambahnya bentonit tar yang dihasilkan menjadi lebih sedikit. Hal ini disebabkan karena dengan ditambahkan bentonit terjadi proses perekahan katalis, dimana proses tersebut memecah lebih banyak rantai hidrocarbon dalam tar dan menghasilkan gas mampu bakar dengan rantai hidrocarbon pendek yang membuat volume tar akan menurun.

Penambahan katalis bentonit mampu meningkatkan persentase massa gas dikarenakan pengaruh dari *catalytic cacking*. *Catalytic cracking* terjadi saat katalis bentonit yang sudah teraktivasi mendonorkan proton (ion  $H^+$ ) ke biomassa yang sudah mengalami *thermal cracking* (dekomposisi) dan membentik ion karbenium. Ion karbenium adalah ion yang tidak stabil dan sangat reaktif, sehingga membantu dan mempercepat pemecahan rantai panjang hidrokarbon menjadi gas dengan ikatan rantai pendek yang bersifat *flamable*.

Persentase massa gas paling tinggi pada penambahan katalis bentonit 50%. Hal ini terjadi karena semakin banyak penambahan katalis maka semakin banyak luas bidang kontak antara katalis dengan biomassa yang membuat semakin banyak biomassa yang terkena pengaruh *catalytic cracking*.



*Gambar 4.7* Komposisi *syngas* hasil gasifikasi tandan kosong kelapa sawit tanpa bentonit dan dengan penambahan bentonit

Pada *gambar 4.7* adalah grafik perbandingan antara komposisi *syngas* hasil gasifikasi tandan kosong kelapa sawit pada suhu  $700^{\circ}C$  terhadap persentase penambahan katalis bentonit. Grafik diatas menunjukkan semakin bertambahnya bentonit, membuat hidrogen semakin tinggi, dan metana akan semakin turun, hal ini dikarenakan bentonit yang memecahkan rantai hidrocarbon panjang dari metana menjadi rantai hidrocarbon rantai pendek sehingga membuat hidrogen menjadi semakin banyak dan metana menjadi semakin turun.



Komposisi *syngas* hasil gasifikasi tandan kosong kelapa sawit bukan hanya hidrogen, metana, dan  $\text{CO}_2$ , tetapi juga ada beberapa unsur lain yang disebabkan oleh faktor-faktor tertentu dan juga memiliki konsentrasi yang sangat kecil sehingga tidak terbaca pada alat *gas chromatography* yang kita gunakan untuk mengetahui komposisi *syngas* seperti  $\text{CO}$  (carbon monoksida) yang dihasilkan akibat proses pembakaran.

#### 4.4.4 Perhitungan Kalor *Syngas* Hasil Gasifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tabel 4.1

Perhitungan nilai kalor *syngas* pada setiap variasi bentonit

VARIASI	% mol $\text{H}_2$	% mol $\text{CH}_4$	% mol $\text{CO}_2$	HHV $\text{H}_2$ ( $\text{MJ}/\text{m}^3$ )	HHV $\text{CH}_4$ ( $\text{MJ}/\text{m}^3$ )
0% BENTONIT	33,195	60,394	6,411	12,761	39,747
10% BENTONIT	34,618	59,335	6,047	12,761	39,747
30% BENTONIT	34,794	58,485	6,711	12,761	39,747
50% BENTONIT	36,152	57,836	6,011	12,761	39,747

- Perhitungan HHV *syngas* pada variasi penambahan bentonit 0%  

$$\text{HHV syngas} = (\% \text{ mol } \text{H}_2 \times \text{HHV } \text{H}_2) + (\% \text{ mol } \text{CH}_4 \times \text{HHV } \text{CH}_4)$$

$$\text{HHV syngas} = (33,195 \times 12,76) + (60,394 \times 39,747)$$

$$= 2824,048 \text{ MJ}/\text{m}^3$$
- Perhitungan HHV *syngas* pada variasi penambahan bentonit 10%  

$$\text{HHV syngas} = (\% \text{ mol } \text{H}_2 \times \text{HHV } \text{H}_2) + (\% \text{ mol } \text{CH}_4 \times \text{HHV } \text{CH}_4)$$

$$\text{HHV syngas} = (34,618 \times 12,76) + (59,335 \times 39,747)$$

$$= 2800,114 \text{ MJ}/\text{m}^3$$
- Perhitungan HHV *syngas* pada variasi penambahan bentonit 30%  

$$\text{HHV syngas} = (\% \text{ mol } \text{H}_2 \times \text{HHV } \text{H}_2) + (\% \text{ mol } \text{CH}_4 \times \text{HHV } \text{CH}_4)$$

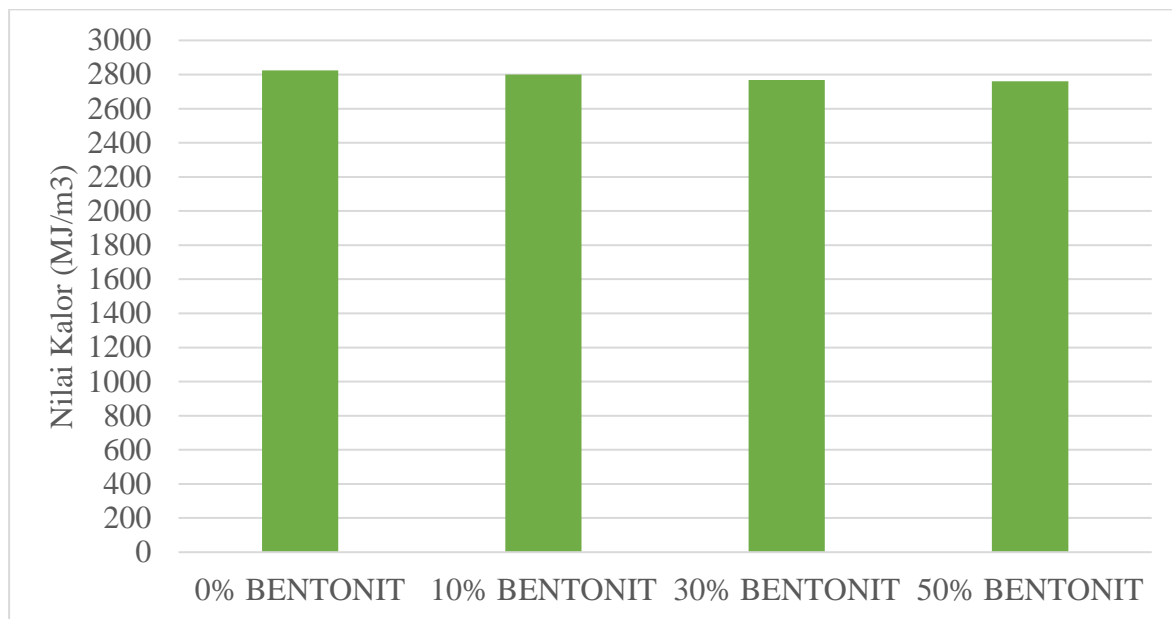
$$\text{HHV syngas} = (34,794 \times 12,76) + (58,485 \times 39,747)$$

$$= 2768,574 \text{ MJ}/\text{m}^3$$
- Perhitungan HHV *syngas* pada variasi penambahan bentonit 50%  

$$\text{HHV syngas} = (\% \text{ mol } \text{H}_2 \times \text{HHV } \text{H}_2) + (\% \text{ mol } \text{CH}_4 \times \text{HHV } \text{CH}_4)$$

$$\text{HHV syngas} = (36,152 \times 12,76) + (57,836 \times 39,747)$$

$$= 2760,1 \text{ MJ}/\text{m}^3$$



Gambar 4.8 Nilai kalor syngas gasifikasi tandan kosong kelapa sawit

Perbandingan nilai kalor *syngas* hasil gasifikasi tandan kosong kelapa sawit dengan penambahan bentonit 0%, 10%, 30%, dan 50% dapat dilihat pada gambar 4.8. Perbandingan nilai kalor ini sesuai dengan perhitungan kalor *syngas* yang mengacu pada tabel 4.1 diatas. Kalor *syngas* tertinggi pada penambahan bentonit 0% dengan nilai kalor 2824,048 MJ/m<sup>3</sup>. Sedangkan nilai kalor terendah pada penambahan bentonit 50% dengan nilai kalor 2760,1 MJ/m<sup>3</sup>.

Perbedaan nilai kalor ini disebabkan karena jumlah/konsentrasi pada gas metana. Komposisi utama pada *syngas* adalah gas metana dan hidrogen. Hasil dari gasifikasi tandan kosong kelapa sawit memiliki komposisi gas metana yang lebih tinggi daripada gas hidrogen. Sehingga semakin tinggi konsentrasi metana pada *syngas* akan membuat nilai kalor *syngas* semakin tinggi.