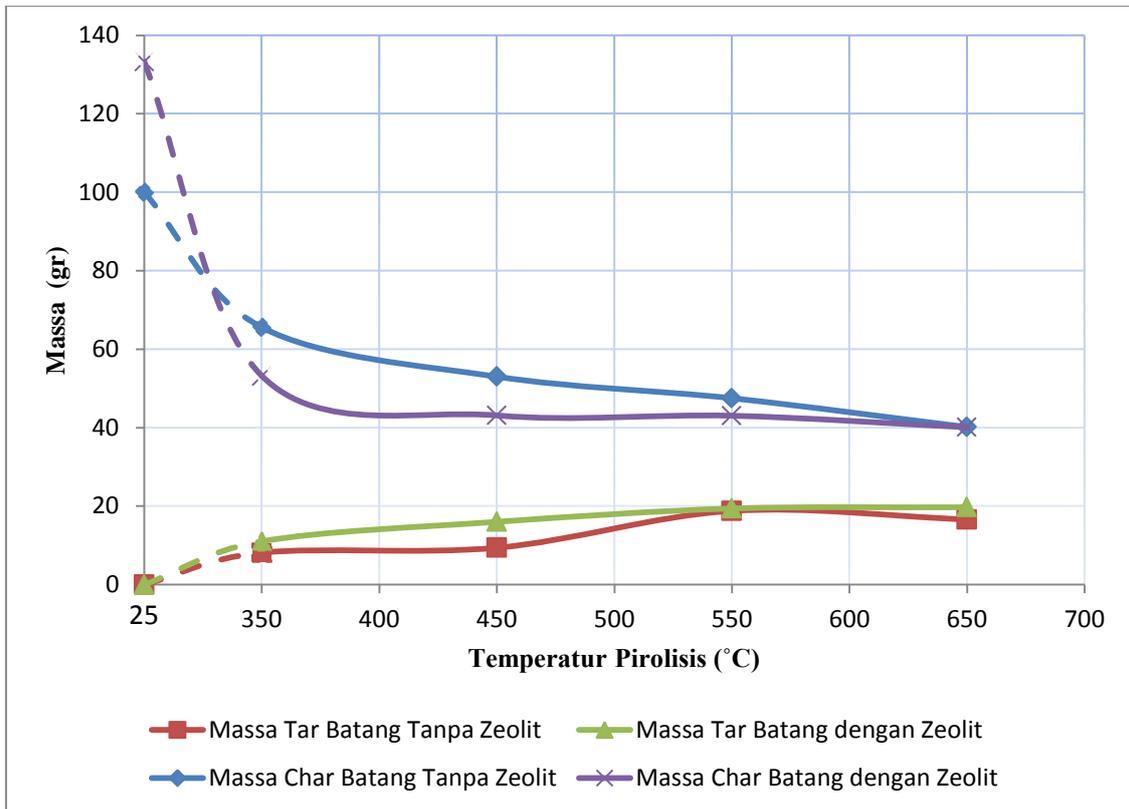


## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hubungan Antara Temperatur Pirolisis Terhadap Massa Tar dan Char



Gambar 4.1 Hubungan Temperatur terhadap Massa tar dan char

Pada gambar 4.1 menunjukkan hubungan temperatur pirolisis terhadap massa tar dan massa char yang dihasilkan dari pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan katalis zeolit dan batang tembakau dengan menggunakan katalis zeolit 25% mt dengan temperatur pirolisis 350°C, 450°C, 550°C, 650°C, dimana data hubungan temperatur terhadap massa tar pirolisis batang tembakau tanpa penambahan katalis zeolit didapatkan dari Prasangga ,(2018).

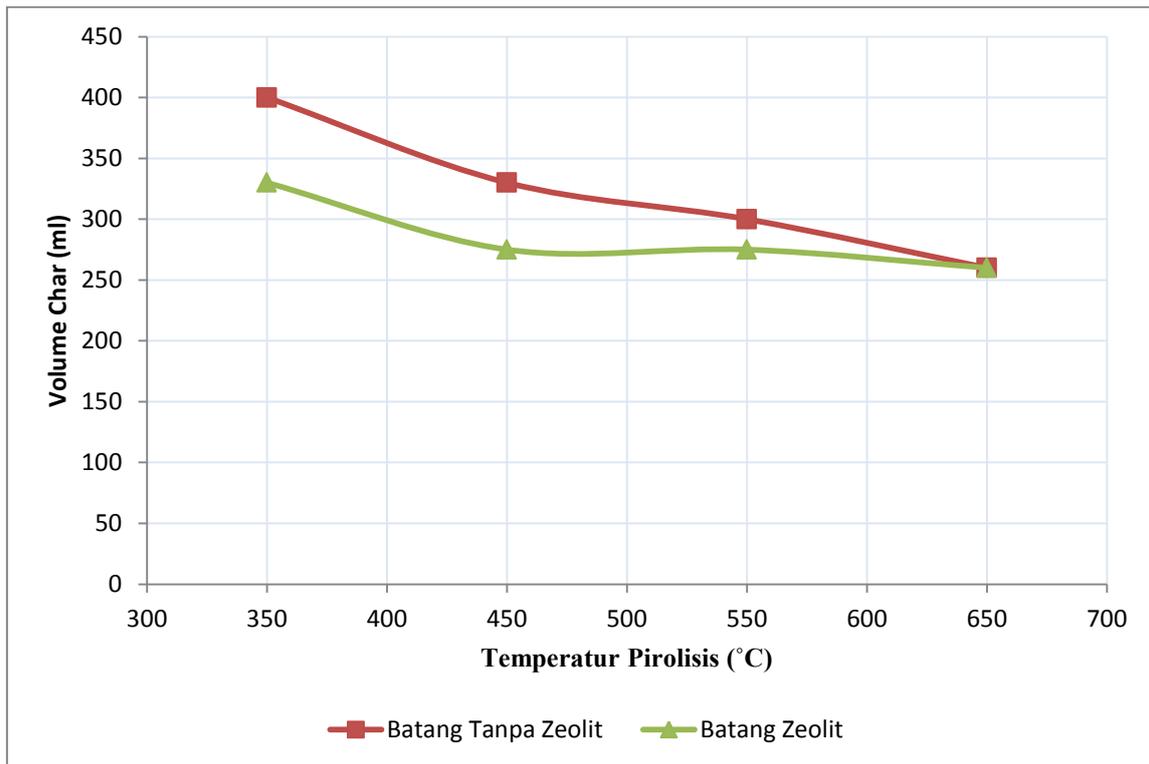
Massa tar dan massa char merupakan jumlah materi yang terkandung dalam hasil pirolisis , Dari gambar 4.1 dapat diketahui bahwa semakin tinggi temperatur pada proses pirolisis maka massa tar yang dihasilkan akan semakin meningkat namun massa char akan semakin menurun , hal ini dikarenakan semakin tinggi temperatur pirolisis maka semakin banyak biomassa yang terdekomposisi menjadi gas yang dapat dikondensasi dan gas yang

tidak dapat dikondensasi, kemudian gas yang dapat dikondensasi tersebut berubah fase menjadi fase cair yang biasa disebut tar.

Dapat diketahui dari gambar 4.1 bahwa massa tar yang dihasilkan pada proses pirolisis batang tembakau dengan menggunakan katalis zeolit cenderung lebih tinggi jumlahnya dibandingkan dengan tanpa menggunakan katalis zeolit dan massa char yang dihasilkan pada proses pirolisis dengan menggunakan zeolit lebih rendah dibandingkan dengan tanpa menggunakan zeolite . Hal ini disebabkan pada proses pirolisis menggunakan katalis zeolit terdapat 2 proses dalam dekomposisi biomassa tersebut yaitu proses *thermal cracking* dan *catalytic cracking* , sedangkan pada proses pirolisis tanpa menggunakan katalis zeolit hanya terdapat 1 proses saja yaitu proses *thermal cracking* .

Grafik hubungan antara temperatur pirolisis terhadap volume tar yang dihasilkan pada pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan zeolit memiliki kecenderungan semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi massa tar sampai pada titik optimumnya yaitu pada titik 550°C setelah itu mengalami penurunan pada titik 650°C, namun pada proses pirolisis batang tembakau dengan menggunakan katalis zeolit 25%mt memiliki kecenderungan semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi massa. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan zeolit akan dapat mengoptimalkan proses pirolisis sekunder dengan metode *catalytic cracking* bahkan sampai temperatur tinggi karena sifat zeolit yang tahan panas sampai dengan 1000°C (Chris,2009).

## 4.2 Hubungan Antara Temperatur Pirolisis Terhadap Volume Char



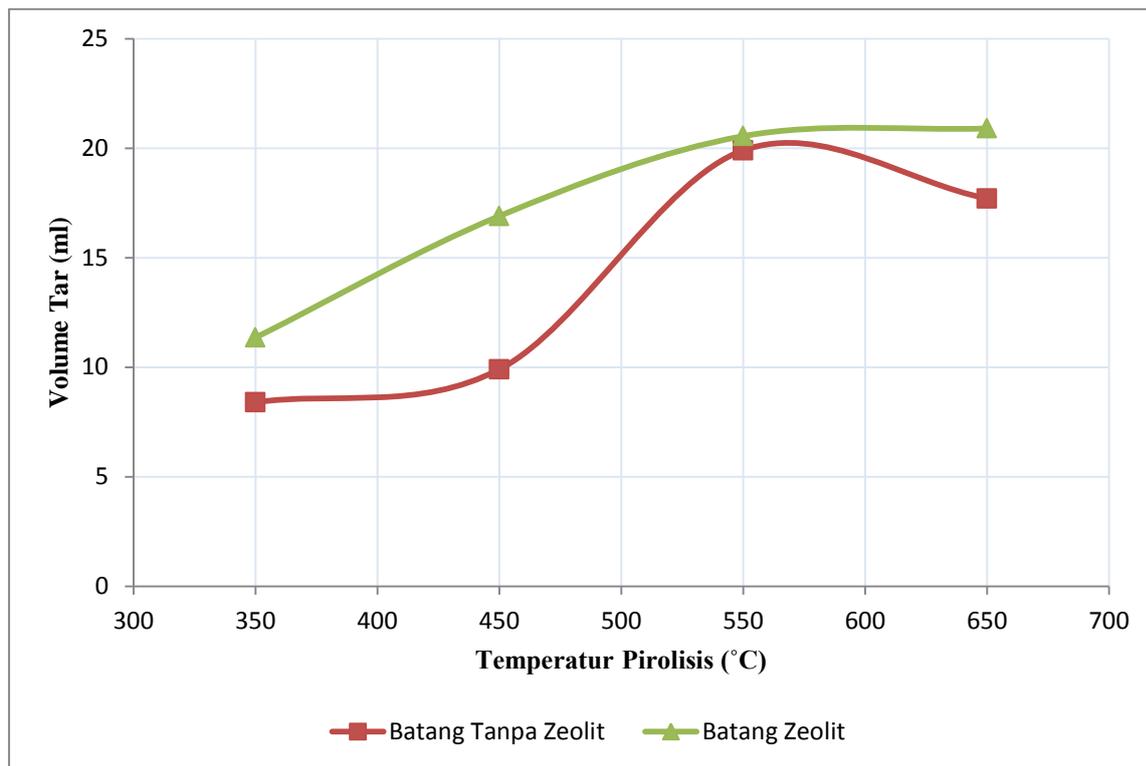
Gambar 4.2 Hubungan Temperatur terhadap Volume char

Gambar 4.2 adalah hubungan temperatur terhadap volume char pirolisis batang tembakau dengan menggunakan zeolit 25% mt dan tanpa zeolit, dimana data hubungan temperatur terhadap volume char tanpa menggunakan katalis zeolit didapatkan dari Prasangga, (2018).

Semakin tinggi temperatur maka volume char yang dihasilkan akan semakin menurun, hal ini disebabkan semakin tinggi temperatur maka semakin banyak biomassa yang terdekomposisi menjadi produk pirolisis, baik secara *thermalcracking* pada biomassa tanpa menggunakan zeolit dan secara *thermal cracking* juga dengan *catalytic cracking* pada biomassa dengan menggunakan zeolit.

Pada gambar 4.2 dapat diketahui bahwa hasil pirolisis batang tembakau dengan menggunakan katalis zeolit memiliki massa char yang lebih rendah dibandingkan dengan hasil pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan katalis zeolit . Hal ini disebabkan zeolit berfungsi dengan baik sebagai katalis sehingga biomassa pada proses pirolisis lebih banyak yang terdekomposisi pada temperatur yang sama.

### 4.3 Hubungan Antara Temperatur Pirolisis Terhadap Volume Tar

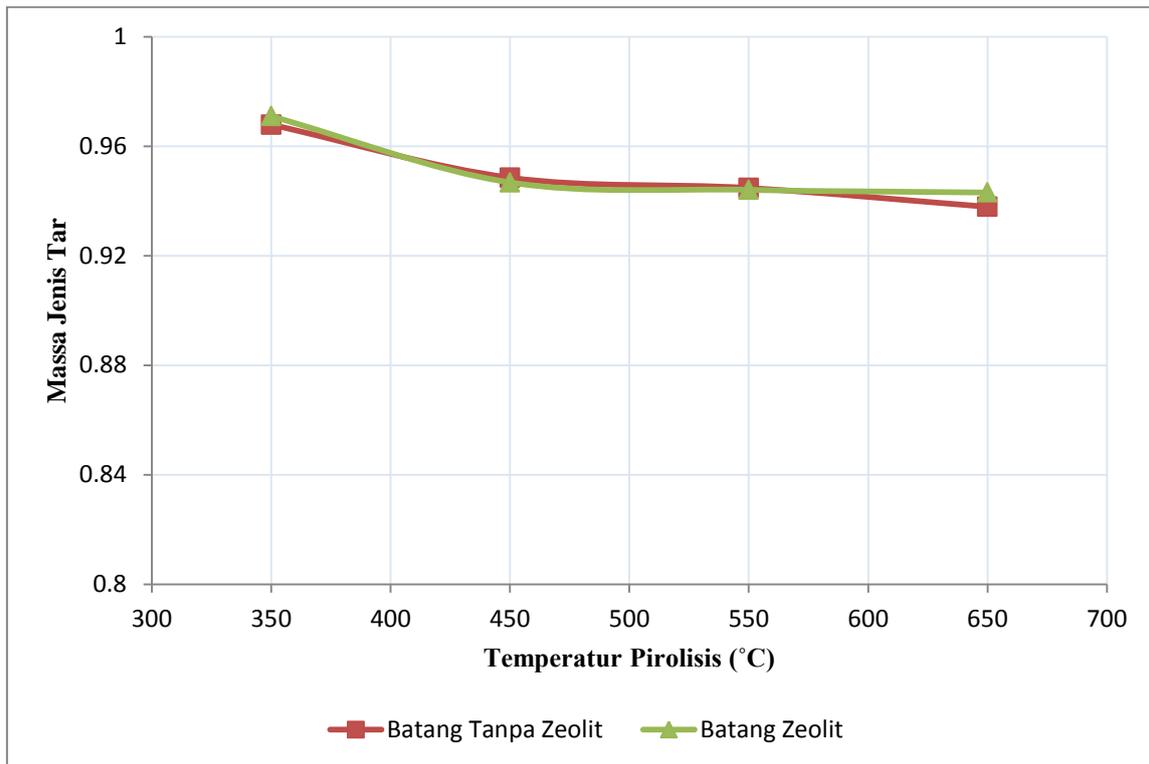


Gambar 4.3 Hubungan Temperatur terhadap Volume tar

Pada grafik (Gambar 4.3) merupakan hubungan Temperatur pirolisis terhadap volume tar yang dihasilkan dari proses pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan zeolit dan batang tembakau dengan menggunakan zeolit 25%mt, dimana data hubungan temperatur terhadap massa tar pirolisis batang tembakau tanpa penambahan katalis zeolit didapatkan dari Prasangga ,(2018).

Hasil yang ditunjukkan pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka volume pada tar yang dihasilkan akan semakin banyak, namun pada proses pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan zeolit mengalami penurunan volume pada temperatur 650°C yaitu sebesar 17,7 ml , hal ini disebabkan oleh terjadinya proses *secondary cracking* yang terjadi pada temperatur tersebut yang menyebabkan pada proses tersebut menghasilkan gas yang tidak dapat terkondensasi sehingga gas yang dihasilkan tidak berubah fase menjadi tar.

#### 4.4 Hubungan Antara Temperatur Pirolisis Massa Jenis Tar



Gambar 4.4 Hubungan Temperatur Pirolisis terhadap Massa Jenis Tar

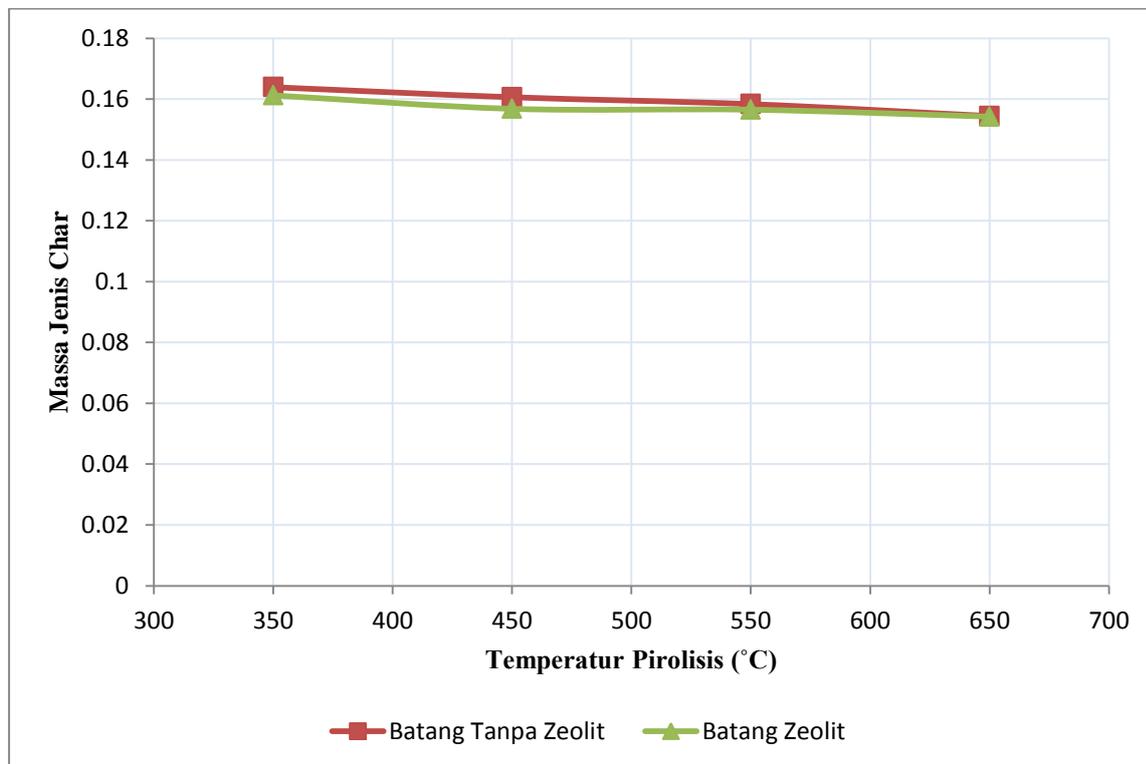
Gambar 4.3 merupakan hubungan Temperatur pirolisis terhadap Masa jenis tar yang dihasilkan dari proses pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan zeolit dan batang tembakau dengan menggunakan zeolit 25%mt, dimana data hubungan temperatur terhadap massa jenis tar pirolisis batang tembakau tanpa penambahan katalis zeolit didapatkan dari Prasangga ,(2018).

Massa jenis merupakan perbandingan antara massa dan volume pada suatu zat. Hasil yang ditunjukkan pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka massa jenis tar akan semakin berkurang, hal ini dikarenakan semakin tinggi temperatur maka rantai hidrokarbon yang terkandung pada tar akan semakin sederhana atau semakin pendek sehingga massa jenisnya akan semakin berkurang.

Dapat dilihat bahwa kedua data tersebut memiliki kecenderungan yang sama yaitu mengalami penurunan seiring bertambahnya temperatur pirolisis, namun pada proses pirolisis dengan menggunakan zeolit seharusnya memiliki massa jenis yang lebih rendah di setiap temperaturnya apabila dibandingkan dengan proses pirolisis tanpa menggunakan zeolit, karena dengan menggunakan zeolit proses dekomposisi biomassa lebih banyak apabila dibandingkan dengan tanpa menggunakan zeolit seperti yang ditunjukkan pada

gambar 4.2, namun pada temperatur 350°C dan 650°C massa jenis tar pirolisis dengan zeolit adalah 0.97 dan 0.943, lebih tinggi apabila dibandingkan dengan massa jenis tar pirolisis tanpa menggunakan zeolit yaitu 0,968 dan 0,938. Hal ini dikarenakan tercampurnya embun atau uap air yang memiliki massa jenis sebesar 1 gr/cm<sup>3</sup> kedalam tempat penyimpanan tar sehingga massa jenis pada tar yang dihasilkan pada proses pirolisis dengan menggunakan zeolit lebih besar dibandingkan dengan tanpa menggunakan zeolit.

#### 4.5 Hubungan Antara Temperatur Pirolisis Massa Jenis Char



Gambar 4.5 Hubungan Temperatur Pirolisis terhadap Massa Jenis Char

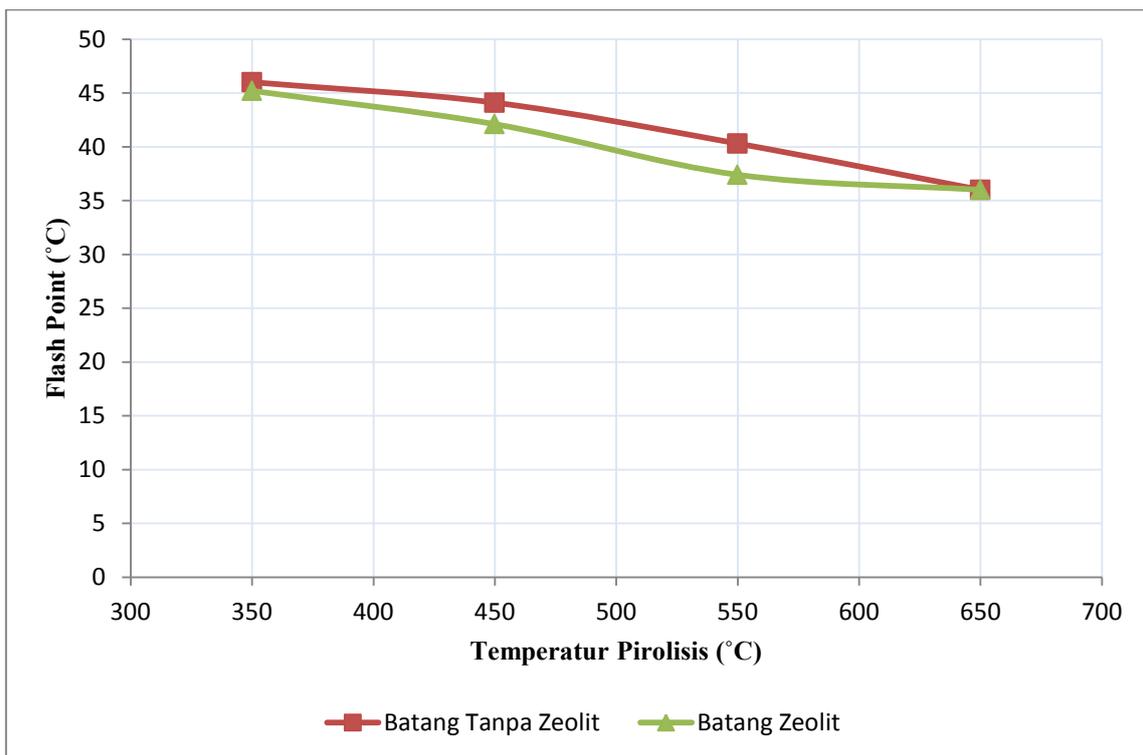
Pada gambar 4.5 menunjukkan hubungan temperatur pirolisis terhadap massa jenis char yang dihasilkan dari pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan katalis zeolit dan batang tembakau dengan menggunakan katalis zeolit 25% mt dengan temperatur pirolisis 350°C, 450°C, 550°C, 650°C, dimana data hubungan temperatur terhadap massa jenis char pirolisis batang tembakau tanpa penambahan katalis zeolit didapatkan dari Prasangga ,(2018).

Massa jenis atau densitas bisa disebut juga sebagai kerapatan suatu zat, semakin tinggi massa jenis zat tersebut maka tingkat kerapatannya akan semakin tinggi begitu juga sebaliknya.

Hasil pada gambar 4.5 dapat diketahui bahwa massa jenis char akan semakin menurun seiring bertambahnya temperatur, hal ini disebabkan oleh semakin tinggi temperatur maka rongga yang dihasilkan akan semakin besar seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.10 sehingga massa jenis pada char akan semakin menurun, dan dengan penambahan zeolit sebagai katalis yang berfungsi untuk mempercepat proses dekomposisi pada biomassa akan menghasilkan char yang semakin rendah apabila dibandingkan dengan tanpa menggunakan zeolit, pada gambar 4.5 sudah sesuai dengan dasar teori.

#### 4.6 Hubungan Antara Temperatur Pirolisis Terhadap *Flash Point*

Grafik hubungan antara temperatur pirolisis terhadap *flash point* dapat dilihat pada gambar dibawah ini



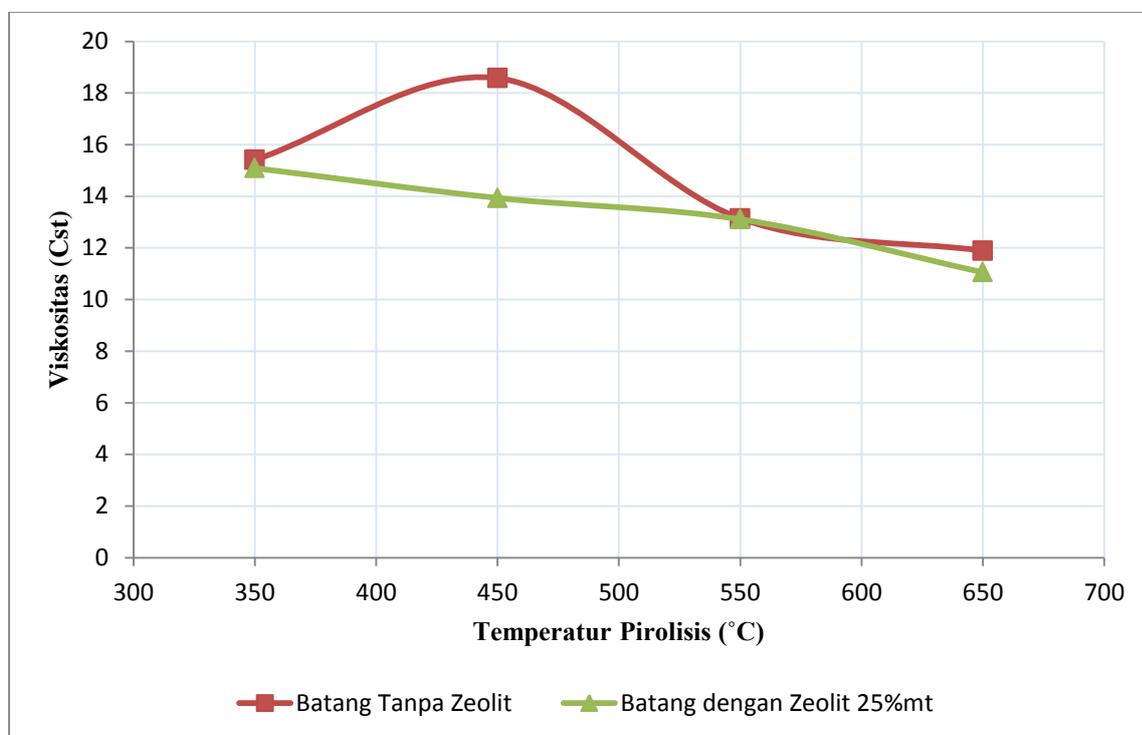
Gambar 4.6 Hubungan Temperatur terhadap *Flash Point*

Gambar 4.6 merupakan hubungan temperatur pirolisis terhadap *flash point* yang dihasilkan dari pirolisis batang tembakau dengan menggunakan katalis zeolit. Secara umum, semakin meningkatnya temperatur pirolisis maka flash point pada bio oil atau tar

akan menurun. Hal tersebut terjadi karena semakin tinggi temperatur maka rantai karbon yang terkandung pada bio oil atau tar akan semakin sederhana sehingga temperatur flashpoint akan semakin rendah.

Pada gambar 4.6 dapat diketahui bahwa *flash point* yang dihasilkan dari pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan katalis zeolit lebih tinggi dibandingkan dengan hasil pirolisis batang tembakau dengan menggunakan katalis zeolit 25%mt, hal ini dikarenakan rantai karbon pada pirolisis batang tembakau dengan menggunakan zeolit lebih sederhana dibandingkan dengan rantai karbon pada pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan zeolit.

#### 4.7 Hubungan Antara Temperatur Pirolisis Terhadap Viskositas



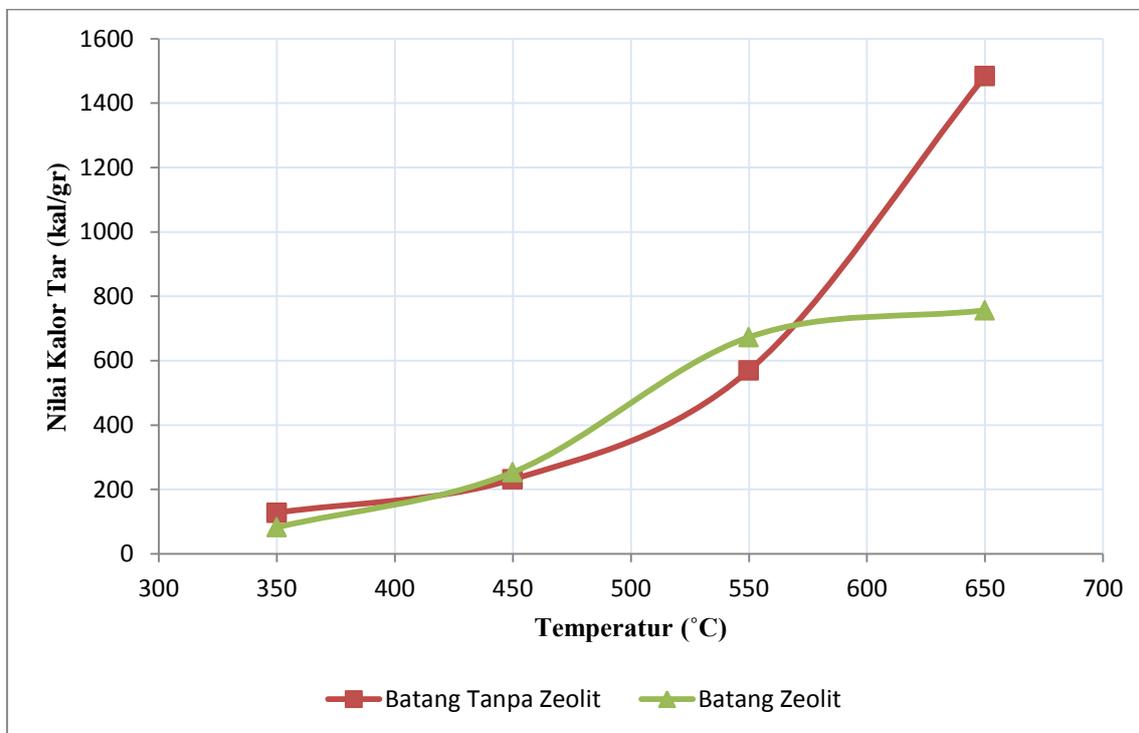
Gambar 4.7 Hubungan Temperatur terhadap Viskositas

Gambar 4.7 menunjukkan hubungan temperatur pirolisis terhadap viskositas pada tar yang dihasilkan dari pirolisis batang tembakau dengan menggunakan katalis zeolit 25% dan tanpa menggunakan katalis zeolit,

Pada gambar 4.7 dapat diketahui bahwa viskositas yang dihasilkan dari pirolisis batang tembakau menggunakan katalis zeolit 25%mt lebih rendah dibandingkan dengan hasil pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan katalis zeolit, hal ini dikarenakan rantai karbon pada pirolisis batang tembakau dengan menggunakan zeolit lebih sederhana

dibandingkan dengan rantai karbon pada pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan zeolit.

#### 4.8 Hubungan Antara Temperatur Pirolisis Terhadap Nilai Kalor Tar



Gambar 4.8 Hubungan Temperatur terhadap Nilai Kalor Tar

Temperatur pirolisis memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil pirolisis. Semakin tinggi temperatur pemanasan pada proses pirolisis maka nilai kalor pada tar akan semakin besar. Hal ini disebabkan semakin tinggi temperatur maka struktur lignoselulosic akan semakin terdekomposisi. Hemiselulosa terdegradasi oleh panas pada suhu 220–315°C dengan dekomposisi tercepat pada suhu sekitar 270°C, Selulosa terdegradasi pada suhu 315–400°C dengan dekomposisi tercepat pada suhu sekitar 350°C dan lignin terdekomposisi dengan rentang suhu 160 – 900°C (Yang *et al.*, 2007). Jadi semakin tinggi temperatur proses pirolisis maka semakin banyak biomassa yang terdekomposisi sehingga meningkatkan nilai kalor tar tersebut.

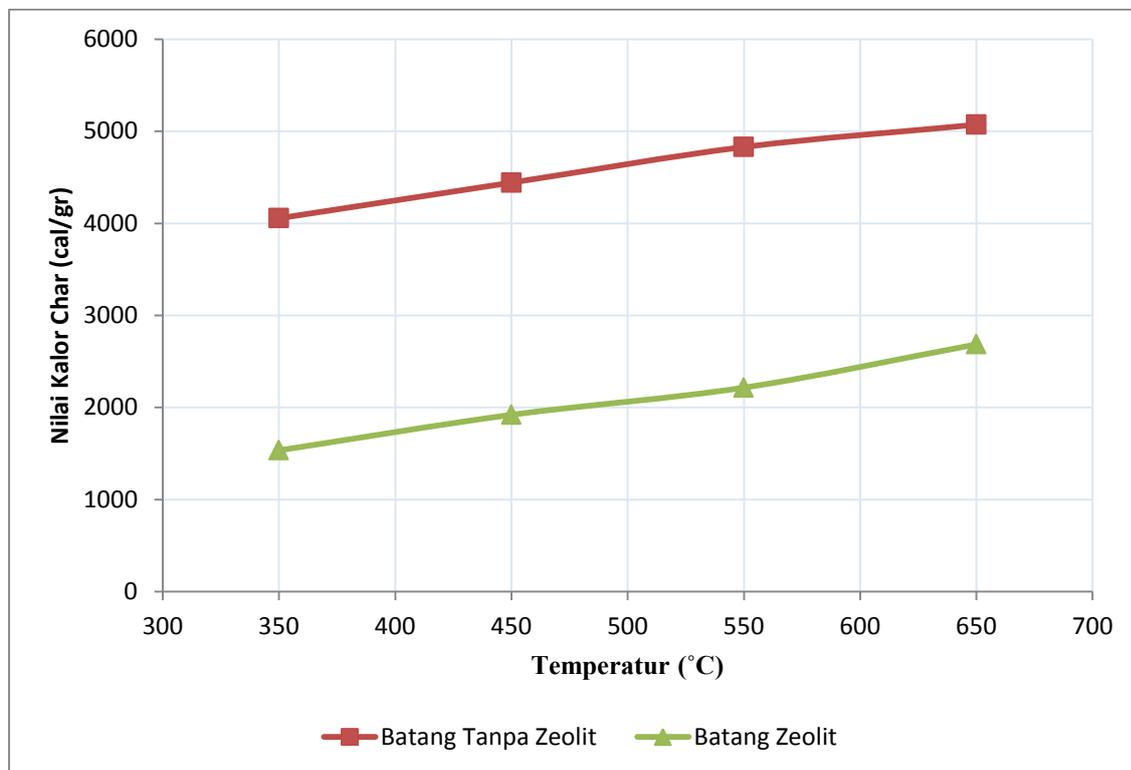
Gambar 4.8 merupakan perbandingan antara hubungan temperatur terhadap nilai kalor tar pada pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan zeolit, dengan pirolisis batang tembakau dengan menggunakan katalis zeolit 25%mt. Pada temperatur 350°C nilai kalor tar yang dihasilkan pirolisis dengan menggunakan zeolit sebesar 82,42 kal/gr, lebih kecil dibandingkan dengan pirolisis tanpa menggunakan zeolit yaitu sebesar 127,825, hal ini

disebabkan terdapat kandungan air atau embun yang ikut tercampur kedalam tempat penyimpanan tar saat proses pemindahan tar tersebut.

Pada temperatur 450°C dan 550°C nilai kalor yang terkandung oleh tar hasil pirolisis batang tembakau dengan menggunakan zeolit lebih besar dibandingkan dengan tanpa menggunakan zeolit, hal ini sudah sesuai dengan dasar teori.

Pada temperatur 650°C nilai kalor hasil pirolisis batang tembakau dengan menggunakan zeolit lebih sedikit dibandingkan dengan tanpa menggunakan zeolit. hal ini disebabkan terdapat kandungan air atau embun yang ikut tercampur kedalam tempat penyimpanan tar saat proses pemindahan tar tersebut.

#### 4.9 Hubungan Antara Temperatur Pirolisis Terhadap Nilai Kalor Char



Gambar 4.9 Hubungan Temperatur terhadap Nilai Kalor Char

Gambar 4.9 menggambarkan hubungan nilai kalor dari char dan temperatur pemanasan pirolisis, Secara umum semakin tinggi temperatur maka nilai kalor yang dihasilkan pada char akan semakin tinggi dikarenakan kandungan carbon akan semakin tinggi seiring dengan kenaikan temperatur.

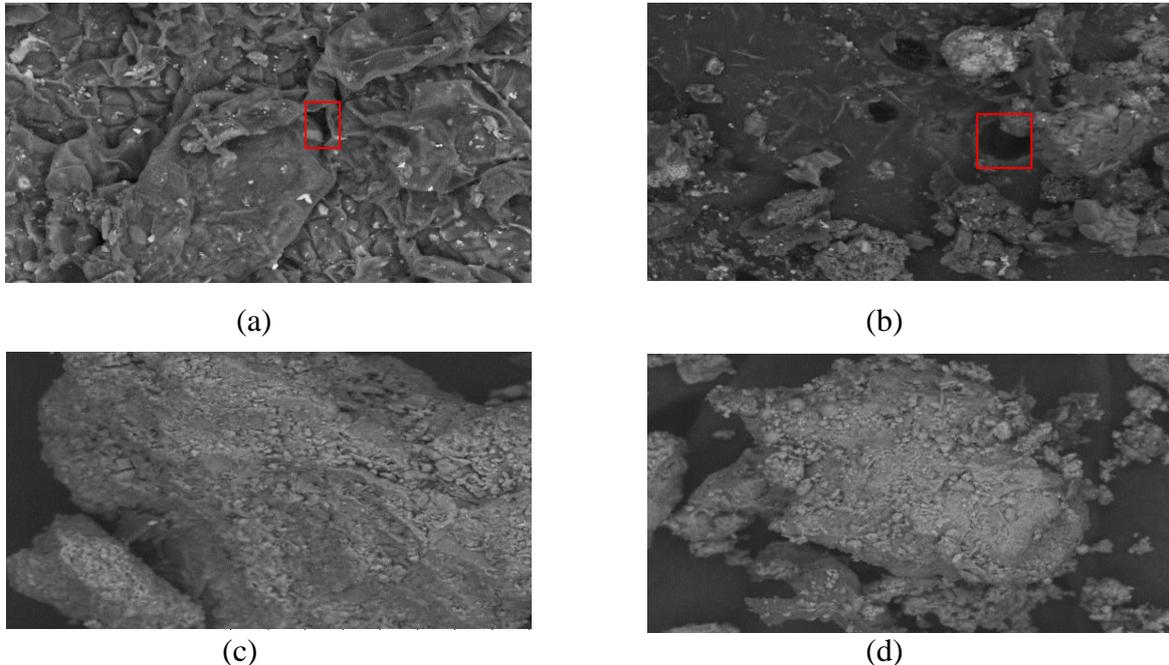
Dapat dilihat pada gambar 4.9 bahwa pada proses pirolisis batang tembakau dengan menggunakan zeolit 25%mt dan tanpa menggunakan zeolit memiliki kecenderungan yang sama, yaitu semakin tinggi temperatur pirolisis maka nilai kalor dari char hasil pirolisis tersebut akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan kandungan karbon pada proses ini semakin meningkat, dapat dilihat pada tabel 4.1 pada pembahasan berikutnya

Dapat dilihat pada tabel 4.1 bahwa pada temperatur 350°C memiliki kandungan karbon lebih rendah dibandingkan dengan pada temperatur 650°C pada char hasil pirolisis batang tembakau dengan menggunakan zeolit 25%mt dan tanpa menggunakan zeolit.

Kandungan unsur karbon pada char hasil pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan zeolit pada temperatur 350°C dan 650°C adalah 66,308% dan 70,306% sedangkan pada char hasil pirolisis batang tembakau pada temperatur 350°C dan 650°C adalah 23,795% dan 27,793%. Apabila dibandingkan satu sama lain, kandungan karbon dalam char pada char hasil pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan katalis zeolit lebih tinggi apabila dibandingkan dengan jumlah karbon yang terkandung pada char hasil pirolisis dengan menggunakan zeolit 25% mt, inilah yang menyebabkan nilai kalor pada char hasil pirolisis batang tembakau tanpa menggunakan zeolit lebih besar dibandingkan dengan char hasil pirolisis dengan menggunakan zeolit 25%mt.

#### 4.10 Hubungan Antara Temperatur Pirolisis Terhadap Kandungan Unsur Char

Untuk mendapatkan kandungan unsur yang terdapat pada char hasil pirolisis, digunakan alat. *Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX). Berikut adalah hasil foto pengujian dengan perbesaran 1000x pada char hasil pirolisis batang tembakau dengan menggunakan zeolit dan tanpa zeolit



Keterangan : perbesaran 1000x

Gambar 4.10 Foto char hasil pengujian SEM-EDX (a) 350°C tanpa zeolit, (b) 650°C tanpa zeolit, (c) 350°C zeolit 25%, (d) 650°C zeolit 25%,

Jika dilihat pada gambar 4.10 (a) dan (b) rongga yang dimiliki oleh char hasil pirolisis semakin besar seiring meningkatnya temperatur, dapat dilihat bahwa rongga-rongga yang terdapat pada gambar 4.10 (b) yaitu pada temperatur 650°C lebih besar dibandingkan dengan rongga yang terdapat pada gambar 4.10 (a), Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka rongga yang dihasilkan akan semakin besar

Pada gambar 4.10 (c) dan (d) dapat dilihat bahwa setiap rongga rongga pada char tidak dapat diidentifikasi karena rongga yang terbentuk ditempati oleh zeolit yang merupakan katalis pada proses pirolisis ini, inilah yang menyebabkan massa pada char hasil pirolisis dengan zeolit seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1 lebih besar dibandingkan dengan tanpa zeolit dan dapat dilihat bahwa pada gambar 4.10 (c) yang didapatkan dari hasil char pada temperatur 350°C memiliki ukuran partikel yang lebih besar dibandingkan dengan gambar 4.10 (d) yaitu hasil char pada temperatur 650°C, hal ini dikarenakan pada semakin tinggi temperatur maka semakin banyak biomassa yang terdekomposisi.

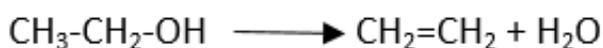
Dari pengujian tersebut dihasilkan pada tabel 4.1, pada tabel ini ditampilkan 6 jenis unsur yaitu C, O, Mg, Si, Ca, Fe. Silikon merupakan indikasi pemakaian zeolit, kalsium, magnesium dan besi menunjukkan kandungan yang dihasilkan dari batang tembakau dan zeolit, serta kandungan karbon dan oksigen sebagai parameter analisa dekomposisi hidrokarbon.

Tabel 4.1

Kadar unsur *char* hasil pirolisis batang tembakau pada variasi temperatur 350°C dan 650°C

Keterangan	Temperatur	Kandungan unsur (%)					
		C	O	Mg	Si	Ca	Fe
Tanpa Zeolit	350	66.308	26.429	0.640	0.574	0.585	0.783
	650	73.059	22.899	0.289	0.22	0.773	0.063
Dengan Zeolit 25%	350	23.795	59.83	0.430	9.628	1.502	0.589
	650	27.793	54.694	0.697	6.583	3.197	0.536

Kandungan karbon pada pirolisis dengan menggunakan katalis zeolit 25% akan meningkat seiring dengan semakin tingginya temperatur pirolisis, sedangkan kandungan oksigen akan semakin menurun seiring dengan semakin tingginya temperatur. Hal ini sesuai dengan mekanisme pemecahan rantai karbon panjang menjadi rantai karbon pendek (*thermal cracking*). *thermal cracking* prinsipnya adalah memutus ikatan C-C dan menyebabkan radikal bebas tersebut lebih reaktif. Sedangkan reaksi dehidrasi menyebabkan kadar H<sub>2</sub>O hilang saat proses pirolisis.



Gambar 4.11 Reaksi yang terjadi saat pirolisis

Pirolisis batang tembakau dengan menggunakan katalis zeolit 25% memiliki kandungan karbon sebesar 23,795% pada temperatur 350°C dan 27,793 pada temperatur 650°C, sedangkan kandungan karbon pada pirolisis tanpa menggunakan zeolit memiliki kandungan karbon sebesar 66,308 % pada temperatur 350°C dan 70,306 pada temperatur 650°C. Apabila dibandingkan, kandungan karbon pada pirolisis tanpa zeolit lebih besar dibandingkan dengan pirolisis dengan zeolit 25%. Hal ini dikarenakan pada proses pirolisis dengan zeolit terjadi *catalytic cracking* yang karakternya lebih membentuk senyawa aromatik yang memiliki rantai karbon yang panjang, senyawa aromatik ini menguap dan berubah menjadi produk tar dan gas, oleh sebab itu kadar karbon pada char

dengan katalis zeolit lebih rendah. Namun seiring dengan naiknya temperatur pirolisis kadar karbon dari pirolisis semakin meningkat karena unsur – unsur lain juga ikut terbawa oleh atom karbon menguap sehingga kadar karbon meningkat.