

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

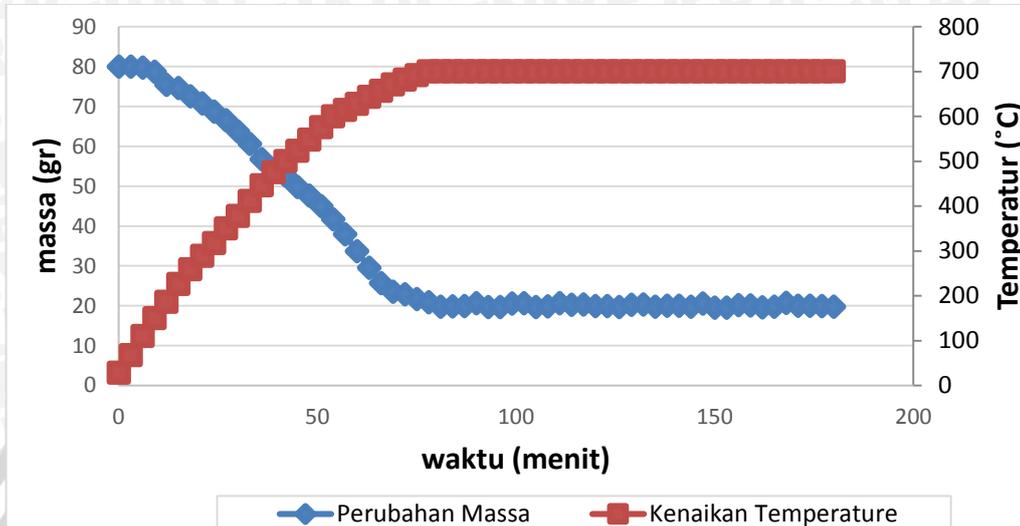
Hasil penelitian yang telah dilakukan menghasilkan beberapa data yang menunjukkan hubungan berbagai variasi temperatur pirolisis terhadap beberapa variabel terikatnya, yaitu :

- Pada gambar 4.1 merupakan Grafik yang menunjukkan hubungan waktu terhadap penurunan massa dan kenaikan temperatur pada temperatur 700°C untuk membantu dalam menjelaskan contoh perhitungan.
- Pada gambar 4.2 merupakan Grafik hubungan antara  $\ln k$  dengan  $1/T$  untuk menghitung *kinetic rate*.
- Pada gambar 4.3 merupakan Grafik yang menunjukkan hubungan waktu pirolisis terhadap penurunan massa *char*
- Pada gambar 4.4 merupakan Grafik yang menunjukkan hubungan waktu terhadap perubahan temperatur pirolisis
- Pada gambar 4.5 merupakan Grafik hubungan massa dan volume akhir *char* terhadap temperatur pirolisis
- Pada Gambar 4.6 merupakan Grafik Persamaan *kinetic rate char* dengan persamaan, (a) total (b) lokal.
- Pada Gambar 4.7 merupakan Grafik Perbandingan perubahan massa *char* aktual dan massa hasil perhitungan.

### Contoh Perhitungan

#### 1. Menghitung Persamaan *Kinetic Rate*

Menghitung *rate constan* pada temperatur 700°C pada menit ke 48

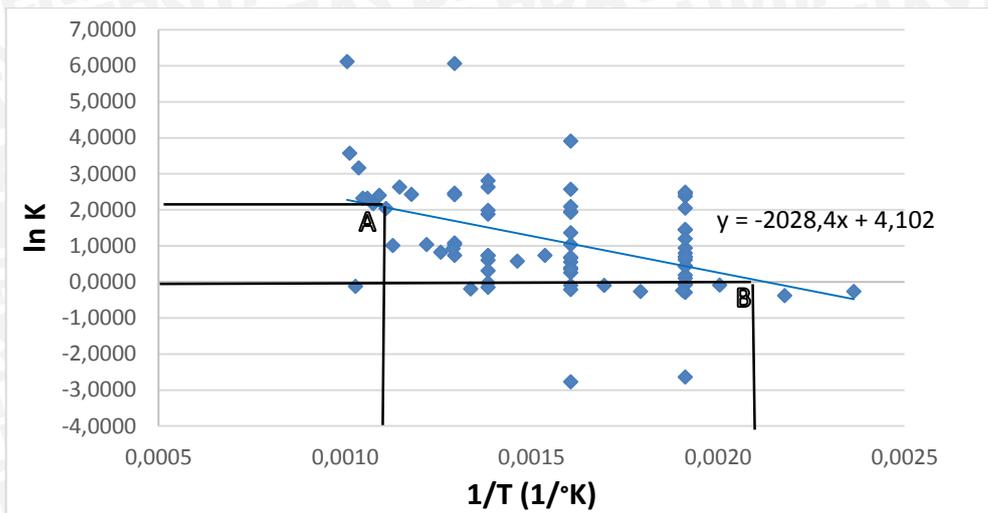


Gambar 4.1 grafik hubungan waktu terhadap penurunan massa dan kenaikan temperatur pada temperatur 700 C

$$\frac{(47,65-49,78)}{3} = -k \frac{47,65-19,77}{80-19,77}$$

$$k = 3,7 \text{ menit}^{-1}$$

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan  $k$  pada menit ke 48 sebesar  $3,7 \text{ menit}^{-1}$  kemudian dilakukan plot dengan sumbu  $x$  adalah  $1/T$  dan sumbu  $y$  adalah  $\ln K$ . Sehingga didapatkan suatu persamaan garis lurus yang selanjutnya di ubah menjadi persamaan Arrhenius  $K = A \cdot e^{-E_a/RT}$ .



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara  $\ln k$  dengan  $1/T$  untuk menghitung *kinetic rate*

- Menghitung *rate constan* total

Dari grafik tersebut telah ditentukan 2 titik yaitu A (0,00114,2) dan B (0,00212,0).

Dengan persamaan  $y = ax + c$  maka

$$\begin{array}{r} Q \rightarrow 2 = 0,00114a + c \\ P \rightarrow 0 = 0,00212a + c \\ \hline 2 = -0,00098a \\ a = -2028,4 \end{array}$$

dari persamaan A maka dapat diketahui c

$$\begin{aligned} c &= 2 - (0,00114 \times -2028,4) \\ &= 4,102 \end{aligned}$$

maka didapatkan persamaan liniernya

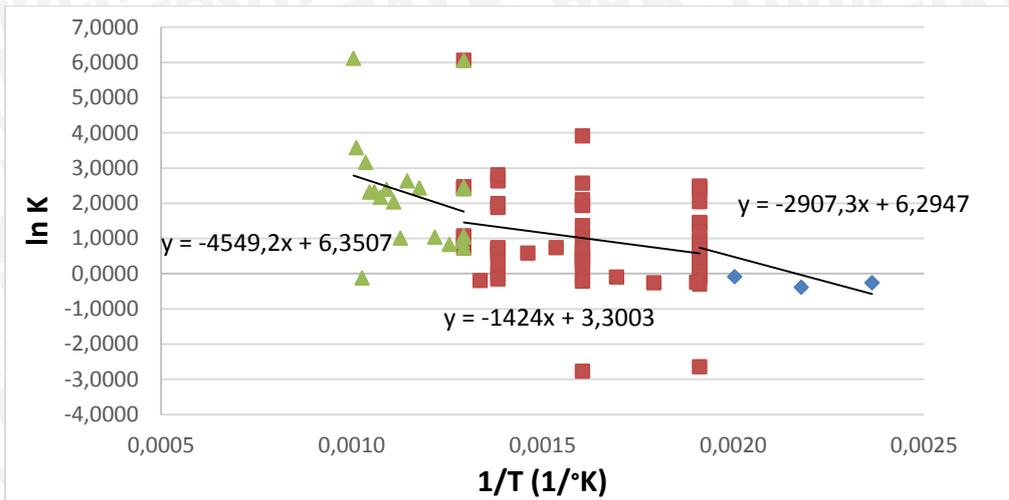
$$\begin{aligned} y &= -2028,4x + 4,102 \\ \ln K &= -2028,4x + 4,102 \end{aligned}$$

Dengan diketahuinya c maka dapat dicari a (pre-exponensial faktor)

$$\begin{aligned} C = \ln a &= -4,102 \\ a &= 60,3 \end{aligned}$$

dan dapat diketahui persamaan eksponensial dari k yaitu

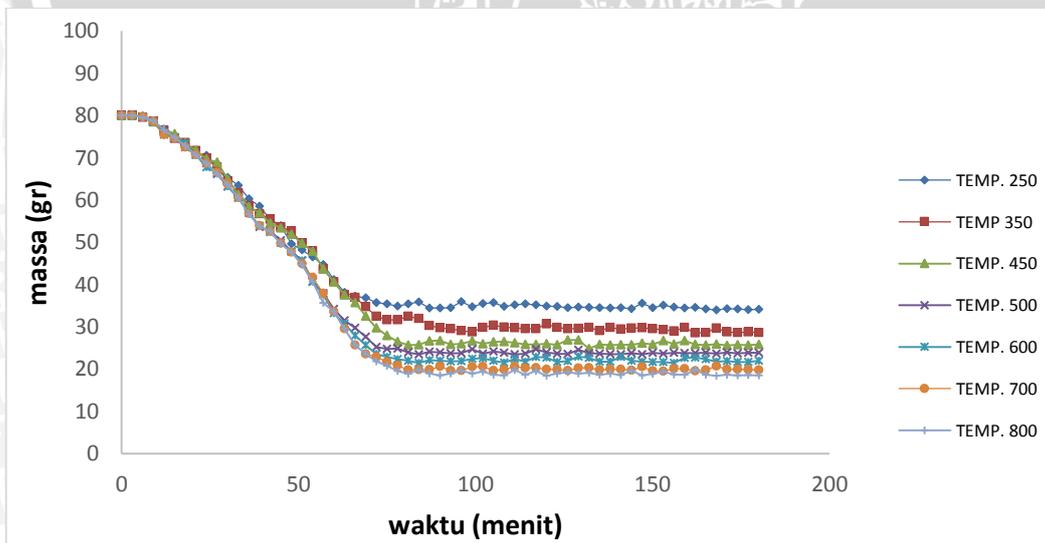
$$k = 60,3 e^{-2028,4/T}$$



Dengan cara yang sama seperti perhitungan *kinetic rate* total maka didapatkan persamaan *kinetic rate* lokal, untuk range 28-250°C didapat persamaan rate constan  $k_1 = 539,1 e^{-2907,3/T}$ , pada range temperatur 250-500°C didapat persamaan rate constan  $k_2 = 27,11 e^{-1424/T}$  dan pada range temperatur 500-800°C didapat persamaan rate constan  $k_3 = 572,4 e^{-4549,2/T}$ .

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Analisa grafik hubungan waktu pirolisis terhadap penurunan massa char



Gambar 4.3 Grafik hubungan waktu pirolisis terhadap penurunan massa char

Grafik di atas menjelaskan tentang keterkaitan antara temperatur terhadap perubahan massa char hasil pirolisis. Adapun variasi temperaturnya adalah 250,350,450,500,600,800°C.

Dari grafik hubungan temperatur pirolisis dan perubahan massa *char* dapat dilihat terjadi penurunan massa *char* antara suhu 250-800°C. Semakin besar temperatur pirolisis maka kehilangan massa *char* yang terjadi semakin besar dan reaksi yang terjadi semakin cepat, hal ini dikarenakan semakin tinggi temperatur maka energi kinetik yang diberikan untuk memecah komponen serbuk kayu mahoni juga semakin tinggi, sehingga semakin banyak komponen yang terdekomposisi.

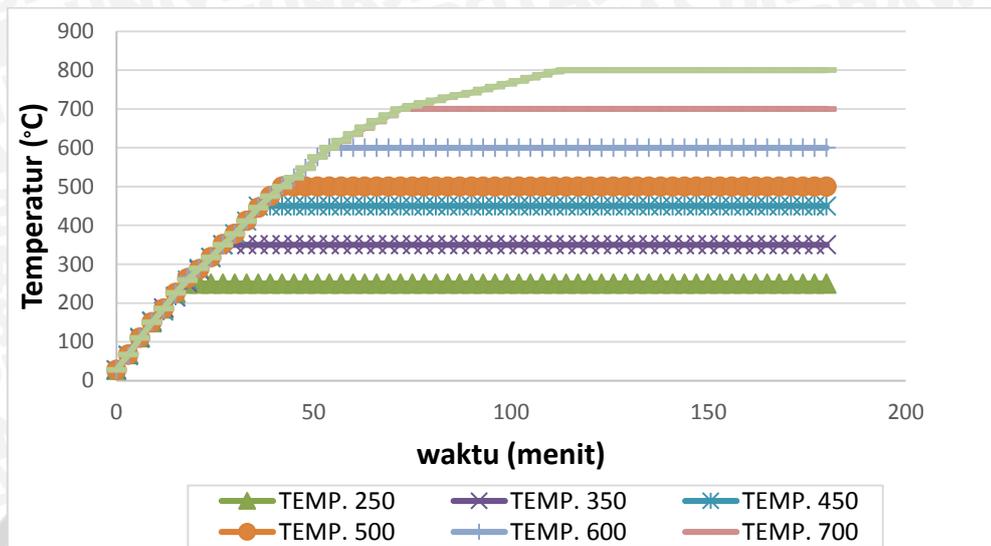
Komponen utama dari serbuk kayu mahoni adalah 40-45% selulosa, 24-40% hemiselulosa, dan 18-25% lignin. Komponen-komponen tersebut akan terdekomposisi pada temperatur yang berbeda-beda. Menurut Mohan (2010) hemiselulosa akan terdekomposisi pada temperatur 200-260°C, hemi selulosa terdekomposisi pada temperatur 260-350°C dan lignin akan terdekomposisi pada temperatur 350-800°C.

Saat temperatur 250°C pada serbuk kayu mahoni terjadi evaporasi air dan sebagian dari hemiselulosa terdekomposisi, sehingga menyebabkan kehilangan massa yang terjadi pada temperatur pirolisis 250°C paling kecil dibandingkan dengan kehilangan massa pada temperatur pirolisis 350, 450, 500, 600, C dan 800C.

Saat temperatur 350°C pada serbuk kayu mahoni terjadi evaporasi air, hemiselulosa terdekomposisi secara menyeluruh dan sebagian besar dari selulosa terdekomposisi, sehingga menyebabkan kehilangan massa yang terjadi lebih besar dibandingkan kehilangan massa pada temperatur 250°C.

Pada temperatur 450°C sampai 800°C terjadi evaporasi air, seluruh komponen utama serbuk kayu mahoni yaitu hemiselulosa, selulosa dan lignin mulai terdekomposisi, sehingga kehilangan massa yang terjadi akan semakin besar seiring bertambahnya temperatur. Perbedaan kehilangan massa yang terjadi disebabkan kadar lignin yang terdekomposisi semakin banyak pada temperatur yang lebih tinggi. Pada temperatur 800°C kehilangan massa yang terjadi paling besar disebabkan kadar lignin yang ada pada serbuk kayu mahoni terdekomposisi secara menyeluruh.

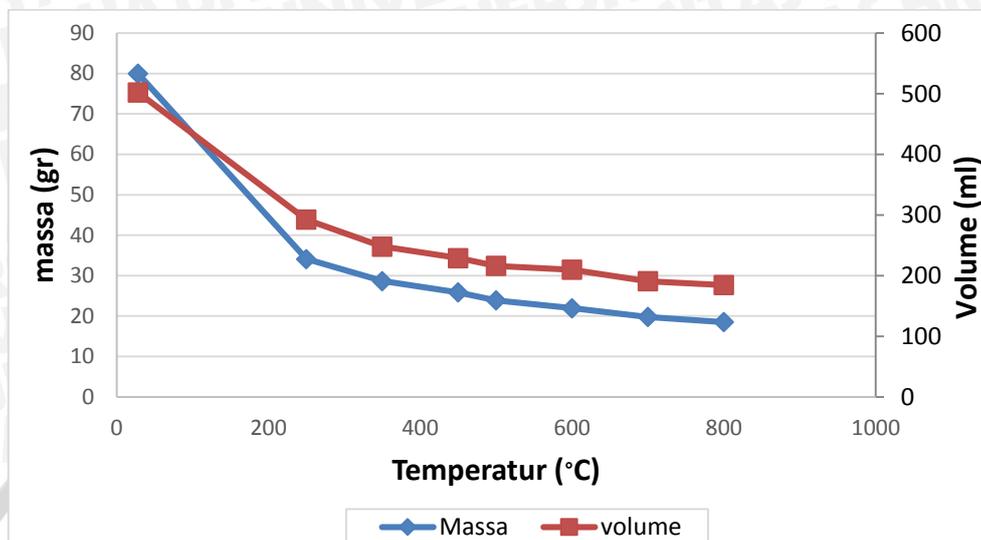
#### 4.2.2. Analisa Grafik hubungan waktu terhadap perubahan temperatur pirolisis



Gambar 4.4 Grafik hubungan waktu terhadap perubahan temperatur pirolisis

Grafik diatas menjelaskan tentang hubungan waktu terhadap terhadap perubahan temperatur dengan beberapa variasi temperatur akhir. Adapun variasi temperatur akhirnya adalah 250,350,450,500,600,700,800°C. Dimana untuk mencapai kestabilan temperatur yang diinginkan dibutuhkan waktu tertentu. Pada penelitian ini menggunakan heater yang bersumber dari energi listrik untuk memanaskan biomassa. Pada temperatur 250°C dibutuhkan waktu yang singkat yaitu sekitar 20 menit. Heating rate pada setiap variasi tempertur cenderung sama yaitu sekitar 10°C/ menit. Grafik ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kinetik rate aktual setiap titik waktu pirolisis.

#### 4.2.3. Analisa Grafik hubungan massa dan volume akhir char terhadap temperatur pirolisis

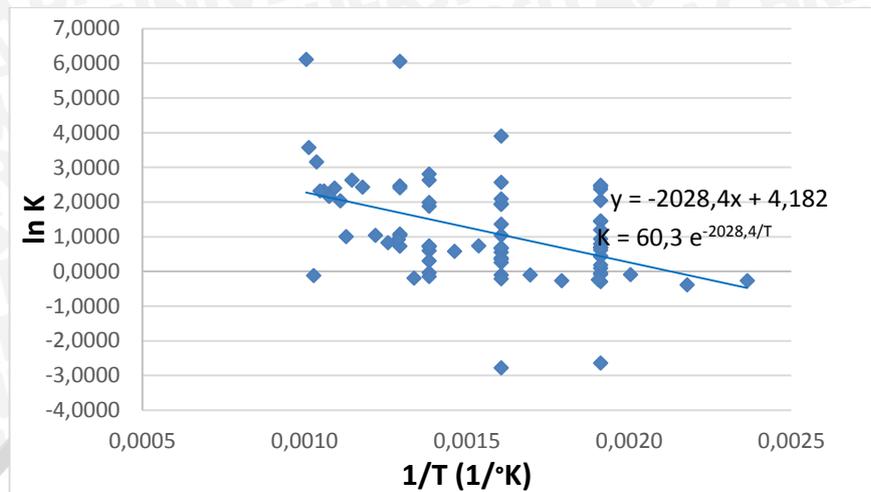


Gambar 4.5 Grafik hubungan massa dan volume akhir char terhadap temperatur pirolisis

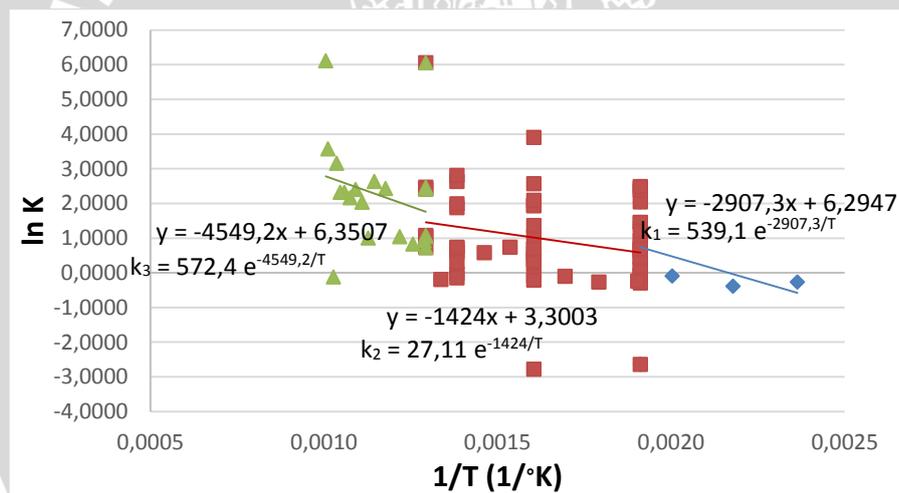
Grafik diatas menjelaskan tentang hubungan massa dan volume akhir char terhadap temperatur pirolisis. Adapun variasi temperatur yaitu 28°C (sebelum pirolisis), 250°C, 350°C, 450°C, 500°C, 600°C, 700°C, dan 800°C.

Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa seiring meningkatkannya temperatur maka terjadi penurunan secara signifikan massa dan volume akhir char. Hal ini dikarenakan komponen dalam serbuk kayu semakin banyak yang terdekomposisi. Pada temperatur 28°C densitas dari biomassa sebesar 0,16 gram/ml sedangkan densitas char pada setiap temperatur pirolisis cenderung sama yaitu sebesar 0,11 gram/ml. Hal ini dikarenakan banyak celah yang berongga akibat aliran gas dan tar yang terlepas sehingga densitas setelah proses pirolisis menjadi turun. Massa dan volume terbesar adalah pada temperatur 28°C sebesar 80 gram dan 502,3 ml. Sedangkan massa dan volume yang terkecil adalah pada temperatur 800°C sebesar 18,52 gram dan 184,39 ml. Hal ini dikarenakan pada temperatur 800°C komponen yang ada pada biomassa terdekomposisi secara menyeluruh. Sehingga massa nya berkurang dan volumenya mengecil.

#### 4.2.4 Analisa grafik persamaan *kinetic rate char*



(a)



(b)

Gambar 4.6 Grafik Persamaan *kinetic rate char* dengan persamaan, (a) total (b) lokal.

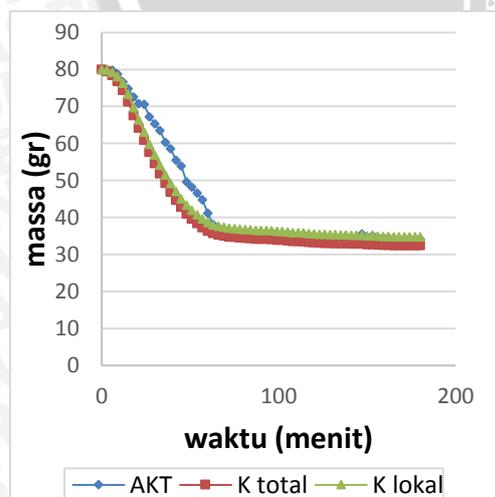
Untuk menghitung kinetik rate pada proses pirolisis maka digunakan maka dalam penelitian ini digunakan 2 metode pendekatan yaitu yang pertama dengan menggunakan kinetik rate total dan yang kedua adalah dengan menggunakan kinetik rate lokal. Kinetik rate total adalah kinetik rate yang didapatkan dari pengeplotan nilai K seluruh titik dari suhu 28 sampai 800°C. Untuk kinetikrate total didapatkan persamaan  $K = 60,3 e^{-2028,4/T}$  ditunjukkan Gambar 4.6 (a). Sedangkan kinetik rate lokal adalah kinetik rate yang didapatkan dari pengeplotan dari masing-masing range temperatur, pada range temperatur 28-250°C menggunakan persamaan  $k_1 = 539,1 e^{-2907,3/T}$  ditunjukkan garis biru. Pada range

temperatur 250-500°C menggunakan persamaan  $k_2 = 27,11 e^{-1424/T}$  ditunjukkan garis merah. Pada range 500-800°C menggunakan persamaan  $k_3 = 572,4 e^{-4549,2/T}$  ditunjukkan garis hijau. Dari persamaan persamaan tersebut selanjutnya didapatkan nilai k pada masing masing temperatur.

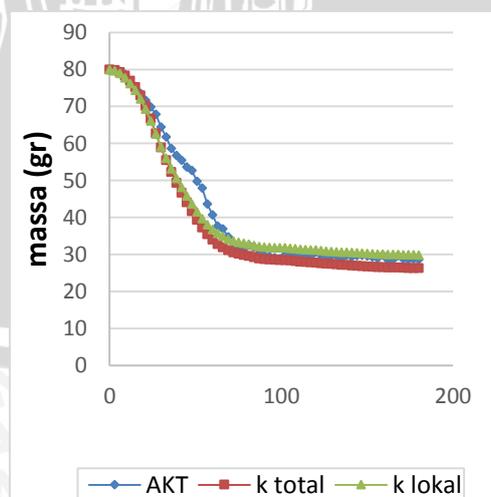
Tabel 4.1 nilai K hitung dengan variasi temperatur dengan menggunakan 2 metode

Temperatur (°C)	Nilai K (menit <sup>-1</sup> ) dengan persamaan Kinetik rate total	Nilai K (menit <sup>-1</sup> ) dengan persamaan Kinetik rate lokal
250	1,247358	2,077178
350	2,324849	2,757125
450	3,647521	3,782297
500	4,373419	4,296193
600	5,907185	5,123148
700	7,500736	5,335607
800	9,109473	8,249365

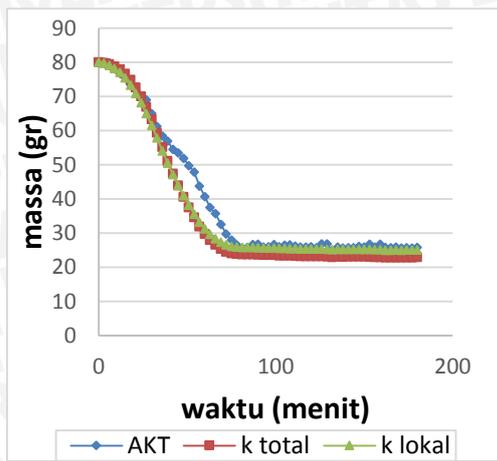
Tabel 4.1 menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur pirolisis maka nilai k (*rate constant*) juga akan semakin besar, baik menggunakan persamaan kinetik rate total maupun lokal. Hal ini disebabkan semakin tinggi temperatur maka energi kinetik untuk memecah biomassa semakin besar. Sehingga biomassa dapat terdekomposisi secara cepat.



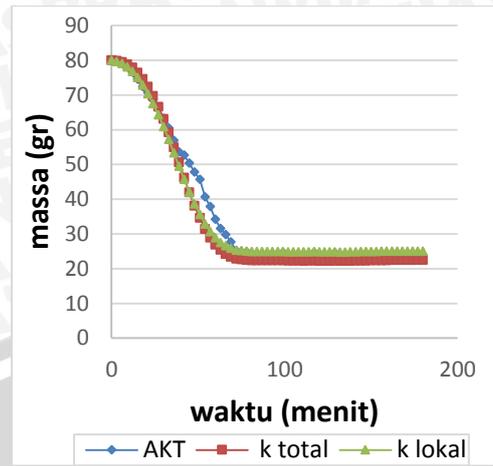
(a)



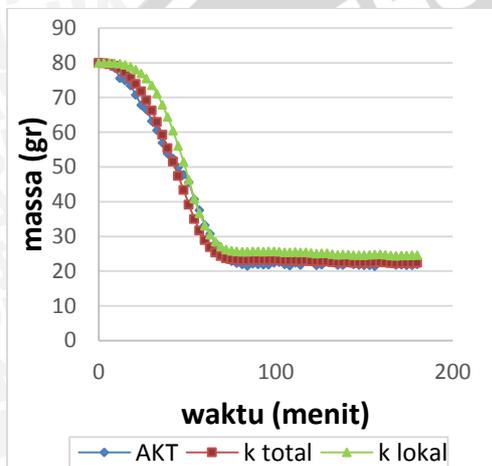
(b)



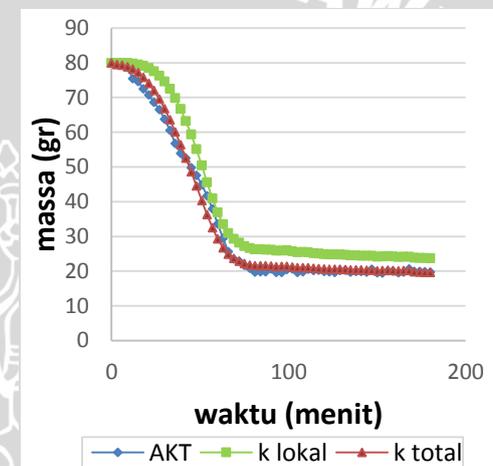
(c)



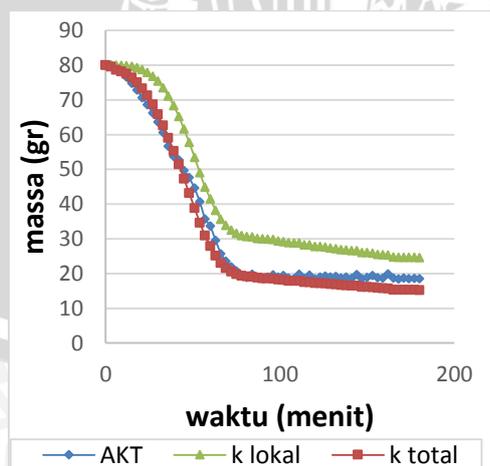
(d)



(e)



(f)



(g)

Gambar 4.7 Grafik Perbandingan perubahan massa char aktual dan massa hasil perhitungan pada temperatur (a) 250, (b) 350, (c) 450, (d) 500, (e) 600 (f) 700 (g) 800

Dari persamaan kinetik rate yang telah diketahui selanjutnya dapat digunakan untuk mencari nilai  $k$  hitung, kemudian untuk mengetahui seberapa akurat nilai  $k$  hitung maka akan dibandingkan antara data hasil perhitungan dengan data hasil pengujian di laboratorium, dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Dari Gambar dapat dilihat bahwa pada temperatur 250-500 °C yang mendekati kebenaran adalah perhitungan dengan menggunakan nilai  $k$  lokal. Pada data eksperimen terdapat titik-titik yang berada di atas data perhitungan. Ini disebabkan massa yang telah terdekomposisi belum terlepas sepenuhnya dari biomassa sehingga mengakibatkan timbangan masih mendapatkan beban.

Pada temperatur 600-800 °C model perhitungan yang mendekati kebenaran adalah dengan model perhitungan menggunakan persamaan  $k$  total. Grafik pada perhitungan lokal berada di atas data eksperimen. Hal ini dikarenakan untuk titik tertentu nilai  $k$  pada perhitungan lebih kecil dibanding dengan nilai  $k$  aktual sehingga penurunan massanya rendah apabila menggunakan persamaan lokal. Dari gambar tersebut juga menunjukkan semakin tinggi temperatur maka terjadinya dekomposisi dibutuhkan waktu yang cepat. Semakin meningkatnya temperatur maka nilai kinetik rate akan semakin meningkat hal ini dapat dilihat dari waktu kehilangan massa yang terjadi.

