

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 menunjukkan perbandingan pengurangan massa pada proses pirolisis dengan *heating rate* 400 °C/jam dan 800 °C/jam.
- Pada gambar 4.2 menunjukkan perubahan *rate of mass loss* (DTG) pada proses pirolisis dengan menggunakan *heating rate* 400 °C/jam dan 800 °C/jam.
- Pada gambar 4.3 menunjukan grafik perbandingan DTA dengan menggunakan *heating rate* 400 °C/jam dan 800 °C/jam.
- Pada gambar 4.4 menunjukkan grafik persamaan *kinetic rate char product* dengan *heating rate* 400°C/Jam.
- Pada gambar 4.5 menunjukkan grafik persamaan *kinetic rate char product* dengan *heating rate* 800°C/Jam

Contoh Perhitungan

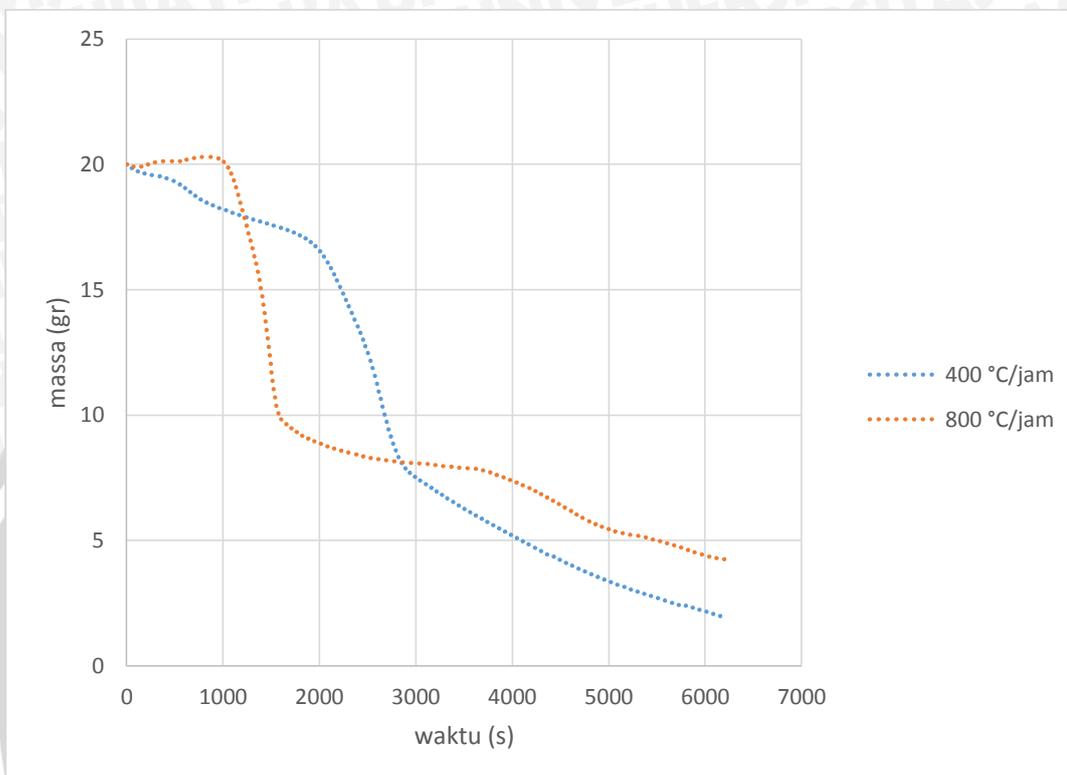
I. *Rate Constan* pada temperatur 400°C/jam pada detik ke 2000

$$k = \frac{16.555 - 16.5505}{1.002} \cdot \frac{20 - 1.939}{16.5505 - 1.939}$$

$$k = 0,050466 \text{ gram/s}$$

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisa grafik pengaruh waktu pirolisis terhadap pengurangan massa



Gambar 4.1 Grafik perbandingan pengurangan massa pada proses pirolisis dengan *heating rate* 400 °C/jam dan 800 °C/jam

Grafik diatas merupakan perbandingan pengurangan massa dengan menggunakan *heating rate* 400 °C/jam dan 800 °C/jam. Dengan menggunakan serbuk kayu mahoni seberat 20 mg.

Dari grafik tersebut terlihat bahwa semakin lama waktu pirolisis maka berat dari serbuk kayu mahoni akan semakin berkurang, hal ini dikarenakan unsur utama dari serbuk kayu mahoni yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin telah terdekomposisi. Dari table 2.2 dapat dilihat prosentase kandungan dari hemiselulosa, selulosa, dan lignin untuk serbuk kayu mahoni yang termasuk dalam katagori *hardwood*.

Pada grafik terjadi perbedaan penurunan massa selama waktu pirolisis dengan *heating rate* yang berbeda. Pada *heating rate* 400 °C/jam terlihat penurunan tidak terlalu tajam namun terjadi secara perlahan hal ini berbeda dengan *heating rate* 800 °C/jam yang menurun dengan sangat tajam. Hal tersebut terjadi karena dengan semakin tinggi *heating rate* maka laju dekomposisi serbuk kayu mahoni akan semakin tinggi pula kemudian

kenaikan suhu diruang furnace akan semakin cepat sehingga kandungan hemiselulosa, selulosa, dan lignin yang terdekomposisi akan semakin cepat.

Menurut Kateryzina *et al*, Hemiselulosa akan terdekomposisi pada temperature pirolisis 473-553 K, sedangkan selulosa akan terdekomposisi pada temperature 523-623 K dan lignin akan terdekomposisi pada temperature 453-lebih1000 K. Pada temperature tersebut masing-masing unsur akan terdekomposisi menjadi char, bio-oil, dan gas.

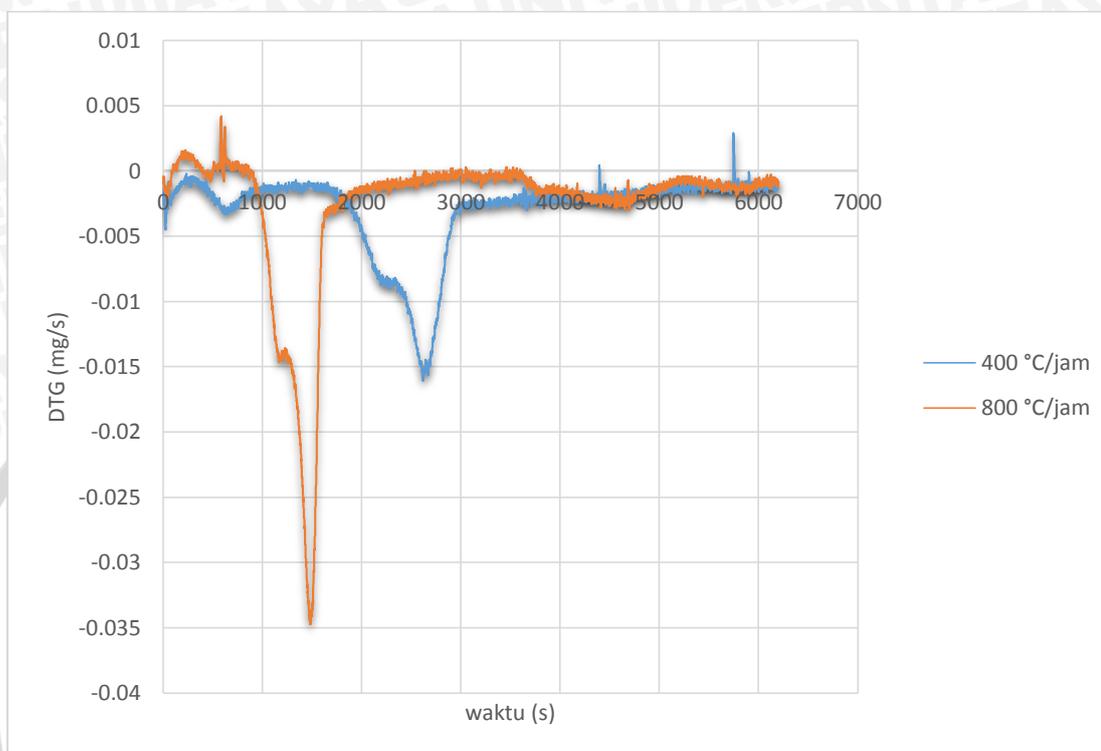
Pada grafik *heating rate* 400 °C/jam penurunan massa terjadi secara kontinyu namun tidak menukik terlalu tajam karena laju pemanasan yang digunakan untuk dekomposisi unsur-unsur kayu seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin berlangsung dengan lambat. Pada awal pemanasan terjadi fase penguapan air yang terkandung pada serbuk kayu. Kemudian setelah mencapai temperatur 473-653 K pada detik 1653-2000 hemiselulosa mulai terdekomposisi dan selulosa baru akan mulai terdekomposisi begitu juga dengan lignin yang baru akan mulai terdekomposisi hal ini menyebabkan grafik menurun. Kemudian pada temperatur 523-653 K pada detik 2096-3226 selulosa sudah mulai terdekomposisi dan hemiselulosa juga sudah dalam tahap dekomposisi kemudian didetik ini lignin baru mulai terdekomposisi hal ini juga yang menyebabkan grafik turun secara signifikan. Selanjutnya pada temperature 453-1173 K pada detik 1476-6194 semua unsur-unsur serbuk kayu yaitu hemiselulosa, selulosa, dan lignin terdekomposisi secara bersamaan, pada rentang waktu ini terjadi penurunan grafik secara signifikan kemudian laju penurunan massa mulai menurun karena semua kandungan sudah terdekomposisi tersisa lignin yang masih terdekomposisi karena lignin memerlukan suhu yang tinggi untuk terdekomposisi.

Pada grafik *heating rate* 800 °C/jam tidak terlihat pengurangan massa dari detik 0-1000 kemudian terjadi penurunan massa yang sangat tajam pada detik 1000-1567 yaitu pada temperature 503-653 K. Hal ini terjadi karena unsur kayu hemiselulosa, selulosa, dan lignin terdekomposisi secara bersamaan. Pada hemiselulosa dan selulosa langsung terdekomposisi secara menyeluruh sedangkan lignin masih membutuhkan waktu lebih banyak untuk proses dekomposisi, hal itu lah yang menyebabkan perubahan penurunan massa menjadi melambat.

Dapat disimpulkan dari grafik bahwa pengurangan massa di *heating rate* 400 °C/jam lebih lambat jika dibandingkan dengan menggunakan *heating rate* 800 °C/jam, hal ini dikarenakan pada *heating rate* 800 °C/jam kemampuan penyebaran panas secara konduksi dalam furnace dan temperatur maksimum akan lebih cepat tercapai sehingga

menyebabkan laju dekomposisi unsur-unsur serbuk kayu seperti hemiselulosa, selulosa dan lignin akan semakin cepat pula.

4.2.2 Analisa grafik pengaruh waktu pirolisis terhadap *rate of mass loss* (DTG)



Gambar 4.2 Grafik perubahan *rate of mass loss* (DTG) pada proses pirolisis dengan menggunakan *heating rate* 400 °C/jam dan 800 °C/jam

Grafik diatas merupakan DTG pada pirolisis dengan menggunakan *heating rate* 400 °C/jam dan 800 °C/jam. Dengan menggunakan serbuk kayu mahoni seberat 20 mg.

DTG bisa juga disebut dengan penurunan massa persatuan waktu. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi *heating rate* maka DTG akan memiliki puncak grafik yang tinggi juga. Hal ini dikarenakan jika semakin tinggi *heating rate* maka unsur-unsur serbuk kayu yang terdekomposisi juga akan semakin tinggi, sehingga menyebabkan nilai puncak dari grafik juga akan semakin tinggi. Seperti yang sudah diketahui pirolisis terbagi menjadi 3 bagian, yaitu penguapan air, pirolisis aktif dan pirolisis pasif.

Pada grafik terlihat *heating rate* 400 °C/jam memiliki puncak grafik yang rendah dibandingkan dengan puncak grafik yang dimiliki oleh *heating rate* 800 °C/jam dan juga

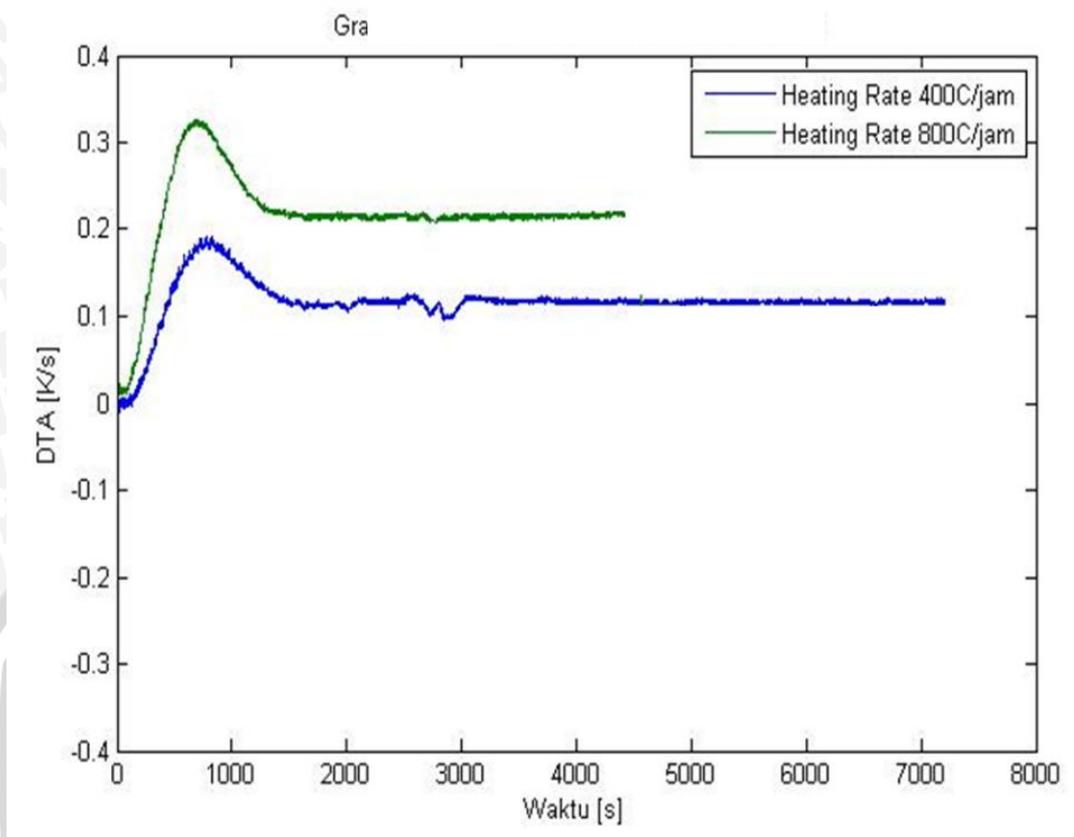
pada *heating rate* 400 °C/jam memiliki waktu yang lebih lama untuk mencapai puncak tertinggi pada grafik jika dibandingkan dengan *heating rate* 800 °C/jam.

Pada *heating rate* 400 °C/jam memiliki puncak grafik rendah dan waktu yang lebih lama untuk mencapai puncak grafik, hal ini dikarenakan pada *heating rate* 400 °C/jam memiliki laju reaksi yang lambat. Untuk proses penguapan memerlukan waktu 0-490 detik hingga air dapat menguap. Untuk selanjutnya masuk kedalam fase pirolisis aktif dimana posisi pirolisis aktif berada pada detik 1000-2879 detik dan pada detik selanjutnya differential mass loss mulai menurun kembali yang menandakan memasuki fase pirolisis pasif. Pada fase pirolisis aktif unsur serbuk kayu seperti hemiselulosa dan selulosa sudah memasuki fase dekomposisi sedangkan lignin baru akan memasuki fase dekomposisi, setelah memasuki fase pirolisis pasif barulah lignin memasuki fase dekomposisinya dibarengi dengan menurunnya grafik DTG.

Pada *heating rate* 800 °C/jam memiliki puncak grafik lebih tinggi dan memiliki waktu yang lebih cepat untuk mencapai puncak grafik, hal ini dikarenakan pada *heating rate* 800 °C/jam memiliki laju reaksi yang cepat. Untuk proses penguapan memerlukan waktu 0-384 detik hingga air dapat menguap. Selanjutnya masuk dalam pirolisis aktif dimana unsur seperti hemiselulosa dan selulosa sudah mulai terdekomposisi dan lignin baru akan mulai terdekomposisi yang terjadi pada detik 860-1537, kemudian memasuki fase pirolisis pasif dimana lignin sudah memasuki fase terdekomposisi yang juga disertai penurunan grafik pada detik 1537. Pada *heating rate* 800 °C/jam fase pirolisis terjadi dengan cepat dikarenakan semakin cepat temperatur meningkat maka penyebaran distribusi panas juga akan meningkat yang mengakibatkan cepat pula unsur serbuk kayu terdekomposisi.

Dapat disimpulkan dari grafik bahwa semakin tinggi *heating rate* yang dipakai maka puncak grafik juga akan semakin tinggi serta waktu penguapan air dan dekomposisi unsur-unsur serbuk kayu akan semakin cepat. Bagian awal dari pirolisis adalah fase penguapan air. Kemudian memasuki fase pirolisis aktif dimana hemiselulosa dan selulosa sudah mulai terdekomposisi sedangkan lignin terdekomposisi diantara fase pirolisis aktif dan pirolisis pasif.

4.2.3 Analisa grafik pengaruh waktu pirolisis terhadap perubahan DTA



Gambar 4.3 Grafik perbandingan DTA dengan menggunakan *heating rate* 400 °C/jam dan 800 °C/jam

Grafik diatas merupakan perbandingan DTA pada pirolisis dengan menggunakan *heating rate* 400 °C/jam dan 800 °C/jam. Dengan menggunakan serbuk kayu mahoni seberat 20 mg.

Differential thermal analysis (DTA) adalah Teknik untuk mengetahui perubahan temperatur terhadap perubahan waktu yang terjadi pada saat pirolisis.

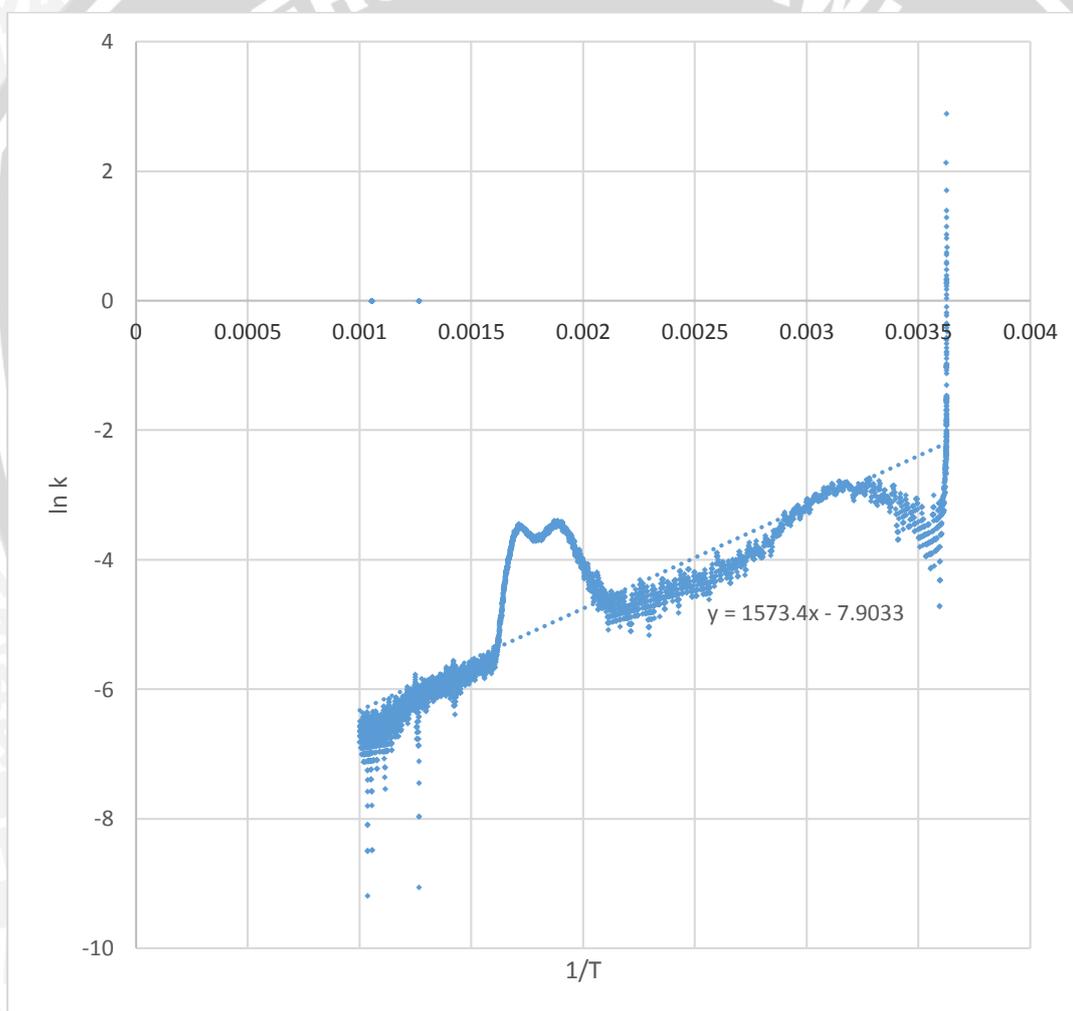
Pada grafik terlihat perubahan DTA pada *heating rate* 400 °C/jam waktu untuk mencapai temperatur 1000 °C lebih lama jika dibandingkan dengan *heating rate* 800 °C/jam. Hal ini dikarenakan laju pemanasan yang terjadi pada *heating rate* 400 °C/jam tidak secepat *heating rate* 800 °C/jam.

Pada grafik *heating rate* 400 °C/jam terlihat proses laju pemanasan pada pirolizer lambat untuk mencapai temperatur 1000 °C. Laju pemanasan yang lambat juga mempengaruhi laju dekomposisi yang terjadi sehingga proses penguraian unsur-unsur serbuk kayu mahoni yang terjadi juga semakin melambat.

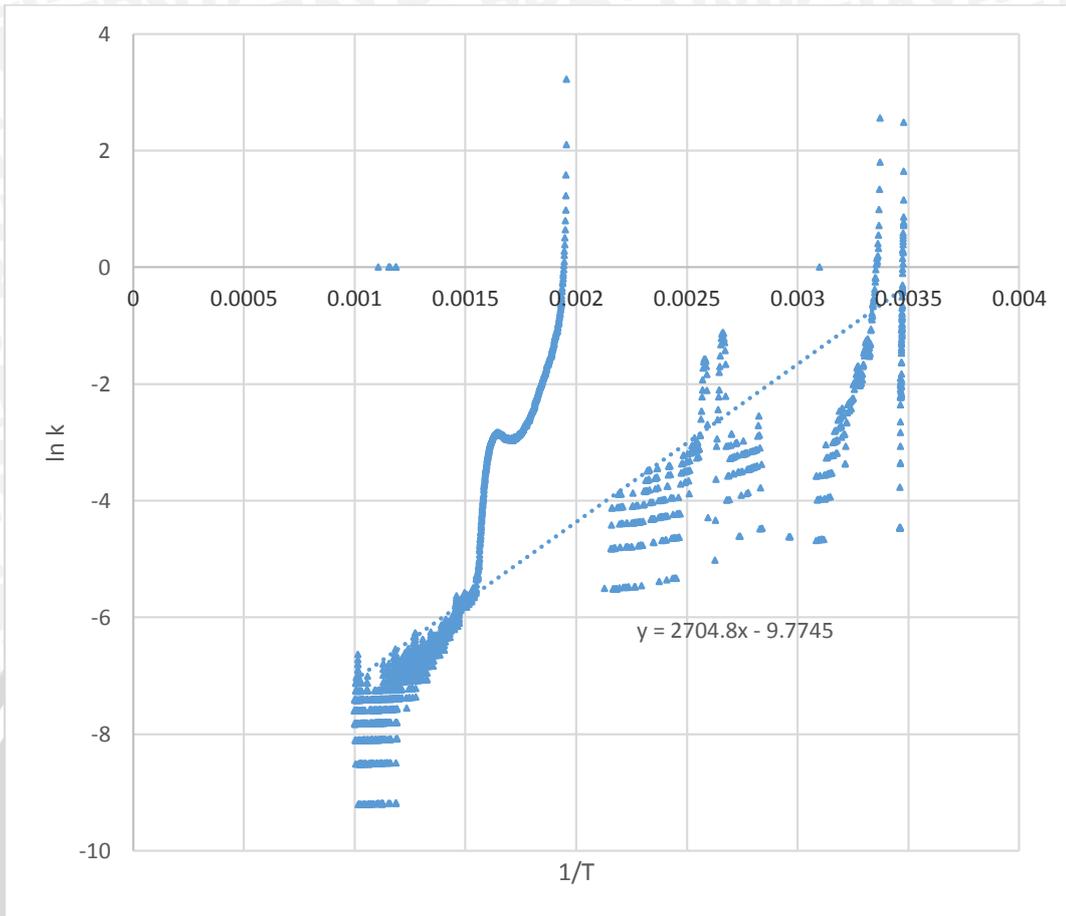
Sedangkan pada grafik *heating rate* 800 °C/jam terlihat proses laju pemanasan pada pirolizer untuk mencapai temperatur 1000 °C sangat cepat. Laju pemanasan yang cepat juga mempengaruhi laju dekomposisi yang terjadi sehingga proses penguraian unsur-unsur serbuk kayu mahoni yang terjadi juga cepat.

Dapat disimpulkan bahwa *heating rate* 800 °C/jam memiliki nilai DTA yang lebih cepat jika dibandingkan dengan *heating rate* 400 °C/jam. Hal ini terjadi karena laju pemanasan pada *heating rate* 800 °C/jam berlangsung dengan cepat, sehingga mempengaruhi laju dekomposisi yang menjadi berlangsung dengan cepat pula.

4.2.4 Analisa grafik persamaan *kinetic rate char product*



Gambar 4.4 Grafik Persamaan *Kinetic rate char product* dengan heating rate 400°C/Jam



Gambar 4.5 Grafik Persamaan *Kinetic rate char product* dengan heating rate 800°C/Jam

Dari grafik diatas persamaan laju kinetik terdapat dari 2 *heating rate* yang berbeda, yaitu 400C/Jam dan 800 C/Jam. Pada *heating rate* 400 °C/Jam persamaan *kinetic rate* $k = 7.9033 \exp^{-1573.4/T}$, sedang kan pada *heating rate* 800 °C/Jam $k = 9.7745 \exp^{-2704.8/T}$.

Persamaan dari grafik diatas diperoleh dari fungsi awal $\frac{dX}{dt} = k \frac{(m_i - m_a)}{(m_i - m_f)} \beta$ yang dapat dicari dari pertambahan massa untuk mendapatkan k. Kemudian dari k tersebut dijadikan grafik *rate constant* dan kemudian diubah dalam bentuk persamaan linier dari persamaan eksponensial $y = ae^{bx} \rightarrow y = ax + c$. Dengan begitu didapatkan energi aktivasi dan nilai pre-exponential factor. Pada grafik diatas, *kinetic rate* dari heating rate 400 C/Jam yaitu $7.9033 \exp^{-1573.4/T}$. Dan pada heating rate 800°C/Jam yaitu $k = 9.7745 \exp^{-2704.8/T}$. Dengan demikian dapat diketahui energi aktivasi dari char Product yaitu pada heating rate 400 C/Jam $-1573.4/(RT)$ dan pre-exponential factor yaitu 7.9033.

Sedangkan pada heating rate $800^{\circ}\text{C}/\text{Jam}$ memiliki energi aktivasi $-2704.8/(\text{RT})$ dengan preexponensial faktor 9.7745.

Dari persamaan tersebut kita dapat mendapatkan hasil nilai *kinetic rate* dengan memasukan nilai R (konstanta gas) dan T (temperatur) disetiap detik sehingga didapatkan nilai *kinetic rate* pada *heating rate* $400^{\circ}\text{C}/\text{Jam}$ lebih kecil dibandingkan nilai *kinetic rate* pada *heating rate* $800^{\circ}\text{C}/\text{Jam}$.

