

## PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP LAJU REAKSI TAR HASIL PIROLISIS SERBUK KAYU MAHONI PADA ROTARY KILN

*Pyrolysis is a thermochemical process chemical decomposition of organic substances through the heating process without oxygen. It produced char, tar, and gas. Rotary kiln Pyrolysis is horizontal stove with biomass that being moved in certain rotary along the stove. Biomass particle movement in rotary kiln concentrated at the wall of the kiln in the passive layer. This layer will reach the surface where the layer will move to the bottom of the active layer. This research is an experimental study done with temperature variation 250°C, 350°C, 450°C, 500°C and 600°C, the nitrogen flow rate 3 ml/min and the pyrolysis time is 180 minutes. The equipment that used is built and developed for better result of observation using rotary kiln. The rotary kiln will rotate uses an electric motor with velocity 3 rpm. Then a kinetic rate enumeration process is done. The experiment result shows that the temperature is so influential to the tar volume, the higher the temperature, the more tar volume we got. The highest number is at temperature variation 500°C with heating rate 1073 km/hour. The number of tar kinetic rate that produced from enumeration shows that the higher the temperature so the kinetic rate resulted is greater and the analysis result shows that tar volume from the enumeration approximates the actual number of tar volume.*

**Keywords:** Pyrolysis, Rotary Kiln, Kinetic Rate.

### Andi Nugroho

Mahasiswa S2  
Universitas Brawijaya  
Jurusan Teknik Mesin  
andi\_mesins1itnmalang@yahoo.com

### Widya Wijayanti

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Brawijaya  
Jurusan Teknik Mesin  
widya\_dinata@ub.ac.id

### Mega Nur Sasongko

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Brawijaya  
Jurusan Teknik Mesin  
megasasongko@ub.ac.id

## 1. PENDAHULUAN.

Energi baru dan terbarukan dari biomasa padat dengan teknologi pirolisis menggunakan bahan baku serbuk kayu mahoni telah banyak dilakukan karena di dalam serbuk kayu mahoni terdapat zat-zat yang dapat terdekomposisi saat proses pirolisis berlangsung. Zat-zat yang dapat terdekomposisi antara lain cellulosa, homicoellulosa dan lignin [1].

Pirolisis juga disebut termolisis akan mendekomposisi bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit O<sub>2</sub>, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Teknik ini salah satu cara untuk menghasilkan hidrokarbon yang merupakan dasar bahan bakar. Teknologi pirolisis dikembangkan dengan variasi untuk menghasilkan energi bersih dan ramah lingkungan terutama untuk pemanfaatan sumber daya alam [2]. Dalam proses pirolisis penggunaan energinya sangat besar, dimana energi tersebut digunakan untuk memecah unsur kimia padat menjadi molekul-molekul kecil yang ringkas dan menjadi fase gas. Dengan ada kelemahan tersebut maka perlu dikembangkan optimasi penggunaan energi, untuk optimasi meliputi laju pemanasan, ukuran partikel biomassa, tekanan dan juga identifikasi pirolisis utama dan pirolisis sekunder dalam proses yang berlangsung serta merancang desain reactor [3].

Salah satu energi alternatif yang banyak dikembangkan adalah bahan organik (Biomassa). Biomassa dapat berasal dari perkebunan, hutan, peternakan atau sampah industri. Karena kandungan hidrokarbon yang dimiliki senyawanya, biomassa dapat digunakan untuk membuat bahan bakar dan pembangkit listrik. Penelitian telah dilakukan dengan menggunakan berbagai bahan baik bahan organik maupun non-organik seperti: serbuk kayu jati [4], batubara [5], kayu Gamelina Arborea [6], kayu pelawan [7], tyre wastes [8], rubber [9], kayu cemara [10]. Salah satu biomassa yang sering kita temui adalah limbah dari serbuk kayu mahoni yang berasal dari tempat pengolahan kayu. Jenis kayu mahoni banyak di tanam di hutan Indonesia [11].

Mahoni merupakan salah satu jenis tanaman yang banyak digunakan dalam industri pengolahan kayu di Indonesia, pada saat ini ada 19 industri pengolahan papan partikel di Indonesia. Industri ini memanfaatkan limbah kayu dari industri pengolahan kayu sebagai bahan bakunya [12]. Produksi total dari pengolahan kayu mencapai 2,6 juta m<sup>3</sup> per tahun. Dengan asumsi jumlah limbah yang terbentuk 54,24%. Dari produksi total maka dihasilkan limbah penggergajian sebanyak 1,4 juta m<sup>3</sup> per tahun [13]. Hal ini turut mendorong untuk meningkatkan nilai tambah dari produksi kayu olahan limbah serbuk kayu gergaji yang dihasilkan menjadi sumber energi yang terbarukan.

Energi baru dan terbarukan dari biomassa padat dengan teknologi pirolisis menggunakan bahan baku serbuk kayu mahoni telah banyak dilakukan, dimana di dalam serbuk kayu mahoni terdapat zat-zat yang dapat terdekomposisi di dalam proses pirolisis berlangsung. Zat-zat yang dapat terdekomposisi antara lain cellulosa, hemicellulosa dan lignin.

Dari beberapa peneliti yang meneliti pengaruh temperatur terhadap hasil pirolisis dengan menggunakan fixed bed reactor dengan variasi temperatur untuk meneliti kinetic of pyrolysis dari sampah kota [14]. Sedangkan pada penelitian yang sama dengan pengaruh heating rate dan temperatur terhadap sifat fisik dan kinetic rate tar serbuk kayu mahoni dengan variasi temperatur 250oC, 350oC, 450oC, 500 oC dan 600oC, dari hasil penelitian didapat temperatur sangat berpengaruh terhadap sifat fisik dari tar dimana meliputi volume tar, densitas tar dan nilai kalor tar, akan mengalami peningkatan seiring dengan tingginya temperatur [15].

Dari penelitian sebelumnya pirolisis dilakukan dengan menggunakan fixed bed reactor, proses pirolisis ini energi yang digunakan sangatlah besar. Energi tersebut digunakan untuk memecah unsur kimia pada bahan pirolisis menjadi molekul-molekul kecil. Dengan adanya kekurangan dari penelitian sebelumnya maka perlu dilakukan optimasi penggunaan energi, optimasi tersebut meliputi ukuran partikel biomassa, dan juga identifikasi pirolisis utama dan pirolisis sekunder dalam proses pirolisis berlangsung serta desain reaktor.

Pada penelitian ini teknologi yang digunakan adalah pirolisis rotary kiln. Dimana rotary kiln adalah dapur horisontal dengan biomassa yang digerakan pada putaran tertentu sepanjang dapur. Dalam penelitian pirolisis rotary kiln dilakukan penelitian dengan variasi temperatur, kecepatan putar dan menggunakan ukuran butir menggunakan rotary kiln [16]. Gerak partikel biomassa dalam rotary kiln terkonsentrasi pada dinding kiln dalam lapisan pasif. Lapisan ini akan mencapai bagian permukaan dimana lapisan akan bergeser ke bawah dalam lapisan aktif. Pada proses yang berulang ini akan menyebabkan partikel bergerak ke arah aksial setiap partikel bergerak ke arah lapisan aktif. Proses ini menjadi dasar bagi mana pemodelan gerak partikel di dalam rotary kiln pada arah aksial. Pemberian perlakuan putaran pada tungku pirolisis diharapkan akan memberikan dampak pada partikel biomassa kayu mahoni. Dimana gesekan antara partikel akan terjadi transfer momentum yang disebabkan oleh putaran tungku, yang selanjutnya dapat menyebabkan partikel biomassa bergesekan antara biomassa yang selanjutnya akan mentransfer panas dengan kecepatan tertentu

## 2. METODE DAN BAHAN

Penelitian ini adalah kajian eksperimental yang dilakukan dengan variasi temperatur 250°C, 350°C, 450°C, 500°C dan 600°C, laju aliran nitrogen 3 L/menit dan waktu pirolisis 180 menit. Pada sebuah alat pirolisis yang berfungsi untuk merubah serbuk kayu mahoni menjadi *char*, *tar* (minyak), dan gas permanen yang meliputi metana, hidrogen, karbon monoksida dan karbondioksida. Alat yang akan digunakan sebagai pengujian pirolisis serbuk kayu mahoni telah dirancang dan dilakukan pengembangan untuk hasil yang lebih baik dari pengamatan yang sudah dilakukan maka ditambahkan *rotary kiln* dengan dimensi alat pirolisis panjang 100 cm, tinggi 50 cm, lebar 75 cm dengan kapasitas produksi sebesar 600 gr serbuk kayu mahoni, ditambahkan tabung *rotary kiln* dengan diameter 14 cm dengan panjang 75 cm. *Rotary kiln* akan diputar dengan menggunakan motor listrik yang telah diatur kecepatannya dengan kecepatan 10 rpm, diharapkan dengan kecepatan tersebut serbuk kayu mahoni dapat terkoyak dengan merata dalam proses tersebut dapat menghasilkan gas yang dilanjutkan dengan proses pendinginan untuk menghasilkan kondensat dalam proses kondensasi dengan bantuan motor yang digerakkan menggunakan energi listrik dengan power 500 Watt.

Dalam proses pembakaran didalam tungku ditambahkan elemen pemanas heater dengan daya 3500 Watt, untuk mempercepat proses pemanasan didalam pirolizer. Dibutuhkan komponen tambahan berupa tabung kondensasi, dengan material kaca untuk mempermudah proses pengamatan. Dimana letaknya berbatasan langsung dengan dinding lingkungan yang berada di luar alat pirolisis untuk mempermudah proses kondensasi, karena suhu lingkungan yang lebih rendah di banding dengan suhu yang ada di dalam alat pirolisis sehingga terjadi percepatan perubahan fasa gas menjadi cair. Karena perbedaan temperatur, dalam proses perpindahan panas temperatur yang tinggi akan mengalir ke temperatur yang lebih rendah. Semua hasil kondensasi akan ditampung di dalam sebuah tempat tabung kondensasi dengan kapasitas sebesar 200 ml dengan material kaca untuk mempermudah proses pengamatan. Digunakan 3 buah tabung kondensasi untuk memisahkan *tar* (minyak), dan ditambahkan *valve*, untuk menampung keluaran gas permanen yang meliputi metana, hidrogen, karbon monoksida dan karbondioksida yang sudah dihasilkan.

Dalam eksperimen ini ditambahkan tabung nitrogen untuk menampung nitrogen yang digunakan untuk mendorong oksigen yang berada didalam piroliser dengan ukuran tabung sebesar 6 m<sup>3</sup> dengan kapasitas 60 kg dan tekanan kerja 200 bar. Pressure gauge untuk mengatur masuknya nitrogen yang akan masuk kedalam pirolizer agar nitrogen yang masuk ke dalam pirolizer. Tekanan *inlet* maksimum : 15 MPa (2175psi). Tekanan pada *outlet*: 0~1.2 MPa (0 ~ 174 psi). Untuk menjaga kestabilan panas pada pirolizer ditambahkan isolator dengan konduktivitas termal 0.034-0.048 W/mk. Untuk mengaduk serbuk kayu mahoni didalam pirolizer digunakan material baja ST 42 dengan diameter 15 mm, panjang 500 mm dengansudut 80°. Dalam proses eksperimen untuk menganalisis performaanalizer digunakan thermokopel untuk mengetahui suhu panas didalam pirolizer dengan lingkungan kerja 0-120°C dengan panjang 80 mm, akurasi 0.1°C dan material stainless stell.

Untuk mempermudah proses pengamatan digunakan kamera Sony dengan resolusi 12,1 Mega Pixel yang berfungsi untuk mengambil gambar alat-alat dan merekam hasil eksperimen yang sudah dilakukan. Untuk mengetahui hasil pirolisis massa *ta* hasil proses pirolisis dan serbuk kayu mahoni yang akan digunakan dalam eksperimen digunakan timbangan digital dengan kapasitas 600 gr dengan akurasi 0,01 gr menggunakan energilistrik sebagai energinya. Didalam penelitian ini untuk mengetahui lama waktu pirolisis dan lama waktu pengovenan serbuk kayu mahoni digunakan stopwatch dan waktu tersebut akan digunakan dalam proses pengolahan data.

Untuk menghitung nilai *kinetic rate* tar data yang dipakai berupa data penambahan volume per 3 menit terlihat pada tabung kondensasi dengan bantuan kamera dan pengamatan langsung. Data- data tersebut diolah dan di masukan tabel menggunakan persamaan

$$K = A \cdot e^{-Ea/RT} \tag{1}$$

$$\frac{dv}{dt} = K \cdot \left[ \frac{V_{\infty} - V}{V_{\infty}} \right] \tag{2}$$

$$k = \frac{A}{\beta} \cdot e^{-Ea/RT} \tag{3}$$

Dari hasil perhitungan akan didapatkan  $\ln k$  untuk masing-masing variasi temperatur. kemudian data  $\ln k$  yang di hasilkan di buat grafik maka hubungan  $\ln k$  dengan  $1/T$ , setelah ditemukan 2 kordinat titik pada grafik maka akan di dapat persamaan garis lurus.

Dari penyelesaian persamaan

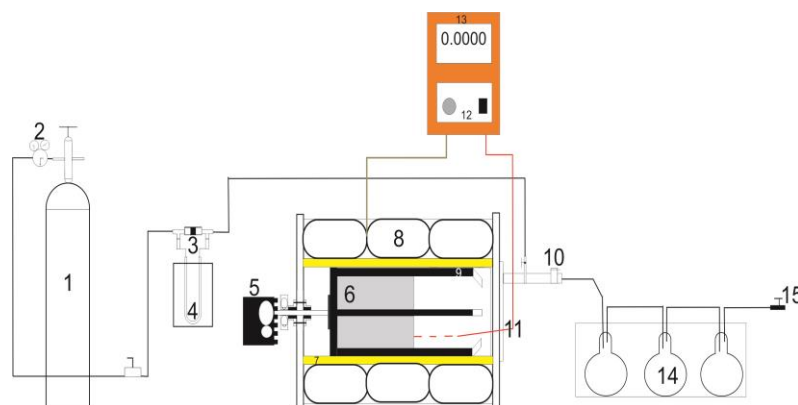
$$\ln k = \frac{-Ea}{RT} + \ln \frac{A}{\beta} \tag{4}$$

$$\ln y = n x + \ln a$$

$$\ln k = \frac{-Ea}{R} \cdot \frac{1}{T} + \ln \frac{A}{\beta}$$

$$y = a x + c$$

Akan di dapat nilai  $k_a$  untuk masing – masing variasi temperatur. Persamaan nilai  $k$  yang didapat kemudian untuk mencari nilai  $\ln k$  dan dibuat grafik hubungan  $\ln k$  dengan  $1/T$ . Dari grafik akan di dapat persamaan garis lurus. Persamaan tersebut akan menghasilkan nilai  $k$  untuk *heating rate* dan nilai aktivasi ( $E_a$ ) serta nilai pre-exponential factor ( $A$ ).



**Gambar 1:** Intalasi alat

Keterangan gambar:

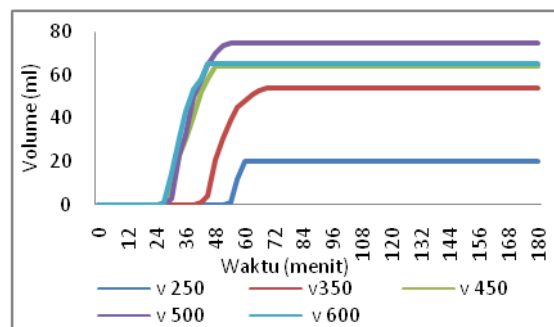
1. Tabung nitrogen
2. Pressure gauge untuk mengatur tekanan nitrogen
3. Oriface
4. Manometer U
5. Motor listrik untuk memutar tungku
6. Biomassa

7. Heater untuk memanaskan biomassa
8. Isolator untuk menjaga temperatur pada proses pirolisis
9. Sudu pengaduk untuk mengaduk biomassa
10. Tar output
11. Termokopel
12. Termokontrol untuk mengatur temperatur
13. Heat Indikator
14. Tabung kondensasi untuk menampung tar
15. Valve output

### 3. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Penambahan Volume Tar Pada Pirolisis Rotary Kiln

Pengaruh variasi temperatur terhadap hasil volume tar dengan menggunakan pirolisis rotary kiln dapat dilihat pada gambar 2.



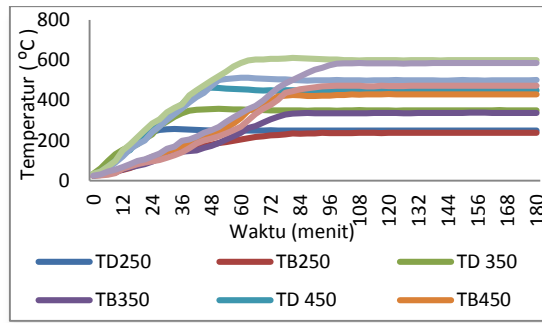
**Gambar 2:** Grafik volume tar

Pada gambar 2 menunjukkan semakin tinggi temperatur maka volume tar akan mengalami peningkatan pada variasi temperatur awal 250°C sampai temperatur akhir 600°C pada pirolisis rotary kiln, hal ini dikarenakan semakin tinggi temperatur maka akan semakin banyak ikatan struktur kimia yang terputus dan menjadi molekul-molekul yang sangat ringkas, sehingga akan semakin banyak ikatan gas dan tar yang terbentuk. Dalam proses pirolisis, ada dua macam reaksi, yaitu reaksi primer dan sekunder. Reaksi primer terjadi di temperatur 250°C – 350°C terjadi dikomposisi dari cellulose produk yang di hasilkan berupa char dan gas. Pada temperatur 350°C – 450°C produk yang dihasilkan berupa gas, tar dan char. Terjadi reaksi tambahan atau reaksi sekunder, dimana hasil dari reaksi ini sebagian tar akan menjadi gas sehingga gas yang dihasilkan akan semakin banyak, reaksi ini terjadi pada 450°C – 800°C [17]. Pada reaksi sekunder tar yang terbentuk sebagian menjadi gas, maka volume tar akan mengalami penurunan seperti yang di tunjukan pada gambar 2, dimana volume tar mengalami penurunan pada temperatur 600°C, volume tar tertinggi pada temperatur 500°C dengan volume 72 ml.

Dalam penelitian ini selain temperatur, perlakuan putaran pada partikel biomassa juga berpengaruh terhadap jumlah tar yang dihasilkan. Pemberian putaran pada biomassa mengakibatkan distribusi temperatur didalam pirolizer lebih merata. Pemberian putaran pada tungku memberikan efek gerak pada biomassa pada saat proses pirolisis berlangsung, dengan keadaan seperti ini, maka ikatan kimia seperti lignin, hemiselulosa, selulosa cepat mengalami pemutusan kimia menjadi fase gas yang berpengaruh pada jumlah volume tar.

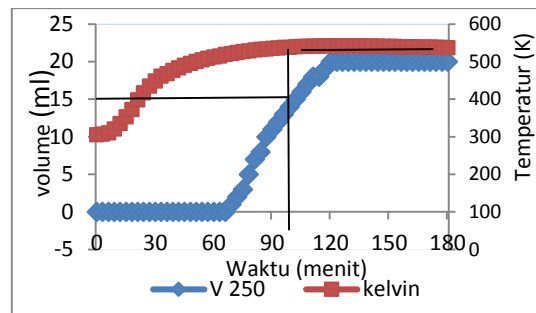
#### 3.2 Laju Pemanasan Pada Dinding Tabung dan Biomassa

Pada gambar 2 menunjukkan laju pemanasan terus meningkat dengan seiringnya waktu pengukuran. Hal ini sesuai dengan bertambahnya temperatur pada suhu awal 25°C menjadi 50°C dan terus meningkat secara bertahap hingga suhu maksimal sesuai dengan variasi temperatur. Pada proses pirolisis rotary kiln laju pemanasan pada biomassa berjalan lambat pada variasi temperatur 250°C dan meningkat dengan seiring bertambahnya waktu sampai temperatur 600°C, dikarenakan rambatan panas ada didinding pirolizer dan pada butiran biomassa.



**Gambar 2:** Grafik laju pemanasan pada dinding dan biomassa dan pada variasi temperatur 250°C, 350°C, 450°C, 500°C dan 600°C

**3.3 Laju Reaksi.**



**Gambar 3** grafik penambahan volume dan kenaikan temperatur pada temperatur akhir 250°C pada proses pirolisis *rotary kiln*

Garis berwarna merah pada gambar menunjukkan kenaikan volume tar pada temperatur akhir 250°C, untuk melihat jumlah kenaikan volume tar dapat di tarik garis lurus horizontal ke arah kiri. Pada gambar 4, menunjukkan menit ke 100 didapatkan penambahan volume tar sebesar 15 ml.

Garis warna biru menunjukkan kenaikan temperatur proses pemanasan pada *rotary kiln*, untuk melihat besarnya nilai temperatur dapat di tarik garis lurus horizontal ke arah kanan. Pada gambar 3 menunjukkan kenaikan temperatur menit ke 120 nilai temperatur yaitu 250°C.

Menghitung kinetic rate (k) pada temperatur 250°C pada menit 120 di dapat nilai

$$\frac{15-14}{3} = k \cdot \left[ \frac{15-20}{0,20} \right]$$

$$\frac{15-14}{3} = 0,3333$$

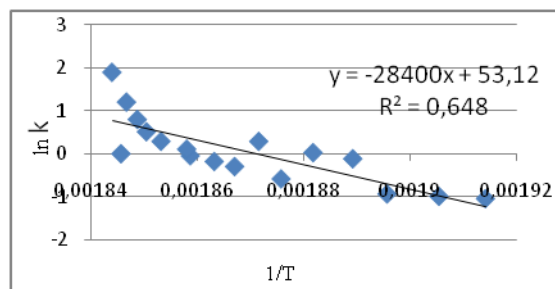
$$k \cdot \left[ \frac{15-20}{0,20} \right] = 0,25$$

$$0,3333 \times 0,25$$

$$k = 0,08325$$

$$\ln k = -2,48590715$$

Menghitung nilai k pada contoh diatas dilakukan pada menit ke 3 sampai dengan menit ke 180 dengan interval waktu 3 menit. Data nilai k yang telah dihasilkan di ubah menjadi ln k dan dihubungkan dengan dilai 1/T untuk mendapatkan persamaan linier garis lurus pada persamaan 4 hubungan antara ln k dengan 1/T dapat di lihat pada gambar 4



**Gambar 4:** Laju reaksi pemetukan tar pada temperatur 250°C.

Dari grafik di dapatkan persamaan garis lurus  $y = -42,30x + 0,102$ , sehingga hasil dari perhitungan dari persamaan 3mendapatkan persamaan nilai *kinetic rate*  $K = 1,174 \times 10^{23} \cdot e^{-28400/T}$

Dengan cara perhitungan yang sama juga didapat persamaan *kinetic rate* (k) untuk masing – masing temperatur pada Tabel 1.

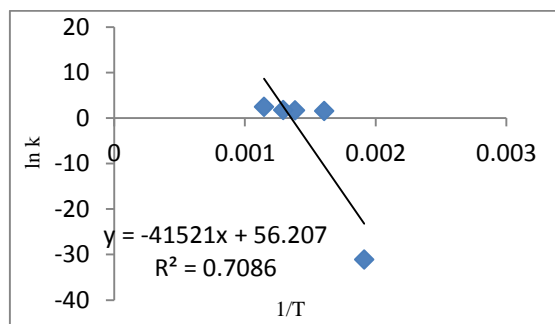
**Tabel 1:** Persamaan k untuk variasi temperatur 250°C, 350°C, 450°C, 500°Cdan 600°C pada proses pirolisis *rotary kilin*.

TEMPERATUR (°C)	NILAI K (MENIT <sup>-1</sup> )
250	$K = 1,174 \cdot 10^{23} \cdot e^{-28400/T}$
350	$K = 372 \cdot 10^{23} \cdot e^{117584/T}$
450	$K = 62457694 \cdot e^{-11742/T}$
500	$K = 52575694 \cdot e^{-7070/T}$
600	$K = 38177,43831 \cdot e^{-7230/T}$

Pada tabel 1 dapat dihitung dengan persamaan *kinetic rate* (k) untuk *heating rate* 1073, dapat dengancara memasukkan nilai dari temperatur pada persamaan k. Dari hasil perhitungan nilai k dijadikan ln k dan digambarkan ke grafik hubungan ln k dengan 1/T dapat kita lihat pada tabel 2 dan gambar 6. Tabel 2 nilai dari 1/T dan ln k untuk *kinetic rate* (k) pada heating rate 1073k/jam.

**Tabel 2:** Nilai dari 1/T dan ln k untuk *kinetic rate* (k) pada heating rate 1073k/jam Contoh pembuatan tabel.

TEMPERATUR (°C)	1/T	LN K
250	0,001912	-1,18223
350	0,001605	0,591702
450	0,001383	1,709335
500	0,001294	5,518124
600	0,001145	7,037972



**Gambar 5:** Laju reaksi pembetukan tar pada masing-masing temperatur

Dari gambar diatas didapatkan persamaan linier: Heatig rate 1073  $y = -41521x + 56,20$ . Dari persamaan linier diatasakan didapat persamaan *kinetic rate* (k) energi (Ea) dan *preexponensial factor*(A) seperti pada tabel 3

**Tabel 3:** Persamaan k untuk variasi temperatur 250°C, 350°C, 450°C, 500°Cdan 600°C pada proses pirolisis *rotary kilin*.

LAJU PEMANSAN (K/JAM)	PERSAMAAN KINETIK K (MENIT <sup>-1</sup> )	EA (KJ/MOL <sup>-1</sup> )	A (MENIT <sup>-1</sup> )
1073	$k = 98937609 \cdot e^{-10680/T}$	88793,53	1,770

Dari persamaan kinetic rate (k) untuk kinetic rate didapat nilai k yang di tunjukan pada Tabel 3.

**Tabel 4:** Persamaan k untuk variasi temperatur 250°C, 350°C, 450°C, 500°C dan 600°C pada proses pirolisis rotary kiln.

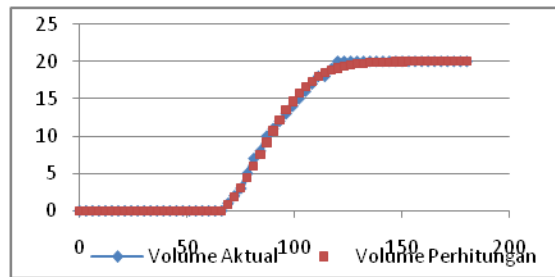
TEMPERATUR (°C)	LAJU PEMANASAN 1073 K/JAM NILAI K (MENIT <sup>-1</sup> )
250	2,160625
350	3,991697
450	6,222909
500	7,442205
600	10,00954

Untuk mengetahui penambahan volume tar pengujian dengan persamaan nilai k yang akan didapat dengan penambahan volume tar perhitungan, selanjutnya dimasukan perhitungan awal, dari menit ke 3 sampai menit ke 180 dengan jarak waktu 3 menit dari persamaan 2

$$\frac{V_3 - V_0}{3} = k \left[ \frac{V_{3,13} - V_0}{V_{\infty,13} - V_0} \right]$$

$$\frac{3 - 0}{3} = k \left[ \frac{V_{3,13} - V_0}{V_{\infty,13} - V_0} \right]$$

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai penambahan volume tar dengan perhitungan yang dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6:** Grafik penambahan volume tar perhitungan dan pengujian pada temperatur 250°C.

Hasil dari perhitungan didapat kinetic rate untuk heating rate, nilai energi aktivasi ( $E_a$ ) dan pre-exponential faktor ( $A$ ) dapat kita lihat pada tabel 3. Selanjutnya nilai k yang dihasilkan divalidasi untuk mengetahui dengan cara membandingkan dengan hasil penambahan volume tar persatuan waktu secara perhitungan dengan membandingkan hasil volume tar pengujian yang dapat dilihat pada gambar 6.

Dari gambar 6, dimana hal ini menunjukkan bahwa hasil dari perhitungan yang dilakukan telah mendekati dari hasil pengujian. Selain itu pada gambar 7 dapat dilihat, nilai yang mendekati pada temperatur 600°C. Semakin tinggi temperatur maka volume tar akan mengalami penambahan volume dan nilai kinetic rate semakin besar dilihat dari awal waktu terbentuknya tar dalam pengujian, dimana dalam hal ini semakin tinggi temperatur maka waktu untuk pembentukan tar akan semakin cepat. Selanjutnya nilai kinetic rate dipengaruhi oleh variasi temperatur, dalam laju pemanasan cepat (1073 K/jam) akan mempercepat laju pembentukan tar dan jumlah volume tar dikarenakan untuk mencapai temperatur yang diinginkan lebih cepat. Selain temperatur penggunaan rotari kiln pada piroliser berpengaruh pada distribusi temperatur, gesekan antara partikel akan terjadi transfer momentum yang disebabkan oleh putaran tungku, yang selanjutnya dapat menyebabkan partikel antar biomassa bergesekan yang menyebabkan transfer panas dengan kecepatan tertentu. Sehingga mempengaruhi proses pemanasan didalam piroliser yang mampu mengoptimalkan hasil volume tar pirolisis menggunakan piroliser rotari kiln, karena mempengaruhi pola gerak partikel biomassa yang berpengaruh terhadap kinetic rate tar.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa temperatur sangat berpengaruh pada volume tar, yang menyebabkan mengalami peningkatan seiring dengan tingginya temperatur yang di variasikan. Nilai tertinggi dari semua variasi temperatur pada variasi temperatur 500°C dengan heating rate 1073 K/jm.

Nilai dari kinetic rate tar yang di hasilkan dari perhitungan menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka kinetic rate yang di hasilkan semakin besar dan hasil analisa menunjukkan bahwa volume tar hasil dari perhitungan telah mendekati dari nilai volume tar actual.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] WIJAYANTI, WIDYA, KEN-ICHIRO TANOUE, “*Char Formation and Gas Products of Woody Biomass Pyrolysis*”. Elsevier Ltd. 2012.
- [2] ZANZI, R., X., *Capdevila p. And Bjornbom e*, September 23-27, 20001 *Pyrolysis of Biomassa in Presence of Steam for Production of Activated carbon, Liquid and Gaseous Fuels, the World Congress Engineering*.
- [3] FATIMAH, IS dan NUGRAHA JAKA, “*Identifikasi Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Jati Menggunakan Principal Component Analysis*”. *Jurnal Ilmu Dasar* Vol. 6 No. 1, 2005: 41-47.
- [4] GEORGIOS SKODRAS, P. NATAS, P. NATAS, PANAGIOTIS BASINAS, PANAGIOTIS BASINAS, G.P. SAKELLAROPOULOS, “*Effects of Pyrolysis Temperature, Residence Time on The Reactivity of Clean Coals Produced from Poor Quality Coal*”. *Global NEST Journal*, Vol 8, No 2, pp 89-94. 2006.
- [5] EDMUND OKOROIGWE, ZHENGLONG LI, THOMAS STUECKEN, CHRISTOPHER SAFFRON, dan SAMUEL ONYEGEGBU, “*Pyrolysis of Gmelina Arborea Wood for Bio-oil / Bio Char Production: Physical and Chemical Charaterisation and Products*”. *Journal of Applied Science* 12 (4): 369 374. 2012.
- [6] ALMUNADY T. PANAGAN dan NIRWAN SYARIF, “*Uji Daya Hambat Asap Cair Hasil Pirolisis Kayu Pelawan (Tristania Albavata) Terhadap Bakter Echerichia Coli*”. *Jurnal Penelitian Sains Edisi Khusus Desember* 2009.
- [7] A.M. FERNÁNDEZ, M.A. DÍEZ, R. ALVAREZ dan C. BARRIOCANAL, “*Pyrolysis of Tyre Waste*”. *1st Spanish National of Conference on Advances in Materials Recycling and Eco-Energy*, Madrid 12-13 November 2009.
- [8] SYLVIE CHARPENAY, MAREK A. WOJTOWICZ, dan MICHAEL A. SERIO, “*Pyrolysis Kinetik of Waste Tire Constituents: Extender Oil, Natural Rubber, and Syrene-Butadiene Rubber*”. *Advanced Fuel Research, Inc.*, 87 Church Street, East Hartford, CT 06108-3742.
- [9] J.RATH, M.G.WOLFINGER, G.STEINER, G.KRAMMER, F.BARONTINI, dan V.COZZANI, “*Heat of Wood Pyrolysis*”. *Fuel* 82 (2003) 81-91 Elsevier, 2002.
- [10] KARLINASARI L, BAIHAQI H, MADDU A, MARDIKATO TR., “*The Acoustical Properties of Indonesian Hardwood Species*, *Makara Journal of Science* Vol 16 No 2: pp. 110-114, Tahun 2012
- [11] NGADIANTO A, WIDYORINI L, LUKMANDARU G., “*Ketahanan Papan Partikel Limbah ayu Mahoni dan Sengon Dengan Perlakuan pengawetan Asap Cair Terhadap Serangan Rayap Kayu Kering Cryptotermes Cynocephalus Lighit*, *Prosiding Seminar Nasional Masyarsakat Penelitian Kayu Indonesia (MAPEKI) XIV*: pp. 213-219, Tahun 2012.
- [12] JAMILATUN S, SAKTI DK, FERDINANT., “*Pembuatan Biocoal Sebagai Bahan Bakar Alternatif dari Batubara dengan Campuran Arang Serbuk Gergaji Kayu Jati, Glugu dan Sekam Padi*, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia Yogyakarta”* : ISSN 1693 –4393: pp. DO4 1-6, tahun 2010.
- [13] KUMARAN D.C., “*Pengaruh Penggunaan Katalis (Zeolit) Terhadap Kinetik Rate Tar Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni (Switenia Macophylla)*, *Rekayasa Mesin* Vol.6, No.1 Tahun 2015:19-25
- [14] Mulyadi, E., 2010 . *Degradasi Sampah Kota (Rubbish) Dengan Proses Pirolisis* *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* Vol.1 No.1. *Universiata Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur*.
- [15] SUWANDONO., “*Pengaruh Temperatur Terhadap Entalpi dan Kinetik Rate Gas Pirolisis Kayu Mahoni*, *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol., No. Tahun 2015, SSN 0216-48X.
- [16] SUNARJO, SAJIMA, *Optimasi Kondisi Oprasi Peleburan Konsentrat Zirkon Menggunakan Rotary Kiln*. Heaat mass Transfer. DOI 10. 1007/s00231011-0764-1. Springer-Verlag, 2012.
- [17] TANAUE, KEN-ICIRO., HINAUCHI, TASUYA, OO, THAUNG, NISUMARA, TATSUO, TANIGUHI, MIKI, and SASUCHI, KENICHI., “*Modeling of heterogeneous chemical reactions caused in pyrolysis of biomass particles*, *Japan : Advanced Powder Technol.*, Vol. 18, No. 6, pp. 825–84, 2007.
- [18] QIROM, I., *Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Kuantitas Char Hasil Pirolisis Kayu Mahoni (Switania Macophylla)*. *Rekayasa Mesin* Vol. 6, No.1 2015:39-44, ISSN 2477-6041.
- [19] WIJAYANTI, W., “*A Great Achievement of Calculated and Experimental Results of Char Kinetic Rate in Woody Mahogany Pyrolysis*, *MATEC Web of Conferences* 159.02040(2018) IJCAET & ISAMPE 2017.