

repository.ub.ac.id

# PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP KOMPOSISI KIMIA TAR HASIL PIROLISIS SERBUK KAYU MAHONI DENGAN PENAMBAHAN ZEOLIT 50 wt%

Maulana Harun Ar Rasyid, Widya Wijayanti, Purnami

Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya  
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail: maulana.harun.r@gmail.com

## ABSTRAK

Pirolisis merupakan proses dekomposisi thermal biomassa dalam ketiadaan udara atau oksigen, sehingga ikatan rantai panjang senyawa molekul hidrokarbon yang tadinya kompleks mengalami pemecahan menjadi ikatan molekul yang lebih sederhana dalam bentuk char, tar, dan gas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi komposisi senyawa tar hasil pirolisis serbuk kayu mahoni dengan penambahan zeolit sebesar 50 wt%, seberapa besar pengaruh variasi temperatur dan juga zeolit pada senyawa tar. Dalam penelitian ini menggunakan variasi temperatur 250°C, 350°C, 450°C, 500°C, 600°C, 700°C dan 800°C. Proses pirolisis ini dilakukan selama tiga jam tanpa oksigen dengan bahan baku serbuk kayu mahoni sebanyak 200 gram dengan ukuran mesh 20 serta kadar air < 2%. Hasil penelitian menunjukkan dengan meningkatnya temperatur maka tar yang terbentuk akan mengalami peningkatan terus sampai temperatur 800°C, berbeda dengan hasil tar pirolisis tanpa menggunakan zeolit hanya naik sampai temperatur 500°C kemudian turun.. Tar yang dihasilkan pada setiap temperatur mayoritas adalah senyawa hidrokarbon dengan rantai C<sub>2</sub>. Penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan zeolit akan menghasilkan senyawa tar dengan rantai karbon lebih pendek dibandingkan dengan senyawa tar pada pirolisis tanpa menggunakan zeolit. Selain itu persentase kandungan asam asetat pada tar pirolisis dengan menggunakan zeolit terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan asam asetat pada tar pirolisis tanpa menggunakan zeolit.

**Kata Kunci:** Pirolisis, Zeolit, Mahoni, Tar, Rantai karbon, GC-MS.

## ABSTRACT

*Pyrolysis is a thermochemical decomposition of organic material at elevated temperatures in the absence or with a little amount of oxygen, thus the long and complex chain of hydrocarbon molecule compounds cracked into simpler molecular bonds and shorter hydrocarbon chain in the form of char, tar, and gasses. The purpose of this study is to identify the effect of temperature variation to the chemical composition of tar made from pyrolyzed mahogany wood powder with an addition of 50 wt% zeolite. In this study, the temperature variation set to 250°C, 350°C, 450°C, 500°C, 600°C, 700°C and 800°C. Pyrolysis process was conducted for three hours without oxygen with mahogany wood raw material powder 200 grams with 20 mesh size and water content less than 2%. The results showed with the increasing of temperature, the volume of tar formed will increase continuously until the temperature of 800°C, in contrast to the results of pyrolysis tar without the use of zeolite only go up to the temperature of 500°C and then dropped. The chemical composition of tar at each temperature have the majority of hydrocarbons with C<sub>2</sub> chain. This study also shows that the chemical composition of tar is strongly influenced by temperature, because at different temperatures occurs different content decomposition of mahogany wood powder. In addition the use of zeolite will produce tar compounds with shorter carbon chain than the tar compounds in the pyrolysis without the use of zeolites, as well as the percentage of acetic acid in the tar pyrolysis using a zeolite appear higher than the acetic acid content in the tar pyrolysis without the use of zeolites.*

**Keywords:** Pyrolysis, Zeolite, Mahogany, Tar, Carbon chain, GC-MS, Chemical Composition.

## PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak (bensin, minyak solar, minyak bakar, minyak tanah dan avtur) masih mendominasi kebutuhan energi nasional dengan pangsa 31,5% pada tahun 2014, kemudian di tahun 2050 meningkat menjadi 40,7% untuk skenario dasar dan 42,5% untuk skenario tinggi [1].

Akibatnya kita harus meningkatkan pemanfaatan energi alternatif agar tidak terjadi krisis energi dan ketergantungan pada bahan bakar minyak, salah satu energi alternatif yang dapat digunakan untuk menghasilkan bahan bakar adalah biomassa. Dalam memproduksi bahan bakar dari biomassa, cara yang paling

populer adalah dengan pirolisis. Menurut Fatimah, Is., (2003), pirolisis adalah proses dekomposisi kimia bahan organik dengan sedikit atau tanpa oksigen, di mana material mentah/biomassa akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas.

Produk dari pirolisis adalah char, tar dan syngas, dengan kata lain kita mampu memproduksi bahan bakar dari bahan organik yang bersifat renewable. Fokus penelitian ini adalah pada komposisi kimia produk tar. Tar diperoleh dari proses dekomposisi komponen utama kayu yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin [2].

Salah satu biomassa yang dapat digunakan untuk memproduksi tar melalui proses pirolisis adalah kayu mahoni, karena selain mudah di dapat kayu mahoni tergolong masih rendah pemanfaatannya, terutama pada industri mebel yaitu limbah kayu mahoni tidak dimanfaatkan kembali dan hanya menjadi sampah. Indonesia merupakan penghasil biomassa terbesar di ASEAN namun pemanfaatannya masih rendah [3]. Maka dari itu penulis menggunakan serbuk kayu mahoni sebagai biomassa dalam penelitian ini.

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi terjadi pada temperatur yang lebih rendah. Katalis menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi aktivasi yang lebih rendah atau dengan kata lain katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi sehingga reaksi kimia dapat berlangsung lebih cepat. Katalisator adalah istilah untuk zat yang berfungsi sebagai katalis.

Penelitian tentang proses pirolisis dengan penambahan katalisator telah beberapa kali dilakukan salah satunya oleh Beltrame et al., (1989), melakukan penelitian membandingkan berbagai macam katalisator seperti zeolit tipe ZHY dan tipe ZREY, senyawa silika-alumina jenis SAHA (Silika-alumina  $Al_2O_3$

24,2%), jenis SALA (Silika-alumina  $Al_2O_3$  13,2%),  $SiO_2$  dan  $Al_2O_3$  pada pirolisis polietilen, mereka menemukan bahwa katalisator zeolit merupakan katalisator yang paling efektif.

Zeolit dikatakan katalis yang paling efektif karena pada pirolisis dengan katalis zeolit menghasilkan produk tar yang banyak bahkan pada temperatur rendah  $200^\circ C$  sekalipun dan juga menghasilkan jumlah tar yang tinggi pada temperatur  $400^\circ C$  yaitu sejumlah 93%.

Selain dapat meningkatkan kuantitas tar, Steining et al., (2001) menemukan bahwa penggunaan katalis zeolit pada proses pirolisis sampah polyolefin dapat menurunkan temperatur optimum pirolisisnya dari yang sebelumnya yaitu pada  $410 - 430^\circ C$  sedangkan dengan penambahan katalis zeolit memiliki temperatur optimum turun menjadi pada kisaran temperatur  $390^\circ C$ .

Bensin adalah bahan bakar yang paling banyak digunakan saat ini. Secara sederhana bensin tersusun dari hidrokarbon dengan 4 atom sampai dengan 12 atom karbon, biasanya disebut C4-C12 [4]. Semakin panjang rantai hidrokarbon maka titik didih dan densitasnya semakin tinggi, begitu juga sebaliknya semakin pendek rantai hidrokarbon maka titik didih dan densitasnya semakin rendah.

Terkait dengan hal itu W. Zhao et al., (1996) melaporkan dengan data gas kromatografi bahwa penggunaan katalis zeolit pada pirolisis polypropylene menyebabkan tar memiliki komposisi hidrokarbon dengan rentang karbon lebih pendek dan berat molekul hidrokarbon yang lebih ringan dibandingkan dengan pirolisis polypropylene tanpa katalis zeolit.

Karena banyaknya keuntungan pada penambahan zeolit sebagai katalisator pada proses pirolisis dan juga karena harganya yang relatif murah serta mudah didapat, maka penulis menggunakan zeolit sebagai katalisator untuk mengoptimalkan jumlah produk tar dan mendapatkan komposisi kimia tar yang mengandung banyak



hidrokarbon yang mudah terbakar agar dapat digunakan sebagai biofuel.

## METODE PENELITIAN

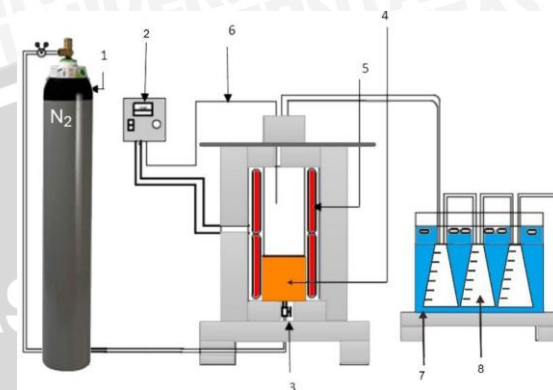
Metode yang akan digunakan di dalam penelitian ini adalah metode penelitian nyata (*experimental research*). Jenis penelitian ini dapat dipergunakan untuk menguji suatu perlakuan dengan membandingkannya dengan perlakuan lainnya.

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah temperatur pemanasan pada saat proses pirolisis yaitu 250°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, 600°C, 700°C dan 800°C. Sedangkan variabel terikat yang dalam penelitian ini adalah komposisi senyawa kimia tar hasil pirolisis. Variabel terkontrolnya adalah kayu mahoni 200 gram dengan mesh 20, zeolit 200 gram dengan mesh 80 dan waktu pirolisis 3 jam.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *pyrolyzer fix bed*, *moisture analyzer*, *stopwatch*, alat pengguncang rotap, gelas ukur, timbangan elektrik, oven, gelas ukur. Prosedur pertama yaitu mengatur debit aliran nitrogen sebesar 3L/menit, kemudian menyeragamkan ukuran serbuk kayu dengan cara disaring menggunakan alat pengguncang rotap dengan ukuran mesh 20. Kemudian serbuk kayu di oven dengan temperatur 110°C selama 5 jam untuk mengurangi kadar air di serbuk kayu sehingga kadar air berkurang sekitar 0-2%. Setelah itu ditimbang seberat 200 gram. Dilanjutkan dengan aktivasi zeolit dengan cara dipanaskan pada dapur listrik pada temperatur 400°C selama satu jam. Lalu serbuk kayu dan zeolit diuji kadar airnya menggunakan *moisture analyzer*. Setelah itu serbuk kayu dan zeolit masing-masing ditimbang dan dipastikan seberat 200 gr, kemudian zeolit dan serbuk kayu dicampur lalu dimasukkan ke dalam alat *pyrolyzer fix bed*. Dilakukan pirolisis selama 3 jam. Setelah proses pirolisis selesai ukur volume tar. Ulangi proses pirolisis selanjutnya pada temperatur 350°C, 450°C, 500°C, 600°C, 700°C dan 800°C. Tar hasil pirolisi

kemudian dianalisa kandungan senyawanya dengan menggunakan piranti alat GC-MS di Laboratorium Farmasi Universitas Airlangga, Surabaya.

## INSTALASI ALAT PIROLISIS



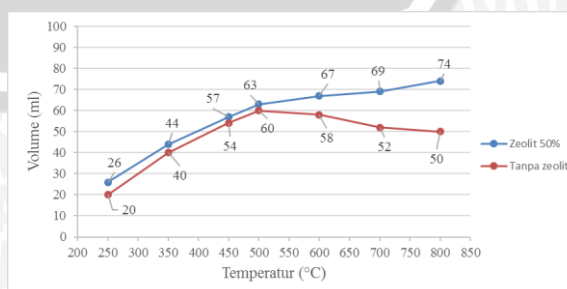
Gambar 1 Skema instalasi alat pirolisis

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Volume Tar

Gambar 1 adalah grafik pengaruh temperatur terhadap volume tar pirolisis serbuk kayu mahoni zeolit dan dengan zeolit, dimana data hubungan volume dan temperatur untuk tar pirolisis serbuk kayu mahoni tanpa penambahan zeolit didapatkan dari Azis, 2016.

Dapat dilihat pada gambar 2 menunjukkan bahwa produksi tar hasil pirolisis serbuk kayu mahoni dengan zeolit cenderung lebih tinggi jumlahnya dibandingkan dengan tar hasil pirolisis tanpa penambahan zeolit. Hal ini diakibatkan karena pada pirolisis tanpa menggunakan zeolit dekomposisi biomassa hanya dilakukan oleh proses *thermal cracking* yaitu pemecahan struktur kimia akibat kalor.



Gambar 2 Grafik hubungan temperatur terhadap volume tar

Sedangkan pada pirolisis dengan menggunakan zeolit terdapat dua proses dekomposisi sekaligus yaitu *thermal cracking* dan *catalytic cracking*. Zeolit sebagai katalis akan membantu pemutusan rantai hidrokarbon melalui mekanisme *catalytic cracking* menggunakan proses reaksi asam-basa bronsted-lowry dan asam-basa lewis.

Pada temperatur 250°C dihasilkan volume tar yang paling sedikit jumlahnya dibandingkan dengan temperatur lainnya karena pada temperatur 250°C kandungan dari serbuk kayu mahoni yang mulai terdekomposisi hanyalah hemiselulosa saja [5]. Jumlah volume tar yang dihasilkan oleh pirolisis tanpa zeolit adalah sebesar 20 ml sedangkan volume tar yang dihasilkan oleh pirolisis dengan zeolit adalah 26 ml.

Pada temperatur 350°C volume tar meningkat menjadi 40 ml untuk pirolisis tanpa zeolit dan menjadi 44 ml pada pirolisis dengan zeolit. Hal ini dikarenakan pada temperatur 350°C kandungan hemiselulosa dan selulosa dari serbuk kayu mahoni sudah terdekomposisi namun kandungan lignin masih terdekomposisi sebagian karena akan terdekomposisi secara keseluruhan pada temperatur 500°C [5].

Pada temperatur 450°C volume tar terus meningkat menjadi sebanyak 54 ml untuk pirolisis tanpa zeolit dan 57 ml pada pirolisis dengan zeolit. Hal ini disebabkan oleh terdekomposisinya hemiselulosa dan selulosa serta bertambahnya jumlah lignin yang terdekomposisi dari pada di temperatur 350°C meskipun lignin masih belum terdekomposisi secara keseluruhan.

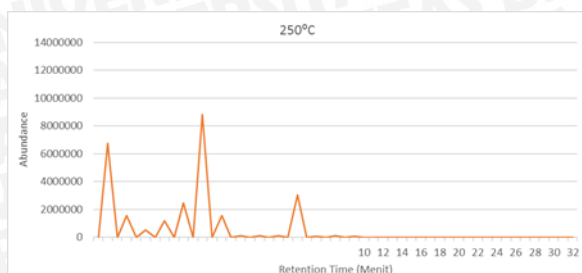
Pada temperatur 500°C volume tar yang dihasilkan sebanyak 60 ml untuk pirolisis tanpa zeolit dan 63 ml pada pirolisis dengan zeolit. Hal ini disebabkan karena pada temperatur 500°C kandungan hemiselulosa, selulosa dan lignin pada serbuk kayu mahoni sudah terdekomposisi seluruhnya sehingga menghasilkan volume tar yang lebih banyak dari temperatur yang sebelumnya.

Pada temperatur diatas 500°C volume tar pada pirolisis tanpa zeolit terus menurun yaitu menjadi 58 ml, 52 ml dan 50ml pada temperatur 600°C, 700°C dan 800°C. Namun pada pirolisis dengan zeolit volume tar terus bertambah menjadi 67 ml, 69 ml dan 74 ml pada temperatur 600°C, 700°C dan 800°C. Hal ini disebabkan karena zeolit akan mengoptimalkan proses pirolisis sekunder dan tersier yang terjadi diatas temperatur 500°C dengan metode *catalytic cracking* bahkan sampai temperatur tinggi karena sifat zeolit yang tahan panas sampai dengan 1000°C [6]. Reaksi sekunder pirolisis terjadi diatas temperatur 500°C dan menghasilkan produk pirolisis sekunder seperti phenol dan senyawa alkena  $C_nH_{2n}$  [5]. Sedangkan pada temperatur 750°C sampai 1000°C terjadi proses pirolisis tersier dan terbentuk senyawa tar tersier seperti *benzene*, *naphthalene*, *acenaphthylene*, *anthracene* atau *phenanthrene*, dan *pyrene* [5].

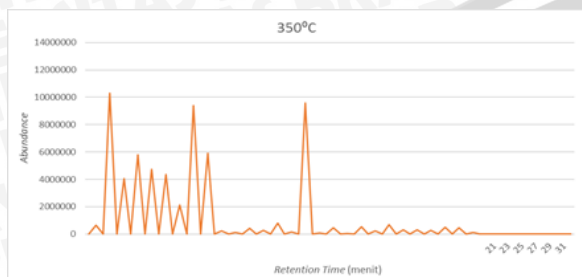
#### Hasil Grafik Kromatogram Pada Senyawa Tar

Pada gambar 3 adalah grafik kromatogram tar pirolisis pada temperatur 250°C. Pada grafik kromatogram tersebut dapat dilihat bahwa *retention time* terlamanya adalah 9,03 menit dan kelimpahan tertingginya diatas 9.000.000 namun dibawah 10.000.000. Nilai *retention time* dan kelimpahan ini relatif rendah apabila dibandingkan dengan grafik kromatogram pada temperatur lainnya. Kelimpahan senyawa yang kecil disebabkan karena pada temperatur 250°C hanya hemiselulosa yang mulai terdekomposisi sementara selulosa dan lignin masih belum terdekomposisi. Sementara rendahnya *retention time* disebabkan karena hemiselulosa yang bersifat paling lunak dan ikatannya lemah jika dibandingkan dengan lignin dan selulosa [5], sehingga senyawa hidrokarbon mudah terdekomposisi secara *thermal* maupun secara *catalytic cracking*.





**Gambar 3** Grafik kromatogram Tar temperatur 250°C.

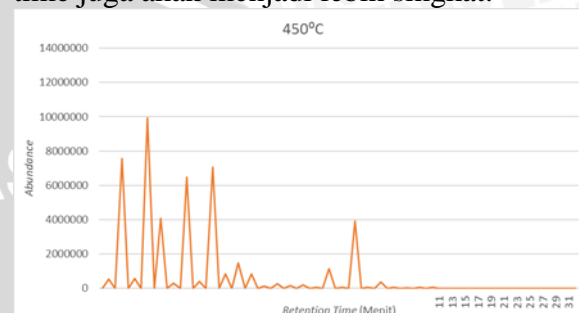


**Gambar 4** Grafik kromatogram Tar temperatur 350°C.

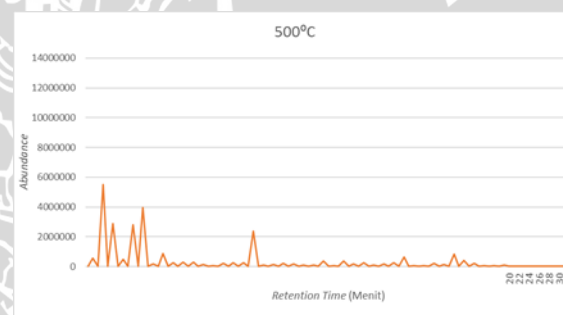
Pada gambar 4 adalah grafik kromatogram tar pada temperatur 350°C. Pada grafik ini dapat dilihat bahwa retention time terlama adalah 18,17 menit dan kelimpahan tertingginya hampir mencapai 11.000.000. Nilai retention time dan kelimpahan ini meningkat apabila dibandingkan dengan hasil pada temperatur 250°C. Peningkatan kelimpahan dapat disebabkan karena pada temperatur 350°C hemiselulosa dan selulosa sudah terdekomposisi secara keseluruhan dan lignin sudah mulai terdekomposisi sebagian. Sementara meningkatnya retention time disebabkan karena selulosa juga sudah terdekomposisi secara keseluruhan di temperatur 350°C, mengingat selulosa memiliki kandungan polimer dengan rantai panjang dan berat molekul yang besar [5].

Pada gambar 5 adalah grafik kromatogram tar pada temperatur 450°C. Pada grafik ini dapat dilihat bahwa retention time terlamanya adalah 10,83 menit dan kelimpahan tertingginya sedikit diatas 10.000.000. Nilai retention time dan kelimpahan ini menurun apabila dibandingkan dengan hasil pada temperatur 350°C. Hal ini disebabkan karena pada

temperatur 450°C lignin yang mulai terdekomposisi sebagian terus mengalami dekomposisi secara thermal dan juga mengalami *catalytic cracking* oleh zeolit, sehingga rantai hidrokarbon panjang dari lignin dipecah menjadi rantai hidrokarbon yang lebih pendek dan sederhana. Akibat terbentuknya senyawa hidrokarbon yang lebih pendek dan sederhana, maka retention time juga akan menjadi lebih singkat.



**Gambar 5** Grafik kromatogram Tar temperatur 450°C.

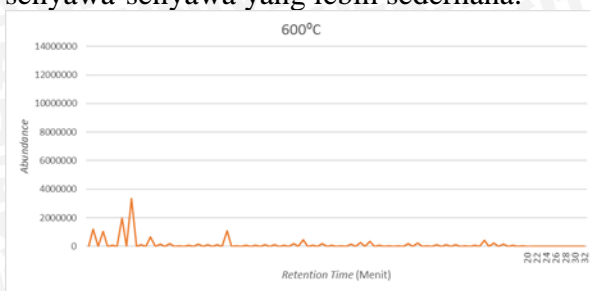


**Gambar 6** Grafik kromatogram Tar temperatur 500°C.

Pada gambar 6 adalah grafik kromatogram tar pada temperatur 500°C. Pada grafik ini dapat dilihat bahwa retention time terlamanya adalah 19,1 menit dan kelimpahan tertingginya sedikit diatas 5.500.000. Nilai retention time ini meningkat namun kelimpahan tertingginya menurun apabila dibandingkan dengan hasil pada temperatur 450°C.

Meningkatnya retention time disebabkan oleh lignin pada temperatur 500°C sudah terdekomposisi seluruhnya, mengingat lignin adalah komposisi serbuk kayu mahoni yang paling kompleks sehingga membutuhkan temperatur yang

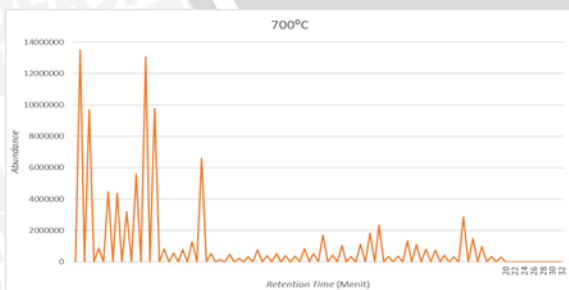
lebih tinggi agar lignin terpecah menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana.



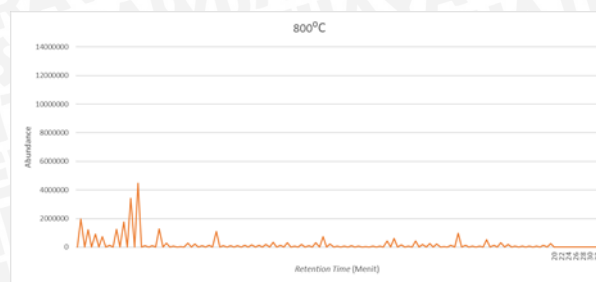
**Gambar 7** Grafik kromatogram *Tar* temperatur 600°C.

Pada gambar 7 terlihat grafik kromatogram *tar* pada temperatur 600°C memiliki *retention time* terlamanya adalah 19,09 menit dan kelimpahan tertingginya sekitar 3.500.000. Nilai *retention time* dan kelimpahan tertingginya ini menurun apabila dibandingkan dengan hasil pada temperatur 500°C.

Menurunnya *retention time* dan kelimpahan tertinggi ini disebabkan karena pada temperatur 600°C lignin masih dapat tersisa dan akan terus mengalami dekomposisi secara *thermal cracking* dan juga *catalytic cracking* dengan zeolit. Kemudian apabila dibandingkan dengan grafik kromatogram *tar* pada temperatur 500°C terlihat bahwa distribusi senyawa pada *retention time* 8-14 lebih rapat pada kromatogram *tar* temperatur 600°C, hal ini disebabkan karena pada temperatur 600°C telah terbentuk hasil *tar* sekunder yang terbentuk dari pembentukan ulang atau *reforming* dari *tar primer* [5].



**Gambar 8** Grafik kromatogram *Tar* temperatur 700°C.



**Gambar 9** Grafik kromatogram *Tar* temperatur 800°C.

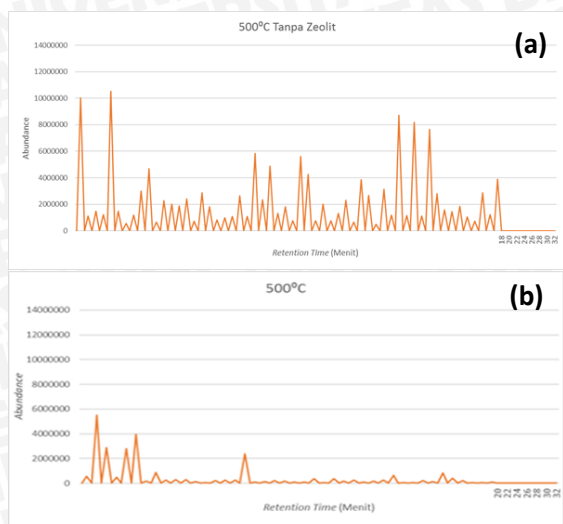
Pada gambar 8 dan 9 adalah grafik kromatogram *tar* pada temperatur 700°C dan 800°C. Dua grafik kromatogram ini memiliki kecenderungan yang hampir sama pada distribusi *retention timenya* yaitu sangat tinggi kelimpahannya pada *retention time* rendah 0-4 menit, rendah kelimpahannya pada 4-9 menit dan tinggi kembali kelimpahannya pada *retention time* 10 dan 14 menit, namun pada temperatur 800°C distribusi senyawa pada *rentention time* 8-19 menit lebih rapat dibandingkan dengan temperatur 700°C.

Sedangkan, kelimpahan tertinggi pada *tar* di temperatur 800°C juga lebih rendah dibandingkan dengan di temperatur 700°C. Hal ini disebabkan karena pada temperatur 800°C *tar* hasil pirolisis sekunder sudah mulai terpecah menjadi *tar* tersier sehingga menyebabkan produksi senyawa hidrokarbon rantai sedang akan semakin banyak [5].

### Pengaruh Zeolit Terhadap Hasil Grafik Kromatogram

Penambahan zeolit sebagai katalis akan membantu mengoptimalkan pemecahan rantai hidrokarbon melalui proses *catalytic cracking*. Kami mengambil contoh *tar* di temperatur 500°C, pada gambar 10 (a) terlihat bahwa pada *tar* tanpa zeolit memiliki senyawa dengan kelimpahan yang sama relatif sama banyak dari dari *retention time* 2-18 menit, hal ini menandakan bahwa jumlah senyawa hidrokarbon rantai pendek dan rantai sedang dari *tar* tanpa zeolit relatif sama.

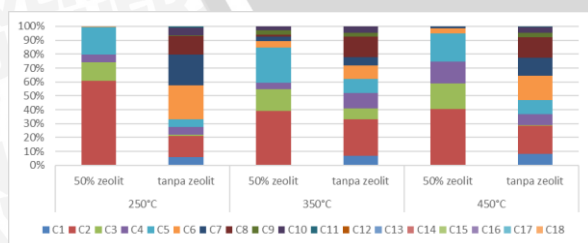




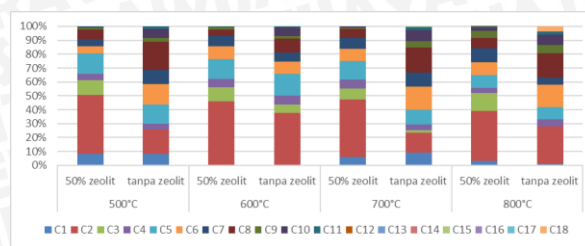
**Gambar 10** Grafik kromatogram *Tar* temperatur 500°C (a) tanpa zeolit (b) dengan zeolit 50 wt%.

Sedangkan pada gambar 10 (b) yaitu *tar* dengan penambahan zeolit 50 wt% memiliki jumlah senyawa yang lebih banyak pada *retention time* rendah dan sedikit pada *retention time* sedang, ini menandakan bahwa pada *tar* dengan penambahan zeolit 50 wt% lebih dominan senyawa hidrokarbon rantai pendek dibandingkan dengan hidrokarbon rantai sedang atau panjang. Hal ini sebabkan karena zeolit akan membantu proses dekomposisi dengan metode *catalytic cracking* seperti yang dijelaskan pada tinjauan pustaka, sehingga membantu memecah hidrokarbon rantai sedang menjadi hidrokarbon rantai pendek.

**Perbandingan Panjang Rantai Karbon Pada Senyawa Tar**



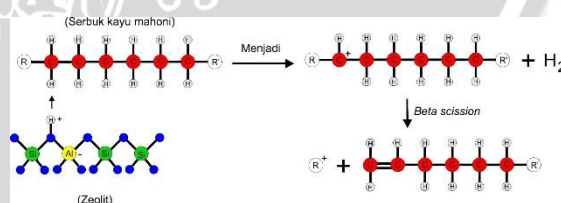
**Gambar 11** perbandingan panjang rantai karbon pada senyawa tar pada temperatur 250-450°C



**Gambar 12** perbandingan panjang rantai karbon pada senyawa tar pada temperatur 500-800°C

Pada gambar 11 dan 12 dapat dilihat grafik perbandingan persentase panjang rantai karbon antara *tar* tanpa zeolit dengan *tar* yang menggunakan zeolit 50 wt% pada rentang temperatur 250°C - 800°C. Dari gambar tersebut dapat dilihat kecenderungan yang sama yaitu *tar* dengan penambahan zeolit 50 wt% akan menghasilkan senyawa hidrokarbon rantai pendek lebih banyak dibandingkan dengan *tar* tanpa penambahan zeolit.

Pada gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa *tar* dengan penambahan zeolit selalu memiliki senyawa rantai C<sub>2</sub> dengan jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan *tar* tanpa zeolit di setiap temperaturnya. Hal ini disebabkan karena penambahan zeolit akan membantu proses pemutusan rantai karbon dengan kemampuan *catalytic cracking* seperti pada gambar 13, sehingga menghasilkan senyawa hidrokarbon yang lebih sederhana dan rantai lebih pendek dibandingkan dengan *tar* tanpa zeolit.



**Gambar 13** perbandingan panjang rantai karbon pada senyawa tar pada temperatur 500-800°C

Selain itu dari gambar 11 dan 12 efek dari zeolit pada panjang rantai karbon juga terlihat jelas pada temperatur 250°C, 450°C, 700°C dan 800°C, yaitu *tar* tanpa zeolit menghasilkan senyawa dengan rantai yang lebih panjang dibandingkan dengan

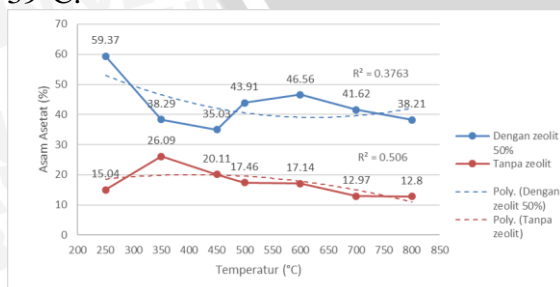
tar dengan zeolit. Pada tar di temperatur 250°C tanpa zeolit rantai terpanjangnya adalah C<sub>11</sub> sedangkan dengan zeolit hanya C<sub>6</sub>. Pada temperatur 450°C tanpa zeolit rantai terpanjangnya adalah C<sub>11</sub> sedangkan dengan zeolit hanya C<sub>7</sub>. Pada temperatur 700°C tanpa zeolit rantai terpanjangnya adalah C<sub>15</sub> sedangkan dengan zeolit hanya C<sub>10</sub>. Serta pada temperatur 800°C tanpa zeolit rantai terpanjangnya adalah C<sub>18</sub> sedangkan dengan zeolit hanya C<sub>12</sub>.

Hal juga ini disebabkan karena zeolit mampu memecah rantai karbon panjang menjadi rantai karbon yang lebih pendek dan sederhana melalui proses *catalytic cracking*.

### Pengaruh Temperatur Terhadap Produksi Asam Asetat

Salah satu senyawa mayoritas pada hasil pirolisis serbuk kayu mahoni ini adalah asam asetat. Asam asetat atau sering disebut juga asam cuka atau asam etanoat (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>) adalah senyawa kimia asam organik yang tidak berwarna, berbau menyengat, memiliki rasa asam, mampu larut dalam air, alkohol, gliserol, dan eter [7]. Asam asetat ini bersifat korosif dan memiliki titik nyala 39°C, termasuk senyawa yang mudah terbakar [8].

Kami menganalisa pengaruh temperatur terhadap volume asam asetat karena asam asetat adalah senyawa yang paling banyak persentasenya pada tar hasil pirolisis serbuk kayu mahoni dan juga karena asam asetat termasuk senyawa yang mudah terbakar yaitu dengan titik nyala 39°C.



**Gambar 14** Grafik pengaruh temperatur pirolisis terhadap presentase asam asetat.

Dari gambar 14 dapat dilihat secara umum bahwa persentase asam asetat pada tar hasil pirolisis dengan menggunakan zeolit 50 wt% lebih tinggi dibandingkan dengan persentase asam asetat pada tar hasil pirolisis tanpa menggunakan zeolit. Hal ini disebabkan karena pada pirolisis dengan menggunakan katalis zeolit terdapat dua proses *cracking* yang terjadi yaitu *thermal cracking* oleh kenaikan temperatur dan juga *catalytic cracking* oleh zeolit, sedangkan pada pirolisis tanpa penambahan zeolit hanya terjadi proses *thermal cracking* saja.

Pada temperatur 250°C dapat dilihat pada pirolisis dengan zeolit menghasilkan asam asetat sebesar 59,37%, nilai ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan persentase asam asetat pada pirolisis tanpa zeolit yang hanya menghasilkan asam asetat sebesar 15,04%. Tingginya persentase asam asetat pada pirolisis dengan zeolit pada temperatur 250°C disebabkan karena sinergi antara *thermal cracking* dan *catalytic cracking* dalam memecah struktur biomassa.

Faktor lain yang menyebabkan tingginya hasil pada pirolisis dengan zeolit adalah pada temperatur 250°C hanya hemiselulosa yang baru terdekomposisi sementara selulosa dan lignin masih belum terdekomposisi, dan juga hemiselulosa adalah senyawa penyusun serbuk kayu mahoni bersifat paling lunak dibandingkan dengan lignin dan selulosa.[5].

Pada temperatur 350°C dapat dilihat pada pirolisis dengan zeolit menghasilkan asam asetat sebesar 38,29%, hasil ini menurun apabila dibandingkan dengan temperatur 250°C. Penurunan hasil asam asetat ini dapat disebabkan karena pada temperatur 350°C kandungan hemiselulosa dan juga selulosa pada serbuk kayu mahoni sudah terdekomposisi seluruhnya mengingat selulosa memiliki senyawa dengan rantai yang panjang dan berat molekul yang tinggi [5].

Disisi lain persentase asam asetat pada pirolisis tanpa zeolit menghasilkan asam asetat sebesar 26,09%, lebih tinggi



dari pada temperatur 250 °C namun tetap lebih rendah dibandingkan dengan persentase asam asetat pada pirolisis dengan zeolit. Peningkatan nilai asam asetat ini dapat disebabkan karena hemiselulosa yang masih tersisa dari temperatur 250°C baru terdekomposisi secara sempurna di temperatur 350°C, mengingat pada pirolisis tanpa zeolit proses *cracking* hanya dilakukan melalui *thermal cracking* saja.

Pada temperatur 450°C dapat dilihat pada pirolisis dengan zeolit menghasilkan asam asetat sebesar 35,03%, hasil ini menurun apabila dibandingkan dengan temperatur 350°C. Penurunan hasil asam asetat ini dapat disebabkan karena pada temperatur 450°C kandungan lignin mulai terdekomposisi mengingat lignin adalah senyawa penyusun serbuk kayu mahoni yang paling kompleks [5].

Disisi lain persentase asam asetat pada pirolisis tanpa zeolit menghasilkan asam asetat sebesar 20,11%, hasil ini lebih rendah dari pada temperatur 250 °C dan juga lebih rendah dibandingkan dengan persentase asam asetat pada pirolisis dengan zeolit. Penurunan nilai asam asetat ini dapat juga disebabkan oleh terdekomposisinya lignin yang memiliki struktur paling kompleks dibandingkan dengan hemiselulosa dan selulosa.

Pada temperatur 500°C dapat dilihat pada pirolisis dengan zeolit menghasilkan asam asetat sebesar 43,91%, hasil ini meningkat apabila dibandingkan dengan temperatur 450°C. Peningkatan hasil asam asetat ini dapat disebabkan karena pada temperatur 500°C lignin sudah terdekomposisi seluruhnya dan juga senyawa lain dari biomassa terus terdekomposisi sehingga menghasilkan senyawa hidrokarbon dengan rantai karbon yang lebih pendek. Disisi lain persentase asam asetat pada pirolisis tanpa zeolit menghasilkan asam asetat sebesar 17,46%, hasil ini lebih rendah dari pada temperatur 450 °C dan juga lebih rendah dibandingkan

dengan persentase asam asetat pada pirolisis dengan zeolit.

Penurunan nilai asam asetat ini dapat juga disebabkan oleh terdekomposisinya lignin secara keseluruhan yang berakibat bertambahnya persentase senyawa hidrokarbon dengan rantai panjang dan berkurangnya hidrokarbon dengan ranati pendek termasuk asam asetat.

Pada temperatur 600°C, 700°C dan 800°C terjadi kecenderungan yang sama antara persentase asam asetat pada pirolisis menggunakan zeolit dengan pirolisis tanpa menggunakan zeolit yaitu persentase asam asetat akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya temperatur. Hal ini disebabkan karena pada temperatur 600°C-700°C terbentuk *tar* sekunder yang didominasi oleh hidrokarbon rantai panjang, sehingga persentase hidrokarbon rantai pendek termasuk asam asetat menjadi berkurang. Sedangkan pada temperatur 800°C juga terdapat senyawa *tar* sekunder dan juga mulai terbentuk senyawa *tar* tersier yang menyebabkan semakin berkurangnya senyawa hidrokarbon rantai pendek dan juga berkurangnya asam asetat [5].

## KESIMPULAN

Dari hasil data dan pembahasan grafik serta tabel dapat ditarik kesimpulan :

1. Semakin tinggi temperatur pirolisis maka volume *tar* semakin meningkat.
2. Hasil volume *tar* dari pirolisis dengan menggunakan zeolit lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil volume *tar* pirolisis tanpa menggunakan zeolit, karena pada pirolisis dengan penambahan zeolit terjadi dua proses *cracking* yaitu *thermal cracking* dan *catalytic cracking*.
3. Komposisi kimia *tar* hasil pirolisis pada penelitian ini terdiri dari senyawa - senyawa hidrokarbon, dimana terjadi persentase yang tinggi pada hidrokarbon rantai pendek (C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>) dan

- persentase yang rendah pada hidrokarbon rantai panjang diatas C<sub>6</sub>.
4. Komposisi kimia *tar* sangat dipengaruhi oleh temperatur :
    - a) Pada temperatur 250°C komposisi kimia *tar* terdiri dari senyawa-senyawa hidrokarbon rantai pendek (C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>) sebesar 73,06% dan hidrokarbon rantai sedang sedang (C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub>) sebesar 25,28% .
    - b) Pada temperatur 350°C komposisi kimia *tar* terdiri dari senyawa-senyawa hidrokarbon rantai pendek (C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>) sebesar 53,74%, hidrokarbon rantai sedang sedang (C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub>) sebesar 33,76% dan hidrokarbon rantai panjang diatas C<sub>6</sub> sebesar 12,5%.
    - c) Pada temperatur 450°C komposisi kimia *tar* terdiri dari senyawa-senyawa hidrokarbon rantai pendek (C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>) sebesar 58,91%, hidrokarbon rantai sedang sedang (C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub>) sebesar 39,57% dan hidrokarbon rantai panjang diatas C<sub>6</sub> sebesar 1,52%.
  5. Pada temperatur pirolisis 500°C sampai dengan 800°C terjadi penurunan persentase senyawa hidrokarbon rantai pendek (C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub>), karena diatas temperatur 500°C terjadi reaksi pirolisis sekunder dan tersier yang menghasilkan produk pirolisis yang mayoritasnya adalah hidrokarbon rantai panjang diatas C<sub>6</sub>.
  6. Penambahan zeolit pada pirolisis meningkatkan persentase asam asetat pada *tar* karena zeolit membantu mempercepat pemutusan rantai karbon pada senyawa-senyawa hidrokarbon hasil pirolisis.

#### Daftar Pustaka

- [1] Outlook Energy Indonesia. 2016. Energi masa depan di sektor transportasi dan kelistrikan. Pusat Teknologi Pengembangan Sumber Daya dan Energi. BBPT. BPPY-Press. Jakarta.
- [2] Sunarsih, S., Pratiwi Y., & Sunarto, Y. (2012). Pengaruh suhu, waktu dan kadar air padapembuatan asap cair dari limbah padat pati aren (studi kasus pada sentra industri sohun Dukuh Bendo, Daleman, Tulung, Klaten). Fakultas Sains Terapan, IST Akprind Yogyakarta.
- [3] Rantanen. 2009. *Bioenergy and Biorenewable Potentials in Indonesia*. Chemical Engineering ITB.
- [4] Dabelstein, W., Reglitzky, A., Schutze, A. & Reders, K. (2007). "Automotive Fuels". Ullmann's Encyclopedia of industrial chemistry vol.4. Wiley.
- [5] Basu, P. (2010). *Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory*. Elsevier.
- [6] Chris (2007). *The Implementing Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbons. Methods in Biotechnology* 23. Humana Press.
- [7] Hardoyo. (2007). *Kondisi Optimum Fermentasi Asam Asetat Menggunakan Acetobacter Aceti B166*. Pati : Balai Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- [8] Stephenson, R.M. & Malawowski, S. 1987. *Handbook Of The Thermodynamics Of Organic Compound*. Elsevier
- [9] Akbar, A., (2013). Paindoman R., & Coniwanti Pengaruh Variabel Waktu Dan Temperatur Terhadap Pembuatan Asap Cair Dari Limbah Kayu Pelawan (Cyanometra Cauliflora). Skripsi. Tidak dipublikasikan. Palembang : Universitas Sriwijaya.
- [10] Azis, F.,(2016). Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Susunan Kimia Tar Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang : Universitas Brawijaya..
- [11] Batubara, R. (2009). Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Susunan Kimia Tar Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni. *Karya Tulis Ilmiah*. Tidak dipublikasikan. Sumatera Utara : Universitas Sumatera Utara



- [12] Beltrame, P & Carniti, P. (1989). *Catalytic Degradation of Polymers: Part IiU Degradation of Polyethylene*. Elsevier.
- [13] Eggeling, L. (1983). Lignin - an exceptional biopolymer and a rich resource?. *Journal Trends in Biotechnology*, Vol.1, No.4.
- [14] Fatimah Is, Jaka N. (2005). Identifikasi Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Jati Menggunakan *Principal Component Analysis*, *Jurnal Ilmu Dasar Vol. 6 No. 1, 2005 : 41-47*
- [15] Jahirul *et al.* (2004). *Biofuels Production Through Biomass Pyrolysis – A technological Review*: Queensland University of Technology, Brisbane, Australia.
- [16] Nishiyama, Y., Langan, P., & Chanzy, H. (2002). *Crystal Structure and Hydrogen-Bonding System in Cellulose I $\alpha$  from Synchrotron X-ray and Neutron Fiber Diffraction*. Tokyo, University of Tokyo.
- [17] Rahimi, N., Karimzadeh, R., (2011). *Catalytic cracking of hydrocarbons over modified ZSM-5 zeolites to produce light olefins: A review*. Elsevier.
- [18] Rasul, M.G., Jahirul, M.1., (2012). *Recent Developments in Biomass Pyrolysis for Bio-Fuel Production : Its Potential for Commercial Applications*. Queensland : University of Queensland
- [19] Sadeghbeigi, R.,. 2013. *Fluid Catalytic Cracking Handbook third edition*. Elsevier
- [20] Scheller, H.V., Ulvskov. (2010). *The Annual Review of Plant Biology : Hemicelluloses*. California.
- [21] Silberberg, M.S. (2009). *Chemistry : The Molecular Nature of Matter and Change 5<sup>th</sup> Edition*. New York : McGraw-Hill.
- [22] Sjostrom, E. (1993). *Wood Chemistry. Fundamentals and Applications. 2<sup>nd</sup> Edition*. San Diego : Acadmeic Press.
- [23] Steininger, M., & Walendziewski, J. (2001). *Thermal and catalytic conversion of waste polyolefines*. Elsevier.
- [24] Weitkamp, J., (1989). *Fluid Catalytic Cracking VII Volume 166 : Materials, Methods and Process Innovations*. Elsevier.
- [25] W.Zhao, *et. al.* (1996). *Effects of zeolites on the pyrolysis of polypropylene*. Elsevier
- [26] Kumara D.C., Wijayanti, W., & Widhiyanuriyawan, D. (2015). Pengaruh Penggunaan Katalis (Zeolit) Terhadap Kinetic Rate Tar Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni (*Switenia Macrophylla*). *Jurnal Rekayasa Mesin Vol.6, No.1*. Universitas Brawijaya.