**PENGARUH TEMPERATUR DAN PENAMBAHAN ZEOLITE TERHADAP NILAI KALOR VOLUME TAR PIROLISIS SERBUK KAYU SENGON**

Ubaid Bahtsul Faesal1, Muhammad Agus Sahbana2, Gatot Seobiyakto3

1), 2) Teknik Mesin, Universitas Widyagama, 3) Mesin Otomotif, Universitas Widyagama

Jl. Taman Borobudur Indah No. 1 Malang. Telp/Fax: [(0341) 406150](https://www.google.com/search?safe=strict&rlz=1C1CHBF_en&sxsrf=ALeKk00DPO5GYjlg15HFgk-7o963TDQkyQ%3A1591975686911&ei=Bp_jXt-mN86e4-EP8aa5wAI&q=alamat+universitas+widyagama+kampus+3+malang&oq=alamat+universitas+widyagama+kampus+3+malang&gs_lcp=CgZwc3ktYWIQAzIGCAAQCBAeOgQIABBHOgQIIxAnOggIABAIEAcQHlD_Tlj6WWCKW2gAcAF4AIABWYgBrQWSAQE5mAEAoAEBqgEHZ3dzLXdpeg&sclient=psy-ab&ved=0ahUKEwjfwbzKy_zpAhVOzzgGHXFTDigQ4dUDCAs&uact=5)

Email: [ubaid.b.faesal@gmail.com](mailto:ubaid.b.faesal@gmail.com)

**Abstract**

*This research was conducted to determine the effect of zeolite on the results of tar volume and tar calorific value in the pyrolysis process of sengon sawdust. The process of this research was carried out for 3 hours using 200 grams of sengon wood powder and 40 grams of zeolite added with variations in temperature of 250 ° C, 350 ° C, 450 ° C and 550 ° C. Things discussed are temperature changes during the pyrolysis process, the volume of tar transferred every 2 minutes for 3 hours, changes in tar mass, changes in density of tar, tar calorific values ​​and changes in tar color. From the research results obtained the higher the temperature, the more the results of pure tar obtained at a peak temperature of 550⁰C produces 54 ml. by lending zeolite to produce 64 ml. And good pure tar calorific values ​​were obtained at 450⁰C with a yield of 3251,306154 cal / gram while good calorific values ​​by obtaining zeolites were obtained at 550⁰C with results of 74.91073684 cal / gram.*

*Keywords: energy, pyrolysis, waste, sengon wood powder*

**Abstrak**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolit terhadap hasil volume tar dan nilai kalor tar dalam proses pirolisis serbuk kayu sengon. Proses penelitian ini dilakukan selama 3 jam dengan ketentuan limbah serbuk kayu sengon seberat 200 gram dan penambahan zeolite 40 gram dengan variasi temperatur 250⁰C, 350⁰C, 450⁰C, dan 550⁰C. Hal yang diamati adalah perubahan temperatur selama proses pirolisis, penambahan volume tar setiap 2 menit selama 3 jam, perubahan massa tar, perubahan massa jenis tar, nilai kalor tar dan perubahan warna tar. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa semakin tinggi temperature, maka akan semakin banyak pula hasil tar murni yang diperoleh pada temperatur puncaknya 550⁰C menghasilkan 54 ml. dengan penambahan zeolit mengahasilkan 64 ml. Dan nilai kalor tar murni yang baik di dapatkan pada temperature 450⁰C dengan hasil 3251,306154 kal/gram sedangkan nilai kalor yang baik dengan penambahan zeolit di dapatkan pada suhu 550⁰C dengan hasil 74,91073684 kal/gram.

**Kata kunci** : energy, pirolisis, limbah, serbuk kayu sengon

**PENDAHULUAN**

Sampah menjadi pusat perhatian akhir-akhir ini. Setiap hari jumlah sampah semakin meningkat. Peningkatan ini terjadi karena semakin bertambahnya jumlah penduduk di suatu daerah. Selain itu pengolahan sampah yang dilakukan oleh pemerintah belum maksimal. Jika mendengar istilah sampah, pasti yang terlintas di benak kita adalah setumpuk limbah yang menimbulkan aroma busuk yang sangat menyengat. Sampah dapat membawa dampak yang buruk pada kondisi kesehatan manusia. Bila sampah dibuang secara sembarangan atau di tumpuk tanpa ada pengolahan yang baik, maka akan menimbulkan berbagai dampak kesehatan yang serius. Sampah di bagi menjadi dua jenis yaitu organik dan anorganik dua sampah jenis ini mempunyai sifat yang berbeda. Sampah organik adalah limbah dari sisa makluk hidup yang terdapat di alam, seperti : tumbuhan dan hewan, serta berbagai macam olahannya yang kemudian dibuang dan dapat terurai secara alami oleh bakteri tanpa perlu tambahan bahan kimia apapun didalam penguraiannya. Sedangkan sampah anorganik adalah limbah dari berbagai macam proses, di mana jenis sampah ini tidak akan bisa terurai oleh bakteri secara alami dan pada umumnya akan membutuhkan waktu yang sangat lama di dalam penguraianya, contoh sampah anorganik adalah besi, plastic, kain dll.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan sampah organik hasil dari penebangan pohon sengon untuk digunakan sebagai triplek dan kontruksi bangunan. saat proses pemotongan kayu sengon menghasilkan serbuk. Serbuk kayu ini biasanya digunakan untuk media tanam. Kayu sengon merupakan salah satu jenis kayu khas daerah tropis yang cukup terkenal dan kayu ini juga termasuk salah satu jenis kayu komersial yang banyak peminatnya.

Zeolite adalah jenis batuan kristal Aluminosilikat (alumunium dan silikat)  
dengan struktur berpori. Zeolit banyak digunakan karena kemampuannya dalam absorbs, katalis sebagai katalis dan sebagai pertukaran ion. Unsur-unsur logam yang terkandung pada pori-pori zeolit dapat berikatan dengan unsur timbal (Pb) sehingga unsur timbal yang terdapat pada gas buang kendaraan bermotor tersebut dapat terserap atau terendapkan oleh unsur-unsur zat aktif pada zeolit. [1] Efektifitas penyerapan pada zeolit tergantung pada zat aktif yang terkandung pada pori-pori zeolit yaitu lebih dari 139,9 mg/g.

Dari pemaparan latar belakang di atas perlu dilakukan proses pirolisis serbuk gergaji kayu sengon dengan penambahan zeolite sebagai katalis agar membentuk limbah tersebut menjadi biodiesel (tar), bricket(char) maupun gas. Dalam penelitian ini hanya akan di teliti hasil pirolisis yang berbentuk tar. Tar adalah salah satu produk hasil pirolisis,biodiesel (tar) sendiri adalah bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui, pyrolisis oil,bio-crude oil,wood oil, wood liquids dan liquid smoke. Tar terbentuk dari depolimerisasi dari selulosa, hemiselulosa dan lignin.Tar memiliki fungsi untuk pembakaran, bahan bakar mesin diesel dan Combustion Turbines.

Salah satu metode konversi bahan organik menjadi energi adalah menggunakan proses pirolisis. Secara ilmiah, pirolisis adalah proses dekomposisi termal bahan organik pada temperatur sekitar 250-550℃ tanpa adanya oksigen sama sekali, Dimana material akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Proses ini melepas 3 jenis produk, yaitu cair (*Bio-oil*), padat (arang), dan gas (CO, CO2, H2, H2O dan CH4). Serbuk gergaji kayu sengon yang dipirolisis akan menghasilkan Tar (biodisel), Char (bricket), dan juga gas. yang masing-masing tar, bricket maupun gas jika diberi perlakuan khusus akan dapat dimanfaatkan sebagai sesuatu yang berguna, char/bricket dapat dimanfaatkan sebagai arang untuk bahan bakar padat, dan juga tar/biodiesel dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar cair, begitu pula gas dapat dipakai untuk bahan bakar gas ,namun hasil pirolisis ini dapat memiliki presentase kalor yang berbeda hal ini dipengaruhi oleh lamanya proses pirolisis, dan tinggi rendahnya temperatur saat proses pirolisis berlangsung.

Maka dari penjelasan tersebut diperlukannya penelitian mengenai pengaruh variasi temperature dan persentase campuran zeolite terhadap hasil proses pirolisis limbah gergaji kayu sengon. Dengan adanya penelitian ini diharapkan mamapu berkontribusi dalam bidang energi terbarukan, dan juga akan dijadikan pembelajaran dalam penelitian berikutnya.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**Kayu Sengon**

[3] Sengon mempunya dua nama latin yaitu  *Albizia falcate* (L). *Fosberg* dan *Paraserianthes falcataria* (L) *Nilsen.* Sengon dikelompokkan dalam familia leguminosae dengan subfamily Mimosoidae. Khususnya di jawa, sengon di kenal dengan nama daerah sengon laut (Jawa) dan jerenging (Sunda). Pohon sengon dikenal sebagai pohon yang pertumbuhannya tercepat di dunia. [4] Pada umur 1 tahun dapat mencapai tinggi 7m dan pada umur 12 tahun dapat mencapai tinggi 39m, dengan diameter 60 cm dan tinggi cabang 10-30 m. diameter pohon yang sudah tua dapat mencapai 1 m, kadang lebih. Batang tumbuh lurus dan silindris.

Tabel 1. Analisa kimia kayu sengon parameter %.

|  |  |
| --- | --- |
| Holocellulose, % | 70,21 |
| Cellulose, % | 49,29 |
| Lignin, % | 29,79 |
| Pentosane, % | 15,92 |
| Silica, % | 0,34 |
| Kadar abu, % | 0,63 |
| Kadar air, % | 5,65 |
| Air dingin, % | 5,40 |
| Air panas, % | 5,65 |
| Alcohol : Benzene, % | 3,53 |
| NaOH 1, % | 16,06 |

**Zeolite**

[4] Zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium. Secara umum, Zeolit memiliki melekular sruktur yang unik, di mana atom silikon dikelilingi oleh 4 atom oksigen sehingga membentuk semacam jaringan dengan pola yang teratur. Di beberapa tempat di jaringan ini, atom Silicon digantikan degan atom Aluminium, yang hanya terkoordinasi dengan 3 atom Oksigen. Atom Aluminium ini hanya memiliki muatan 3+, sedangkan Silicon sendiri memiliki muatan 4+. Keberadaan atom Aluminium ini secara keseluruhan akan menyebababkan Zeolit memiliki muatan negatif. Muatan negatif inilah yang menebabkan Zeolit mampu mengikat kation. Zeolit juga sering disebut sebagai 'molecular sieve' / 'molecular mesh' (saringan molekuler)karena zeolit memiliki pori-pori berukuran melekuler sehingga mampu memisahkan/menyaring molekul dengan ukuran tertentu.

Zeolit mempunyai beberapa sifat antara lain : mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembab. Oleh sebab sifatnya tersebut maka zeolit banyak digunakan sebagai [bahan pengering](https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Bahan_pengering&action=edit&redlink=1). Disamping itu zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan kation lainnya, misal zeolit melepas natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium atau magnesium. Sifat ini pula menyebabkan zeolit dimanfaatkan untuk [melunakkan air](https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Melunakkan_air&action=edit&redlink=1). Zeolit dengan ukuran rongga tertentu digunakan pula sebagai [katalis](https://id.wikipedia.org/wiki/Katalis) untuk mengubah [alkohol](https://id.wikipedia.org/wiki/Alkohol) menjadi hidrokarbon sehingga alkohol dapat digunakan sebagai [bensin](https://id.wikipedia.org/wiki/Bensin).

Tabel 2 Komposisi zeolite alam lampung

|  |  |
| --- | --- |
| Senyawa yang di ukur | Kadar berat (%) |
| Si02 | 72,6 |
| Al2O3 | 12,4 |
| Fe2O3 | 1,19 |
| Na2O | 0,45 |
| TiO2 | 0,16 |
| MgO | 1,15 |
| K2O | 2,17 |
| CaO | 3,56 |
| Lain | 6,32 |

**Pirolisis**

Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu zat atau material melalui pemanasan tanpa atau jumlah oksigen yang ikut dalam pembakaran jauh sangat sedikit jumlahnya dari yang dibutuhkan. Proses pirolisis ini melakukan dekomposisi pada suhu tinggi. Pada umumnya proses dekomposisi pada pirolisis dimulai pada suhu di atas 200˚C dan akan berakhir di suhu 450˚C-500˚C tergantung dari jenis serbuk kayu yang digunakan.

Gambar 1 Pencairan Biomassa

Pirolisis atau devolatilisasi disebut juga sebagai gasifikasi parsial. Suatu rangkaian proses fisik dan kimia terjadi selama proses pirolisis yang dimulai secara lambat pada T < 100°C dan terjadi secara cepat pada T > 200°C. Komposisi produk yang tersusun merupakan fungsi temperatur, tekanan, dan komposisi gas selama pirolisis berlangsung. Proses pirolisis dimulai pada temperatur sekitar 230°C, ketika komponen yang tidak stabil secara termal, seperti gas matters pada batubara, pecah dan menguap bersamaan dengan komponen lainnya. Produk cair yang menguap mengandung tar dan PAH (polyaromatic hydrocarbon). Produk pirolisis umumnya terdiri dari tiga jenis, yaitu gas ringan (H2, CO, CO2, H2O, dan CH4), tar, dan arang.

Menurut kondisi operasi yang digunakan, pirolisis terbagi menjadi 2 yaitu conventional pyrolysis dan fast pyrolysis.Conventional pyrolysis yang biasa disebut dengan slow pyrolysis menggunakan waktu penyelesaian operasi yang cukup lambat dibandingkan dengan fast pyrolysis. Untuk sebab itu proses ini memakan waktu yang lebih lama dibandingkan fast pyrolisis sehingga dianggap conventional.

Produk-produk yang dihasilkan dari proses pirolisis dari serbuk kayu ini pada umumnya adalah solid (char), liquid (tar) dan gas. Produk-produk ini merupakan hasil dekomposisi dari senyawa-senyawa yang terkandung di dalam serbuk kayu.

**METODOLOGI PENELITIAN**

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

**Variabel Penelitian**

Di dalam penelitian ini terdapat 3 variabel yang dipergunakan, antara lain:

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya kita tentukan dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Adapun variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah temperatur 250˚C, 350˚C, 450˚C, 550˚C menggunakan biomassa limbah kayu sengon 200 gram dengan penambahan zat zeolite dengan waktu pirolisis 3 jam

1. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang besar nilainya tidak dapat ditentukan melainkan tergantung pada nilai dari variabel bebasnya. Variabel terikat yang diamati dalam penelitian pirolisis ini adalah volume tar selama pirolisis serta nilai kalor tar hasil proses pirolisis.

**Alat Dan Bahan Penelitian**

1. Instalasi Pirolisis

Instalasi ini berfungsi untuk mem-pirolisis bahan baku yang dimana dalam hal ini limbah serbuk gergaji kayu sengon sebagai bahan utama dan juga dengan penambahan zat Zeolit. Limbah serbuk gergaji kayu sengon dimasukkan ke dalam piroliser dan kemudian akan diatur suhu pemanasannya.



Gambar 2Instalasi pirolisis

Keterangan gambar :

1. Tabung Gas N2
2. *Flowmeter* Gas N2
3. *Pirolizer*
4. Tabung Gas *Lpg*
5. *Selenoid*
6. *Datalogger*
7. Kondensor
8. Saluran Bio-gas
9. Tabung *Erlenmayer*
10. *Bomb Calorimeter*

**Diagram alir penelitian**



Gambar 3Diagram alir Penelitian

**HIPOTESA**

Diduga hasil perolehan TAR pada temperature 550℃ dengan penambahan zeolit akan lebih banyak daripada 250 ℃, 350 ℃ dan 450 ℃.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian ini adalah perubahan temperatur, volume tar hasil pirolisis, perubahan massa, massa jenis, nilai kalor dan warna spesimen hasil pirolisis. Pada proses pirolisis ini berlangsung selama 3 jam dengan pengamatan setiap 2 menit temperatur di kontrol melalui solenoid yang terhubung dengan *temperatur controller* menggunakan sensor *thermocouple* yang terletak pada tabung piroliser untuk membaca suhu di dalam tabung. Panas yang dihasilkan untuk proses pirolisis ini mengunakan kompor gas bertekanan, apinya diatur oleh regulator. Regulator dan solenoid menjadi serangkaian sehingga ketika suhu belum mencapai pada *temperature setting* maka solenoid akan terbuka yang mengakibatkan api akan tetap besar dan terus memanaskan piroliser sampai suhu tercapai.

Gambar 4Grafik perubahan temperature saat proses pirolisis

Pada proses pirolisis temperatur pemanasan 250⁰C suhu konstan didapatkan pada menit ke 6, dikarenakan suhu 250⁰C adalah suhu yang tergolong rendah maka akan cepat tercapai dan panas tergolong kecil. Pada proses pirolisis temperature 350⁰C suhu konstan didapatkan pada menit ke 10, pirolisis mengunakan temperatur 450⁰C mendapatkan suhu konstannya pada menit ke 14, dan pada proses pirolisis temperatur 550⁰C didapatkan suhu konstan pada menit ke 24.

Gambar 5Grafik perbandingan hubungan volumeakhir dan temperatur (murni dan zeolite).

Selanjutnya, grafik perbandingan hubungan volume akhir dan temperature (murni dan zeolite) serbuk kayu sengon dapat dilihat dari gambar 2. Dari grafik dapat diketahui volume tar mengalami peningkatan dari tempertur 250⁰C sampai dengan 550⁰C. dari perbandingan biomassa serbuk kayu sengon yang menggunakan campuran zeolite dan yang murni menunjukan biomassa yang menggunakan campuran zeolite 40gram memperoleh hasil tar sangat banyak di banding dengan yang biomassa murni. Karena zeolite berguna sebagai pengering bahan biomassa dan sifatnya melepas kandunan air akibat pemanasan dan mengikat kembali molekul air pada saat udara lembab

Tabel 3. Nilai kalor Tar

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Suhu | Nilai Kalor (cal/gram) | |
| Murni | Zeolite |
| 1 | 250 | 0 | 0 |
| 2 | 350 | 19,45732413 | 12,98917142 |
| 3 | 450 | 3251,306154 | 34,84723077 |
| 5 | 550 | 38,41312 | 74,91073684 |

Gambar 6Grafik perbandingan pengaruh temperatur pirolisis terhadap nilai kalor tar (murni dan zeolite)

Berikutnya,Grafik di bawah merupakan perbandingan pengaruh temperatur terhadap nilai kalor tar (murni dan zeolite) dengan varisi temperatur 250⁰C, 350⁰C, 450⁰C, 550⁰C. Dengan waktu penelitian 3 jam dengan biomassa serbuk kayu sengon 200 gram dan zeolite 40 gram.

Dari grafik menunjukkan bahwa semakin meningkatnya temperatur maka nilai kalor tar yang dihasilkan akan semakin meningkat pula sampai batas maksimal di suhu 450⁰C dan menurun pada suhu 550⁰C karena tar primer yang baik di hasilkan pada suhu 200 - 500⁰C pada suhu ini selulosa, hemiselulosa, lignin komponen biomassa terurai menjadi tar primer dan tar sekunder di hasikan pada suhu 500⁰C pada suhu ini dalam proses pirolisis banyak menghasilkan gas dari pada tar sehingga nilai kalor pada suhu 450⁰C lebih tinggi. selanjunya pada suhu 350⁰C nilai kalor tar lebih rendah dari 450⁰C karena panas belum sepenuhnya mendokomposisi biomassa.

Sedangkan tar dari serbuk kayu sengon menggunakan campuran zeolite mengasilkan nilai kalor yang lebih rendah dari tar serbuk kayu sengong (murni). Penjelasanya fungsi dari zeolite sendiri adalah sebagai pengering dan mempunyai sifat mudah melapas air akibat pemanasan dan mudah mengikat air dalam udara lembab. Dan kayu sengon memiliki komposisi kimia benzene 3,53% adalah senyawa kimia organik yang merupakan cairan tak berwarna dan mudah terbakar. Kesimpulan kayu sengon memiliki komposisi kimia benzene 3,43% dengan suhu 450⁰C tar (murni) akan memperoleh nilai kalor tinggi yaitu 3251,306154 cal/gram, dengan tar (zeolit) yang memiliki nilai kalor rendah dibandingkan nilai kalor tar (murni) karena dengan campuran zeolite banyak mengandung air.





Gambar 7 Warna liquid product tar (murni dan zeolite)

Selanjutnya, Pada warna spesimen tar hasil proses pirolisis serbu kayu sengon (murni) yang di tunjukan pada gambar 4.9 memiliki peredaan warna yaitu pada temperatur 350⁰C, 450⁰C dan 550⁰C cenderung gelap pekat, untuk temperatur 250⁰C sama sekali tidak mengeluarkan tar. Namun pada spesimen tar temperatur 550⁰C terlihat lebih terang jika diberikan cahaya hal ini berhubungan juga dengan nilai kalor yang terkandung pada tar hasil pirolisis pada temperatur 550⁰C yang memiliki nilai kalor lebih kecil daripada tar hasil pirolisis temperatur 450⁰C yaitu sebesar 38,41312 cal/gram. Hal ini berkaitan pula dengan mengapa hasil pada suhu 550̊C lebih terang karena lebih banyak mengandung air daripada tar dan dekomposisi zat lainnya menjadi uap dan gas. Dan pada suhu 350̊C dan 450̊C hasil cair dari pirolisis lebih gelap dikarenakan lebih banyak mengandung tar daripada air, dan juga abu biomassa yang berada didalam piroliser ada beberapa yang ikut masuk kedalam hasil cair atau tar.

Warna spesimen tar hasil proses pirolisis serbuk kayu sengon (zeolite) yang di tunjukkan pada gambar di bawah memiliki perbedaan warna yaitu pada temperature 350⁰C, 450⁰C dan 550⁰C cenderung coklat, hal ini berhubungan dengan nilai kalor yang terkandung pada tar hasil pirolisis serbuk kayu sengon (zeolite) yang memiliki nilai kalor rendah dari pada tar serbuk kayu sengon (murni). Hal ini juga berkaitan mengapa warna spesimen tar serbuk kayu sengon (zeolite) lebih terang karena lebih banyak mengandung banyak air daripada tar dan dekomposisi zat lainya menjadi uap dan gas.

Tabel 4 Tabel Massa Jenis Tar

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Suhu | Massa Jenis Tar (kilogram) | |
| Murni | Zeolite |
| 1 | 250 | 0 | 0 |
| 2 | 350 | 1,16 | 1,06 |
| 3 | 450 | 1,025 | 1,021 |
| 5 | 550 | 1 | 1 |

Massa jenis tar merupakan massa persatuan volume dari cairan/tar hasil pirolisis. Massa jenis dapat dihitung dan menggukur massa serta volume cairan/tar yang didapatkan dari proses pirolisis. Berikut adalah salah sau contoh perhitungan massa jenis dari cairan/tar hasil proses pirolisis pada serbuk kayu sengon dengan suhu 350⁰C (murni).

=

= Massa Jenis (Kg/m³) atau (g/cm³)

m = Massa (Kg atau gram)

v = Volume (m³ atau cm³)

= = 1,16 Kg/m³

Massa jenis untuk suhu 250⁰C (murni dan zeolite) adalah 0 karena panas belum bisa mendekomosisi kan pada proses pirolisisdan tidak menghasilkan tar sama ssekali, suhu 350⁰C (murni) adalah 1,16 Kg/m3 dan suhu 350⁰C (zeolite) adalah 1,06 Kg/m3, suhu 450⁰C (murni) adalah 1,025 Kg/m3 dan suhu 450⁰C (zeolie) adalah 1,021 Kg/m3, suhu 550⁰C (murni) adalah 1 Kg/m3 dan suhu 550⁰C (zeolite) adalah 1 Kg/m3. Dari hasil perhitungan massa jenis tar tersebut dapat dilihat tidak banyaknya pengaruh perubahan temperatur terhadap massa jenis tar.

**KESIMPULAN**

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin meningkatnya temperatur pirolisis dan efek penambahan katalis (zeolite) akan berpengaruh terhadap massa volume tar yang dihasilkan pada proses pirolisis. Temperatur 550⁰C (murni) memperoleh volume tar yaitu 54 ml sedangkan temperatur 550⁰C (zeolite) memperoleh volume tar yaitu 64 ml.
2. Nilai kalor terbaik berada pada temperatur 450 ˚C dikarenakan pada temperatur 450̊C hasil tar lebih banyak dan mengandung lebih banyak bensol.sedangkan nilai kalor tar dengan penambahan zeolite lebih renah karena dengan penambahan zeolite tar yang di hasilkan banyak mengandung air karena zeolite mempunyai sifat melepas ikata air akibat pemanasan dan mengikat molekul air waktu dalam kondisi lembab udara.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Azka, Nizwandi. 2006. “Analisis Timbulan, Komposisi dan Karakteristik Sampah diKota Padang”. Jurnal Kesehatan Masyarakat, Universitas Andalas. Padang.

[2] Basu, Prabir. 2010. *Biomass Gasification and* Pyrolysis *Practical Design and* Theory.Published by Elsevier Inc

[3] Debdoubi, A., el Amarti, A., Colacio, E., Blesa, M.J., Hajjaj, L.H., 2006. The effect of heating rate on yields and compositions of oil products from esparto pyrolysis. International Journal of Energy Research 30 (15), 1243–1250.

[4] Erawati, E., Kirana, T. W., Budiyati, E., Sediawan, W. B., & Mulyono, P. (2015). Distilasi Asap Cair Hasil Pirolisis Limbah Serbuk Gergaji Kayu Glugu. *Simposium Nasional RAPI XIV*, 213–219.

[5] Hardiatmi, J. S. (2010). INVESTASI TANAMAN KAYU SENGON DALAM WANATANI CUKUP MENJANJIKAN JM. Sri Hardiatmi. *Jurnal Inovasi Pertanian*, *9*(2), 17–21.

[6] 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*, *6*(1), 19–25. https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2015.006.01.3

[7] Omulo, G., Willett, S., Seay, J., Banadda, N., Kabenge, I., Zziwa, A., & Kiggundu, N. (2017). Characterization of Slow Pyrolysis Wood Vinegar and Tar from Banana Wastes Biomass as Potential Organic Pesticides. Journal *of Sustainable Development*, *10*(3), 81. https://doi.org/10.5539/jsd.v10n3p81

[8] Pari, G. (1996). Analisis Komponen Kimia Dari Kayu Sengon Dan Kay U Karet Pada Beberapa Macam Umur { Chemical component analysis from Sengon and rubber wood with several age group, *14*(8), 321–327.

[9] Paskawati, Y., Susyana, Antaresti, & Retnoningtyas, E. (2010). Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bahan Baku PEMBUATAN KERTAS KOMPOSIT ALTERNATIF. *Widya Tenik*, *9*(1), 12–21. <https://doi.org/10.3892/mmr-00000096>

[10] Prodi, S., Berat, A., Java, M., & Mysql, D. A. N. (2015). (1) (1), *1*(1), 56–60.

[11] Said, M., Prawati, A. W., & Murenda, E. (2013). Adsorpsi Larutan Iodium, 50–56.

[12] Sensoz, S. 2003. Slow pyrolisis of wood bark from Ten. end product compositions. Jurnal Bioresource Technology 89 pp. 307-311.

[13] Sitepu, T., Pengajar, S., Teknik, D., Teknik, F., & Sumatera, U. (2009).KAJIANEKSPRIMENTAL PENGARUH BAHAN ADITIF OCTANE, *II*(4),11–18

[14] Sutarti, M dan Rachmawati, M., 1994, Zeolit Tinjauan Literatur, Pusat Dokumentasi dan Informasi IlmiahLIPI: Jakarta

[15] Wibowo, S. (2013). Karakteristik Bio-oil Serbuk Gergaji Sengon (Paraserianthes falcataria L. Nielsen) Menggunakan Proses Pirolisis Lambat. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, *31*(4), 258–270. <https://doi.org/10.1109/MMBIA.2000.852377>