



**PENGARUH VARIASI DAYA GELOMBANG MIKRO TERHADAP PRODUKSI
PIROLISIS BIOMASSA KULIT PINUS DENGAN KATALIS ZEOLIT**

PROPOSAL SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Prasyarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Pada Progam Studi Teknik Mesin*



Oleh:
Bagus Fatkhur Rochman

22001052023

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2024**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi daya gelombang mikro terhadap produksi pirolisis biomassa kulit pinus dengan katalis zeolit. Dalam konteks krisis energi di Indonesia, pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi terbarukan menjadi sangat relevan. Kulit pinus, yang kaya akan hemiselulosa dan lignin, diolah melalui pirolisis dengan metode *Microwave Assisted Pyrolysis* (MAP) untuk menghasilkan produk berupa asap cair, arang, dan gas. Penelitian dilakukan dengan variasi daya microwave pada 400 watt, 600 watt, dan 800 watt selama 30 menit. Hasil menunjukkan bahwa daya 800 watt menghasilkan *liquid smoke* tertinggi sebesar 16,82% dengan suhu akhir mencapai 138,56°C, sedangkan daya 400 watt menghasilkan *yield liquid* terendah sebesar 10%. Selain itu, peningkatan daya juga berpengaruh pada penurunan hasil char, dengan yield char tertinggi tercatat pada daya 400 watt. Kesimpulannya, penggunaan daya yang lebih tinggi dalam proses pirolisis meningkatkan efisiensi produksi *liquid smoke* dan mengurangi residu arang, sehingga memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan energi terbarukan dari biomassa.

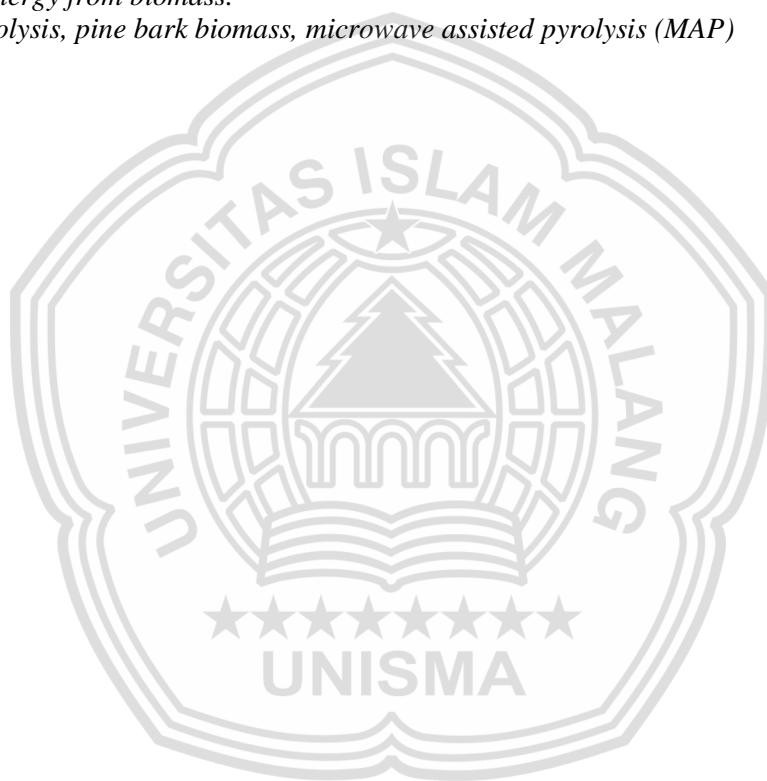
Kata kunci: Pirolisis, Biomassa Kulit Pinus, *Microwave Assisted Pyrolysis* (MAP)



ABSTRACT

This study aims to examine the effect of varying microwave power on the pyrolysis production of pine bark biomass using zeolite catalyst. In the context of the energy crisis in Indonesia, utilizing biomass as a renewable energy source is highly relevant. Pine bark, which is rich in hemicellulose and lignin, is processed through pyrolysis using the Microwave Assisted Pyrolysis (MAP) method to produce products such as liquid smoke, charcoal, and gas. The research was conducted with microwave power variations of 400 watts, 600 watts, and 800 watts for 30 minutes. The results indicate that 800 watts produced the highest liquid smoke yield of 16.82% with a final temperature of 138.56 °C, while 400 watts yielded the lowest liquid output at 10%. Additionally, increasing power also affected the reduction in charcoal yield, with the highest charcoal yield recorded at 400 watts. In conclusion, using higher power during pyrolysis enhances the efficiency of liquid smoke production and reduces charcoal residue, thus contributing positively to the development of renewable energy from biomass.

Keywords: pyrolysis, pine bark biomass, microwave assisted pyrolysis (MAP)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia saat ini sedang mengalami masalah krisis energi. Ketersediaan sumber energi sampai saat ini masih sangat terbatas, baik skala kecil dan besar. Hal ini dikarenakan pemanfaatan limbah pertanian atau kehutanan masih sangat minim, disebabkan masih diandalkannya sumber energi dari fosil, yaitu minyak bumi yang sifatnya *non renewable* atau tidak dapat diperbaharui (Nini Astarini, 2022).

Bio oil merupakan bagian dari bio massa, merupakan suatu energi terbarukan yang memanfaatkan limbah sebagai bahan campuran atau bahan alternatif dengan penerapan proses tertentu sehingga berbentuk *liquid*. (Manajemen *et al.*, 2023).

Asap cair merupakan produk hasil kondensasi uap pembakaran langsung atau tidak langsung dari biomassa yang mengandung lignin, selulosa dan hemiselulosa (Rusdi, 2019). Salah satu biomassa yang dapat dimanfaatkan adalah kulit kayu pinus. Selama ini kulit kayu pinus hanya dianggap sebagai limbah yang mencemari lingkungan, padahal kulit kayu pinus ini memiliki potensi yang bagus untuk dijadikan bahan baku produksi *bio-oil* (Kusmiati *et al.*, 2015). Dari data yang di peroleh (E. B. Hassan *et al.*, 2009) kandungan helulosa dari kulit pinus cukup tinggi yakni 59,38%. Menurut (Güngör *et al.*, 2012) kulit kayu memiliki kandungan ekstraktif yang tinggi dan kandungan bahan mudah menguap, abu, nitrogen, dan belerang yang rendah, yang mungkin menarik untuk proses pirolisis.

Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi yang berlangsung tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas. Proses pirolisis menghasilkan produk berupa bahan bakar padat yaitu karbon, cairan berupa campuran tar dan beberapa zat lainnya. Produk lain adalah gas berupa karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) dan beberapa gas yang memiliki kandungan kecil. Hasil pirolisis berupa tiga jenis produk yaitu padatan (*charcoal*/arang), gas (*fuel gas*) dan cairan (*bio-oil*) (Pertamina, 2021).

Microwave adalah alat pemanas atau penghangat makanan yang memanfaatkan gelombang mikro, berbeda dengan kompor atau oven yang memakai api atau listrik dalam mematangkan makanan (Peneliti, 2022).

Proses pirolisis keberadaan katalis menjadi hal yang positif karena dapat menurunkan kebutuhan energi dibanding dengan proses pirolisis termal juga berfungsi menurunkan waktu reaksi dan katalis dapat memperbaiki kualitas dan kuantitas hasil keluaran. (Anggono *et al.*, 2020) Katalis memiliki peran penting terhadap peningkatan rendemen suatu produk pirolisis yang dihasilkan (N. S. Hassan *et al.*, 2020).

Berdasarkan latar belakang diatas, peneliti akan meneliti bagaimana pengaruh daya gelombang mikro pada proses pirolisis. Dengan memanfaatkan gelombang mikro yang di hasilkan microwave tersebut, gelombang mikro pada microwave di gunakan untuk membantu penguraian pada proses pirolisis dengan memanfaatkan panas yang di hasilkan dengan cara penguapan menjadi asap cair. Katalis yang di gunakan berjenis zeolit yang memiliki peran untuk peningkatan rendemen pirolisis biomasa kulit pinus. Maka peneliti tertarik untuk mengambil judul skripsi “pengaruh variasi daya gelombang mikro terhadap produksi pirolisis biomassa kulit pinus dengan katalis zeolit”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan sebelumnya, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh daya gelombang mikro pada saat proses pirolisis dengan penambahan katalis zeolit ?

1.3 Batasan Masalah

1. Hanya membahas tentang pengolahan biomassa kulit pinus dengan metode pirolisis sampai menjadi *liquid smoke*, dan tidak menguji lab hasil pirolisis
2. Proses pembuatan *liquid smoke* menggunakan metode MAP (*Microwave Assited Pyrolysis*)
3. Tidak membahas proses pembuatan alat yang digunakan dengan metode MAP (*Microwave Assited Pyrolysis*)
4. Tidak membahas tentang frekuensi gelombang mikro

5. Tidak menguji tentang kandungan kimia biomassa kulit pinus dan katalis zeolit

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh daya gelombang mikro dan katalis zeolit terhadap produksi pirolisis biomassa kulit pinus. Dengan memanfaatkan hasil limbah perkebunan kulit pinus dan katalis batu zeolit sebagai bahan baku pembuatan *liquid smoke*. Pembuatan *liquid smoke* dilakukan dengan metode pirolisis untuk memperoleh rendemen produk dalam fase cair yang tinggi.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian yang dilakukan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menambah pengetahuan tentang upaya untuk mengatasi limbah kulit pinus yang dilakukan dengan mengolahnya menjadi produk *liquid smoke* dengan nilai ekonomi tinggi melalui proses pirolisis.
2. Mengenalkan ke masyarakat bahwa kulit pinus dapat di olah menjadi bahan bakar.
3. Menambah pengetahuan tentang bahan bakar alternatif dari biomassa serta mengetahui proses MAP (*Microwave Assited Pyrolysis*).

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menyatakan bahwa penggunaan metode pirolisis dengan *Microwave Assisted Pyrolysis* (MAP) pada biomassa kulit pinus dengan katalis zeolit menunjukkan hasil optimal pada daya 800 watt. Daya ini menghasilkan produk *liquid smoke* (asap cair) yang paling tinggi dengan persentase 16,82%, disertai hasil *char* (arang) yang lebih sedikit dan gas yang lebih banyak dibandingkan daya yang lebih rendah (400 watt dan 600 watt). Semakin tinggi daya *microwave* yang digunakan, semakin tinggi suhu dalam reaktor, yang meningkatkan efisiensi proses pirolisis dalam menghasilkan *liquid smoke* yang lebih tinggi dan hasil arang yang lebih rendah. Pada daya 800 watt, energi total (Q_{out}) mencapai 649,78kJ, lebih tinggi dibanding daya 600 W (473,21kJ) dan 400 watt (308,90kJ). Namun, energi hilang (*loss*) juga meningkat pada daya tinggi.

5.2 Saran

1. Penelitian *microwave assisted pyrolysis* ini adalah baru pertama kali yang dikembangkan oleh mahasiswa teknik mesin unisma dan perlu adanya penelitian lanjutan untuk mempelajari riset yang dilakukan saat ini
2. Memodifikasi alat ukur thermo meter dengan lapisan keramik sebagai pelindung logam pada ujung thermometer
3. *Custom* pada bagian ujung kondensor yang mengakibatkan *liquid smoke* (asap cair) mengendap

DAFTAR PUSTAKA

- Aidil, F. M. (2022). *Microwaave*. 1–3.
- Aini, N. A., Jamilatun, S., & Pitoyo, J. (2022). Pirolisis Biomassa: Review. *Agroindustrial Technology Journal*, 6(1), 89.
<https://doi.org/10.21111/atj.v6i1.7559>
- Anggono, Y. P., Ilminnafik, N., Adib Rosyadi, A., & Jatisukanto, G. (2020). Pengaruh katalis zeolit alam pada pirolisis plastik polyethylene terephthalate dan polypropylene. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 13(1), 22.
<https://doi.org/10.24843/jem.2020.v13.i01.p04>
- Atikah, W. S. (2017). *MEDIA ADSORBEN PEWARNA TEKSTIL THE POTENTIALITY OF ACTIVATED NATURAL ZEOLITE FROM GUNUNG KIDUL AS ADSORBEN TO TEXTILE DYES*. 17–24.
- Ben, H., Wu, F., Wu, Z., Han, G., & Jiang, W. (2019). *A Comprehensive Characterization of Pyrolysis Oil from Softwood Barks*.
- Björnsson, L., Pettersson, M., Börjesson, P., Ottosson, P., & Gustavsson, C. (2021). Integrating bio-oil production from wood fuels to an existing heat and power plant - evaluation of energy and greenhouse gas performance in a Swedish case study. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 48(January). <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101648>
- Csutoras, B., & Miskolczi, N. (2024). Thermo-catalytic pyrolysis of sewage sludge and techno-economic analysis: The effect of synthetic zeolites and natural sourced catalysts. *Bioresource Technology*, 400(February), 130676.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.130676>
- Darmawan, A. P. (2023). *Pemanfaatan Zeolite Alam Sebagai Katalis Untuk Sintesis Biodiesel*. 3, 5703–5714.
- Febrian, R., & Bahri, S. (2013). *BIO-OIL MENGGUNAKAN KATALIS Cr / LEMPUNG CENGAR*. 1–6.
- Güngör, A., Önenc, S., Uc, S., & Yanik, J. (2012). *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis Comparison between the “ one-step ” and “ two-step ” catalytic pyrolysis of pine bark*. 97, 39–48.

<https://doi.org/10.1016/j.jaap.2012.06.011>

Hassan, E. B., Yu, F., Jr, L. L. I., & Steele, P. H. (2009). *The Potential Use of Whole-tree Biomass for Bio-oil Fuels The Potential Use of Whole-tree Biomass for Bio-oil Fuels*. August.

<https://doi.org/10.1080/15567030802463364>

Hassan, N. S., Jalil, A. A., Ku, C., Liana, N., Ku, C., & Vo, D. N. (2020). *Biofuels and renewable chemicals production by catalytic pyrolysis of cellulose : a review*. June. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01040-7>

Hidayah, P. (2015). *Ekstraksi Minyak Atsiri Temulawak (Curcuma xanthorrhiza Roxb) dengan Metode Microwave Hydrodistillation*. 4–15.

Ismail, I., & Budayawan, K. (2022). Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Larutan Gula Menggunakan Radiasi Gelombang Mikro. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*, 10(1), 20.

<https://doi.org/10.24036/voteteknika.v10i1.116436>

Jahiding, M., Arsyad, W. O. S., Rif'ah, S. M., Rizki, R. S., & Mashuni. (2021). Effect of pyrolysis temperature on bio-fuel quality produced from pine bark (*Pinus merkusii*) by pyro-catalytics method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1825(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1825/1/012047>

Khanh, Q., Linh, M., Vu, H., Chul, H., Kim, J., & Kim, S. (2021). Journal of Industrial and Engineering Chemistry Fast pyrolysis of pitch pine biomass in a bubbling fluidized-bed reactor for bio-oil production. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 98, 168–179.

<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.04.005>

Kurniati, S. A., Sudirman, S., Galla, F. W., & Nursalim. (2020). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) dengan Katalis KOH menggunakan Gelombang Mikro (Microwave). *Laporan Penelitian Akhir*, 1–80.

Kusmiati, L., Bahri, S., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., Riau, U., Kimia, J. T., Teknik, F., & Riau, U. (2015). *BIO-OIL MENGGUNAKAN KATALIS Ni / LEMPUNG*. 1–7.

Kyle, B. . (1983). *Table A-2_Ideal-gas specific heats of various common gases*.

- Lee, T., Jung, S., Kim, K., & Kwon, E. E. (2021). Catalytic pyrolysis of pine bark over Ni / SiO₂ in a CO₂ atmosphere. *Energy*, 220, 119827.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.119827>
- Lukman, & Meita Rezki Vegetama. (2023). Konsentrasi Perekat Organik pada Biobriket Berbahan BakuLimbah Serbuk Kayu. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 15844–15853.
- Mahfud, M., Qadariyah, L., Haqqyana, H., & Aswie, V. (2024). Optimization bio-oil production from *Chlorella* sp. through microwave-assisted pyrolysis using response surface methodology. *Green Energy and Resources*, 2(1), 100057.
<https://doi.org/10.1016/j.gerr.2024.100057>
- Manajemen, J., Faisal, R. A., Pramudita, Y. D., & Purwoko, S. (2023). *Analisis Strategi Pemasaran Bio-Oil Di Kabupaten Sumenep*. XXIII(2).
<https://doi.org/10.350587/Matrik>
- Nini Astarini. (2022). Pengaruh Daya Microwave Pada Metode Pirolisis Terhadap Produksi Dan Karakterisasi Biochar Ampas Sagu. 2003, 8.5.2017, 7787–2005. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Novita, S. A., Santosa, S., Nofialdi, N., Andasuryani, A., & Fudholi, A. (2021). Artikel Review: Parameter Operasional Pirolisis Biomassa. *Agroteknika*, 4(1), 53–67. <https://doi.org/10.32530/agroteknika.v4i1.105>
- Nu'ainir Rosyidah, K. S. (2022). *Pengaruh berbagai jenis biomassa terhadap hasil asap cair pada proses pirolisis*. 8(9), 900–908.
- Nurhaji¹, Hamsina², M.Tang³, A. G. (2020). *Nurhaji, Hamsina, M. Tang, dan Al Gazali. 2020. "Karakteristik Arang Briket Buah Pinus/Tusam (P. Merkusi Jungh.at de Vriese)." <https://ejournalfakultasteknikunibos.id/index.php/saintis/article/view/121/39>*
- Peneliti, G. (2022). *BAGAIMANA PRINSIP KERJA GELOMBANG MIKRO PADA MICROWAVE DAN SIAPA PENEMUNYA?* Generasi Peneliti.
<https://generasipeneliti.id/tulisan.php?id=ID60vTy3kYqHUI&judul=Bagaimana-Prinsip-Kerja-Gelombang-Mikro-pada-Microwave-dan-Siapa-Penemunya?>

- Pertamina. (2021). *Apa Itu Pirolisis? Bisa Ubah Sampah Plastik Jadi BBM*.
Pertamina. <https://www.pertamina.com/id/news-room/energia-news/apa-itu-pirolisis-bisa-ubah-sampah-plastik-jadi-bbm>
- Putri, D. K., Rosalina, R., & Sutri, R. (2023). Pre-Treatment Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Bioetanol Dengan Bantuan Gelombang Microwave. *Jurnal Redoks*, 8, 43–48.
<https://doi.org/10.31851/redoks.v8i1.9313>
- Radiah, D., Biak, A., & Zubaidi, S. L. (2020). *A Mini Review*. 1–17.
- Rezki, A. S., Wulandari, Y. R., Alvita, L. R., & Sari, N. P. (2023). Potensi Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai Bioenergi pada Produksi Bio-Oil dengan Metode Pirolisis: Efek Temperatur. *Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 7(1), 22–29.
<https://rbaet.uib.ac.id/index.php/rbaet/article/view/2930>
- Ridhuan, K., Irawan, D., & Inthifawzi, R. (2019). *Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan*. 8(1), 69–78.
- Rusdi, S. M. (2019). *Sulhatun Mah m ud Rusydi Editor: Prof. DR. IR. Rosdanelli Hasibuan, M:I*.
- Sirait, R., Maulana, E., & Mahardika, D. (2020). Analisis Keseimbangan Energi pada Reaktor Pirolisis Kapasitas 75 Kg/Jam. *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 1–8. website: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>
- Subasinghe Achchige, Y. M., Volkova, L., Filkov, A. I., & Weston, C. J. (2022). Effect of bark properties on the cambium cell viability of Eucalyptus species under low radiative heat exposure. *Forest Ecology and Management*, 521(July), 120443. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120443>
- Umut Sen, B. E. and H. P. (2023). *Pyrolysis and Extraction of Bark in a Biorefineries Context : A Critical Review*.
- Wahyudi, R., Marlina, E., & Robbi, N. (2023). PENGARUH KATALIS TANAH MERAH TERHADAP PRODUKSI BAHAN BAKAR PIROLISIS DARI SAMPAH PLASTIK PP. *Jim.Unisma*, 1–6.
<https://jim.unisma.ac.id/index.php/jts/article/view/18955>

- Wang, Z., Burra, K. G., Zhang, M., Li, X., & Policella, M. (2020). Co-pyrolysis of waste tire and pine bark for syngas and char production. *Fuel*, 274(March), 117878. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117878>
- Wijayanti, W. (2021). *EFEK ZEOLIT UNTUK PRODUKSI TAR DAN CHAR PADA PIROLISIS ROTARY KILN*. June 2020, 51–58.
- Xin, X., Bissett, A., Wang, J., Gan, A., Dell, K., & Baroutian, S. (2021). Production of liquid smoke using fluidised-bed fast pyrolysis and its application to green lipped mussel meat. *Food Control*, 124(November 2020), 107874. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107874>
- Xin, X., Dell, K., Udugama, I. A., Young, B. R., & Baroutian, S. (2020). Transforming biomass pyrolysis technologies to produce liquid smoke food flavouring. *Journal of Cleaner Production*, xxxx, 125368. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125368>
- Yunanda, I. Y., Bahri, S., Saputra, E., Teknik, F., Riau, U., Kimia, J. T., Teknik, F., & Riau, U. (2016). Bio-Oil Menggunakan Katalis Mo / Lempung Cengar. *Jom FTEKNIK*, 3(1), 1–8.
- Zain, R. A. M. M., Shaari, N. F. I., Amin, M. F. M., & Jani, M. (2018). Effects of different dose of zeolite (Clinoptilolite) In improving water quality and growth performance of red hybrid tilapia (*Oreochromis Sp.*). *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(24), 9421–9426.