

**Bidang: Teknik dan Analisis Kimia Mineral  
Teknik Kimia**

**Topik: Rekayasa dan Perancangan Proses**

## **KARAKTERISTIK *CRUDE* ASAP CAIR HASIL PIROLISIS GAMBUT BERBENTUKAN KATALIS ZEOLIT ALAM TERAKTIVASI**

**Sitti Sahraeni<sup>1</sup>, Harjanto<sup>2</sup>, Firman<sup>3</sup> dan Syahda Khairunnisa Ahnaf<sup>4</sup>  
Politeknik Negeri Samarinda  
sahraenisitti@gmail.com<sup>1</sup>**

### **ABSTRAK**

Gambut merupakan akumulasi senyawa organik yang terdekomposisi sebagian seperti lignin, selulosa dan hemiselulosa, yang mana senyawa-senyawa ini ketika diproses dalam proses pirolisis akan menghasilkan senyawa-senyawa seperti fenol dan asam asetat, yang dapat dimanfaatkan sebagai pengawet. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur pirolisis pada rendemen dan karakteristik asap cair pirolisis gambut sesuai dengan SNI 8985:2021. Bahan baku berupa gambut fibrik diambil dari Kecamatan Sanga-Sanga, Kabupaten Kutai Kartanegara. Pirolisis gambut dilakukan pada temperatur 400°C, 450°C, 500°C, 550°C, dan 600°C, dengan menambahkan katalis zeolit alam teraktivasi sebanyak 1% dari bahan baku dengan waktu 120 menit. Asap cair dihasilkan dari kondensasi gas hasil pirolisis, lalu didiamkan selama 7 hari, kemudian disaring untuk memisahkan residu tar. Asap cair kemudian dianalisis warna, bahan terapung, bobot jenis, pH, kadar asam, dan kadar fenol. Dari hasil analisa, didapat asap cair terbaik sesuai dengan SNI 8985:2021 adalah asap cair hasil pirolisis pada suhu 450°C, dengan rendemen 28%, berwarna oranye kecokelatan, tidak ada bahan terapung, bobot jenis 1,0131; pH 4,20, kadar asam 3,84%, dan kadar fenol 0,148%.

**Kata kunci:** Asap cair, gambut, pirolisis, temperatur, zeolit alam.

### **ABSTRACT**

Peat is an accumulation of partially decomposed organic compounds such as lignin, cellulose and hemicellulose, which when processed in the pyrolysis will produce compounds like phenol and acetic acid, which can be used as preservatives. This study aims to determine the effect of pyrolysis temperature on the rendement and characteristics of peat pyrolysis liquid smoke in accordance with SNI 8985:2021. The raw material in the form of fibric peat is taken from Sanga-Sanga, Kutai Kartanegara. Peat pyrolysis was carried out at temperatures of 400°C, 450°C, 500°C, 550°C, and 600°C, adding activated natural zeolite catalyst as much as 1% of the raw material with a time of 120 minutes. Liquid smoke was produced from the condensation of pyrolysis gas, then allowed to stand for 7 days, then filtered to separate tar residue. Liquid smoke was then analyzed for color, floating material, specific gravity, pH, acid content, and phenol content. From the analysis, it was found that the best liquid smoke in accordance with SNI 8985:2021 was liquid smoke from pyrolysis at 450°C, with a yield of 28%, orange-brown color, no floating material, specific gravity of 1.0131; pH of 4.20, acid content of 3.84%, and phenol content of 0.148%.

**Keywords:** liquid smoke, peat, pyrolysis, temperature, natural zeolite.

### **PENDAHULUAN**

Lahan gambut memiliki luas sekitar 4 x 10<sup>6</sup> km<sup>2</sup> atau lebih dari 3% permukaan bumi, yang mana lahan ini memuat sepertiga karbon yang diawetkan di permukaan tanah [14]. Gambut merupakan akumulasi senyawa organik yang terdekomposisi sebagian seperti lignin, selulosa, dan hemiselulosa, dari zat yang terdekomposisi dalam kondisi anaerobic [8]. Berdasarkan data di Global Wetlands [6], Indonesia memiliki lahan gambut seluas 22,4 juta Ha yang merupakan penyumbang lahan basah dan lahan gambut kedua terbesar di dunia, dan Kalimantan Timur memiliki lahan gambut seluas 970.868 Ha. Salah satu cara pemanfaatan lahan gambut yang ramah lingkungan adalah pirolisis gambut [4]. Gambut dapat dikonversi menjadi asap cair melalui proses pirolisis, yang mana nantinya, asap cair ini berpotensi dimanfaatkan sebagai pengawet. Hal ini dikarenakan

komponen-komponen kimiawi pada gambut, yang sebagian besar terdiri dari senyawa lignin, selulosa, hemiselulosa, lilin, tanin, resin, suberin, dan sejumlah kecil protein. Pirolisis dari senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin akan menghasilkan senyawa asam organik, karbonil dan fenol, yang bergantung pada jenis bahan, kadar air bahan, dan temperatur pirolisis [11]. Senyawa-senyawa seperti fenol dan asam organik ini yang dapat menghambat berkembangnya mikroba, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengawet. Pada penelitian pirolisis gambut yang dilakukan Azizah [4], produk cair hasil pirolisis gambut mengandung senyawa fenol dan juga asam asetat, yang mana dengan adanya dua komponen ini, produk cair pirolisis gambut dapat dimanfaatkan sebagai pengawet.

Mekanisme pirolisis umumnya selama biomassa dipanaskan, ikatan kimia pada polimer akan terputus yang menghasilkan zat-zat volatil dan terjadi reaksi rekombinasi dalam kandungan residu. Reaksi ini disebut reaksi primer. Setelah reaksi primer, terdapat beberapa senyawa volatil yang tidak stabil dan dapat mengalami perubahan tambahan yang disebut reaksi sekunder [2]. Pirolisis katalitik merupakan pirolisis yang menggunakan katalis. Katalis berfungsi untuk memecah ikatan karbon yang panjang dari awal suatu biomassa menjadi ikatan karbon yang lebih pendek. Katalis nantinya mampu untuk mendekomposisi selulosa, hemiselulosa dan juga lignin menjadi lebih terpecah ke dalam ikatan karbon yang lebih sederhana.

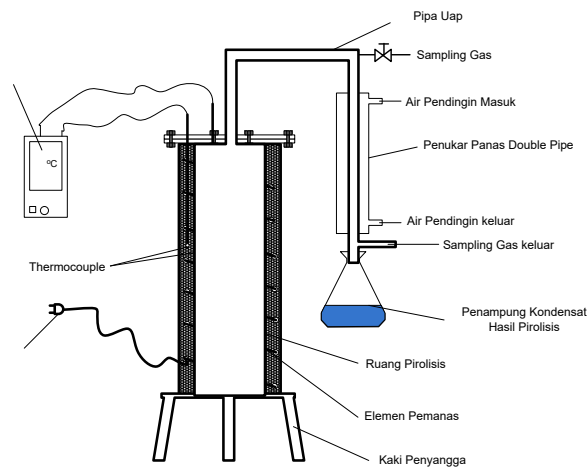
Penelitian pirolisis berbahan baku gambut telah dilakukan oleh Sahraeni dkk.[12], hasil penelitian ini, didapat rendemen produk cair terbanyak pada variasi suhu 500°C dengan waktu 120 menit sebesar 35,61%. Penelitian lain mengenai pirolisis berbahan baku gambut juga telah dilakukan oleh Azizah [4] yang memvariasikan perbandingan katalis zeolit alam teraktivasi dan bahan baku dengan hasil penelitian diperoleh rendemen terbesar pada variasi perbandingan katalis zeolit alam teraktivasi dan bahan baku 1% sebesar 47,25%. Produk cair ini mengandung komponen terbanyak fenol sebesar 52,91% dan asam asetat sebesar 26,11%, dengan karakteristik densitas 1,0249 g/ml, dan pH 6. Penelitian yang dilakukan Sahraeni dkk. [12] dan Azizah [4] masih dapat dikembangkan dengan memvariasikan temperatur pirolisis, untuk mendapatkan produk cair yang lebih tinggi rendemennya dan karakteristiknya sesuai dengan SNI *crude* asap cair. Pada penelitian ini dilakukan pirolisis katalitik gambut dengan variasi temperatur pirolisis untuk meningkatkan rendemen produk cair pirolisis gambut dan memperbaiki kualitas dari produk cair tersebut. Temperatur pirolisis yang semakin meningkat akan meningkatkan rendemen cairan pada pirolisis katalitik, sebab dengan meningkatnya temperatur, akan terjadi penguraian yang besar pada biomassa [4] dan temperatur dapat memperbaiki kualitas asap cair dengan meningkatkan kadar asam, kadar fenol, dan menurunkan nilai pH asap cair. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh temperatur pirolisis terhadap rendemen asap cair hasil pirolisis gambut berbantuan katalis zeolit alam teraktivasi, dan mengetahui karakteristik produk cair yang dihasilkan berdasarkan standar mutu SNI 8985:2021 (*crude* asap cair lignoselulosa sebagai bahan baku).[5]

#### METODE PENELITIAN

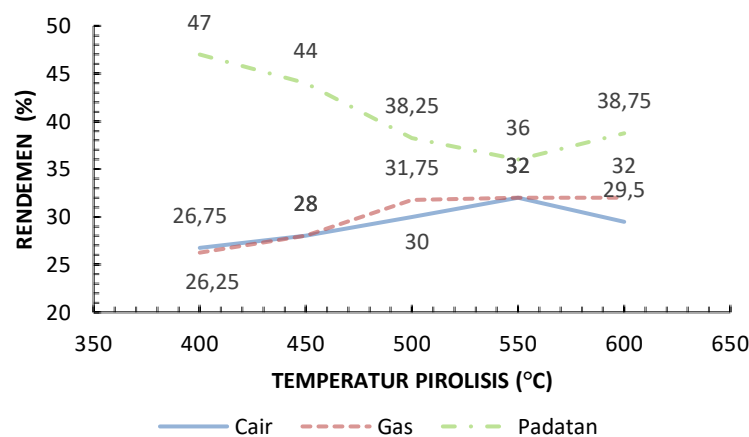
Penelitian dilakukan dengan metode kuantitatif dan kualitatif. Bahan baku berupa gambut fibrik diambil dari Kecamatan Sanga-Sanga, Kabupaten Kutai Kartanegara. Gambut yang telah dikeringkan dipirolisis dengan variasi suhu 400°C, 450°C, 500°C, 550°C dan 600°C pada reactor pirolisis menggunakan katalis zeolite alam yang telah diaktifasi dengan NaOH 1,5 M selama 2 jam. Perbandingan katalis terhadap bahan baku adalah 1%. Produk cair yang dihasilkan dianalisis rendemen dan kualitasnya sesuai standar mutu SNI 8985:2021 (*crude* asap cair lignoselulosa sebagai bahan baku). meliputi : pH, warna, bahan terapung, bobot jenis, kadar asam dan fenol.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penambahan katalis zeolit alam teraktivasi 1% bahan baku ini berdasarkan penelitian yang dilakukan Azizah [4] yang mana dapat meningkatkan rendemen cairan secara optimum. Zeolit alam teraktivasi mengkatalis dengan menjadikan uap pirolisis biomassa yang tersusun atas senyawa-senyawa oksigenat kecil masuk ke dalam pori-pori katalis dan mengubahnya menjadi CO<sub>2</sub>, air, kokas, dan senyawa hidrokarbon aromatik [9]. Proses pirolisis ini memvariasikan temperatur pirolisis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap asap cair hasil pirolisis, yang berdasarkan penelitian Aysu dan Durak [3], memvariasikan temperatur pirolisis dalam proses pirolisis katalitik maupun non-katalitik dapat meningkatkan rendemen produk cair pirolisis. Proses pirolisis ini dilangsungkan selama 2 jam, untuk memberikan waktu yang lama bagi bahan baku agar dapat terdekomposisi menjadi minyak dan gas [13]. Adapun pengaruh temperatur pirolisis pada rendemen produk pirolisis dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 1.** Rangkaian alat pirolisis



**Gambar 2** Grafik pengaruh temperatur pirolisis terhadap rendemen produk pirolisis gambut

Gambar 1 terlihat bahwa semakin tinggi temperatur pirolisis, maka produk cair dan gas semakin meningkat, sementara produk padatan semakin menurun. Rendemen produk padatan menurun sesuai dengan meningkatnya temperatur. Hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin meningkatnya suhu, maka akan semakin banyak senyawa pada bahan baku yang terdekomposisi [14]. Sementara, dengan semakin meningkatnya temperatur, produk cair dan gas terus meningkat, dikarenakan semakin tinggi temperatur pirolisis maka kecepatan reaksi pirolisis akan meningkat, sehingga kemampuan penguraian senyawa organik pada bahan menjadi senyawa yang lebih sederhana akan semakin cepat [10]. Namun terlihat pada rendemen padatan di suhu 600°C, rendemen padatan mengalami kenaikan dan rendemen cairan juga menurun pada suhu 600°C. Hal ini disebabkan pada suhu yang terlalu tinggi, terjadi perengkahan sekunder pada senyawa volatil, sehingga menyebabkan produksi gas lebih tinggi [7], sehingga rendemen cairan menurun. Pada perengkahan sekunder juga terjadi reaksi rekombinasi dari senyawa volatil yang menghasilkan senyawa dengan berat molekul tinggi, yang ketika reaksi ini terjadi pada pori-pori polimer akan membentuk char sekunder, sehingga meningkatkan rendemen padatan [2]. Dari sini dapat disimpulkan bahwa, suhu optimum untuk pirolisis gambut berbantuan katalis zeolit alam teraktivasi untuk mendapatkan rendemen produk cair yang optimum adalah suhu 550°C, dengan rendemen produk cair sebesar 32%. Penelitian dilanjutkan dengan menganalisis produk cair dari pirolisis gambut yang tergolong sebagai *crude* asap cair berlignoselulosa. *Crude* asap cair berlignoselulosa adalah cairan hasil kondensasi asap yang terbentuk dari proses pirolisis dan belum dilakukan proses redistilasi, yang dapat dibuat dari bahan berlignoselulosa seperti gambut. *Crude* asap cair ini nantinya dapat digunakan di dalam bidang pertanian, peternakan, perikanan, kesehatan, juga industri. Untuk itu, terdapat standar yang perlu dipenuhi oleh *crude* asap cair hasil pirolisis gambut untuk menjamin mutu produk yang akan dihasilkan, sesuai dengan SNI 8985:2021. Karakteristik asap cair pirolisis gambut yang dibandingkan dengan SNI 8985:2021 disajikan dalam Tabel 1. Analisa produk yang dilakukan adalah warna sesuai SNI 8985:2021 dan bahan terapung sesuai SNI 8985:2021 dengan 7 responden. Dari hasil analisa, didapat untuk analisa warna dan bahan terapung menunjukkan bahwa seluruh asap

cair pirolisis gambut masuk ke dalam standar SNI 8985:2021 mutu dua. Sementara untuk nilai pH, didapat dua produk asap cair pirolisis pada variasi temperatur 400°C dan 450°C yang telah memenuhi standar mutu dua asap cair pada SNI 8985:2021, dengan nilai pH berturut-turut yaitu 4,09 dan 4,20. Selanjutnya untuk bobot jenis, diketahui bahwa seluruh asap cair pirolisis gambut pada variasi temperatur memenuhi standar mutu dua SNI 8985:2021, yaitu di antara 1,0050 – 1,0500. Analisa kadar asam asetat dilakukan dengan metode titrasi asam basa sesuai SNI 8985:2021, seluruh asap cair hasil pirolisis gambut pada variasi temperatur memenuhi standar *crude* asap cair mutu 2 yaitu di kisaran 1,10 – 7,99%, dengan nilai kadar di antara 2,17 – 4,34%. Dan yang terakhir yaitu analisa kadar fenol menggunakan instrumen spektrofotometer uv-vis, didapat asap cair pirolisis gambut pada variasi temperatur telah memenuhi standar mutu SNI 8985:2021 yaitu di bawah 2%.

**Tabel 1.** Karakteristik mutu crude asap cair pirolisis gambut (SNI 8985:2021)

No	Karakteristik	SNI 8985:2021 (mutu 2)	Variasi Temperatur (°C)				
			400	450	500	550	600
1	Warna	Kuning – cokelat	Oranye kecokelatan	Oranye kecokelatan	oranye	Oranye kecokelatan	Oranye kecokelatan
2	Bahan Terapung	Tidak ada	-	-	-	-	-
3	pH	2,76 – 4,50	4,09	4,20	4,77	4,90	5,09
4	Bobot Jenis (BJ) (g/ml)	1,0050 – 1,0500	1,0150	1,0131	1,0130	1,0137	1,0149
5	Asam Asetat (%)	1,10 – 7,99	4,40	3,89	2,79	2,32	2,20
6	Fenol (%)	Maks. 2,0	0,151	0,148	0,153	0,158	0,143

Dari hasil ini terdapat dua asap cair pada temperatur pirolisis 400°C dan 450°C, yang memenuhi standar mutu 2 SNI 8985:2021 sebagai crude asap cair untuk bahan baku untuk pengawet, desinfektan, biopeptisida, atau sebagai antioksidan. Sementara untuk pemanfaatannya secara langsung perlu diolah lebih lanjut. Asap cair ini masih merupakan hasil pirolisis, maka asap cair pirolisis gambut ini tergolong sebagai asap cair grade 3 yang dapat digunakan sebagai pengawet kayu atau koagulan lateks [1].

### KESIMPULAN

Berdasarkan uji karakteristik terdapat dua produk cair pirolisis gambut yang telah memenuhi standar mutu SNI 8985:2021 *Crude Asap Cair Lignoselulosa Sebagai Bahan Baku*, yaitu produk cair pirolisis gambut pada variasi suhu 400°C dan 450°C. Rendemen tertinggi pada penelitian ini diperoleh pada suhu 450°C sebesar 28% dengan karakteristik berwarna oranye kecokelatan, tidak ada bahan terapung, bobot jenis 1,0131, pH 4,20, kadar asam asetat 3,84% dan kadar fenol 0,148%.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alamsyah, Anggraini, S. P. A., & Yuniningsih, S. (2020). Teknologi Aplikasi Asap Cair Grade 3 Tempurung Kelapa Terhadap Kualitas Kayu Meranti. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN)* (Vol. 3, pp. C12.1 – C12.7).
- [2] Al Ayubi, M. F. (2018). Produk dan Komposisi Gas Hasil Pirolisis Katalitik Serbuk Kayu Mahoni dengan Katalis Zeolit 25%wt. *Sarjana Thesis*. Universitas Brawijaya. Malang.
- [3] Aysu, T., & Durak H. (2015). Catalytic pyrolysis of liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) in a fixed-bed reactor: Effects of pyrolysis parameters on product yields and character. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 111, 156-172.
- [4] Azizah, Z.A.A. (2022). Distribusi Produk Pada Pirolisis Gambut Menggunakan Katalis Zeolit Alam. *Tugas Akhir*. Politeknik Negeri Samarinda. Samarinda.
- [5] Badan Standar Nasional. (2021). SNI 8985:2021 Crude Asap Cair Lignoselulosa Sebagai Bahan Baku. Jakarta.
- [6] Global Wetlands. (2022). (<https://www.cifor.org/global-wetlands/>). Diakses 31 Agustus 2022.
- [7] Guedes, R. E., Luna, A. S., & Torres, A. R. (2018). Operating Parameters For Bio-Oil Production In Biomass Pyrolysis: A review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 129, 134 – 149.
- [8] Lee, J., Yang, X., Song, H., Ok, Y. S., & Kwon, E. E. (2016). Effects of carbon dioxide on pyrolysis of peat. *Energy*, 120, 929-936.
- [9] Nugraha, A. S., Pratama, R M I., Setiadi, & Utami, T. S. (2019). 'The Combined Process of Pyrolysis and Catalytic Cracking of Rice Straw Using ZSM-5 and  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst Prepared by Physically Mixing'. *Journal of Physics:Conference series*.

1198. 062005.

- [10] Ridhuan, K., Irawan, D., & Inthifawzi, R. (2019). Proses Pembakaran Pirolisis Dengan Jenis Biomassa Dan Karakteristik Asap Cair Yang Dihasilkan. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, Vol. 8, No. 1.
- [11] Sahrum, R. P., Syaiful, A. Z., & Al-Gazali. (2021). Uji Kualitas Asap Cair Tempurung Kelapa Dan Serbuk Gergaji Kayu Metode Pirolisis. *SAINTIS*, Vol. 2, No. 2, pp. 72-78.
- [12] Sahraeni, S., Harjanto, & Auliasari, S. (2013). Distribusi Produk Pada Pirolisis Gambut Dari Area Kecamatan Muara Badak Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*, pp. 1 – 5.
- [13] Udyani, K., Ningsih, E., & Arif, M. (2018). Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Yield Dan Nilai Kalor Bahan Bakar Cair Dari Bahan Limbah Kantong Plastik. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (pp. 389-394).
- [14] Wen, Y., Wang, S., Mu, W., Yang, W., & Jonsson, P.G. (2020). Pyrolysis performance of peat moss: A simultaneous in-situ thermal analysis and bench-scale experimental study. *Fuel*, 277, 118173.