



Pengaruh variasi waktu dan suhu pirolisis terhadap kualitas bio-oil dari limbah *biomassa plant filter aid (Lignoselulosa D07)*

Nur Wahidah Usman^{1✉}, Suryanto¹, Ruslan Kalla¹

Fakultas Teknik Kimia Universitas Muslim Indonesia, Makassar⁽¹⁾

DOI: 10.31004/jutin.v8i1.42125

✉ Corresponding author:

[wahida.usman@umi.ac.id]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:

Pyrolysis;

Biomassa;

Bio-oil;

Plant Filter Aid

Solusi bagi kebutuhan energi dari bahan baku fosil adalah penggunaan sumber energi alternatif salah satunya ialah biomassa. Limbah Biomassa Plant Filter Aid (Lignoselulosa D07) merupakan salah satu biomassa produk samping di salah satu industri pengolahan rumput yang berasal dari lignoselulosa tumbuhan. Bio-oil yang diperoleh dari proses pirolisis dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar dan pengawet. Kualitas bio-oil hasil proses pirolisis dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya pengaruh waktu dan suhu. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, Waktu dan suhu terbaik dari data penelitian ini adalah 2,5 jam dan 400°C dengan perolehan %yield terbesar yaitu 57%. Waktu dan suhu pirolisis tidak hanya mempengaruhi % yield tetapi juga mempengaruhi pH, densitas dan kandungan bio-oil. Dari data penelitian pengaruh waktu dan suhu pirolisis terhadap nilai pH adalah semakin tinggi waktu dan suhu maka semakin rendah nilai pH yang dihasilkan maka semakin asam bio-oil. Sedangkan untuk kandungan bio-oil yang diperoleh dari hasil analisa GC-MS adalah didominasi oleh senyawa asam (acetic acid). Kandungan asam asetat (acetic acid) yang dikombinasikan dengan hidrogen dapat menghasilkan etanol.

Abstract

Keywords:

Pyrolysis;

Biomass;

Bio-oil;

Plant Filter Aid

The solution to the need for energy from fossil raw materials is the use of alternative energy sources, one of which is biomass. Biomass Waste of Plant Filter Aid (Lignocellulose D07) is one of the biomass by-products in one of the grass processing industries that comes from plant lignocellulose. The quality of biomass can be improved by using the pyrolysis method. Pyrolysis is a thermal degradation method without oxygen. Pyrolysis produces two main products, namely char (charcoal) and liquid smoke (Bio-oil). Based on the research results obtained, the best time and temperature from this research data were 2.5 hours and 400°C with the largest yield of 57%. Pyrolysis time and temperature not only affect the yield but also affect the pH, density and content of bio-oil. From the research data, the

effect of pyrolysis time and temperature on the pH value is that the higher the time and temperature, the lower the pH value produced, the more acidic the bio-oil. Meanwhile, the bio-oil content obtained from the results of GC-MS analysis is dominated by acid compounds (acetic acid). The acetic acid content combined with hydrogen can produce ethanol.

1. INTRODUCTION

Sejalan dengan peningkatan populasi dunia serta perkembangan teknologi, kebutuhan akan energi pun terus meningkat sedangkan cadangan sumber energi semakin menurun. Lebih dari 80% pasokan sumber energi berasal dari bahan bakar fosil termasuk batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Selain itu, mengingat dampak buruk terhadap lingkungan terutama emisi gas rumah kaca mendorong masyarakat kita untuk mencari sumber energi alternatif. Pengembangan sumber energi baru terbarukan (EBT) di Indonesia terus ditingkatkan dalam beberapa tahun terakhir, seiring dengan komitmen pemerintah dalam mengejar target net-zero emission. Pada tahun 2021 porsi energi terbarukan mencapai angka 12,16% dari target 23% ditahun 2025. Berdasarkan International Renewable Energy Agency (IRENA) dalam laporan Indonesia Energy Transition Outlook yang dirilis Oktober 2022, Indonesia memiliki potensi energi baru terbarukan (EBT) yang melimpah yaitu sekitar 3.692 GW, pada 2021 baru 10,5 GW kapasitas yang terpasang atau sekitar 0,3% dari total potensi yang ada (Syamsudin, 2019). Salah satu sumber energi baru terbarukan yang masih melimpah di Indonesia adalah biomassa. Biomassa merupakan sumber energi alternatif terbarukan yang ramah lingkungan dengan potensi produksi yang tinggi. Biomassa terdiri dari senyawa karbohidrat (selulosa, hemiselulosa, lignin dan sejumlah kecil organik lainnya) yang ditentukan sebagai unsur karbon, hidrogen dan oksigen serta memiliki kandungan energi yang tinggi. Sumber daya biomassa biasanya dalam bentuk kayu dan limbah kayu, residu industri atau pertanian dan produk sampingan limbahnya, limbah padat perkotaan, limbah hewan atau tanaman energi khusus (misalnya, pohon yang tumbuh cepat, semak dan rumput) dan sebagainya (Syamsudin, 2019).

Pemanfaatan energi dari sumber biomassa (biasa disebut biomassa energi) telah menerima banyak perhatian. Dengan memperoleh energi dari limbah atau sisa-sisa pertanian merupakan bentuk dari pembaruan energi dan yang paling utama energi ini tidak menghasilkan gas CO₂ penyebab efek rumah kaca ke lingkungan atmosfer, berbeda dengan bahan bakar fosil (Nur Afriliana & Susandy Sanjaya, 2021). Lignoselulosa D07 merupakan salah satu produk samping di salah satu industry pengolahan rumput laut yang berasal dari lignoselulosa tumbuhan. Lignoselulosa D07 berfungsi sebagai filter aid untuk menyaring gel rumput laut pada salah satu proses produksi refined carrageenan. Setelah digunakan sebagai media penyaring, lignoselulosa D07 dikeringkan dan diolah sebagai pakan ternak dan bahan bakar boiler. Penggunaan Lignoselulosa D07 secara langsung sebagai bahan bakar boiler tentunya belum optimal karena kandungan energi pada biomassa umumnya relative rendah. Berdasarkan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa lignoselulosa D07 memiliki nilai kalor 4289 cal/g. Untuk menjadikan biomassa bisa digunakan sebagai bahan bakar, sifat-sifat biomassa dapat diperbaiki dengan metode termal (Surono dan Hutomo, 2022). Salah satu proses termal untuk mengubah lignoselulosa menjadi bahan bakar adalah pirolisis. Metode pirolisis merupakan cara yang digunakan untuk memperoleh asap cair. Pirolisis adalah sebuah proses dekomposisi material oleh suhu. Proses pirolisis dimulai pada suhu tinggi dan tanpa kehadiran O₂. Umpan pada proses pirolisis dapat berupa material bahan alam tumbuhan atau dikenal sebagai biomassa, atau berupa polimer. Dengan proses pirolisis, biomassa dan polimer akan mengalami pemutusan ikatan membentuk molekul-molekul dengan ukuran dan struktur yang lebih ringkas. Pirolisis biomassa secara umum merupakan dekomposisi bahan organik menghasilkan bahan padat berupa arang aktif, gas dan uap serta aerosol. Gas yang dapat dikondensasikan sebagai bahan cair dan stabil pada temperatur kamar merupakan senyawa hidrokarbon yang dikenal sebagai bio-fuel atau bio-oil (Febriyanti et al., 2019).

Bio-oil adalah sejenis minyak bakar yang memiliki berat jenis tinggi, dibuat dari bahan nabati khususnya dari bahan berlignoselulosa, seperti biomassa limbah kehutanan, industri hasil hutan, dan pertanian. Bio-oil terbuat dari berbagai senyawa oksigenat organik yang berbeda-beda dan tidak bercampur dengan bahan bakar minyak pada umumnya. Hal ini karena tingginya kadar air, yakni sekitar 15–20% yang berfungsi juga sebagai pengikat ratusan molekul yang berbeda sehingga disebut sebagai emulsi mikro. Selama penyimpanan minyak mentah pirolisis biomassa atau bio-oil akan mengalami perubahan viskositas menjadi lebih kental karena adanya perubahan kimia dan fisik yang diiringi oleh volatil yang hilang akibat penyimpanan (Aini et al., 2022). Limbah lignoselulosa D07 merupakan salah satu bahan yang potensial untuk dijadikan sebagai bio-oil dimana produksi

hariannya mencapai 15 ton/hari (kadar air 68%). Penggunaan lignoselulosa secara langsung sebagai bahan bakar boiler tentu belum optimal karena nilai kalorinya yang cukup rendah. Belum adanya penelitian yang mendalam terkait masalah ini membuat penulis tertarik untuk mempelajari sejauh mana potensi Lignoselulosa D07 dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif bio-oil. Olehnya, dalam penelitian ini akan dikaji lebih jauh bagaimana pengaruh suhu pirolisis dalam menghasilkan bio-oil dari Lignoselulosa D07. Berdasarkan penelitian (Aladin et al., 2023) variasi suhu pirolisis yang digunakan 350°C, 400°C, 450°C dan 500°C, penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada suhu 400°C yang paling optimum menghasilkan yield bio-oil sebesar 45%. Hal ini disebabkan makin tinggi suhu maka makin banyak pula bahan terdekomposisi, teruapkan, khususnya komponen air dan volatile matter yang selanjutnya terkondensasi menjadi asap cair. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan pirolisis terhadap limbah biomassa lignoselulosa D07 dengan variasi suhu 300°C, 350°C dan 400°C untuk mengetahui suhu optimum dan menghasilkan yield yang maksimum.

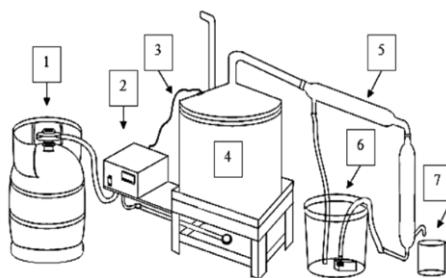
2. METHODS

Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan November 2024 – Januari 2025 di Laboratorium Biomassa Fakultas Teknologi Industri Universitas Muslim Indonesia

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan seperangkat alat pirolisis, pH meter, piknometer, dan GC-MS. Bahan baku yang digunakan limbah biomassa plant filter aid (lignoselulosa D07)



Gambar 3.1 Seperangkat alat pirolisis

Keterangan :

1. Tabung LPG, 2. Indikator suhu, 3. Termocouple, 4. Reaktor pirolisis, 5. Kondensor, 6. Kondensat, 7. Penadah cairan

Prosedur Kerja

Preparasi Sampel

Sample lignoselulosa D07 dikeringkan dengan oven pada suhu 70°C terlebih hingga kadar air mencapai 5-10%.

Pirolisis

Merangkai alat pirolisis dan menyalakan pompa kondensor. Alat pirolisis tersebut dihubungkan dengan gas LPG sebagai bahan bakar. Sebanyak 2 kg bahan dimasukkan ke dalam reaktor alat pirolisis. Proses pirolisis akan dilakukan pada suhu 300, 350 dan 400°C. Ketika suhu karbonasi tercapai, bahan yang dikarbonaskan tetap dilakukan pemanasan (Holding Time) selama 1 jam. Setelah proses pirolisis selesai, alat didinginkan hingga suhu ruang dan hasil asap cair/bio-oil diambil untuk dilakukan Analisa. Prosedur yang sama dilakukan untuk variable waktu (holding time) 2 jam dan 2,5 jam.

Variabel Penelitian

Pada Penelitian ini menggunakan 2 variabel yaitu variabel tetap dan variabel bebas :

- Variabel Tetap : Limbah Plant Filter Aid (Lignoselulosa D07) Sebanyak 1000 gram
- Variabel bebas :
 - Suhu proses pirolisis yaitu 300°C, 350°C dan 400°C
 - Waktu proses pirolisis yaitu 1 jam, 2 jam dan 2,5 jam

Pengujian

Karakterisasi ini dilakukan dengan beberapa pengujian yaitu % Yield, Densitas, power of hydrogen (pH) dan Analisa GC-MS.

Yield

Analisis yield dilakukan untuk mengetahui yield bio-oil dari limbah plant filter aid (lignoselulosa D07). Yield bio-oil dapat dilakukan dengan cara, gelas kimia yang telah dibersihkan dan dikeringkan ditimbang dengan teliti. Selanjutnya diisi dengan cairan hasil pirolisis, lalu ditimbang kembali botol tersebut. Selanjutnya, ditentukan rendemen cairan dengan : % Yield = (Bobot Bio-oil)/(Bobot Bahan Baku) 100.

Densitas

Pengukuran densitas dilakukan dengan metode ASTM D- 3505 dalam penelitian Ningrum (2011). Ditimbang piknometer kosong sebagai nilai W_0 . Lalu diisi piknometer tersebut dengan bio-oil sebagai nilai W . Kemudian menentukan volume piknometer yang digunakan sebagai nilai V . Dihitung berat jenis bio-oil dengan : $\rho = (W - W_0)/V$

pH

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter yaitu disiapkan secukupnya sampel, lalu dicelupkan ujung elektroda pH meter ke dalam sampel tersebut dan mencatat nilai pH yang tertera.

Analisa GC-MS

Analisis GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) adalah teknik analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan memisahkan senyawa dalam sampel. Analisis ini menggunakan kromatografi gas (GC) dan spektrometri massa (MS). Analisis GC-MS dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa dalam sampel dan mengukur jumlah dan jenis senyawa yang terpisah.

3. RESULT AND DISCUSSION

Pirolisis merupakan dekomposisi material oleh suhu tanpa kehadiran gas oksigen. Berdasarkan laju pemanasan dan suhu, pirolisis dapat dibedakan menjadi 2 jenis yakni slow pyrolysis dan fast pyrolysis. Dalam penelitian ini digunakan metode slow pyrolysis dengan range suhu 300-400 °C. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka diperoleh data penelitian sebagai berikut.

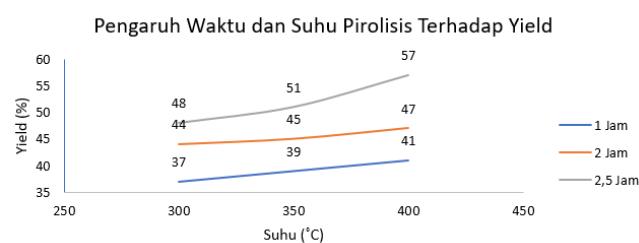
Pengaruh Waktu dan Suhu Pirolisis Terhadap Yield Bio-Oil

Diperoleh data hasil pengamatan variasi suhu dengan waktu pirolisis terhadap produk bio-oil seperti dirangkum dalam tabel 4.1

Tabel 4.1 Tabel Variasi Waktu dan Suhu Pirolisis Terhadap Yield Bio-oil

Waktu	Suhu (°C)	Yield (%)
1 Jam	300	37
	350	39
	400	41
2 Jam	300	44
	350	45
	400	47
2,5 Jam	300	48
	350	51
	400	57

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh dari table 4.1 maka dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut.



Gambar 4.1 Pengaruh Waktu dan Suhu Pirolisis Terhadap Yield Bio-oil

Berdasarkan pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pirolisis maka semakin tinggi konversi (yield) asap cair/bio-oil yang diperoleh. Hal ini berbanding lurus dengan pengaruh suhu pirolisis dimana semakin tinggi suhu pirolisis maka semakin tinggi konversi (yield) asap cair/bio-oil. %Yield terbesar yang

dihasilkan saat waktu pirolisis 2,5 jam adalah sebesar 57%, waktu 2 jam menghasilkan asap cair dengan %yield sebesar 47% sedangkan waktu 1 jam hanya menghasilkan %yield sebesar 41%. Rendemen hasil asap cair cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu pirolisis. Hasil %yield tertinggi terdapat pada kondisi waktu pirolisis selama 2,5 jam. Hal ini disebabkan semakin lama waktu pirolisis, semakin banyak bahan baku yang terdekomposisi akibat lamanya waktu kontak panas dengan bahan baku. Hal ini disebabkan semakin banyaknya senyawa yang ikut terurai dan terkonversi menjadi asap cair. Banyaknya hasil kondensasi asap cair juga dipengaruhi oleh lamanya waktu pembakaran, hal ini dikarenakan semakin lama proses pirolisis berlangsung konversi asap cair akan semakin bertambah. Bakkara (2007) juga mendapatkan hubungan antara waktu dan temperatur pirolisis terhadap produk asap cair sama dengan yang didapatkan pada penelitian ini. Pada proses pirolisis yang dilakukan Bakkara terhadap serbuk gergaji dan kayu meranti, kondensasi pada penelitian ini terjadi dengan baik. Proses kondensasi yang berjalan baik ini menyebabkan semua asap yang terbentuk dan yang terkonversi menjadi asap cair. Rendemen asap cair cenderung meningkat seiring dengan naiknya waktu pirolisis sampai pada kondisi dimana produksi gas yang sulit terkondensasi semakin banyak sehingga peningkatan waktu pirolisis lebih lanjut akan menurunkan rendemen asap cair.

Berdasarkan data yang diperoleh dari gambar 4.1 % Yield yang tertinggi ada pada suhu 400°C sebesar 57%, kemudian pada suhu 350°C sebesar 51% dan pada suhu 300°C sebesar 48%. Pengaruh suhu terhadap konversi (yield) asap cair/bio-oil yaitu semakin tinggi suhu pirolisis semakin banyak volume asap cair yang dihasilkan, akan tetapi jumlah arang yang dihasilkan semakin sedikit. Hal ini disebabkan semakin tinggi suhu pirolisis, semakin banyak massa yang terdekomposisi sehingga semakin besar volume asap cairnya dan rendemen arang (residu) semakin kecil. Seiring meningkatnya suhu maka kecepatan reaksi pirolisis akan semakin meningkat sehingga kemampuan untuk menguraikan senyawa - senyawa organik semakin besar, sesuai dengan pendapat Handayani et al., (2022) yang menyatakan bahwa nilai jumlah asap cair sangat bergantung pada suhu, laju pemanasan, ukuran partikel, jenis dan komposisi dari bahan baku.

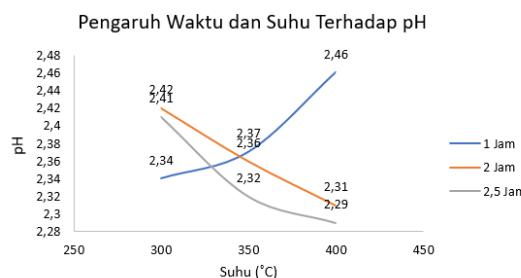
Pengaruh Waktu dan Suhu Pirolisis Terhadap pH Bio-Oil

Diperoleh data hasil pengamatan variasi suhu dengan waktu pirolisis terhadap pH bio-oil seperti dirangkum dalam tabel 4.2

Tabel 4.2 Pengaruh Waktu dan Suhu Pirolisis Terhadap pH Bio-Oil

Waktu	Suhu (°C)	pH
1 Jam	300	2,34
	350	2,37
	400	2,46
2 Jam	300	2,42
	350	2,36
	400	2,31
2,5 Jam	300	2,41
	350	2,32
	400	2,29

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh dari table 4.2 maka dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut :



Gambar 4.2 Pengaruh Waktu dan Suhu Pirolisis Terhadap pH Bio-oil

Pengukuran pH merupakan parameter kualitas asap cair yang dihasilkan yang bertujuan mengetahui tingkat proses penguraian bahan baku secara pirolisis. Nilai pH asap cair yang rendah disebabkan oleh asam organik dari hasil proses kondensasi. Nilai pH ini menunjukkan tingkat proses penguraian komponen kayu yang terjadi untuk menghasilkan asam organik pada asap cair. Harga pH akan semakin menurun dengan semakin

meningkatnya temperatur dan waktu pirolisis. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya unsur-unsur dalam sampel yang terurai dan membentuk senyawa - senyawa kimia yang bersifat asam. Harga pH terendah terdapat pada asap cair dari hasil pirolisis pada waktu 2,5 jam yaitu sebesar 2,29 ini berarti pada kondisi operasi ini banyak senyawa – senyawa kimia yang bersifat asam. Bila asap cair memiliki nilai pH yang rendah, maka kualitas asap cair yang dihasilkan tinggi karena secara keseluruhan berpengaruh terhadap nilai awet dan daya simpan produk asap. Nilai pH yang diperoleh pada tabel 4.2 sudah sesuai dengan nilai pH SNI 8985:2021 yaitu pada rentang 2,76 – 4,50.

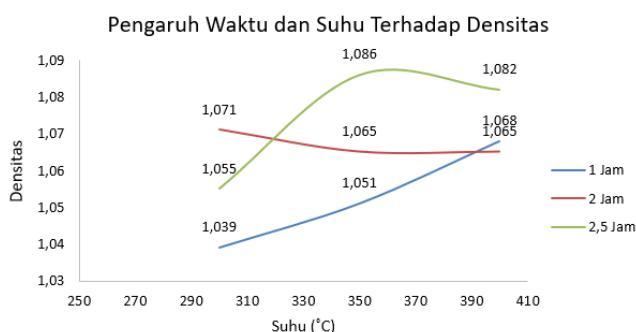
Pengaruh Waktu dan Suhu Pirolisis Terhadap Densitas Bio-Oil

Diperoleh data hasil pengamatan variasi suhu dengan waktu pirolisis terhadap densitas bio-oil seperti dirangkum dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengaruh Waktu dan Suhu Pirolisis Terhadap Densitas Bio-Oil

Waktu	Suhu (°C)	Densitas (g/ml)
1 Jam	300	1,039
	350	1,051
	400	1,068
2 Jam	300	1,071
	350	1,065
	400	1,065
2,5 Jam	300	1,055
	350	1,086
	400	1,082

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh dari table 4.3 maka dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut :



Gambar 4.3 Pengaruh Waktu dan Suhu Pirolisis Terhadap Densitas Bio-oil

Densitas merupakan rasio antara berat suatu sampel dengan volumenya. Dalam sifat asap cair, berat jenis tidak berhubungan langsung dengan tinggi rendahnya kualitas asap cair. Namun berat jenis dapat menunjukkan banyaknya komponen di dalam asap cair. Densitas menunjukkan kerapatan ikatan molekul liquid. Pada Gambar 4.3 dapat dilihat nilai densitas pada waktu pirolisis 1 jam menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pirolisis, nilai densitas bio-oil semakin meningkat. Nilai densitas waktu pirolisis 2 jam pada suhu 300°C yaitu 1,039, suhu 350°C dan 400 °C 1,065. Sedangkan nilai densitas pada waktu pirolisis 2,5 jam pada suhu 300°C yaitu 1,055, suhu 350 °C yaitu 1,086 dan pada suhu 400 °C yaitu 1,082. Nilai densitas yang paling tinggi berada pada konsisi waktu pirolisis 2,5 jam pada suhu 350°C yaitu 1,086. Dalam penelitiannya, (Handayani et al., 2022) menyatakan bahwa hal ini terjadi karena semakin lama waktu pirolisis maka temperatur akan semakin tinggi sehingga produk yang lebih banyak terbentuk adalah senyawa-senyawa organik seperti asam-asam organik, fenol, karbonil sedangkan pada waktu yang lebih pendek menghasilkan asap cair yang lebih encer atau memiliki densitas yang lebih tinggi yang berarti kadar air di dalam asap cair tersebut tinggi. Sedangkan untuk nilai densitas yang diperoleh tidak sesuai dengan nilai standar SNI yaitu pada rentang 1,005 – 1,050.

Analisa Warna dan Bau

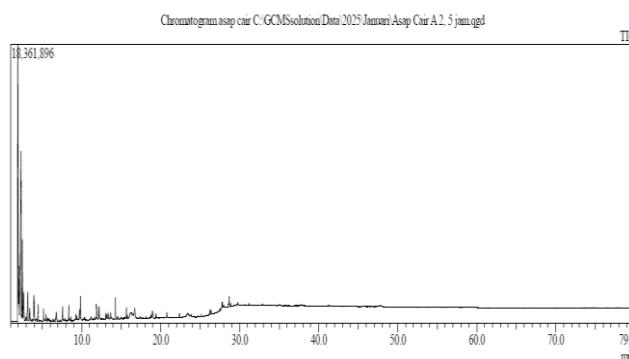
Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka diperoleh asap cair dengan gambar sebagai berikut :

**Gambar 4.4 Bio-Oil Hasil Penelitian**

Berdasarkan Gambar 4.4, bio-oil / asap cair yang dihasilkan pada penelitian ini termasuk dalam grade 3. Asap cair pada grade 3 memiliki warna hitam kecoklatan atau gelap dan aroma masih sangat kuat dan menyengat..

Analisa Kandungan Bio-Oil

Analisa produk asap cair dilakukan menggunakan alat GC-MS untuk mengidentifikasi kandungan senyawa kimia yang terdapat pada produk asap cair. Adapun hasil yang dianalisa berdasarkan konversi %yield yang tertinggi yaitu pada suhu 400°C waktu pirolisis 2,5 jam, suhu 400°C waktu pirolisis 2 jam dan suhu 400°C waktu pirolisis 1 jam. Berdasarkan hasil analisis asap cair dengan GC-MS diperoleh puncak (peak) seperti pada gambar dan tabel berikut.

**Gambar 4.5 Hasil kromatogram Bio-oil waktu 2,5 jam****Tabel 4.4 Kandungan Kimia Produk Bio-oil Waktu 2,5 jam**

Peak	Area (%)	Nama Senyawa	Kategori
1	24.00	5-Methyl-3-propyl-isoxazole	Asam
2	2.79	2-Propanone (CAS) Acetone	keton
3	2.13	Acetic acid, methyl ester	Asam
4	21.53	Acetic acid (CAS) Ethylic acid	Asam
5	5.08	2-Propanone, 1-hydroxy	keton
6	3.39	Propanoic acid (CAS) Propionic	Asam
7	0.43	3-Penten-2-one, (E)- (CAS) TRANS	Karbonil
8	2.63	1-HYDROXY-2-BUTANONE	Karbonil
9	1.32	Adipimide	Asam
10	0.13	Oxirane, (propoxymethyl)- (CAS)	Epoksida
11	0.20	2-PENTANONE, 4-HYDROXY	Karbonil
12	2.64	2-Furancarboxaldehyde (CAS)	Asam
13	0.28	Cyclopentanone, 2-methyl- (CAS)	Asam
14	0.15	Acetic acid, 2-methylpropyl ester	Asam
15	1.56	1-Cyclohexanol, 2-Acetoxy	Fenol
16	0.96	2(3H)-Furanone, dihydro- (CAS) Butyrolactone	Karbonil
17	0.14	Benzenemethanol, .alpha.-(1-aminoethyl	Fenol

Peak	Area (%)	Nama Senyawa	Kategori
18	0.52	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl- (CAS)	Asam
19	0.22	Ethanone, 1-(2-furanyl)- (CAS) 2-Acetyl furan	Karbonil
20	0.31	3-Pantanone, 2,4-dimethyl- (CAS)	Asam
21	0.18	2(3H)-Furanone, 5-methyl- (CAS)	Asam
22	0.22	Propanoic acid, ethenyl ester (CAS) Vinyl	Asam
23	0.96	2-Cyclopenten-1-one, 3-methyl- (CAS)	Asam
24	1.24	Phenol (CAS) Izal	Fenol
25	0.14	2,3-Dimethyl-2-cyclopenten-1-one	Asam
26	0.17	2-Furanmethanol, tetrahydro- (CAS)	Alkohol
27	1.01	1,2-Cyclopentanedione, 3-methyl- (CAS)	Asam
28	0.24	2,3-Dimethyl-2-cyclopenten-1-one	Asam
29	0.14	Pyrrolidine, 3-methyl- (CAS) 3-Methylpyrrolidine	Asam
30	0.22	3,5-dimethyl cyclopentenolone	Asam

Sumber : GC-MS Balai Besar Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Hasil Perkebunan Mineral Logam dan Maritim

Komponen kimia bio-oil dari limbah biomassa plant filter aid (lignoselulosa D07) menggunakan proses slow pirolisis pada waktu operasi 2,5 jam suhu 400oC terdapat komponen yang di dominasi oleh 5-Methyl-3-propyl-isoxazole 24.00%, Acetic acid (CAS) Ethylic acid 21.53%, 2-propanone 5.08%. Komponen kimia bio-oil pada waktu operasi 2 jam dan suhu 400 oC dapat dilihat pada lampiran tabel A.1 dimana terdapat komponen yang didominasi oleh 5-Methyl-3-propyl-isoxazole 32.23%, Acetic acid (CAS) Ethylic acid 16.65%, 2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural 5.70%. Komponen kimia bio-oil pada waktu operasi 1 jam dan suhu 400 oC dapat dilihat pada lampiran tabel A.2 dimana terdapat komponen dominasi yang sama dengan kondisi operasi 2 jam dan suhu 400 oC yaitu 5-Methyl-3-propyl-isoxazole 32.23%, Acetic acid (CAS) Ethylic acid 16.65%, 2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural 5.70%. Dari hasil analisis GC-MS yang telah diuraikan pada tabel 4.5, A.1 dan A.2 pada lampiran dapat dilihat bahwa bio-oil yang dihasilkan pada suhu 350 - 400oC menggunakan pirolisis lambat (slow pyrolysis) banyak mengandung komponen cuka kayu (acetic acid) yang menurut Wibowo (2013) asam asetat yang dikombinasikan dengan hidrogen berperan penting dalam memproduksi etanol, dimana dua pertiga energi di dalam etanol berasal dari asam asetat, dan sepertiganya berasal dari penambahan hidrogen. Selain senyawa asam yang mendominasi, selanjutnya ada senyawa keton yang bisa dimanfaatkan sebagai pelarut senyawa karbon, pelarut untuk lilin dan bahan baku pembuatan zat organik. Kandungan senyawa asap cair pada tabel 4.4, menunjukkan tidak adanya ditemukan komponen senyawa berbahaya PAH (Polycyclic aromatic hydrocarbons) yang merupakan kelompok senyawa bersifat karsinogenik atau mutagenik, terutama benzo[a]pyrene contohnya lainnya naphthalene, phenanthrene, anthracene dan pyrene. Menurut (Muzdalifah et al., 2020) adapun komponen-komponen penyusun bio-oil meliputi:

1. Senyawa Fenol

Senyawa fenol berperan dalam pembentukan warna pada produk yang diasapi. Selain itu, fenol memiliki aktivitas antioksidan yang dapat memperpanjang masa simpan produk tersebut. Fenol adalah senyawa antioksidan yang ditemukan dalam asap cair, dan juga merupakan komponen aktif yang dapat digunakan sebagai racun serangga untuk mencegah atau menghalau hama perusak kayu. Fenol bekerja sebagai racun dengan merusak bagian tubuh serangga setelah masuk ke mulut dan saluran pencernaan, karena sifat asamnya dan bau khas yang tidak disukai rayap. Selain fenol, senyawa-senyawa asam dalam asap cair juga berperan sebagai antibakteri dan memberikan citarasa pada produk yang diasapi

2. Senyawa Karbonil

Senyawa-senyawa karbonil dalam asap memiliki peranan pada pewarnaan dan citarasa produk asapan. Golongan senyawa ini memiliki aroma seperti aroma karamel yang unik. Jenis senyawa karbonil yang terdapat dalam asap cair antara lain adalah vanilin dan siringaldehida.

3. Senyawa Asam

Senyawa-senyawa asam mempunyai peranan sebagai antibakteri dan membentuk citarasa produk asapan. Senyawa asam ini antara lain adalah asam asetat, propionat, butirat, dan valerat.

4. Senyawa Hidrokarbon Polisiklik Aromatis (HPA)

Senyawa HPA dapat terbentuk pada proses pirolisis kayu. Senyawa hidrokarbon aromatik seperti benzo(a)pirena merupakan senyawa yang memiliki pengaruh buruk karena bersifat karsinogenik. Pembentukan

berbagai senyawa HPA selama pembuatan asap tergantung dari beberapa hal, seperti temperatur pirolisis, waktu, kelembaban udara pada proses pembuatan asap, serta kandungan udara dalam kayu. Semua proses yang menyebabkan terpisahnya partikel-partikel besar dari asap akan menurunkan kadar benzo(a)pirena. Proses tersebut antara lain adalah pengendapan dan penyaringan. Kandungan senyawa asap cair pada tabel 4.4, menunjukkan tidak adanya ditemukan komponen senyawa berbahaya PAH (Polycyclic aromatic hydrocarbons) yang merupakan kelompok senyawa bersifat karsinogenik atau mutagenik, terutama benzo[a]pyrene contohnya naphthalene, phenanthrene, anthracene dan pyrene.

4. CONCLUSION

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan. Dapat disimpulkan bahwa : 1). Waktu dan suhu pirolisis terbaik dalam penelitian ini adalah 2,5 jam dan suhu 400°C dengan konversi yield sebesar 57% 2). Waktu dan suhu pirolisis menunjukkan kualitas pH, densitas dan warna pada produk bio-oil sesuai dengan standar SNI8985:2021. 3). Kandungan bio-oil pada penelitian ini yang dipengaruhi variable waktu dan suhu adalah didominasi oleh senyawa asam (acetic acid). Asam asetat (acetic acid) dapat digunakan sebagai bahan pembuatan etanol.

5. REFERENCES

- Aini, N. A., Jamilatun, S., & Pitoyo, J. (2022). Pirolisis Biomassa: Review. Agroindustrial Technology Journal, 6(1), 89.
- Aladin, A., Alwi, R. S., & Syarif, T. (2017). Design Of Pyrolysis Reactor for Production Of Bio-Oil And Bio-Char Simultaneously. Aip Conference Proceedings, 1840.
- Aladin, A., Syarif, T., Suryanto, A., Magefira, A., & Ardan. (2023). Penentuan Suhu Optimum Pirolisis Serbuk Gergaji Batang Kelapa. Kovalen: Jurnal Riset Kimia, 9(2), 132–139.
- Aladin, A., Yani, S., Modding, B., & Wiyani, L. (2018). Pyrolysis Of Corncob Waste To Produce Liquid Smoke. Iop Conference Series: Earth and Environmental Science, 175(1).
- Febriyanti, F., Fadila, N., Sanjaya, A. S., Bindar, Y., & Irawan, A. (2019). Pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit menjadi bio-char, bio-oil dan gas dengan metode pirolisis. Jurnal Chemurgy, 3(2), 12–17.
- Handayani, I., Sa'diyah Jurusan, K., Kimia, T., Malang, N., Soekarno, J., & No, H. (2022). Pengaruh Waktu Pirolisis Serbuk Gergaji Kayu Terhadap Hasil Asap Cair. 8(1), 28–35.
- Ifa, L., Yani, S., Nurjannah, N., Darnengsih, D., Rusnaenah, A., Mel, M., Mahfud, M., & Septya, H. (2020). Heliyon Techno-Economic Analysis of Bio-Briquette from Cashew Nut Shell Waste. Heliyon, 6 (September), E05009.
- Jamilatun, S., Hakika, D. C., Sarah, D., & Puspitasari, A. (2024). Generation And Characterization Of Bio-Oil Obtained From The Slow Pyrolysis Of Oil Palm Empty Fruit Bunches At Various Temperatures. Elkawnie, 10(1), 103.
- Muzdalifah, M., Syarif, T., & Aladin, A. (2020). Potensi Pemanfaatan Limbah Biomassa Serbuk Gergaji Kayu Besi (Eusideroxylon Zwageri) Menjadi Asap Cair Melalui Proses Pirolisis. Iltek: Jurnal Teknologi, 15(02), 78–81.
- Nur Afriliana, A., & Susandy Sanjaya, A. (2021). Pembuatan Bio Oil Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Metode Pirolisis Making Bio-Oil from Palm Oil Shells By Pyrolysis Method. Jurnal Chemurgy, 05(2), 53–60.
- Nurfaritsya, S. A., Rusnadi, I., & Dianiar, R. (2023). Pengaruh Variasi Dan Waktu Proses Piroloisis Kayu Karet Untuk Pembuatan Bio-Char, Bio-Oil Dan Syngas Sebagai Bahan Bakar. Jurnal Pendidikan Tambusai, 7, 24569–24576.
- 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, 8.
- Rizal, W. A., Suryani, R., Wahono, S. K., Anwar, M., Prasetyo, D. J., Amdani, R. Z., ... & Februanata, N. (2020). Pirolisis limbah biomassa serbuk gergaji kayu campuran: parameter proses dan analisis produk asap cair. Indonesian Journal of Industrial Research, 12(2), 353–364.
- Syamsudin, S. (2019). Produksi Bio-Oil Dan Bio-Arang Dari Mata Kayu Industri Pulp Melalui Pirolisis [Production of Bio-Oil and Bio-Char from Knot In Pulp Mill Through Pyrolysis]. Jurnal Riset Industri Hasil Hutan, 11(1), 1.
- Wibowo, S. (2013). Karakteristik Bio-Oil Serbuk Gergaji Sengon (L. Nielsen) Menggunakan Proses Pirolisis Lambat Paraserianthes Falcataria (Characteristics Of Bio-Oil From Sengon (L. Nielsen) Sawdust By Slow Pyrolysis Process) Paraserianthes Falcataria. 31(4), 258–270.