

**PIROLISIS LIMBAH BIOMASSA SERBUK GERGAJI KAYU CAMPURAN:
PARAMETER PROSES DAN ANALISIS PRODUK ASAP CAIR*****THE PYROLYSIS OF MIXED SAWDUST BIOMASS:
PROCESS PARAMETERS AND ANALYSIS OF LIQUID SMOKE PRODUCTS*****Wahyu Anggo Rizal, Ria Suryani, Satriyo Krido Wahono, Muslih Anwar, Dwi joko
Prasetyo, Rima Zuriah Amdani, Andri Suwanto, Ndaru Februanata**Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jln. Jogja-Wonosari Km 31,5, Gading, Playen, Gunungkidul, DIY, 55861, 0274-392570
e-mail: wahyuanggorizal@gmail.com**ABSTRAK**

Produksi tahunan biomassa kayu mencapai 1011-1012 ton di seluruh dunia, pemrosesan 100 kg kayu dengan gergaji menghasilkan 10–25 % limbah biomassa. Pengolahan limbah biomassa dengan proses pirolisis dapat menghasilkan produk berupa asap cair melalui kondensasi yang mengandung berbagai senyawa kimia aktif yang dapat dimanfaatkan untuk produk pangan maupun sebagai anti bakteri. Pada penelitian ini, pengukuran parameter pirolisis bertujuan untuk mengetahui performa reaktor pirolisis. Asap cair dianalisis untuk mengetahui komponen senyawa aktifnya melalui metode eksperimental. Komposisi lignoselulosa serbuk gergaji kayu campuran berupa hemiselulosa 17.54±3.16 %, selulosa 39.97±1.62 %, lignin 25.59±1.95 %, zat larut air 16.9±0.29 % dan kadar air 10.18±0.36 %. 3.6 kg biomassa di pirolisis pada suhu 500 °C selama 8 jam, menghasilkan asap cair 1.14 kg, arang 1.54 kg, nilai pH 3 dengan warna kuning tua, transparan, dan sedikit benda terapung. Pengamatan performa reaktor menunjukkan nilai laju pemanasan 1.9±0.36 °C/min, dan pada beberapa titik terjadi kerugian panas yang tidak merata. Analisis asap cair dengan GC-MS menunjukkan tidak adanya senyawa PAH, sementara diketahui terdapat senyawa berbahaya lainnya, *2-propanone*, *2 butanone*, dan *cyclopentanone* masing-masing sebesar 2.05 %, 0.79 %, dan 1.84%.

Kata Kunci: Asap Cair, Biomassa, Pirolisis, Senyawa Aktif, Serbuk Gergaji Kayu Campuran**ABSTRACT**

The annual production of wood biomass reaches 1,011-1,012 tons worldwide, processing 100 kg of wood with saws produces 10–25% waste biomass. Biomass waste processing by pyrolysis process can produce liquid smoke through condensation containing various active chemical compounds that can be used for food products and as anti-bacterial. In this study, pyrolysis parameter measurement aims to determine the performance of the pyrolysis reactor. Liquid smoke was analyzed to determine the active compound through experimental methods. Composition of lignocellulose wood sawdust is hemicellulose 17.54 ± 3.16%, cellulose 39.97 ± 1.62%, lignin 25.59 ± 1.95%, water soluble 16.9 ± 0.29% and water content 10.18 ± 0.36%. As much as 3.6 kg of biomass is pyrolyzed at 500 °C for 8 hours, produces 1.14 kg of liquid smoke, 1.54 kg of charcoal, a pH value of 3 with a dark yellow color, transparent, and a few floating objects. Observations of the reactor performance showed a heating rate of 1.9 ± 0.36 °C / min, and at several points there was an uneven heat loss. The analysis of liquid smoke by GC-MS showed no PAH compounds, while other toxic compounds known as, 2-propanone, 2 butanone, and cyclopentanone were 2.05%, 0.79%, and 1.84%.

Keywords: liquid Smoke, Biomass, Pyrolysis, Active Compound, Sawdust

PENDAHULUAN

Biomassa kayu merupakan potensi sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan ketersediaannya berlimpah dengan beragam manfaat kegunaan. Tercatat ketersediaan produksi tahunan dari biomassa kayu mencapai 1011-1012 ton di seluruh dunia. Biomassa kayu dapat diolah sebagai sumber bahan bakar untuk produksi energi listrik, bahan baku papan partikel, media tanam dan sebagai bahan baku pembuatan asap cair. Selain itu, biomassa kayu memiliki berbagai manfaat dari segi ekonomi, sosial maupun lingkungan. Berbagai macam jenis biomassa dapat diperoleh dari residu kayu, limbah pertanian, kehutanan, limbah kota maupun limbah industri. Serbuk gergaji kayu merupakan biomassa dari hasil samping unit pemrosesan kayu atau industri yang berbasis furnitur, dari tahapan produksi melalui penggergajian, pengepasan ukuran, perataan tepi, pemangkasan dan perataan kayu atau finishing. Secara umum dalam pemrosesan 100 kg kayu dengan menggunakan mesin gergaji, akan menghasilkan sekitar 12–25 kg serbuk gergaji kayu (Varma *et al.*, 2019). Serbuk gergaji biasa diolah sebagai papan partikel untuk memaksimalkan penggunaan sisa bahan baku, namun serbuk gergaji bisa diolah menjadi produk asap cair sehingga menambah nilai ekonomi dan meminimalkan sampah sisa hasil penumpukan serbuk gergaji kayu

Pirolisis merupakan salah satu metode konversi yang digunakan dalam memanfaatkan serbuk gergaji kayu untuk menghasilkan produk berupa asap cair dan produk samping berupa briket arang. Di antara berbagai metode termokimia, pirolisis merupakan teknik yang paling menjanjikan dan ramah lingkungan untuk mendegradasi biomassa menjadi berbagai jenis produk (Gupta *et al.*, 2019). Proses pirolisis terjadi dengan tanpa adanya suplai oksigen selama proses, terkecuali dalam beberapa kasus tertentu di mana dibutuhkan tambahan oksigen agar terjadi pembakaran sebagian untuk meningkatkan energi termal. Pirolisis adalah dekomposisi termal biomassa menjadi gas, cair, dan padat. Dalam pirolisis, molekul besar hidro karbon biomassa dipecah menjadi molekul hidrokarbon yang lebih kecil (Rizal *et al.*, 2020), Pirolisis terjadi dalam empat tahap, dimulai dengan penguapan air, pirolisis hemiselulosa pada suhu 180 °C - 300 °C, selulosa pada 260 °C - 350 °C, dan lignin pada 300 °C - 500 °C (Lingbeck *et al.*, 2014).

Asap cair merupakan senyawa hasil pirolisis yang terjadi karena kondensasi dari asap selama proses. Komposisi senyawa asap cair dipengaruhi oleh jenis biomassa, kadar air, dan suhu proses pirolisis serta lama waktu pirolisis (Ridhuan *et al.*, 2019). Beberapa senyawa dari asap cair, dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai bahan baku anti bakteri produk pangan, perasa pada daging asap, digunakan sebagai insektisida organik tanaman, dan salah satu senyawa acetol / hidroksiaseton pada asap cair mempunyai nilai tambah yang tinggi sebagai bahan sintesis obat (Wang *et al.*, 2010; Fatimah, 2011; Ishak *et al.*, 2019). Terlepas dari beberapa senyawa yang disebutkan di atas, terdapat kondisi proses yang dapat menghasilkan senyawa lain yang bersifat karsinogenik atau berbahaya. Salah satu kelompok senyawa berbahaya bagi kesehatan manusia yaitu terdapat dalam kelompok *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAH), yang terbentuk pada rentang suhu 500 °C - 900 °C (Šimko, 2005) dan *2-propanone*, *2-butanone* dan *cyclopentanone* (Ratnawati dan Singgih, 2010). Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan analisis dengan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) untuk mengetahui komposisi senyawa aktif yang terkandung dalam asap cair. Bahan baku serbuk gergaji kayu campuran sebelum dipirolisis telah dikarakterisasi dahulu komponen lignoselulosanya, selain itu pengamatan terhadap reaktor pirolisis juga dilakukan untuk mengetahui performa dari reaktor pirolisis tersebut.

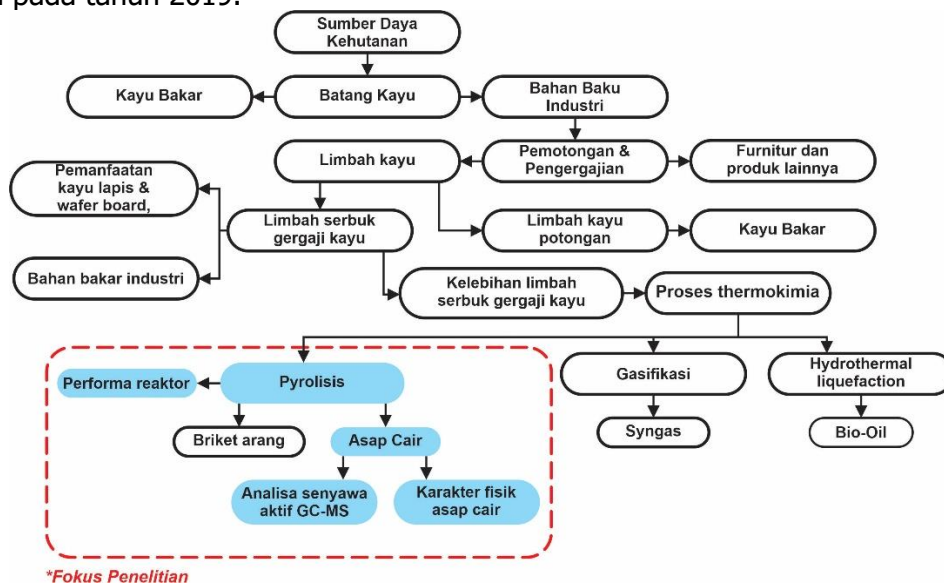
BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan baku pembuatan asap cair menggunakan biomassa limbah serbuk gergaji kayu campuran hasil industri pengolahan kayu di daerah Nglipar, kab Gunungkidul, DI Yogyakarta. Bahan pendukung yang digunakan dalam penelitian ini antara lain H₂SO₄ (Merck Germany), dan akuades. Alat yang digunakan adalah reaktor pirolisis berbahan *stainless steel* kapasitas 30liter dengan bahan bakar LPG, *thermometer data logger* (Mastech MS6514), *thermal imaging device* (Flir E8-XT), *Dean-Stark apparatus*, GC-MS-QP2010S (Shimadzu, Japan), *Moisture analyzer* (AND MX 50, USA).

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengujian eksperimental melalui proses pirolisis dan analisis senyawa aktif asap cair. Dalam penelitian ini beberapa parameter yang diukur antara lain neraca massa, kecepatan laju perpindahan panas didalam reaktor pirolisis (*laju pemanasan*), komposisi lignoselulosa biomassa dengan metode *chesson* (Datta, 1981), temperatur proses pirolisis, pH asap cair, pengamatan fisik asap cair berupa warna, bau, transparansi dan benda terapung. Sedangkan untuk mengetahui komponen senyawa penyusun asap cair dilakukan analisis dengan menggunakan GC-MS. Diagram proses pemanfaatan biomassa limbah serbuk gergaji kayu ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian ini dilaksanakan di Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam (BPTBA), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia pada tahun 2019.

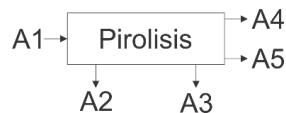


Gambar 1. Diagram Pemanfaatan Biomassa Kayu

Biomassa limbah serbuk gergaji kayu, dikeringkan terlebih dahulu dengan cara dijemur pada sinar matahari secara langsung selama kurang lebih 1 hari untuk mengurangi kadar air maksimal 15 % dari bahan baku. kadar air mempengaruhi kecepatan laju kenaikan panas pada proses pirolisis, semakin tinggi kadar air maka akan semakin lambat proses pemanasannya, dikarenakan sumber panas akan lebih banyak terpakai untuk menguapkan kandungan air dari bahan baku (Nurhayati *et al.*, 2006; Rizal *et al.*, 2020). Selain itu kadar air yang terlalu tinggi membuat kualitas dari asap cair tidak baik, karena akan menurunkan kadar produk yang dihasilkan, seperti kadar asam dan fenol (Maulina and Putri, 2017). Komponen lignoselulosa bahan dianalisa dengan metode Chesson (Datta, 1981), Satu gram sampel kering (a) ditambahkan 150 ml akuades, dilakukan refluk pada suhu 100°C pada *water bath* selama 1 jam dalam sistem refluks. Campuran sampel disaring untuk

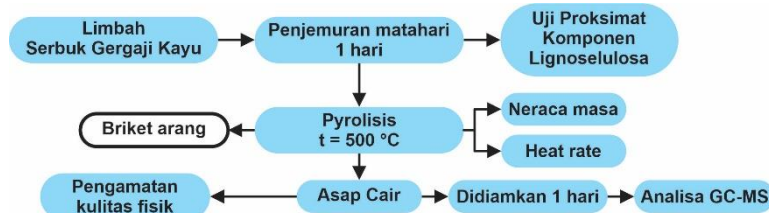
memisahkan residu dan filtrat. Residu dicuci dengan air dan dikeringkan pada suhu 105°C sampai berat konstan (b). Residu campuran (b) ditambahkan dengan 150 ml H₂SO₄ 1 N dan dipanaskan pada suhu 100 C selama 1 jam dalam system refluks. Residu kemudian disaring, dicuci, dan dikeringkan (c). Residu kering (c) ditambahkan 10 ml H₂SO₄ 72%, direndam pada suhu kamar selama 4 jam. Kemudian ditambahkan 150 mL H₂SO₄ 1 N dan Dipanaskan pada sistem refluks selama 1 jam. Residu disaring, dicuci, dan dikeringkan (d). Selanjutnya residu (d) diabukan dan ditimbang sisa abunya (e). Perhitungan untuk mengetahui komposisi kimia lignoselulosa bahan baku adalah: Selulosa = $(c-d)/a \times 100\%$, Lignin = $(d-e)/a \times 100\%$, Hemiselulosa = $(b-c)/a \times 100\%$ dan Zat larut air = $(a-b)/a \times 100\%$.

Bahan baku serbuk gergaji kayu campuran sebanyak 3,6 kg yang sudah dikeringkan dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis dengan pengaturan suhu maksimal 500 °C selama 8 jam, pencatatan laju perpindahan panas dilakukan selama proses berlangsung dengan interval waktu 5 menit disertai pengambilan gambar *thermal imaging* pada reaktor untuk mengetahui perbedaan suhu di dalam dan dinding reaktor pirolisis. Perhitungan neraca massa pada proses pirolisis ditunjukkan pada gambar 2 (Putranto *et al.*, 2020). (A1) merupakan bahan baku biomassa limbah serbuk gergaji kayu campuran, (A2) berupa arang dan (A3) adalah abu dari proses pirolisis, hasil kondensasi berupa asap cair (A4) sedangkan (A5) merupakan asap yang tidak terkondensasi dan bahan lainnya.



Gambar 2. Neraca Massa proses pirolisis asap cair

Selanjutnya dilakukan pengamatan secara langsung kualitas fisik asap cair berupa warna, bau, transparansi dan benda terapung serta diukur nilai pH nya. Asap cair didiamkan selama 1 hari untuk mengendapkan tar, setelah diendapkan kemudian disaring dengan kertas Whatman no.1 dan dilakukan analisa menggunakan GC-MS untuk mengetahui komponen senyawa aktifnya. Secara keseluruhan diagram alir proses ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir proses pembuatan asap cair bahan baku serbuk gergaji kayu

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Lignoselulosa

Bagian penyusun utama biomassa kayu adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin, dekomposisi termal selulosa menghasilkan senyawa *anhydroglucose* yang mengandung karbonil dan furan, dekomposisi hemiselulosa menghasilkan asam asetat dan karbon dioksida, sedangkan dekomposisi lignin menghasilkan senyawa fenolik yang mencirikan sifat organoleptik, antioksidan dan antibakteri pada asap cair (Montazeri *et al.*, 2013). Oleh karena itu, dengan mengetahui persentase kandungan *lignoselulosa*, maka dapat diprediksi senyawa penyusun dominan pada asap cair yang dapat dilihat dari jumlah persentasenya. Hasil analisa kandungan lignoselulosa dan kadar air disajikan pada Tabel 1.

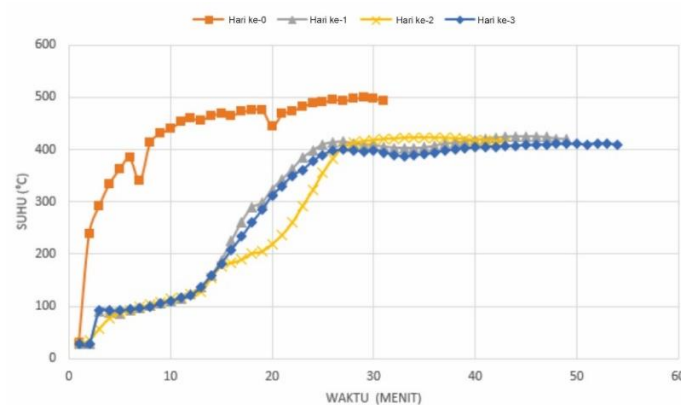
Tabel 1. Komposisi *lignoselulosa* dan kadar air serbuk gergaji kayu

Zat Larut air %	Hemiselulosa %	Selulosa %	Lignin %	Kadar air %
16,9±0,2948	17,54±3,1690	39,97±1,6234	25,59±1,9561	10,18±0,3622

Hasil pengukuran kadar air menunjukkan nilai 10,18 %, ini merupakan nilai yang cukup rendah dan baik untuk proses pirolisis. Kadar air yang rendah akan menghasilkan asap cair yang berkualitas dari pada bahan baku yang kadar air nya tinggi. Kadar air rendah cenderung menghasilkan jumlah fenol, asam, dan karbonil yang lebih tinggi (Maga, 1987), sedangkan kayu yang berkadar air lebih tinggi akan menurunkan kandungan dari senyawa asam, formaldehid, fenol dan banyak tercampurnya hasil kondensasi uap air dengan asap cair, sehingga akan menurunkan kualitas dari asap cair (Ariyani *et al.*, 2015; Maulina dan Putri, 2017). Hasil pengujian komposisi *lignoselulosa* yang di tunjukkan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa komponen terbesar *lignoselulosa* serbuk gergaji kayu adalah selulosa sebanyak 39,97 %, sehingga dimungkinkan pada asap cair berbahan baku serbuk gergaji kayu dengan kadar air 10,18 % akan lebih dominan banyak mengandung komponen senyawa karbonil dan furan jika ditinjau dari nilai persentase komponen penyusun lignoselulosanya.

Pirolisis

Proses pirolisis dilakukan pada suhu kerja maksimal 500 °C dengan lama waktu proses 8 jam. Pengujian performa kerja reaktor pirolisis dilakukan dengan pengukuran laju pemanasan menggunakan *thermometer data logger* dan pengecekan suhu *body* reaktor dengan menggunakan *thermal imaging*. pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai *laju pemanasan* pada reaktor dalam kondisi kosong pada hari ke 0 dan reaktor yang telah terisi oleh biomassa limbah serbuk gergaji kayu pada hari ke 1,2 dan 3. Pada hari ke 1,2, dan 3 dilakukan pirolisis dengan perlakuan yang sama agar performansi reaktor untuk pirolisis dapat diketahui tingkat kestabilannya. Selain itu, dilakukan pengukuran suhu berturut-turut sebanyak 3 kali untuk mendapat pengulangan pengukuran agar data pengukuran yang diperoleh lebih meyakinkan. Tren pengukuran suhu selama proses pirolisis berlangsung ditampilkan pada Gambar 4 dengan pencatatan dilakukan pada interval waktu 5 menit.



Gambar 4. Grafik laju pemanasan

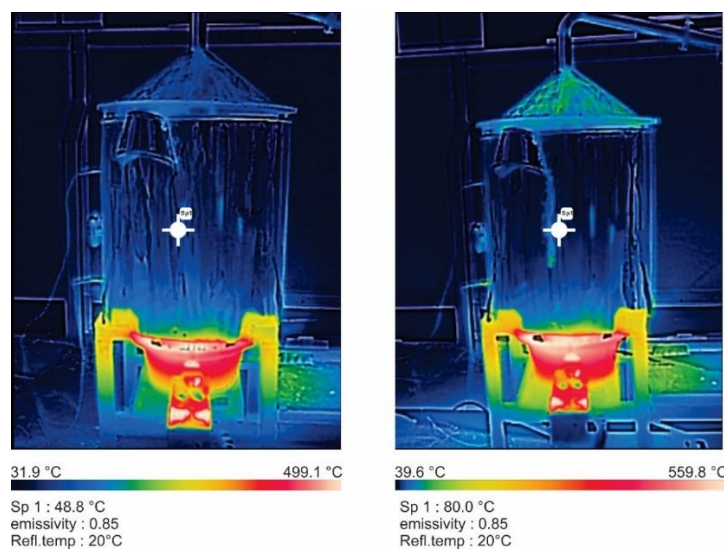
Idealnya kurva laju pemanasan pada proses pirolisis senantiasa mengalami kenaikan suhu dari waktu ke waktu. Di awal proses pemanasan/pirolisis akan mengalami lonjakan kenaikan suhu yang pesat kemudian melambat sampai tercapai keadaan *steady*. Pada Gambar 3 terlihat *trend* kenaikan suhu mengalami peningkatan, tetapi di tengah proses pirolisis sempat mengalami penurunan suhu. Hal ini ditandai dengan melandainya grafik pada kurva hari 1, 2 dan 3 di rentang waktu ke 10 sampai 30. Pada hari ke 0 dimana kondisi reaktor kosong, terjadi penurunan grafik yang lebih curam yang dapat dilihat di sekitar

waktu ke 5 dan ke 20, dengan signifikan dibanding kurva di hari 1,2 dan 3 pada reaktor yang terisi bahan baku. Penurunan ini terjadi karena pengaruh kondisi tekanan yang menurun pada tabung gas LPG dan proses pergantiannya, sehingga menyebabkan penurunan suhu beberapa saat sebelum dan sesudah pergantian isi ulang bahan bakar. Adapun perhitungan nilai laju pemanasan proses pirolisis dijelaskan pada Tabel 2

Tabel 2. Laju pemanasan dalam satuan menit

	hari ke 0	hari ke 1	hari ke 2	hari ke 3	Rerata
suhu <i>max</i> (menit)	135	201	174	249	
Laju pemanasan (°C/min)	3,5	2,0	2,3	1,5	1,9±0,36

Dari tabel 2 diketahui kemampuan reaktor pirolisis dengan kondisi terisi (hari ke 1,2, dan 3), reaktor mampu menghasilkan laju pemanasan dengan rata-rata $1,9\pm 0,36$ °C/min. Kondisi reaktor yang kosong hari ke 0 lebih menghasilkan nilai laju pemanasan yang tinggi jika dibandingkan reaktor yang terisi. Artinya dalam mencapai suhu yang ditargetkan, reaktor yang kosong lebih cepat, yaitu membutuhkan waktu 135 menit untuk mencapai suhu 500 °C. Nilai laju pemanasan pada reaktor pirolisis ini dapat berubah tergantung dari jenis biomasnya dan kondisi fisik biomassa. Kerugian panas pada dinding reaktor dapat diamati secara *visual* dengan menggunakan alat *thermal imaging*. Pengambilan gambar dilakukan pada waktu awal mulai proses pirolisis dan pada saat kondisi suhu puncak telah tercapai yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Foto *thermal imaging* dinding reaktor pirolisis awal proses dan puncak proses

Suhu lingkungan selama proses pirolisis yaitu berkisar 33,2 °C dengan kelembaban udara lingkungan sekitar 49.2 %. Hasil pengamatan menggunakan *thermal imaging* menunjukkan selisih perbedaan suhu pada awal mulai pirolisis dan setelah mencapai puncak suhu pirolisis sebesar 31.2 °C, titik pengambilan suhu diambil pada posisi tengah reaktor pirolisis (Sp1). Pada waktu awal proses pirolisis suhu dalam dari dalam reaktor 90 °C dan suhu dinding reaktor 48.8 °C, sedangkan suhu kondisi puncak pirolisis 424.8 °C dan suhu dinding 80 °C. Pada Gambar 5 terlihat degradasi warna hijau kuning dengan rentang suhu 100-130 °C. Hal ini menggambarkan terjadinya kerugian nilai panas pada reaktor yang disebabkan karena permukaan reaktor tidak diberi isolator secara menyeluruh. Untuk mengatasi kerugian panas selama proses dapat dilakukan dengan memasang isolator secara

menyeluruh pada reaktor, sehingga panas didalam reaktor dapat terjaga dengan baik. Neraca massa hasil proses pirolisis asap cair dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Neraca massa proses pirolisis

Komponen	sebelum (kg)	sesudah (kg)
Limbah gergaji kayu (A1)	3,6	-
Arang (A2)	-	1,54±0,094
Abu (A3)	-	-
Asap Cair (A4)	-	1,14±0,185
Asap yang tidak terkondensasi dan bahan lainnya (A5)	-	0,92±0,097
total	3,6	3,6

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahan baku proses pirolisis adalah limbah gergaji kayu campuran (A1) sebanyak 3,6 kg yang diproses pirolisis selama 8 jam menghasilkan beberapa hasil produk berupa arang (A2) sejumlah 1,54±0,094 kg, asap cair (A4) sejumlah 1,14±0,185 kg dan gas atau asap yang tidak terkondensasi (A5) sejumlah 0,92±0,097 kg. Proses pirolisis berjalan dengan baik sehingga tidak menghasilkan abu (A3) selama proses berlangsung. Suhu kondensor untuk pendinginan dibawah 20 °C dan kecepatan aliran air 18 L/min. Gas atau asap yang tidak terkondensasi (A5) sebanyak 1.05 kg. Jumlah asap cair yang diperoleh dipengaruhi dari kadar air dan kondisi proses kondensasi, semakin cepat laju aliran massa media pendingin maka asap akan lebih mudah terkondensasi berubah menjadi fase cair, sebaliknya jika laju aliran masa pendinginan rendah maka asap cair yang diperoleh rendemennya menjadi lebih rendah (Putranto *et al.*, 2020). Jumlah *crude* asap cair yang diperoleh tergantung pada kualitas pendinginan pada kondensor (Haji *et al.*, 2006) Selain itu suhu pendinginan pada kondensor juga mempengaruhi laju perubahan fase dari gas ke cair. Jika proses pendinginan pada kondensasi dapat optimal, maka jumlah asap cair yang dihasilkan akan lebih banyak dan dapat mengurangi jumlah asap yang tidak terkondensasi.

Asap Cair

Asap cair *crude* hasil pirolisis dilakukan pengamatan dan pengukuran fisiknya, kemudian diendapkan selama 1 hari. Karakter fisik asap cair hasil proses dibandingkan dengan data hasil penelitian dari beberapa sumber dan dari Yatagai (2002) dalam (Alpian *et al.*, 2014) sebagai standar mutu asap cair spesifikasi negara Jepang. Hasil pengamatan karakter fisik asap cair ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakter fisik asap cair

Referensi	Bahan baku	Parameter								
		Warna	Aroma	pH	kadar air bahan baku (%)	Suhu proses (°C)	Transparansi	Bahan terapung	Lama waktu (jam)	Berat biomasa (kg)
Penelitian yang dilakukan	Serbauk gergaji kayu campuran	Kuning tua	Pekat	3	10.18	500	transparan	ada	8	3.6
(Nurhayati <i>et al.</i> , 2006)	Serbauk gergaji kayu campuran	Coklat kehitaman	Lemah	4.3	16.6	520	ada suspensi	-	24	82
(Suryani <i>et al.</i> , 2020)	Kayu putih	Cokelat pekat	-	2.85	7.07	250	transparan	ada	8	12

(Komarayati dan Wibowo, 2015)	Bambu hitam	Kuning coklat muda	Lemah	2.7	15.54	450	tidak keruh	-	-	-
(Alpian <i>et al.</i> , 2014)	Pohon gelam	Kuning coklat kemerahan	-	3.2	-	500	transparan	Tidak ada	3	-
Yatagai, (2002) dalam (Alpian <i>et al.</i> , 2014)	-	kuning coklat kemerahan	-	1.5	-	-	transparan	-	-	-
				3.70						

Nilai pH asap cair hasil penelitian Lebih rendah daripada hasil penelitian yang dilakukan oleh (Nurhayati *et al.*, 2006) dan masuk dalam range nilai pH mutu asap cair spesifikasi negara Jepang Yatagai (2002) dalam (Alpian *et al.*, 2014). menurut standar asap cair jepang Yatagai (2002) dalam (Alpian *et al.*, 2014) karakter ini memenuhi standar pada pH dan transparansinya. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Komarayati *et al.*, 2018) bahwa nilai pH asap cair dipengaruhi kadar air dari bahan baku, semakin rendah kadar air, nilai pH akan semakin tinggi dan juga merupakan representasi dari jumlah kandungan asam dari produk asap cair. Hasil pengamatan terhadap warna asap cair adalah kuning tua yang ditunjukkan pada Gambar 6, perbedaan warna dari asap cair menunjukkan adanya perubahan komposisi dari senyawa aktif pada asap cair (Oktafany *et al.*, 2016). Rentang warna asap cair berada pada kuning keemasan sampai coklat gelap yang berasal dari senyawa karbonil (Fachraniah *et al.*, 2016). Asap cair mempunyai aroma khas yang tidak dapat digantikan dengan cara lainnya, aroma tipikal ini berasal dari fenol. Aroma asap yang diamati lebih pekat daripada hasil penelitian (Nurhayati *et al.*, 2006; Komarayati dan Wibowo, 2015). Hal ini dimungkinkan karena kandungan tar yang masih tinggi sehingga menimbulkan aroma yang menyengat (Fachraniah *et al.*, 2016). Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Kadir *et al.*, 2015) menyatakan bahwa filtrasi asap cair menggunakan zeolit adalah metode paling efektif dalam pemisahan senyawa aroma pekat dan memperoleh tingkat penerimaan panelis tertinggi, sehingga untuk mengurangi aroma dapat dilakukan proses selanjutnya berupa filtrasi. Meski terlihat transparan secara visual masih terdapat benda terapung pada asap cair, yang dimungkinkan karena masih adanya kandungan tar. Pengendapan, penyaringan dan proses filtrasi sangat dimungkinkan untuk meningkatkan transparansi dan menghilangkan benda terapung pada asap cair.

Analisa Senyawa Aktif Asap Cair

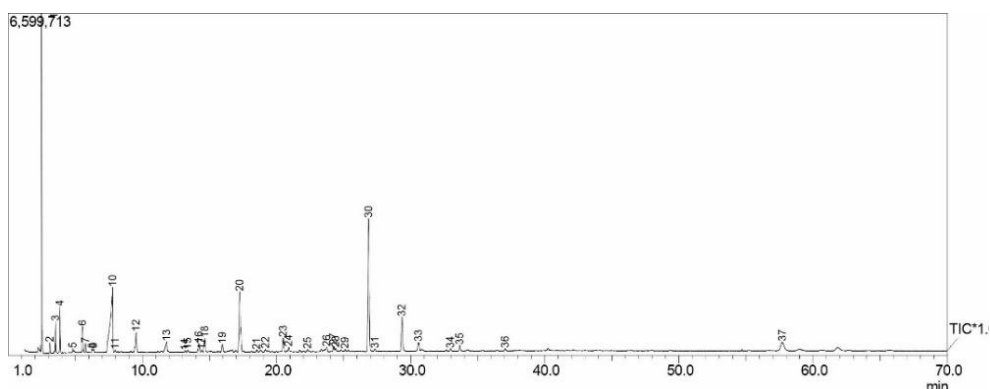
Asap cair *crude*, kemudian dilakukan analisa menggunakan GC-MS untuk mengidentifikasi kandungan senyawa aktif yang terdapat pada asap cair. Hasil chromatogram dan warna asap cair ditunjukkan pada gambar 6, sedangkan spektrum massanya ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Spektrum massa asap cair limbah biomassa serbuk gergaji kayu.

No	Peak#	Name	Gusus fungsi	Area%
1	4	Acetic acid, methyl ester	Acids	2,99
2	8	Formic acid (CAS) Bilorin	Acids	0,42
3	9	Propanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl pr	Acids	0,34
4	10	Acetic acid	Acids	19,06
5	13	Propanoic acid (CAS) Propionic acid	Acids	1,82
6	17	ISOBUTYRIC ACID	Acids	0,19
7	19	BUTYRIC ACID	Acids	1,03
8	21	ISOPROPYL BUTYRATE	Acids	0,22
9	1	Methanol (CAS) Carbinol	Alcohols	16,77

10	2	Ethanol (CAS) Ethyl alcohol	Alcohols	0,63
11	5	2-Propen-1-ol	Alcohols	0,30
12	3	2-Propanone (CAS) Acetone	carbonyls	2,05
13	6	2,3-Butanedione	carbonyls	2,38
14	7	2-Butanone (CAS) Methyl ethyl ketone	carbonyls	0,79
15	11	2-Butenal (CAS) Crotonaldehyde	carbonyls	0,24
16	12	2-Propanone, 1-hydroxy-	carbonyls	2,88
17	16	1-Hydroxy-2-butanone	carbonyls	1,35
18	18	Cyclopentanone (CAS) Dumasin	carbonyls	1,84
19	23	2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	carbonyls	1,86
20	25	Cyclooctene (CAS)	carbonyls	0,29
21	28	3-METHYL-2-CYCLOPENTEN-1-ONE	carbonyls	0,40
22	31	2,3-Dimethyl-2-cyclopenten-1-one	carbonyls	0,35
23	20	2-Furancarboxaldehyde (CAS) Furfural	Furans	10,02
24	24	Ethanone, 1-(2-furanyl)-	Furans	0,51
25	26	5 METHYL Furfural	Furans	0,34
26	29	2-Furanmethanol, tetrahydro- (CAS) Tetrahyd	Furans	0,23
27	14	Oxirane, 3-ethyl-2,2-dimethyl- (CAS) 2-Meth	Kategori lainnya	0,21
28	15	Oxetane (CAS) Trimethylene oxide	Kategori lainnya	0,22
29	22	1,2-Ethanediol, diacetate	Kategori lainnya	0,22
30	27	l-LIMONENE	Kategori lainnya	0,73
31	30	Benzenesulfonic acid, 4-hydroxy-	Kategori lainnya	18,71
32	37	alpha-Santalol	Kategori lainnya	2,70
33	32	Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol	Phenol	4,95
34	33	Phenol, 3-methyl- (CAS) m-Cresol	Phenol	1,48
35	34	Phenol, 2,4-dimethyl-	Phenol	0,36
36	35	Phenol, 2-methoxy-4-methyl-	Phenol	0,79
37	36	Phenol, 4-ethyl-2-methoxy-	Phenol	0,31

Hasil analisa dengan GC-MS diketahui terdapat 37 puncak (*peak*) seperti pada gambar 6 yang menunjukkan terdapat 37 spektrum senyawa asap cair serbuk gergaji kayu yang disajikan pada Tabel 6. Komposisi dari senyawa asap cair mempengaruhi kualitas produk asap cair, yang mana komposisinya dipengaruhi oleh jenis bahan baku, kondisi perlakuan dan proses pirolisis. Hasil analisa menggunakan GC-MS menunjukkan 3 kelompok senyawa dominan dari asap cair limbah biomassa serbuk gergaji kayu adalah kelompok karbonil, asam, dan fenol, yang merupakan hasil dekomposisi lignoselulosa selama proses pirolisis. Dekomposisi selulosa dan hemiselulosa menghasilkan asam karbositat dan senyawa karbonil pada rentang suhu 180°C hingga 350°C (Lingbeck *et al.*, 2014). Senyawa fenolik diperoleh dari dekomposisi lignin pada rentang suhu 300°C - 450°C Girard (1992) dalam (Darmadji, 2002). Jumlah persentase tertinggi dari senyawa aktif asap cair adalah asam asetat sejumlah 19,06%. Kelompok senyawa asam merupakan salah satu komponen yang berperan sebagai antimikroba, dan sebagai pembentuk rasa asap pada produk makanan awetan menggunakan asap cair, selain senyawa asam, fenol juga merupakan bahan yang berpotensi sebagai anti bakteri (Widiya *et al.*, 2017).



Gambar 6. Hasil kromatogram asap cair limbah biomassa serbuk gergaji kayu, dan warna asap cair

Asap cair dari proses pirolisis pada penelitian ini tidak ditemukan komponen senyawa berbahaya PAH, dikarenakan proses kerja pirolisis dilakukan pada rentang suhu 500 °C, sedangkan menurut (Ratnawati dan Singgih, 2010), selain *polycyclic aromatic hydrocarbons*, terdapat senyawa berbahaya lainnya pada asap cair antara lain *2-propanone*, *2 butanone* dan *cyclopentanone*, ke tiga senyawa ini tidak baik untuk kesehatan apabila diaplikasikan pada produk pangan. Persentase dari senyawa tersebut yang masih terkandung pada asap cair *2-propanone*, *2 butanone*, dan *cyclopentanone* masing-masing sebesar 2,05 %, 0,79 %, dan 1,84%. Perlu dilakukan proses pemurnian asap cair untuk meningkatkan mutu atau mendapatkan senyawa tertentu yang diinginkan sesuai peruntukan penggunaan produk. Salah satu metode untuk mengurangi atau menghilangkan beberapa senyawa berbahaya pada asap cair dapat dilakukan dengan proses destilasi, adsorpsi dengan zeolit atau menggunakan arang aktif (Manni *et al.*, 2007; Fatimah dan Gugule, 2009; Jamilatun dan Salamah, 2015; Fauziati dan Sampepana, 2016; Budaraga *et al.*, 2016; Oktafany *et al.*, 2016; Fauzan dan Ikhwanus, 2017; Salamah dan Jamilatun, 2017; Ningrum dan Anggraini, 2018; Suaib *et al.*, 2019).

KESIMPULAN

Reaktor pirolisis yang dipakai untuk membuat asap cair menghasilkan asap cair dengan rendemen 31,7 % dengan nilai laju kenaikan suhu rata - ratanya $1,9 \pm 0,36$ °C/min, dengan masih ada kerugian panas pada beberapa titik reaktor dikarenakan tidak terpasangnya isolator secara menyeluruh pada sistem. Pirolisis berjalan dengan baik sehingga proses pengabuan dapat diminimalisir, sedangkan karakter fisik asap cair berwarna kuning tua, nilai pH 3, transparan dengan sedikit benda terapung.

Jumlah spektrum senyawa asap cair sebanyak 37 dengan didominasi oleh kelompok karbonil, asam, fenol dengan persentase senyawa aktif tertinggi adalah asam asetat sejumlah 19,06 %. Kelompok senyawa *polycyclic aromatic hydrocarbons* tidak ditemukan, akan tetapi 3 senyawa berbahaya untuk aplikasi pangan ditemukan dengan jumlah *2-propanone* 2,05 %, *2 butanone* 0,79 % dan *cyclopentanone* 1,84%. Peningkatan kualitas asap cair, dapat dilakukan melalui proses lanjutan berupa filtrasi dengan destilasi, adsorpsi zeolit atau menggunakan arang aktif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala BBPTTG LIPI dan Kepala BPTBA LIPI yang mendukung terlaksananya program PN TTG, dan tidak lupa ucapkan terima kasih kepada teknisi litkayasa yang telah banyak membantu di Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam, lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, W., Sumpono dan E. Rina. 2017. Aktivitas Asap Cair Cangkang Buah *Hevea Braziliensis* Sebagai Anti Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Alotrop* 1(1): 6–9.
- Alpian, A., T. A Prayitno, J. P. G. Sutapa, dan Budiadi. 2014. Kualitas Asap Cair Batang Gelam (*Melaleuca sp.*). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 32(2): 83–92
- Ariyani, D., D. R Mujiyanti, dan D. U. Y. A. Harlianto. 2015. Studi Kajian Kandungan Senyawa Asap Cair dari Sekam Padi. *Prosiding Seminar Nasional Kimia* 128–133.
- Budaraga, K. I., Y. Marlida, and U. Bulanin. 2016. Toxicity of Liquid Smoke Cinnamon (*Cinnamomum Burmannii*) Production of Ways for Purification and Different Concentration. *International Journal of Scientific and Research Publications* 6(7):13–21.
- Darmadji, P. 2002. Optimasi Proses Pembuatan Tepung Asap. *Agritech*, 172–177.

- Datta, R. 1981. Acidogenic fermentation of lignocellulose acid yield and conversion of components. *Biotechnology and Bioengineering* 23(9):2167–2170
- Fachraniah, F., Z. Fona, dan Z. Rahmi. 2016. Peningkatan Kualitas Asap Cair Dengan Distilasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Reaksi* 7(1):1–11.
- Fatimah, F. 2011. Composition and Antibacterial Activity of Liquid Smoke of Coconut Fiber Made by Non Pirolisis Combusting. *Agritech* 31(4):305–311.
- Fatimah, F. dan S. Gugule. 2009. Penurunan Kandungan *Benzo(a)Pirena* Asap Cair Hasil Pembakaran. *Chemistry Progress* 2(1):15–21.
- Fauzan dan M. Ikhwanus. 2017. Pemurnian Asap Cair Tempurung Kelapa Melalui Distilasi Dan Filtrasi Menggunakan Zeolit Dan Arang Aktif. *Prosiding Seminar nasional sains dan teknologi* : 1–2.
- Fauziati, F. dan E. Sampepana, E. 2016. Karakterisasi Komponen Aktif Asap Cair Cangkang Sawit Hasil Pemurnian. *Jurnal Riset Teknologi Industri* 9(1):64–72.
- Gupta, G. K., P. K Gupta, dan M.K Mondal. 2019. Experimental process parameters optimization and in-depth product characterizations for teak sawdust pyrolysis. *Waste Management* (87):499–511
- Haji, A. G., Z. A. Mas'ud, B W. Lay, H. Surjono, Sutjahjo, G. Pari. 2006. Karakterisasi Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Organik Padat. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 16(3).
- Ishak, I., M. Wenny dan W. R Sity. 2019. Pemanfaatan Asap Cair Tempurung Kelapa Sebagai Pestisida Organik. *Jambura Journal of Chemistry* 1(1):15–20.
- Jamilatun, S. dan S. Salamah. 2015. Peningkatan Kualitas Asap Cair Dengan Menggunakan Arang Aktif Sntt Fgdt 2015. *Simposium Nasional Teknologi Terapan* 3: 1–6.
- Kadir, S., P. Darmadji, dan C. Hidayat. 2015. Sifat Sensoris Asap Cair Tempurung Kelapa Hasil Adsorpsi Pada Zeolit. *Agroland* (22):1–8.
- Komarayati, S., G. Gusmailina dan L. Efiyanti. 2018. Karakteristik Dan Potensi Pemanfaatan Asap Cair Kayu Trema, Nani, Merbau, Matoa, Dan Kayu Malas. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(3):219–238
- _____, dan S. Wibowo. 2015. Karakteristik asap air dari tiga jenis bambu, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 33(2):167–174.
- Lingbeck, J. M., P. Cordero, C. A. O'Bryan, M. G. Johnson, S. C. Ricke, and P. G Crandall. 2014. Functionality of liquid smoke as an all-natural antimicrobial in food preservation. *Meat Science*. 97(2):197–206.
- Maga, J. A. 1987. The flavor chemistry of wood smoke, *Food Reviews International*, 3(1–2):139–183.
- Manni, A., G. Saviano, G. D. Casa, M. Rotatori, A. Guarnieri, and E. Guerriero. 2007. Natural zeolites for PAH removal from liquid effluents, *Organohalogen Compounds* (69):2938–2941.
- Montazeri, N., C. M. Alexandra, Oliveira, B. H. Himelbloom, M. B. Leigh, and C. A. Crapo. 2013. Chemical characterization of commercial liquid smoke products, *Food Science and Nutrition* 1(1):102–115.
- Maulina, S., dan F. S. Putri. 2017. Pengaruh Suhu, Waktu, Dan Kadar Air Bahan Baku Terhadap Pirolisis Serbuk Pelelepah Kelapa Sawit, *Jurnal Teknik Kimia USU* 6(2):35–40.
- Ningrum, S. S., dan S. P. A. Anggraini. 2018. Pemurnian Asap Cair Terhadap Kinerja Reaktor Pirolisis Melalui Proses Filtrasi Zeolit Aktif, *Prosiding Seminar Nasional teknologi industri, lingkungan dan infrastruktur* (1):1–6.
- Nurhayati, T., R. A. Pasaribu, dan D Mulyadi. 2006. Produksi Dan Pemanfaatan Arang Cuka Dan Kayu Dari Serbuk Gergaji Kayu Campuran, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 24(5):395–411.
- Oktafany, E., N. Idiawati, dan Harlia. 2016. Pengaruh Destilasi Berulang dan Pemurnian menggunakan Zeolit Teraktivasi H₂SO₄ terhadap Komposisi Asap Cair Tandan Kosong

- Kelapa Sawit, *Jurnal Kimia dan Kemasan* 5(2):62–67.
- Putranto, A. W., F. P. Puspaningrum, dan Sukardi. 2020. Analisis Neracama dan Senyawa Kimia Asap Cair Grade C Menggunakan, *Jurnal Teknologi Pertanian* 21(2):69–79.
- Ratnawati., H. Singgih 2010. Pengaruh Suhu Pirolisis Cangkang Sawit Terhadap Kuantitas Dan Kualitas Asap Cair, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(1):7–11.
- Ridhuan, K., D. Irawan, Y. Yanaria, dan F. Firmansyah. 2019. Pengaruh Jenis Biomassa Pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik Dan Efisiensi Bioarang - Asap Cair Yang Dihasilkan, *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 20(1):18–27.
- _____, _____, dan R. Inthifawzi. 2019. Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan, *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(1):69–78.
- Rizal, W. A., K. Nisa', R. Maryana, D. J. Prasetyo, D. Pratiwi, T. H. Jatmiko, D. Ariani, and A. Suwanto. 2020. Chemical composition of liquid smoke from coconut shell waste produced by SME in Rongkop Gunungkidul', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 462(1)012057.
- Salamah, S., dan S. Jamilatun. 2017. Pemanfaatan Asap Cair Food Grade yang Dimurnikan dengan Arang Aktif sebagai Pengawet Ikan Nila', *Eksergi*, 14(2):29.
- Šimko, P. 2005. Factors affecting elimination of polycyclic aromatic hydrocarbons from smoked meat foods and liquid smoke flavorings, *Molecular Nutrition and Food Research*, 49(7):637–647.
- Suaib., N. Fajriani, Yermia dan Agustina. 2019. Pembuatan Dan Analisis Komponen Kimia Asap Cair Kayu Gamal (*Gliricidia sepium*) Hasil Pemurnian Dengan Metode Destilasi Bertingkat, *jurnal sains dan teknologi pangan*, 4(1):1868–1878.
- Suryani, R., W. A. Rizal, D. Pratiwi, dan D. J. Prasetyo. 2020. Karakteristik Dan Aktivitas Antibakteri Asap Cair Dari Biomassa Kayu Putih (*Melaleuca Leucadendra*) Dan Kayu Jati (*Tectona Grandis*), *Jurnal Teknologi Pertanian* 21(2):106–117.
- Varma, A. K., L. S. Thakur, R. Shankar, and P. Mondal. 2019. Pyrolysis of wood sawdust: Effects of process parameters on products yield and characterization of products', *Waste Management* (89):224–235.
- Wang, Z., W. Lin, W. Song, and J. Yao. 2010. Preliminary investigation on concentrating of acetol from wood vinegar, *Energy Conversion and Management* 51(2):346–349