

**PENGARUH WAKTU PEMBAKARAN TERHADAP KARAKTERISTIK
KIMIA ASAP CAIR BERBAHAN BAKU SEKAM PADI (*Oryza sativa*)**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Sidang Sarjana
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh
Mestika Nur Faidah

193020029



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2023**

**PENGARUH WAKTU PEMBAKARAN TERHADAP KARAKTERISTIK
KIMIA ASAP CAIR BERBAHAN BAKU SEKAM PADI (*Oryza sativa*)**

Lembar Pengesahan

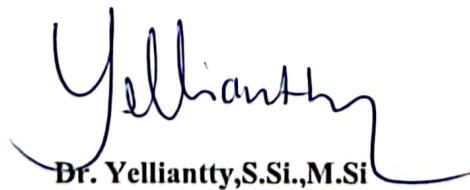
TUGAS AKHIR

Oleh

Mestika Nur Faidah
193020029

Menyetujui :

Pembimbing


Dr. Yellianty, S.Si., M.Si

**PENGARUH WAKTU PEMBAKARAN TERHADAP KARAKTERISTIK
KIMIA ASAP CAIR BERBAHAN BAKU SEKAM PADI (*Oryza sativa*)**

Lembar Pengesahan

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh

Mestika Nur Faidah
193020029

Menyetujui :

Koordinator Tugas Akhir


Dr. Yellianty, S.Si., M.Si

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Maksud dan Tujuan	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Kerangka Penelitian.....	4
1.6. Hipotesis Penelitian.....	7
1.7. Tempat dan Waktu Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Sekam Padi	8
2.2. Asap Cair	10
2.2.1. Komposisi Asap Cair	10
2.2.2. Sifat Fungsional Asap Cair	13
2.2.3. Kegunaan Asap Cair	15
2.2.4. Manfaat Asap Cair	16
2.3. Pirolisis	17
2.4. Pembakaran	20
2.4.1. Sempurna	21

2.4.2. Tidak Sempurna.....	21
2.5. Kondensasi	22
2.6. Perpindahan Panas.....	22
2.7. Proses Pemurnian Asap Cair	23
2.8. Derajat Keasaman (pH)	29
2.9. Titrasi Asam Basa.....	29
2.10. Uji Organoleptik	30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bahan.....	33
3.2. Alat	33
3.3. Metoda.....	33
3.3.1. Rancangan Percobaan.....	33
3.3.2. Rancangan Analisis Hasil Percobaan	35
3.3.3. Rancangan Respon	36
3.3.4. Prosedur Percobaan	36
3.3.5. Diagram Proses Percobaan	39
3.3.6. Jadwal Penelitian	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian.....	41
4.1.1. Tahap Persiapan.....	41
4.1.2. Proses Pirolisis.....	42
4.1.3. Proses Destilasi.....	44
4.1.4. Proses Filtrasi	45
4.2. Analisis Data	47
4.2.1. Rendemen Asap Cair	47
4.2.2. pH Asap Cair	50
4.2.3. Kadar Asam Asap Cair	52
4.2.4. Kadar Fenol Asap Cair	56
4.2.5. Kadar Air	59
4.2.6. Organoleptik Asap Cair	63

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

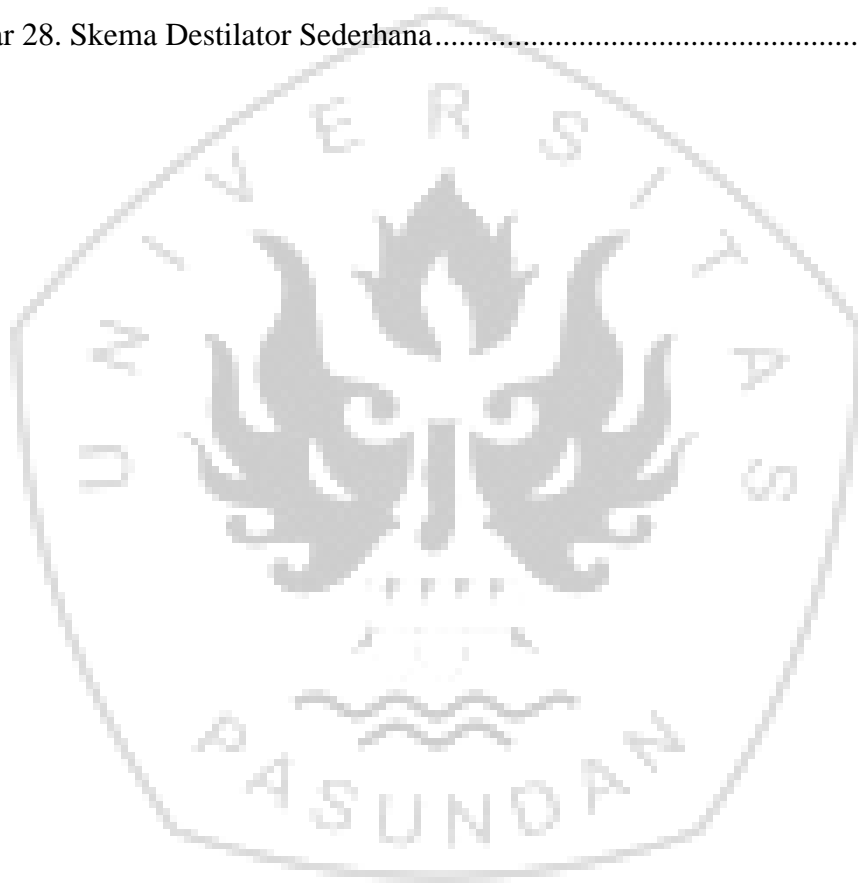
5.1	Simpulan.....	67
5.1	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN.....		81



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sekam Padi	8
Gambar 2. Anatomi Sekam Padi	9
Gambar 3. Reaksi Pirolisis	18
Gambar 4. Alat Pirolisator	18
Gambar 5 Diagram Alir Aktivasi Zeolite Alam	36
Gambar 6 Diagram Alir Aktivasi Arang Sekam Padi	37
Gambar 7 Diagram Alir Pembuatan Asap Cair Sekam Padi	38
Gambar 8 Diagram Proses Penelitian	39
Gambar 9. (a) Zeolit Alam ; (b) Zeolit Aktif	41
Gambar 10. (a) Arang Sekam Padi ; (b) Arang Aktif Sekam Padi	42
Gambar 11. Rangkaian Pirolisator	43
Gambar 12. Asap Cair Hasil Pirolisis	43
Gambar 13. Rangkaian Destilator Sederhana	44
Gambar 14. Asap Cair Hasil Destilasi	44
Gambar 15. (a) Rangkaian Kolom Filter ; (b) Susunan Adsorben	45
Gambar 16. Asap Cair Hasil Filtrasi	46
Gambar 17. Grafik waktu pembakaran terhadap suhu pembakaran 8 jam	49
Gambar 18. Grafik waktu pembakaran terhadap suhu pembakaran 10 jam	49
Gambar 19. Grafik waktu pembakaran terhadap suhu pembakaran 12 jam	49
Gambar 20. Kurva waktu pembakaran terhadap kadar asam asap cair	53
Gambar 21. Grafik waktu pembakaran terhadap suhu pembakaran 8 jam	54

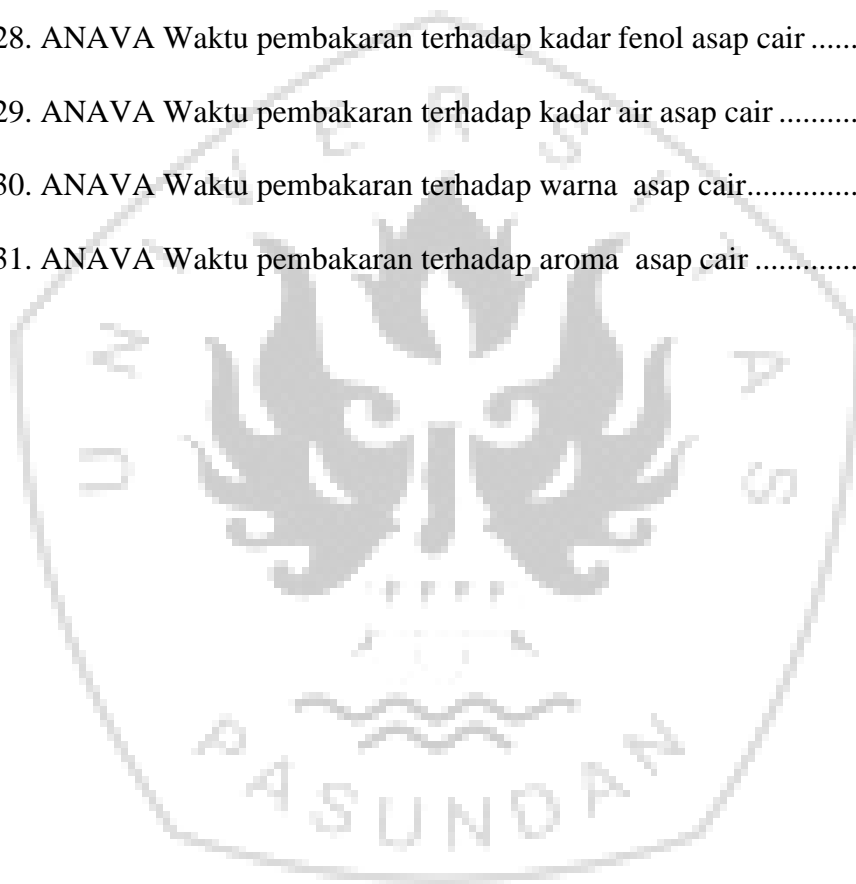
Gambar 22. Grafik waktu pembakaran terhadap suhu pembakaran 10 jam	54
Gambar 23. Grafik waktu pembakaran terhadap suhu pembakaran 12 jam	55
Gambar 24. Kurva waktu pembakaran terhadap kadar fenol asap cair	57
Gambar 25. Waktu pembakaran terhadap kadar air asap cair	59
Gambar 26. Waktu pembakaran terhadap kadar air asap cair	60
Gambar 27. Skema Pirolisator	129
Gambar 28. Skema Destilator Sederhana	130



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi Kimia Sekam Padi	9
Tabel 2. Komposisi Kimia Asap Cair	11
Tabel 3. Standar mutu asap cair spesifikasi Jepang	11
Tabel 4. Rancangan Acak Kelompok.....	34
Tabel 5 Denah (layout) Rancangan Acak Kelompok.....	35
Tabel 6 Tabel Analisis Variansi (ANOVA) Percobaan dengan RAK	35
Tabel 7. Jadwal Penelitian.....	40
Tabel 8. Rendemen hasil proses pirolisis	47
Tabel 9. Uji lanjut DMRT 5% terhadap rendemen asap cair	48
Tabel 10. Hasil Pengukuran pH pada ketiga grade asap cair	51
Tabel 11. Kadar Asam Asetat dalam Asap Cair.....	53
Tabel 12. Kadar Fenol dalam Asap Cair	56
Tabel 13. Kadar Air dalam Asap Cair.....	60
Tabel 14. Uji lanjut DMRT 5% terhadap kadar air asap cair.....	61
Tabel 15. Data Penilaian Panelis Pada Atribut Warna.....	63
Tabel 16. <i>Uji lanjut</i> DMRT 5% terhadap warna asap cair.....	64
Tabel 17. Uji lanjut DMRT 5% terhadap aroma asap cair.....	66
Tabel 18. Lembar Pengamatan Mutu Hedonik (Atribut Warna).....	83
Tabel 19. Lembar Pengamatan Mutu Hedonik (Atribut Aroma).....	84
Tabel 20. Hasil Pengamatan Uji Mutu Hedonik	85
Tabel 21. Data Titrasi Pembakuan NaOH 0,1 N.....	98

Tabel 22. Data Titrasi Penentuan Kadar Asam Metode Titrasi Asam-Basa.....	99
Tabel 23. Data Titrasi Pembakuan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	109
Tabel 24. Data Titrasi Penentuan Kadar Fenol Metode Titrasi Asam-Basa	110
Tabel 25. ANAVA Waktu pembakaran terhadap rendemen asap cair.....	141
Tabel 26. ANAVA Waktu pembakaran terhadap pH asap cair	141
Tabel 27. ANAVA Waktu pembakaran terhadap kadar asam asap cair	141
Tabel 28. ANAVA Waktu pembakaran terhadap kadar fenol asap cair	141
Tabel 29. ANAVA Waktu pembakaran terhadap kadar air asap cair	142
Tabel 30. ANAVA Waktu pembakaran terhadap warna asap cair.....	142
Tabel 31. ANAVA Waktu pembakaran terhadap aroma asap cair	142



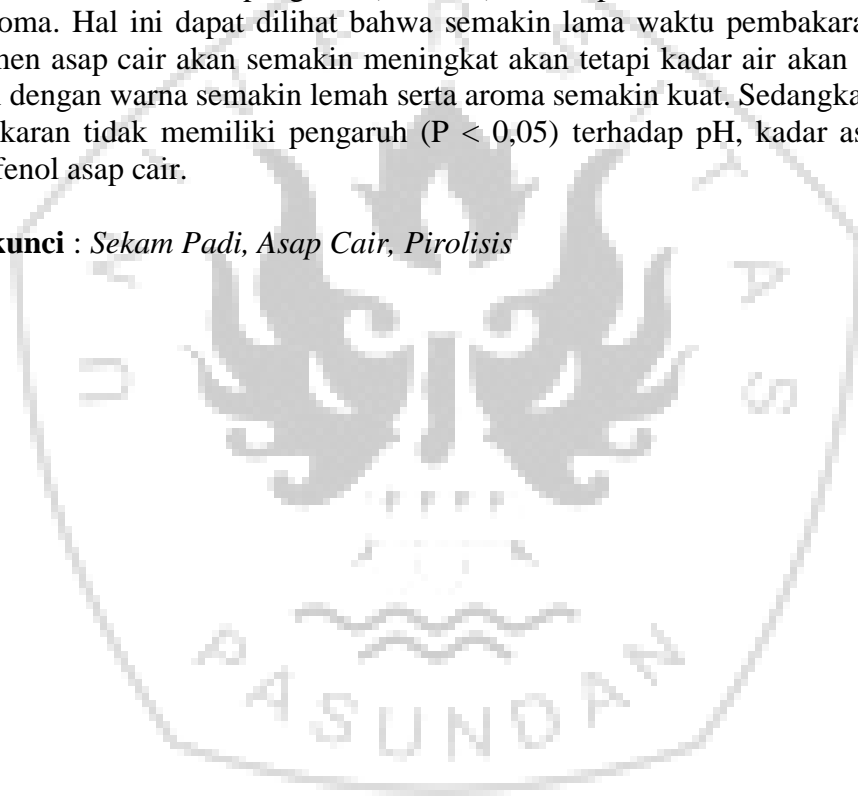
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur Analisis Kimia	81
Lampiran 2. Prosedur Uji Organoleptik	82
Lampiran 3. Rancangan Anggaran Biaya Penelitian.....	87
Lampiran 4. Perhitungan	88
Lampiran 5. Alat	129
Lampiran 6. Laju Suhu	131
Lampiran 7. Volume Asap Cair	133
Lampiran 8. Rendemen Asap Cair	134
Lampiran 9. Kadar Air Asap Cair	135
Lampiran 10. pH Asap Cair	136
Lampiran 11. Kadar Asam Asap Cair	137
Lampiran 12. Kadar Fenol Asap Cair	138
Lampiran 13. Data Pengamatan Uji Mutu Hedonik.....	139
Lampiran 14. Analisis Sidik Ragam (ANAVA)	141
Lampiran 15. Dokumentasi	143

ABSTRAK

Sekam padi merupakan salah satu limbah pertanian yang sampai saat ini jumlahnya berlimpah dan belum dimanfaatkan secara maksimal. Kandungan kimia yang terdapat dalam sekam padi seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin dapat dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan asap cair dengan proses *pirolisis* yang dapat aplikasikan pada produk pangan sebagai pengawet alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu pembakaran terhadap kualitas asap cair yang meliputi analisis rendemen, pH, kadar asam, kadar fenol serta uji organoleptic dengan parameter warna dan aroma. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 3 perlakuan waktu pirolisis yang berbeda yaitu 8 jam, 10 jam dan 12 jam pembakaran. Penelitian menunjukkan bahwa waktu pembakaran memberikan pengaruh ($P > 0,05$) terhadap rendemen, kadar air, warna dan aroma. Hal ini dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pembakaran maka rendemen asap cair akan semakin meningkat akan tetapi kadar air akan semakin rendah dengan warna semakin lemah serta aroma semakin kuat. Sedangkan waktu pembakaran tidak memiliki pengaruh ($P < 0,05$) terhadap pH, kadar asam dan kadar fenol asap cair.

Kata kunci : *Sekam Padi, Asap Cair, Pirolisis*



**THE EFFECT OF COMBING TIME ON THE CHEMICAL
CHARACTERISTICS OF LIQUID SMOKE FROM RICE HUSK (*Oryza
sativa*)**

ABSTRACT

Rice husk is one of the agricultural wastes which until now is abundant and has not been utilized optimally. The chemical constituents contained in rice husks such as cellulose, hemicellulose and lignin can be used as raw materials in the manufacture of liquid smoke with the process pyrolysis which can be applied to food products as a natural preservative. This study aims to determine the effect of burning time on the quality of liquid smoke which includes analysis of yield, pH, acid content, fernal content and organoleptic tests with color and aroma parameters. This study used a randomized block design with 3 different pyrolysis time treatments, namely 8 hours, 10 hours and 12 hours of burning. Research shows that burning time has an effect ($P > 0.05$) on yield, moisture content, color and aroma. It can be seen that the longer the burning time, the yield of liquid smoke will increase, but the water content will be lower, the color will be weaker and the scent will be stronger. Meanwhile, burning time had no effect ($P < 0.05$) on pH, acid content and phenol content of liquid smoke.

Keywords : *Rice Husk, Liquid Smoke, Pyrolysis*

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan mengenai: (1) Latar Belakang, (2) Identifikasi Masalah, (3) Maksud dan Tujuan, (4) Manfaat Penelitian, (5) Kerangka Penelitian, (6) Hipotesis Penelitian, dan (7) Tempat dan Waktu Penelitian

1.1.Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara agraris dengan mayoritas penduduknya berprofesi sebagai petani. Pengolahan padi menjadi beras menghasilkan limbah sekam padi yang sampai saat ini jumlahnya berlimpah. Badan Pusat Statistik (BPS) menyebut bahwa jumlah penduduk yang bekerja per Agustus 2020 sebanyak 128,45 juta orang. Dengan mayoritas penduduk bekerja di sektor pertanian dengan 38,23 juta orang tenaga kerja atau sekitar 29,76%, dengan salah satunya adalah petani padi. Sekam padi merupakan lapisan keras yang membungkus kariopsis butir gabah yang terdiri dari dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang saling bertautan (Sari dkk., 2015).

Pemanfaatan sekam padi saat ini masih belum dilakukan secara maksimal sehingga petani-petani biasa mengatasinya dengan cara langsung dibuang atau dibakar di udara terbuka, namun hal itu dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena menghasilkan emisi gas seperti CO dan CO₂ dalam jumlah yang besar. Maka dari itu, sampai saat ini sekam padi tetap menjadi bahan limbah yang mengganggu dan dapat mencemarkan lingkungan apabila dilakukan penanganan yang kurang tepat. Hal ini disebabkan karakteristik sekam padi yang memiliki nilai

gizi rendah, bersifat kasar, memiliki kerapatan yang rendah, dan kandungan abu yang cukup tinggi sehingga dianggap sebagai limbah yang tidak bernilai (Simanjuntak et al., 2016; Huston, 1972).

Sekam padi memiliki ketahanan yang tinggi terhadap penetrasi cairan dan dekomposisi yang disebabkan oleh jamur (Wibowo et al., 2005). Kandungan karbon yang tinggi pada sekam padi mengindikasikan banyaknya kandungan polisakarida (selulosa), lignin dan hemiselulosa (Prabawati et al., 2008). Sehingga sekam padi dapat dijadikan sebagai salah satu bahan baku dari asap cair.

Asap cair merupakan hasil kondensasi dari uap hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya (Swastawati, 2008). Menurut Wastono (2006), asap cair mengandung senyawa kimia dan memiliki fungsi sebagai zat antimikroba dan cukup aman sebagai pengawet alam.

Kandungan utama dari asap cair adalah air, asam, karbonil dan fenol yang berasal dari biomassa lignoselulosa, komposisi kimianya diklasifikasikan menjadi lima kelompok antara lain : Fenol, asam organik, karbonil, furans dan furfural, serta kelompok senyawa lainnya. Komposisi senyawa dari asap cair dipengaruhi oleh jenis biomassa, kadar air, dan suhu proses pirolisis serta lama waktu pirolisis (Rizal et al., 2020).

Waktu pirolisis yang panjang akan meningkatkan hasil cair dan gas, sedangkan hasil padatnya akan menurun. Hal ini disebabkan semakin lama waktu pirolisis, semakin banyak bahan baku yang terdekomposisi akibat lamanya waktu

kontak panas dengan bahan baku. Waktu yang dibutuhkan tergantung pada jumlah dan jenis bahan yang di proses (Mujiyanti, et al. 2015).

Penelitian yang dilakukan oleh Oramahi et al. (2020a) mengevaluasi perbedaan ukuran partikel kayu dan suhu pirolisis terhadap produksi asap cair kayu bengkirai. Oramahi et al. (2020a) mengatakan bahwa ukuran partikel kayu dan suhu pirolisis sebagai faktor utama mempengaruhi produksi asap cair. Perbedaan jenis bahan baku juga telah diteliti oleh Sarwendah et al. (2019) yang menemukan bahwa terdapat perbedaan produksi asap cair dari beberapa bahan baku seperti tempurung kelapa, cangkang kelapa sawit, dan serbuk gergaji. Hasil penelitian membuktikan bahwa produksi asap cair tertinggi diperoleh dengan pirolisis menggunakan bahan baku tempurung kelapa. Produksi asap cair yang diperoleh sebesar 36%, sementara produksi produksi asap cair cangkang kelapa sawit dan serbuk gergaji masing-masing sebesar 21,8 % dan 15,73 %. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Mujiyanti (2015) terhadap kandungan senyawa pada asap cair dari 2 kg sekam padi yang dipirolisis menggunakan kompor minyak selama 9 jam/hari selama 7 hari diperoleh 154 ml.

Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan penelitian untuk mengetahui pengaruh lamanya pembakaran pada waktu 8, 10 dan 12 jam/hari selama 2 hari terhadap kualitas asap cair yang meliputi analisis rendemen, pH, kadar fenol, kadar air dan kadar asam serta uji organoleptic dengan parameter warna dan aroma.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, masalah yang dapat diidentifikasi yaitu bagaimana pengaruh waktu pembakaran terhadap kualitas asap cair berbahan baku sekam padi yang dihasilkan.

1.3. Maksud dan Tujuan

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maksud dari penelitian ini yaitu, untuk mendapatkan asap cair berbahan baku sekam padi *grade I*. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu pembakaran terhadap kualitas sekam padi.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh waktu pirolisis terhadap karakteristik asap cair dengan bahan baku sekam padi.

1.5. Kerangka Penelitian

Sekam padi yang digunakan sebagai bahan baku pada penelitian ini merupakan limbah padi setelah panen dilakukan. Kandungan karbon yang tinggi pada sekam padi mengindikasikan banyaknya kandungan polisakarida (selulosa), lignin dan hemiselulosa (Prabawati et al., 2008). Asap cair merupakan hasil kondensasi dari uap hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya (Swastawati, 2008).

Asap cair sekam padi diproduksi melalui pirolisis yang merupakan proses reaksi penguraian senyawa-senyawa penyusun kayu keras menjadi beberapa senyawa organik melalui reaksi pembakaran kering pembakaran tanpa oksigen.

Reaksi ini berlangsung pada reaktor pirolisator yang bekerja pada temperature 300-650° dengan variasi waktu pembakaran yaitu 8 jam, 10 jam, dan 12 jam/ hari menggunakan bahan bakar kayu. Asap hasil pembakaran dikondensasi dengan kondensor jenis tubular yang dipasang bak pendingin. Hasil dari proses pirolisis diperoleh tiga produk yaitu asap cair, tar dan arang.

Proses pemurnian asap cair ini dilakukan untuk mendapatkan asap cair yang tidak mengandung bahan berbahaya sehingga aman digunakan sebagai bahan pengawet makanan dengan kualitas yang lebih baik berdasarkan tampilan warna dan kejernihannya.

Asap cair yang diperoleh dari kondensasi asap pada proses pirolisis diendapkan selama seminggu. Kemudian dilakukan proses destilasi dan filtrasi dengan menggunakan media filter diantaranya adalah kapas busa, pasir silika, zeolit aktif dan arang aktif.

Senyawa-senyawa dalam asap cair memiliki titik didih yang berbeda-beda, maka untuk mendapatkan sifat fungsional yang diinginkan dapat dilakukan destilasi. Asap cair yang dihasilkan dimasukkan ke dalam alat destilasi dengan suhu 100°C hingga 150°C (Darmadji, 2002). Dengan dilakukannya proses destilasi ini, maka diharapkan didapat asap cair yang jernih dan terbebas dari senyawa-senyawa yang tidak diinginkan seperti tar dan *benzo(a)phyren* (Darmadji, 2002; Kailaku et al., 2017).

Asap cair hasil destilasi selanjutnya dilakukan proses filtrasi. Pada proses penyaringan, partikel-partikel yang cukup besar akan tersaring pada beberapa media filter yang digunakan yaitu :

1. Pasir Silika

Kandungan dalam pasir salah satunya adalah mineral kuarsa yang mengandung silika (SiO_2), oleh karena itu sering disebut pasir silika. Memiliki kekerasan 7 skala Mohs, berat jenis 2,65, titik lebur 1715°C , bentuk kristal hexagonal, konduktivitas panas $12\text{-}100^\circ\text{C}$. Pasir silika sangat efektif dalam menyaring lumpur dan bahan pengotor air lainnya (Mugiyantoro et al., 2017).

2. Zeolit Aktif

Zeolit adalah senyawa alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium. Zeolit memiliki muatan negatif, yang menyebabkan zeolit mampu mengikat kation. Zeolit juga sering disebut sebagai molecular mesh karena zeolit memiliki pori-pori berukuran molekuler sehingga mampu menyaring molekul dengan ukuran tertentu. Dalam proses filter air ini zeolit bisa membunuh bakteri serta mengikat kandungan logam (Mugiyantoro et al., 2017) dan zat berbahaya seperti *benzopyrene*.

3. Arang Aktif

Arang mengandung zat karbon aktif yang dapat bekerja dengan cara penyerapan atau absorpsi (Rahman and Hartono, 2014). Artinya, ketika ada bahan atau benda yang melalui karbon aktif tersebut, maka material yang terkandung di dalamnya akan diserap. Dalam proses filter air, arang aktif menyaring bau, menjernihkan dan menyaring logam yang terkandung dalam air.

Setelah didapatkan asap cair dari masing-masing variasi waktu pembakaran dilanjutkan dengan menganalisis rendemen dan karakteristik kimia yang meliputi

pH, kadar fenol dan kadar asam serta uji organoleptik dengan parameter warna dan aroma dari asap cair yang dihasilkan.

Asap cair yang dihasilkan dapat digunakan sebagai pengawet makanan yang aman untuk dikonsumsi. Asap cair ini tidak berwarna, rasa sedikit asam, dan aroma netral. Asap cair dapat menghambat pertumbuhan bakteri pada makanan karena mengandung senyawa-senyawa fenol, karbonil dan asam.

1.6.Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas, hipotesis yang diajukan adalah waktu pembakaran berpengaruh terhadap karakteristik asap cair yang dihasilkan.

1.7.Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian akan dilaksanakan di Jl.Pasirpanjang No. 58 Desa.Kalimanggis, Kecamatan Manonjaya, Kabupaten Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat dan Laboratorium Penelitian Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Jl. Dr. Setiabudhi No. 193 Bandung serta tempat-tempat yang mendukung penelitian. Adapun waktu penelitian dilakukan pada bulan November sampai bulan Maret 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Bridgwater. (2013). *Fast Pyrolysis of Biomass for The Production of Liquids*. Aston University.
- Aliaman. (2017). *Pengaruh Absorpsi Karbon aktif biji salak dan Pasir Silika Terhadap Penurunan Kadar Besi (Fe), fosfat (PO₄), dan Deterjen Dalam Limbah Laundry*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Allport, H. B. (1977). *Activated Carbon, Encyclopedia of Science and Technology*. New York: Mc Graw Hill Book Company.
- Anisah, K. (2014). *Analisa komponen kimia dan uji antibakteri asap cair tempurung kelapa sawit (Elaeis guineensis jacq) pada bakteri Staphylococcus aureus dan Pseudomonas aeruginosa*. Jakarta: Fakultas kedokteran dan ilmu kesehatan.
- Ariyani, D. (2015). *Studi Kajian Kandungan Senyawa Pada Asap Cair Dari Sekam Padi The Study Of Compound In The Liquid Smoke From Rice Husk. Prosiding Seminar Nasional Kimia, ISBN 978-602-0951-05-8*.
- Arum, S. (2015). *Efektivitas Arang Aktif, Zeolit, dan Bentonit Terhadap Penurunan Kadar Mg²⁺ dan Mn²⁺ Dalam Tiga Sumber Air. Teknologi Pangan*.
- Asip, F. M. (2008). *Uji Efektifitas Cangkang Telur dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses Batch. Jurnal Teknik Kimia 15(2), 22-26*.
- Asmadi, K. K. (2011). *Teknologi Pengolahan Air Minum*. Yogyakarta: Gosyen.
- Astuti. (2000). *Pembuatan Asap Cair dari Tempurung Kelapa*. Jakarta: Laporan Penelitian.

- Atikah, W. S. (2017). Potensi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi Sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil the Potentiality of Activated Natural Zeolite From Gunung Kidul As Adsorben To Textile Dyes. *Arena Tekstil*, 32, 17–24.
- Atmaja, A. (2009). Aplikasi Asap Cair Redestilasi Pada Karakterisasi Kamaboko Ikan Tongkol (*Euthynus Affinis*) Ditinjau Dari Tingkat Keawetan Dan Kesukaan Konsumen. *Fakultas Teknologi Hasil Pertanian Universitas Sebelas Maret* 67, 20-31.
- Buchori, L. (2003). *Perpindahan Panas Bagian I*. Semarang: UNDIP.
- Budaraga IK, A. Y. (2016). Liquid Smoke Production Quality From Raw Materials Variation and Differend Pyrolysis Temperature. *Internastional Journal on Advance Science Engineering Information Technology (IJASEIT) Vol 6*, 306-318.
- Champagne, E. e. (2004). The rice grain and its gross composition. *Rice Chemistry and Technology. 3thed. American Association of Cereal Chemists, Inc.*, 82-88.
- Chandra, A. M. (2012). Isolasi dan Karakterisasi silika dari sekam padi. *Jurnal Teknik Kimia*.
- Cheremisinoff, N. (1993). *Carbon Adsorbtion of Pollutant Control*. USA: Prentice Hall. Englewood Cliffs.
- Coniwanti, P. S. (2008). Pengaruh proses pengeringan,normalitas HCl, dan temperatur pembakaran pada pembuatan silika Dari Sekam Padi. . *Jurnal Teknik Kimia 15 (1)*, 5-11.
- D, H. (1972). Rice chemistry and technology. *American Association of Cereal Ceramics*, 537.

- Darmadji. (1996). Aktivitas Anti Bakteri Asap Cair Yang Diproduksi Dari Bermacam-macam Limbah Pertanian. . *Agritech Vol 16 No 4*, 19-22.
- Darmadji. (2002). Optimisation of Liquid Smoke Purification by Redistillation Method. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan 13(1)*, 267-271.
- Darmadji P., I. M. (1995). Antibacterial Effects Of Spices On Fermented Meat. *The Scientific Reports of The Faculty of Agriculture Okayama University 83(1)*, 9-15.
- Daun, H. (1979). Interaction of Wood Smoke Component and Foods. *Food Technology.33*, 66-71.
- Destrina, Z. (2015). *Prototype Alat Pengolahan Air Laut Menjadi Air Minum (Pengaruh Variasi Koagulan Dan Packing Filter Terhadap Kualitas Air Dengan Analisa TDS, DO, Salinitas, Dan Kandungan Logam Mg²⁺ Dan Ca²⁺)*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Djarmiko, B. R. (1990). *Pra Studi Kelayakan Komoditi Sabut Kelapa*. Bogor: Fateta Institut Pertanian Bogor .
- Dony, A. F. (2009). *Uji Organoleptik dan Tingkat Keasaman Susu Sapi Kemasan yang Dijual di Pasar Tradisional Kota Denpasar*. Denpasar: Universitas Warmadewa.
- Fatimah., G. S. (2009). Penurunan Kandungan Benzo(a)Pirena Asap Cair Hasil Pembakaran. . *Chemistry Progress 2(1)*, 15-21.
- Fatimah., J. N. (2006). Identifikasi Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Jati Menggunakan Principal Componen Analysis. *Jurnal Ilmu Dasar Vol.6(1)*, 41-47.
- Fauzan and Ikhwanus, M. (20107). Pemurnian Asap Cair Tempurung Kelapa Melalui Distilasi Dan Filtrasi Menggunakan Zeolit Dan Arang Aktif. *Prosiding Seminar nasional sains dan teknologi. 0(0)*, 1-2.

- Fauzan and Ikhwanus, M. (2017). Pemurnian Asap Cair Tempurung Kelapa Melalui Distilasi Dan Filtrasi Menggunakan Zeolit Dan Arang Aktif. *Prosiding Seminar nasional sains dan teknologi. 0(0)*, 1-2.
- Fengel, D. d. (1995). *Kayu Kimia Ultrastruktur Reaksi-Reaksi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Frandhoni. (2015). *Macam-macam Kondensor. Hybrid Production*.
- Gasperz, V. (2006). *Total Quality Management*. Jakarta: PT. Gramedia Utama .
- Girard, J. (1992). *Smoking. In : Technology of Meat and Meat Products*. New York: Ellis Horwood Limited.
- Guillen, M. M. (1999). Extractable components of the aerial parts of salvia lavandulifolia and the composition of the liquid smoke flavoring obtained from them. *J.Agric Food Chem* 47, 283-292.
- H., K. (2012). *Validasi Metode Pengukuran Kadar Air Bubuk Perisa Menggunakan Moisture Analyzer Halogen HB43-s sebagai Alternatif Metode Oven dan Karl Fischer*. Bogor (ID): IPB Press.
- Hadiwiyoto, S. S. (2000). Perbandingan Pengasapan Panas dan Penggunaan Asap Cair pada Pengolahan Ikan Tinjauan Kandungan Benzo(a)pyren, Fenol, dan Sifat Organoleptik Ikan Asap. *Agritech* 20, 14-19.
- Haji, A. M. (2012). Identifikasi Senyawa Bioaktif Antifeedant Dari Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Organik Perkotaan. *Jurnal Bumi Lestari Vol. 12(1)*, 1-8.
- Haji, A. M. (2012). Identifikasi Senyawa Bioaktif Antifeedant Dari Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Organik Perkotaan. . *Jurnal Bumi Lestari Vol 12(1)*, 1-8.

- Haji, A. Z. (2007). Karakterisasi Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Organik Padat. *J. Tek. Ind. Pert.* 16 (3) , 111-118.
- Hardin, S. D. (2018). *Pengaruh Penggunaan Pasir Silika Sebelum Dan Sesudah Diaktivasi Fisik Terhadap Presentasi Mesin Dan Emisi Gas Buang sepeda Motor Bensin 4-Langkah*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Hartati, S. D. (2015). Penggunaan asap cair tempurung kelapa untuk menurunkan kadar timbal (Pb) pada biji kedelai (*Glycine max*). *Agritech*,35(3), 331-339.
- Heldman, D. R. (1981). *Food Process Engineering Second*. New York: AVI/ Van Nostrand Reinhold.
- Hendra, D. (1992). Hasil Pirolisis dan Nilai Kalor dari 8 Jenis Kayu di Indonesia Bagian Timur. *J. Penelitian Hasil Hutan Vol.* 10(4), 122-124.
- J, K. (2003). *Analytical Chemistry for Technicians*. LLC: CRC Press.
- J, R. (2014). *Smoke Flavor, Ingredients in Meat Product, Properties, Functionality and Application*. New York (USA) : Springer Science.
- Jamilatun, S. a. (2015). Peningkatan Kualitas Asap Cair Dengan Menggunakan Arang Aktif. *Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)*. 3, 1-6.
- Jannah, F. H. (2019). Pengaruh Tinggi Media Pasir Silika Terhadap Penyisihan Kekeruhan Pada Unit Filtrasi Pengolahan Air Minum. *Jurnal Teknik ITS*, 3(2), D76–D81.
- K.Tiilikkala, L. F. (2010). History And Use Of Wood Pyrolysis Liquids As Biocide and Plant Protection Product. *The Open Agriculture Journal* 4, 111-118.
- Kailaku, S. D. (2007). Potensi Likopen Dalam Tomat Untuk kesehatan . *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian Vol* 3, 50-58.
- Kamaruddin, A. A. (1999). *Energi dan Listrik Pertanian*. Bogor: IPB Press.

- Kartika, B. d. (2001). *Pedoman Uji Inderawi Bahan Pangan*. Yogyakarta: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Gadjah Mada University Press.
- Katja, D. G. (2008). Pengaruh adsorben terhadap aktivitas antioksidan dari asap cair kayu cempaka (*Michelia champaka* linn). . *Chemistry Progress* 1(1), 54-59.
- Kemp SE, H. T. (2009). *Sensory Evaluation: A Practical Handbook*. United Kingdom : Wiley Blackwell.
- Kesuma, R. F. (2013). Karakterisasi Pori Adsorben Berbahan Baku Kaolin Capkala dan Zeolit Dealuminasi. *Jurnal Kimia Khatulistiwa* 2(1), 19–23 .
- Ketut Budaraga I, A. M. (2016). Liquid smoke toxicity properties of production of raw materials with variation of temperature and concentration of different. *Int J ChemTech Res.*9(11), 171–87.
- Khayat A., D. (1983). Lipid Oxidation in Seafood. *Journal of Food Tech* Vol.7 , 130-140.
- Khuluk, R. (2016). Pembuatan dan Karakteristik Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocous nucifera* L.) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. *Kimia FMIPA Unila*.
- Ladikos, D. L. (1990). Lipid Oxidation in Muscle Food. *Food Chemistry* 35, 295-314.
- Lamichhane, S. B. (2016). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) removal by sorption. *Chemosphere. Elsevier Ltd*, 336–353.
- Lestari, Y. I. (2015). Aktivitas antibakteri asap cair tandan kosong sawit grade 2 yang sebelumnya diadsorpsi zeolit teraktivasi. *Jurnal Kimia Khatulistiwa* 4(4), 45–52 .

- Lombok, J. Z. (2014). Effect of pyrolysis temperature and distillation on character of coconut shell liquid smoke. *Asian J Sci Technol*, 5(6), 320-325.
- Luditama, C. (2006). *Isolasi dan pemurnian asap cair berbahan dasar tempurung dan sabut kelapa secara pirolisis dan distilasi*. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, IPB .
- Maga, J. (1987). *Smoke in Food Processing*. Florida: CSRC Press, INc. Boca Raton.
- Mahanani, W. (2020). *Efektivitas Ekstrak Antosianin Beras Merah (Oryza sativa L.) dan Kedelai Hitam (Glycine max (L) Merr.) dalam Penanggulangan Hiperglikemia Tikus Induksi STZ – NA. . Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.*
- Manik, J. &. (2006). *Perencanaan Ekowisata: dari Teori ke Aplikasi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Manni, A. S. (2007). Natural zeolites for PAH removal from liquid effluents. *Organohalogen Compounds* 69, 2938–2941 .
- Montazeri, N. A. (2013). Chemical characterization of commercial liquid smoke products. *Food Science and Nutritio* 1, 102-115.
- Mugiyantoro, A. R. (2017). Penggunaan Bahan Alam Zeolit, Pasir Silika, Dan Arang Aktif Dengan Kombinasi Teknik Shower Dalam Filterisasi Fe Mn, Dan Mg Pada Air Tanah. *Seminar Nasional Kebumihan Ke-10*.
- Mujiyanti, D. e. (2015). Studi Kajian Kandungan Senyawa Pada Asap Cair dari Sekam Padi. *ISBN : 978-602-0951-05-8*.
- Nakai, S. a. (2006). *Foods Proteins Processing Application*. London: Wiley VHC.
- Nasional, B. S. (2008). *Beras*. Jakarta: BSN.
- Nasional, B. S. (2008). *SNI 6128 Tentang Beras*. Jakarta: BSN.

- Ningrum, S. S. (2018). Pemurnian Asap Cair terhadap Kinerja Reaktor Pirolisis Melalui Proses Filtrasi Zeolit Aktif. *Prosiding Seminar Nasional teknologi industri, lingkungan dan infrastruktur*, 1–6 .
- Nurhadi, B. N. (2010). *Sifat Fisik Bahan Pangan*. Bandung: Widya Padjajaran.
- Oktafany, E. I. (2016). Pengaruh Destilasi Berulang dan Pemurnian menggunakan Zeolit Teraktivasi H₂SO₄ terhadap Komposisi Asap Cair Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). *Jurnal Kimia dan Kemasan (JKK)* 5(2), 62-67.
- Oramahi, H. Y. (2020). Antifungal and antitermitic activities of vinegars from two biomass resources at different pyrolytic temperatures. *Journal of Applied Biological Science* 14(1), 26-38.
- Pazzola, D. (1995). Tour Highllings Production and Uses of Smoke Based Flavors. *Food Technology* 49 (1), 70-74.
- Prabawati, S. S. (2008). Teknologi Pascapanen dan Pengolahan Buah Pisang. *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Departemen Pertanian*, Bogor.
- R.Rustam., R. S. (2015). Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Asap Cair (Cuka Kayu) Untuk Meningkatkan Kesejahteraan Petani Kebun Kelapa Sawiti. . *Universitas Riau*.
- Rahman, A. a. (2014). Penyaringan Air Tanah Dengan Zeolit Alami Untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan. *Makara*, Vol. 8 No. 6.
- RI, K. (2012). *Pembuatan Asap Cair dari Sampah Organik sebagai Bahan Pengawet Makanan*. Retrieved from [bpsdmk.kemkes.go.id: http://bapelkescikarang.bpsdmk.kemkes.go.id/kamu/kurmod/pengelolaan_sampah/mi-4c%20modul%20pembuatan%20bahan%20pengawet%20makanan%20dengan%20asap%20cair.pdf](http://bapsdmk.kemkes.go.id: http://bapelkescikarang.bpsdmk.kemkes.go.id/kamu/kurmod/pengelolaan_sampah/mi-4c%20modul%20pembuatan%20bahan%20pengawet%20makanan%20dengan%20asap%20cair.pdf)

- Rinaldi, A. S. (2015). Pemurnian asap cair dari kulit durian dengan menggunakan arang aktif. *Jurnal Molekul* 10(2), 112-120.
- Rizal, W. N. (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).
- RP., R. (2005). *Gravimetric Determination of Water by Drying and Weighing*. California (US): John Wiley & Sohn, Inc.
- Salamah, S. a. (2017). Pemanfaatan Asap Cair Food Grade yang Dimurnikan dengan Arang Aktif sebagai Pengawet Ikan Nila. *Eksergi*, 14(2), 29.
- Sari, N. F. (2015). Rendemen Arang Sekam dan Kualitas Asap Cair Sekam Padi.
- Sarwendah, M. F. (2019). Pemanfaatan limbah komoditas perkebunan untuk pembuatan asap cair. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 25 (1), 22-30.
- Seader, J. e. (2011). *Separation Process Principles: Chemical and Biochemical Operations*. USA: John Wiley & Sons.
- Simajuntak, W. S. (2016). The use of liquid smoke as a substitute for nitric acid for extraction of amorphous silica from rice husk through sol-gel route. *Oriental Journal Of Chemistry*, 32 (4) : 2079-2085.
- Soekarto, S. T. (2000). *Pangan Semi Basah, Keamanan dan Potensinya dalam Perbaikan Gizi Masyarakat*. Bogor: Teknologi Pangan IV.
- Soekarto, S. T. (2002). *Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian*. Jakarta: Bharatara Karya Aksara .
- Solihudin., N. A. (2015). Aktivasi arang sekam padi dengan larutan natrium karbonat dan karakterisasinya. *Chemica et Natura Acta* 3(1), 11-16.

- Suaib, N. F. (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.
- Sukandarrumidi. (2018). *Bahan Galian Industri*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Susiwi. (2009). *Penilaian Organoleptik*. Bandung: Pendidikan Kimia FPMIPA.
- Swandewi, K. R. (2019). Karakteristik Asap Cair Batang Bambu Tabah (*Gigantochloa nigrociliata* BUSE-KURZ) Hasil Destilasi pada Suhu yang Berbeda. *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 8(1), 152.
- Swastawati, F. (2008). Quality and safety of smoked catfish (*Aries talassinus*) using paddy chaff and coconut shell liquid. *J. of Coast Dev Vol 12 (1)*, 47-55.
- Taufik, I. &. (2015). Efektivitas Bentuk Geometri dan Berat Briket Bioarang Dari Bambu Terhadap Kualitas Penyalaan Dan Laju Pembakaran. *Jurnal Teknik Kimia* 10(1), 8-12.
- Tilger., S. P. (1962). Liquid Smoke : product of hardwood pyrolysis. *Journal of Fuel Chemistry Division Preprints* 47(1), 366.
- Tranggono, S. S. (1996). Identifikasi asap cair dari berbagai jenis kayu dan tempurung kelapa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan* 1(2), 15-24.
- Varlet, V. P. (2007). Volatile Aldehydes in Smoked fish: Analysis Methods, Occurrence and Mechanisms of Formation. *Food Chemistry* 105, 1536-1556.
- Wahono, K. S. (2014). Biogas Filter Based on Local Natural Zeolite Materials. *Journal of Renewable Energy Development (IJRED)* 3(1), 1-5.

- Wahono, S. K. (2010). Modifikasi Zeolit Lokal Gunungkidul Sebagai Upaya Peningkatan Performa Biogas untuk Pembangkit Listrik. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*, 1-6.
- Wahono, S. K. (2019). Multi-stage dealumination for characteristic engineering of mordenite-clinoptilolite natural zeolite. *AIP Conference Proceedings 020044* , 2085.
- Wahyu Anggo R, e. (2022). Efektivitas Pemurnian Asap Cair Biomassa Serbuk Gergaji dengan Distilasi, Adsorpsi Zeolit dan Karbon Aktif. *Jurnal Selulosa all rights reserved*.
- Wastono. (Bogor). Kajian sistem produksi destilat asap tempurung kelapa dan aplikasinya sebagai disinfektan untuk memperpanjang masa simpan buah pisang. . *Institut Pertanian Bogor*, 2006.
- Wei Hsin Chen., B. J. (2016). Characteristics of products from the pyrolysis of oil palm fiber and its pellets in nitrogen and carbon dioxide atmospheres. *Elsevier Ltd. All rights reserved*.
- Welty, J. R. (2004). *Dasar Dasar Fenomena Transpor*. Jakarta: Erlangga.
- Wibowo, H. M. (2005). Konduktivitas termal papan partikel sekam padi. . *Jurusan Teknologi Technoscintia*, 1 (1) : 25-30.
- Wijaya, M. E. (2008). Karakterisasi Komponen Kimia Asap Cair dan Pemanfaatannya sebagai Biopestesida. *Jurnal Bionature 9(1)*, 34-41.
- Winarno, F. (2002). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia.
- Yatagi, M. (2002). *Utilization of Charcoal and Wood Vinegar in Japan*. Tokyo: The University.

Zhu Y, Z. X. (2015). Determination of Total Acid Content and Moisture Content During Solid-State Fermentation Processes using Hyperspectral Imaging. *Journal of Food Engineering* 10 (15), 1016-1019.

