

Optimasi Pembuatan Asap Cair Berkualitas dari Bahan Batok Kelapa dan Sabut Kelapa Sebagai Pestisida Organik Menggunakan Metode Taguchi

Siswanto

Jurusan Teknik Industri, UII Yogyakarta,
Gedung KH. Mas Mansur Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, 55584, Indonesia
Email: 18916126@students.uui.ac.id/siswantoputra544@yahoo.co.id

ABSTRACT

Liquid smoke is one of the raw materials that can be used as organic pesticides compounds contained in liquid smoke is anti-microbial and anti-septic. Based on the results of the research component compounds found in coconut shell liquid smoke, at pyrolysis temperature for grade 1 produced at the distillation temperature 150⁰C - 200⁰C grade 2 is produced at the distillation temperature 125⁰C, 150⁰C and grade 3 is produced at a distillation temperature of 100⁰C – 125⁰C, consists of lignin, cellulose, and other carbon compounds which can be used as insect pesticides and other pest control organisms in plants. In terms of the quantity and quality of liquid smoke can be determined by the amount of water content and compounds contained in liquid smoke. In this research, biomass is used to produce high quality liquid smoke and to determine grades 1,2 and 3, so as to improve efficiency in the process of making liquid smoke. This study aims to optimize the quality of liquid smoke by paying attention to the percentage of water content, the percentage of phenol content and the percentage of acetic acid, using the taguchi method with factors of coconut shell and coconut fiber material factors, pyrolysis temperature, and purification distillation for final test results conducted at the Integrated Laboratory of the Indonesian Islamic University. The research results obtained for minimum water content are coconut shell material, pyrolysis temperature 300⁰C and distillation temperature 100⁰≤T1≤125⁰ for optimum phenol levels, namely coconut shell material, pyrolysis temperature 500⁰C and distillation temperature 100⁰≤T1≤125⁰ and for optimum acid content, namely coconut shell material, pyrolysis temperature 500⁰C and distillation temperature 100⁰≤T1≤125⁰.

ABSTRAK

Asap cair merupakan salah satu bahan baku yang dapat digunakan sebagai pestisida organik senyawa yang terkandung pada asap cair merupakan anti mikroba dan anti septik. Berdasarkan hasil penelitian komponen senyawa yang terdapat pada asap cair batok kelapa pada suhu pirolisis untuk grade 1 dihasilkan pada suhu destilasi 150⁰C - 200⁰C, grade 2 dihasilkan pada suhu destilasi 125⁰C, 150⁰C dan grade 3 dihasilkan pada suhu destilasi 100⁰C – 125⁰C, terdiri dari lignin, selulosa, serta senyawa karbon lainnya yang dapat dimanfaatkan sebagai pestisida pengendali serangga dan organisme pengganggu lainnya pada tanaman. Dalam segi kuantitas dan kualitas asap cair dapat ditentukan dengan besaran kadar air dan senyawa yang terkandung pada asap cair. Pada penelitian ini Biomassa yang digunakan untuk menghasilkan asap cair yang berkualitas dan untuk menentukan grade 1, 2, dan 3 sehingga untuk meningkatkan efisiensi dalam proses pembuatan asap cair. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi kualitas asap cair dengan memperhatikan persentase kadar air, persentase kadar fenol dan persentase kadar asam asetat, menggunakan metode taguchi dengan variabel faktor bahan batok kelapa dan sabut kelapa, suhu pirolisis, dan destilasi pemurnian untuk uji hasil akhir dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia. Adapun hasil penelitian yang didapat untuk kadar air minimum yaitu bahan batok kelapa, temperatur pirolisis 300⁰C dan suhu destilasi 100⁰≤T1≤125⁰, untuk kadar fenol optimum yaitu bahan batok kelapa, temperatur pirolisis 500⁰C dan suhu destilasi 100⁰≤T1≤125⁰ dan untuk kadar asam optimum yaitu bahan batok kelapa, temperatur pirolisis 500⁰C dan suhu destilasi 100⁰≤T1≤125⁰.

1. Latar Belakang

Asap cair merupakan hasil kondensasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung yang banyak mengandung lignin, selulosa, serta senyawa karbon lainnya. Asap cair berasal dari bahan alami seperti kayu, serai, biji mente, batok kelapa, dan lain sebagainya. umumnya senyawa yang terdapat pada asap cair diantaranya Fenol, Karbonil, Asam Asetat, Furan, Alkohol, dan Ester. Asap cair banyak digunakan pada industri makanan, kesehatan, insektisida dan pestisida tanaman.

Proses pembakaran untuk pembuatan asap cair melibatkan berbagai proses reaksi yaitu dekomposisi, oksidasi, polimerisasi, dan kondensasi. Reaksi-reaksi yang terjadi selama pembakaran menghilangkan kadar air dari batok kelapa pada suhu 120-150°C, pirolisa hemiselulosa pada suhu 200-250 °C, pirolisa selulosa pada suhu 280-320 °C dan pirolisa lignin pada suhu 400 °C (Noor dkk., 2014).

Asap cair yang berkualitas ada dua kategori yaitu secara fisik dan kimia. Secara fisik yaitu volume atau berat jenis pada asap cair, sedangkan secara kimia yaitu nilai persentase PH, nilai persentase kadar asam, dan nilai persentase kadar fenol. Kualitas asap cair yang dihasilkan bervariasi yang disebabkan oleh perbedaan bahan yang digunakan, pengaruh suhu pirolisis, dan suhu destilasi. Asap cair yang dihasilkan pada suhu pirolisis 150°C kandungan persentase fenol sangat kecil, hal ini dikarenakan lignin yang terdapat pada Batok dan sabut kelapa belum terurai karena kurangnya panas dan lama pembakaran yang dihasilkan dari pirolisis. Kandungan fenol meningkat tajam pada suhu 300°C dan 350°C, hal ini dikarenakan lignin yang merupakan senyawa pembentuk fenol pada asap cair telah terurai lebih optimal. Kandungan fenol terbesar terdapat pada asap cair hasil pirolisis pada temperatur 350°C dengan waktu pirolisis 10 menit, yaitu sebesar 2,4 mg/ml (Akbar dkk., 2013). Asap cair pada suhu pirolisis 100 °C memiliki kadar air tinggi karena air pada batok kelapa dan sabut kelapa mulai terurai pada suhu pirolisis tersebut, ketika kadar air tinggi maka kadar asam asetat rendah, sehingga kadar asam asetat mulai terbentuk pada suhu pirolisis 125°C.

Parameter optimasi kualitas asap cair pada penelitian ini dengan menentukan persentase kadar air semakin rendah, persentase senyawa fenol dan persentase kadar asam asetat lebih tinggi yang terdapat pada asap cair, karena senyawa fenol dan asam asetat yang memiliki peranan paling besar sebagai zat antimikroba atau pestisida organik, senyawa asam asetat digunakan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen dan senyawa fenol adalah senyawa alam yang dikenal sebagai polifenol sebagai antibakteri apabila digunakan dengan konsentrasi tinggi akan bekerja dengan merusak membran sitoplasma secara total. Penelitian terdahulu menurut (Noor dkk., 2014), pirolisa selulosa pada suhu 280-320 °C, menurut (Akbar dkk., 2013) dan (Noor dkk., 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi kualitas asap cair dengan memperhatikan kadar air yang rendah dan menghasilkan kadar fenol dan asam asetat yang tinggi untuk pestisida organik menggunakan metode taguchi dengan variabel faktor bahan yang digunakan yaitu batok dan sabut kelapa, suhu pirolisis, dan suhu distilasi sebagai pestisida organik.

2. Metode Penelitian

2.1 Obyek Dan Subyek Penelitian

2.1.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini berupa hasil rendah kadar air, senyawa fenol, asam asetat yang dihasilkan asap cair batok kelapa dengan cara memvariasikan ketiga faktor utama yaitu menggunakan bahan batok kelapa dan sabut kelapa, suhu pembakaran/Pirolisis, dan suhu distilasi masing masing menggunakan dua level kemudian hasil di uji kandungan asap cair di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia menggunakan GC-MS. Dari hasil uji Laboratorium GC-MS kandungan asap cair kemudian identifikasi kualitas asap cair sesuai standar proses pembuatan asap cair sebagai pestisida organik.

2.1.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah jenis batok dan sabut kelapa kering hipryda yang mengandung lignin, selulosa, serta senyawa yang terbentuk secara alami pada tumbuhan dan diproses destilasi untuk menghasilkan asap cair yang digunakan sebagai pestisida organik.

2.2 Ruang Lingkup Penelitian

1. Bahan dilakukan pengeringan dengan dijemur untuk mengurangi kadar air pada batok kelapa dan sabut kelapa.
2. Proses pembakaran batok kelapa secara tidak langsung menggunakan alat pirolisis dengan menentukan suhu.
3. Proses distilasi dengan pengontrolan suhu-suhu yang telah ditentukan.
4. Analisa kandungan asam dan fenol pada asap cair menggunakan alat GC-MS.

Senyawa asap cair keseluruhan dihasilkan dari batok dan sabut kelapa diantaranya kadar air, fenol, karbonil, asam, furan, alkohol, dan ester, dan sampel penelitian yang diambil adalah senyawa asap cair yang dihasilkan dari batok dan sabut kelapa yaitu rendah persentase kadar air persentase senyawa fenol dan persentase asam asetat yang memiliki efek antimikroba, anti bakteri, dan antioksidan sebagai pestisida tanaman. Menurut (Noor E dkk. 2014)

2.3 Variabel

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab berubahnya variabel terikat/variabel respon (Pundir dkk., 2018) dalam hal ini variabel bebas yang digunakan antara lain: bahan batok kelapa dan sabut kelapa, suhu distilasi.

Variabel terkait/respon adalah variabel yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas (Pundir dkk., 2018). Variabel single respon dalam penelitian ini adalah rendah kadar air, yang merupakan parameter bagus tidaknya kualitas asap cair sebagai pestisida organik.

Level Faktor

Variabel pada penelitian ini terdiri dari 3 faktor utama dan 2 level,

1. Faktor pertama yaitu bahan batok kelapa dan sabut kelapa merupakan bahan alami yang mengandung lignin, selulosa, serta senyawa karbon lainnya yang dapat digunakan sebagai pestisida organik untuk menghambat/membunuh pertumbuhan serangga dan hama yang mengganggu pada tanaman.
2. Faktor kedua yaitu proses pembakaran/pirolisa batok kelapa dan sabut kelapa pada suhu 300⁰C, dan 500⁰C, karena pada suhu pirolisis 300⁰C dan 500⁰C persentase senyawa asam asetat dan persentase fenol tinggi dan persentase kadar air rendah.
3. Faktor ketiga yaitu distilasi pemurnian asap cair.

Menurut (Noor E *et al* 2014) kualitas dan kuantitas asap cair yang dihasilkan batok kelapa dipengaruhi suhu destilasi, pada grade 1 suhu distilasi 150⁰ C -200⁰ C memiliki kualitas paling tinggi karna kandungan fenol dan asam paling tinggi dan pada grade 4 memiliki kualitas yang paling rendah dengan suhu destilasi 100⁰ C karena disebabkan komponen air dalam jumlah banyak.

2.4. Tahap Persiapan

Dalam tahap ini dilakukan persiapan bahan dan peralatan, adapun alat dan bahan yang digunakan meliputi: batok dan sabut kelapa kering jenis hibrida 100 kg 1 kali eksperimen, sedangkan alat yang digunakan meliputi: alat pirolisis/pembakaran, termometer suhu untuk pengecekan suhu pirolisis dan suhu distilasi, dan GC-MS untuk analisis kadar air dan senyawa yang terkandung pada asap cair.

2.5. Tahap Eksperimen

Dalam eksperimen ini digunakan 3 faktor 2 Level, untuk eksperimen diulang 2 kali adapun perhitungan ortoghonal array sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F \text{ (jumlah factor)} &= 3 \\
 \text{Runs} &= 2 \\
 \text{Columns of L16 (4}^5\text{)} & \\
 \text{db (level)} &= 3-1 \\
 &= 2 \\
 \text{db (OAW)} &= g \times eb(\text{level}) \\
 &= 2 \times 2 \\
 &= 4
 \end{aligned}$$

$$n = eb (EA) + 1 = 4$$

Tabel 2.1 Matriks Standar Orthogonal Array L4

Exp. No	Faktor Kendali			Signal		
	A	B	C	Exp	Exp	Exp
1	Batok kelapa	300 ⁰ C	100≤T≤125			
2	Batok kelapa	500 ⁰ C	125≤T≤150			
3	Serabut kelapa	300 ⁰ C	125≤T≤150			
4	Serabut kelapa	500 ⁰ C	100≤T1≤25			

Dari Tabel 2.1 menunjukkan jumlah percobaan yang dilakukan, dalam eksperimen dilakukan diulang percobaanya 2 kali, jadi total adalah 8 eksperimen, untuk bahan baku yang digunakan batok kelapa dan sabut kelapa, suhu pirolisis 300⁰-500⁰C dan suhu distilasi 100≤T≤125- 125≤T≤150, untuk optimasi dicari yang paling kecil (*Smaller the better*) persentase kadar air dan paling besar (*Larger The Better*) untuk senyawa Fenol, dan asam asetat.

2.6. Tahap Analisis

1. *Smaller the better*

Optimasi kualitas dimana semakin rendah nilai persentase kadar air, maka semakin baik kualitas asap cair.

$$SNR = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right) \dots \dots \dots \text{rumus (1)}$$

2. *Larger the better*

Otimasi kualitas dimana semakin besar nilai persentase Fenol, maka kualitas asap cair semakin baik.

$$SNR = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \dots \dots \dots \text{rumus (2)}$$

dengan: n = banyaknya ulangan dalam tiap eksperimen

3. *Nominal the best*

Optimasi kuantitas dimana nilai volume asap cair yang ditetapkan pada nilai nominal tertentu, jika nilai volume yang ditentukan sesuai atau mendekati maka kuantitasnya semakin baik. Menentukan nilai volume asap cair yang dihasilkan batok kelapa dan sabut kelapa 100Kg

$$SNR = 10 \log_{10} \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \dots \dots \dots \text{rumus (3)}$$

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2$$

dengan: n = banyaknya eksperimen

y = nilai pada setiap run

μ = rata-rata dari setiap run

σ² = deviasi dari setiap run

2.7. Perhitungan Efek dari Rata-Rata Faktor dan Efek Rata-Rata SNR

Dari hasil nilai rata-rata experimen kemudian mencari efek rata-rata faktor dengan menggunakan

Rumus sebagai berikut

$$A, B, C = \frac{\sum_{i=1}^3 y_i}{2} \dots \dots \dots \text{rumus (4)}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Data Hasil Eksperimen

Persentase Kadar Air

Nilai mean persentase kadar air A, B, C terkecil hingga terbesar adalah A2 (1,0775), B2 (1,080) dan C1 (1,080) itu artinya kadar air terendah yaitu menggunakan bahan sabut kelapa, semakin tinggi suhu pirolisis dan distilasi maka semakin rendah kadar air, namun bahan baku sabut kelapa menghasilkan kadar fenol dan asam asetat rendah dibandingkan menggunakan batok kelapa.

Tabel 3.1 Hasil Eksperimen

Expe	Bahan	Temperaturre Pirolisis (°C)	Suhu destilasi	Kadar air 1 (%)	Kadar Fenol 1 (%)	Kadar Asam 1 (%)	Kadar air 2 (%)	Kadar Fenol 2 (%)	Kadar Asam 2 (%)
1	Batok kelapa	300 ⁰ C	T≤100	1.11	0.47	5.63	1.13	0.49	5.64
2	Batok kelapa	500 ⁰ C	100≤T1≤125	1.09	0.66	18.92	1.10	0.68	18.90
3	Sabut kelapa	300 ⁰ C	100≤T1≤125	1.08	0.65	5.19	1.10	0.66	5.20
4	Sabut kelapa	500 ⁰ C	T≤100	1.05	0.37	4.26	1.08	0.38	1.10

Kadar Air

Rumus Rata Rata

$$\bar{Y} \text{ Eks} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

SNR *Smaller the better*

$$SNR = - 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right)$$

Table 3.2 Rata-Rata dan SNR Kadar Air (%)

Trial	A	B	C	Replikasi		Rata-Rata	SNR
1	1	1	1	1.09	1.10	1,095	0,788
2	1	2	2	1.11	1.13	1,12	0,984
3	2	1	2	1.08	1.10	1,09	0,749
4	2	2	1	1.05	1.08	1,065	0,548

Dari data diatas akan di analisa dengan perhitungan efek dari Rata-Rata dan Efek dari SNR

$$A, B, C, \text{ EXP} = \frac{\sum_{i=1}^3 y_i}{2}$$

Tabel 3.3 Efek Rata-Rata Kadar Air

	A	B	C
level 1	1,1075	1,085	1,080
level 2	1,0775	1,080	1,105
Efek	0,030	0,005	0,025
Rank	1	1	2
Optimum	A1	B1	C2

Dari rata-rata tiap respon kadar air nilainya paling besar untuk sebagai rancangan usulan karakteristik kualitas asap cair adalah *Smaller the better*. Dari tabel didapat rancangan A1, B1 dan C2. Table respon untuk rata-rata yaitu persentase bahan batok kelapa didapat 0,030 ranking satu suhu destilasi $100 \leq T1 \leq 125$ didapat 0,025 ranking dua suhu pirolisis 300°C didapat 0,005 ranking tiga.

Tabel 3.4 Efek SNR Kadar Air

	A	B	C
Level 1	0,8860	0,7685	0,6680
Level 2	0,6485	0,7660	0,8665
Efek	0,2375	0,0025	0,1985
Rank	1	1	2
optimum	A1	B1	C2

Dari SNR tiap respon kadar air nilainya paling besar untuk sebagai rancangan usulan karakteristik kualitas asap cair adalah *Smaller the better*. Dari table didapat rancangan A1, B1 dan C2. Tabel respon untuk SNR yaitu persentase bahan batok kelapa dengan nilai 0,2375 pada ranking satu suhu destilasi $100 \leq T1 \leq 125$ didapat 0,1985 ranking dua, suhu pirolisis 300°C didapat 0,0025 ranking tiga. Selanjutnya adalah analisis kadar fenol.

Fenol

Rata Rata

$$\bar{Y} \text{ Eks} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

SNR *Larger the better*

$$\text{SNR} = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

Tabel 3.5 Kadar Fenol (%)

Trial	A	B	C	Replikasi		Rata-Rata	SNR
1	1	1	1	0.47	0.49	0.480	-0.352
2	1	2	2	0.66	0.68	0.675	2.543
3	2	1	2	0.65	0.66	0.665	2.345
4	2	2	1	0.37	0.38	0.395	-2.497

Dari data diatas akan dianalisa dengan perhitungan efek dari Rata-Rata dan Efek dari SNR

$$A,B,C_{,EXP} = \frac{\sum_{i=1}^3 y_i}{2}$$

Table 3.6 Efek Dari Rata-Rata Kadar Fenol

	A	B	C
level 1	0.577	0.572	0.437
level 2	0.530	0.535	0.670
Efek	0,047	0.037	0.232
Rank	1	2	2
Optimum	A1	B2	C2

Dari rata-rata tiap respon kadar air nilainya paling besar untuk sebagai rancangan usulan karakteristik kualitas asap cair adalah *Larger the better*. Dari tabel didapat rancangan A1, B1 dan C2. Table respon untuk Rata-Rata yaitu persentase suhu destilasi $100 \leq T1 \leq 125$ dengan nilai 0,2325 ranking satu, bahan batok kelapa didapat 0,047 ranking dua, dan suhu pirolisis 500°C didapat 0,037 ranking tiga.

Tabel 3.7 Efek SNR Kadar Fenol

	A	B	C
level 1	-1.480	-1.415	-1.990
level 2	-2.263	-2.326	2.544
Efek	-0.782	-0.912	1.344
Rank	1	2	2
Optimum	A1	B2	C2

Dari SNR tiap respon kadar air nilainya paling besar untuk sebagai rancangan usulan karakteristik kualitas asap cair adalah *Smaller the better*. Dari table didapat rancangan A1, B1 dan C2. Table respon untuk SNR yaitu persentase suhu destilasi $100 \leq T1 \leq 125$ didapat 1,344 ranking satu, bahan batok kelapa didapat -0,782 ranking dua, dan suhu pirolisis 500°C didapat -0,912 ranking tiga. Selanjutnya adalah analisis kadar asam.

Asam Asentat

Rata Rata

$$\bar{Y}_{Eks} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

SNR *Larger the better*

$$SNR = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right)$$

Table 3.8 Kadar Asam Asentat(%)

Trial	A	B	C	Replikasi		Rata-Rata	SNR
1	1	1	1	5.63	5.64	5.635	21.04
2	1	2	2	18.92	18.90	18.91	31.54
3	2	1	2	5.19	5.20	5.195	20.33
4	2	2	1	4.26	1.10	2.68	15.87

Dari data diatas akan dianalisa dengan perhitungan efek dari Rata-Rata dan Efek dari SNR

$$A,B,C_{EXP} = \frac{\sum_{i=1}^3 y_i}{2}$$

Table 3.9 Efek rata-rata kadar asam asentat

	A	B	C
level 1	12.27	5.41	4.15
level 2	3.93	10.79	12.05
Efek	8.33	5.38	7.89
Rank	1	2	2
Optimum	A1	B2	C2

Dari rata-rata tiap respon kadar asam nilainya paling besar untuk sebagai rancangan usulan karakteristik kualitas asap cair adalah *Larger the better*. Dari tabel didapat rancangan A1, B2 dan C2. Table respon untuk Rata-Rata yaitu persentase bahan batok kelapa dengan nilai 8,33 pada ranking ke-1, suhu destilasi $100 \leq T1 \leq 125$ dengan nilai 7,89 pada ranking ke-2, dan suhu pirolisis $500^{\circ}C$ dengan nilai 5,38 pada ranking ke-3.

Table 3.10 Efek SNR Kadar Asam Asentat

	A	B	C
level 1	26.29	20.68	18.45
level 2	18.10	23.71	25.94
Efek	8.18	3.02	7.84
Rank	1	2	2
Optimum	A1	B2	C2

Dari SNR tiap respon kadar asam nilainya paling besar untuk sebagai rancangan usulan karakteristik kualitas asap cair adalah *Smaller the better*. Dari table didapat rancangan A1, B1 dan C2. Table respon untuk SNR yaitu persentase bahan batok kelapa didapat 8,18 ranking satu suhu destilasi $100 \leq T1 \leq 125$ didapat 7,87 ranking dua dan suhu pirolisis $500^{\circ}C$ didapat 3,02 ranking tiga.

4. Kesimpulan

Kondisi optimal dalam pembuatan asap cair yang berkualitas sebagai pestisida organik yang merupakan respon tunggal adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Fenol

Exp	Bahan	Temperature Pirolisis (°C)	Suhu destilasi
Uji Fenol	Batok kelapa	500°C	$100 \leq T_1 \leq 125$

Daftar Pustaka

- Akbar A., Painsoman R., dan Coniwanti P. 2013. Pengaruh variabel waktu temperature terhadap pembuatan asap cair dari limbah kayu pelawan. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol.19, pp.1-8.
- Anggraini S.P. A., dan Yuningsi S. 2017. Optimalisasi penggunaan asap cair dari tempurung kelapa sebagai pengawet alami pada ikan segar. *Jurnal Reka Buana*. Vol. 2, pp.12-18.
- Guillen M.D., Manzanos M.J.H., dan Ibargotia M.L. 2001. Carbohydrate and nitrogenated compounds in liquid smoke flavorings. *Jurnal Agric food chem*. Vol. 49, pp. 2395-2403.
- Haji A.G. 2013. Komponen Kimia Asap Cair Hasil Pirolisis Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Vol. 9, pp. 109 – 116.
- Hayati N. 2018. Optimasi kondisi pirolisis dan pengeringan pada proksimat arang tempurung kelapa dengan metode taguchi. *Jurnal Teknik Mesin IST AKPRIND*. Vol.12, pp. 6-12.
- Jayanudin., dan Suhendi E. 2012. Identification of chemical components liquid smoke from coconut shell region anyer banten. *Jurnal Agroekotek*. Vol. 4 , pp. 39-46.
- Karseno., Darmadji., dan Rahayu K. 2001. Daya hambat asap cair kayu karet terhadap bakteri pengkotaminan lateks dan ribbed smoke sheet. *Jurnal agritech*. Vol. 21, pp. 10-15
- Kilinc B., dan Cakli S. 2012. Growth of listeria monocytogenes as affected by thermal treatment of rainbow trout fillets prepared with liquid smoke. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*. Vol. 2, pp. 285-290.
- Noor E., Luditama C., dan Pari G. 2014. Isolasi dan pemurnian asap cair berbahan dasar tempurung dan sabut kelapa secara pirolisis dan destilasi. *Prosiding konferensi nasional Kelapa VIII, 93-102*.
- Nugroho A., dan Aisyah I. 2013. Efektifitas asap cair dari limba tempurung kelapa sebagai biopestisida benih digudang penyimpanan. *Jurjnal penelitian hasil hutan*. Vol. 31, pp 1-8.
- Nurhayati T., Sylviani., dan Mahpudin. 2003. Analisis teknis dan ekonomis produksi terpadu arang dan cuka kayu dari tiga jenis kayu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Vol. 21, pp. 155-166.
- Pohan S.D. 2014. Pemanfaatan ekstrak tanaman sebagai pestisida alami dalam pengendalian serangga. *Jurnal pengabdian kepada masyarakat*. Vol.20, pp 94-98.
- Pugersari D., Syarief A., dan Larasati D. 2013. Eksperimen pengembangan produk fungsional bernilai komersial berbahan baku tempurung kelapa berusia muda dengan teknik pelunakan. *Jurnal Visual Art & Design*. Vol. 5, pp.74-91.
- Pundir R., Chary G.H.V.C., dan Dastidar M.G. 2018. Application of Taguchi method for optimizing the process parameters for the removal of copper and nickel by growing Aspergillus sp. *Jurnal Water Resources and Industry*, Vol.20. pp. 83-92. .

- Suanto E., Sudirman., dan Muthahanas. 2018. Efektifitas ekstrak daun sirih dalam menekan penetsan telur dan infektifitas mooidogyne spp. *Jurnal Agroteknologi*. Vol.11, pp.1-6.
- Tima S.L., Yopi., dan Ifa L. 2016. Pemanfaatan asap cair kulit biji mente sebagai pestisida. *Journal Of Chemical Proses Engineering*. Vol.01, pp . 16-22.
- Yulita E., Hamsah B., dan Wijaya A. 2011. The utilazation of liquid smoke from sawdust as bokar coagulant, *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. Vol. 22, pp. 58–62.