

Pengaruh Variasi Ukuran Tongkol Jagung dan Suhu Distilasi Terhadap Karakteristik Asap Cair

The Effect of Corn Cob Size Variation and Distillation Temperature on Liquid Smoke Characteristics

Meiyer Marthen Kinda*, Terecia Deswita Cristanti Sirait, Dedy Anwar, Ellyas Alga Nainggolan, Andrew Rolas Siagian
Department of Bioprocess Engineering, Faculty of Biotechnology, Institut Teknologi Del

*Email : meiyer.kind@del.ac.id
<https://doi.org/10.63365/srj14630>

Abstrak

Jagung adalah satu diantara komoditas utama yang banyak dibudidayakan di Kabupaten Toba. Produksi jagung yang tinggi menghasilkan limbah tongkol jagung yang dapat mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan tongkol jagung menjadi asap cair melalui proses pirolisis, serta menganalisis pengaruh ukuran tongkol jagung (5, 10, dan 15 cm) dan suhu distilasi (100°C, 125°C, dan 150°C) terhadap karakteristik asap cair. Analisis meliputi warna, pH, kandungan asam asetat, fenol, bobot jenis, dan bahan terapung, serta kesesuaian hasil dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 8985-2021. Proses ini memanfaatkan kandungan tongkol jagung seperti selulosa (41%), hemiselulosa (36%), dan lignin (6%) yang dapat didegradasi secara termal menghasilkan asam asetat, fenol dan senyawa lainnya dan berfungsi sebagai antibakteri dan antioksidan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa asap cair memiliki pH <3, asam asetat tertinggi (3%) pada ukuran 5 cm dan suhu 100°C, serta kandungan fenol yang rendah (0,000829-0,004937). Semua variasi tidak mengandung bahan terapung dan bobot jenis berkisar antara 1,0097-1,0159. Hasil ini mengindikasikan bahwa asap cair yang dihasilkan memenuhi standar SNI dan dapat menjadikannya sebagai solusi potensial untuk pengelolaan limbah jagung yang ramah lingkungan.

Kata kunci : Asap cair, tongkol jagung, pirolisis, suhu distilasi.

Abstract

Maize is one of the main commodities cultivated in Toba Regency. High corn production produces corn cob waste that can pollute the environment. This study aims to optimize the utilization of corn cobs into liquid smoke through pyrolysis process, and analyze the effect of corn cob size (5, 10, and 15 cm) and distillation temperature (100°C, 125°C, and 150°C) on liquid smoke characteristics. The analysis includes color, pH, acetic acid content, phenol, specific gravity, and floating matter, as well as the conformity of the results with the Indonesian National Standard (SNI) 8985-2021. This process utilizes corn cob content such as cellulose (41%), hemicellulose (36%), and lignin (6%) which can be thermally degraded to produce acetic acid, phenol and other compounds and function as antibacterial and antioxidant. The results showed that the liquid smoke had a pH of <3, the highest acetic acid (3%) at 5 cm and 100°C, and low phenol content (0.000829-0.004937). All variations contained no floating material and specific gravity ranged from 1.0097-1.0159. These results indicate that the liquid smoke produced meets SNI standards and can make it a potential solution for environmentally friendly corn waste management.

Keywords: *Liquid smoke, corn cobs, pyrolysis, distillation temperature.*

Pendahuluan

Asap cair merupakan produk yang dihasilkan dari proses pirolisis biomassa yang memiliki berbagai manfaat, seperti sebagai pengawet alami dan pengendalian hama (Ridhuan dkk., 2019). Tongkol jagung (*Zea mays L.*) merupakan satu diantara limbah pertanian yang melimpah di Kabupaten Toba dan juga bahan baku biomassa yang berpotensi untuk produksi asap cair. Tongkol jagung mengandung senyawa selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang dapat diolah menjadi asap cair melalui proses pirolisis (Suryanto dan Momuat, 2020). Pada proses pirolisis, senyawa yang terdapat pada tongkol jagung akan mengalami degradasi termal menjadi asam, fenol, dan karbonil yang berperan sebagai antibakteri, antioksidan serta dapat memberikan efek cita rasa dan warna yang spesifik (Darmadji dan Yudiana, 2006). Pemanfaatan tongkol jagung sebagai bahan baku tidak hanya membantu mengurangi jumlah limbah pertanian di Kabupaten Toba, tetapi dapat meningkatkan nilai ekonomi bagi para petani.

Ukuran tongkol jagung dan suhu distilasi merupakan faktor penting yang mempengaruhi karakteristik asap cair yang diperoleh. Pada penelitian yang dilakukan oleh Zulkania (2016), mengenai pengaruh temperatur dan ukuran partikel biomassa terhadap *bio-oil* hasil pirolisis ampas tebu/*baggase*. Hasil yang diperoleh yaitu temperatur pirolisis dan ukuran partikel biomassa merupakan variabel yang memengaruhi rendemen dan sifat *bio-oil* yang dihasilkan. Ukuran partikel yang lebih kecil menghasilkan rendemen lebih tinggi pada temperatur tinggi. Selain itu, kandungan asam asetat cenderung turun pada ukuran yang kecil. Keasaman yang tinggi diakibatkan oleh proses pirolisis yang memecah senyawa selulosa dan lignin serta zat ekstraktif yang

bersifat asam. Penelitian menunjukkan bahwa variasi ukuran bahan baku dapat mempengaruhi jumlah asap cair yang dihasilkan. Partikel berukuran kecil memungkinkan panas tersebar merata ke seluruh bagian, sedangkan partikel yang lebih besar memerlukan waktu lebih lama untuk proses pemanasan dan cairan yang dihasilkan sedikit (Syahrir, 2019).

Proses pirolisis yang berbeda berdampak pada komposisi kimia dari asap cair, termasuk fenol dan asam asetat yang merupakan indikator penting pada asap cair. Suhu distilasi yang tinggi dapat mengakibatkan degradasi atau perubahan kimia yang tidak diinginkan dalam produk akhir.

Namun, suhu distilasi yang terlalu rendah akan menyebabkan proses pemisahan senyawa yang bersifat karsinogenik kurang optimum (Widiya dan Zultiniar, 2013).

Penelitian terdahulu sudah banyak melakukan pengujian karakteristik asap cair dari tongkol jagung dengan suhu distilasi yang berbeda-beda. Namun, pengujian karakteristik asap cair dengan ukuran tongkol jagung dan suhu distilasi yang berbeda masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pembuatan asap cair menggunakan bahan baku tongkol jagung dengan variasi ukuran dan variasi suhu distilasi. Kemudian, dilakukan analisis karakteristik asap cair yang dihasilkan dari setiap variabel penelitian dan dilakukan perbandingan sengan Standar Nasional Indonesia (SNI) asap cair. Adapun variabel tersebut, yaitu variabel ukuran tongkol jagung (5, 10, dan 15 cm) dan suhu distilasi yang digunakan untuk proses pemurnian asap cair (100°C, 125°C, dan 150°C).

Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan persiapan alat dan bahan, pembuatan asap cair, pemurnian asap cair, dan tahap terakhir yaitu analisis asap cair yang dihasilkan.

Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor pirolisis dan bahan yang dibutuhkan adalah tongkol jagung dengan ukuran 5, 10, dan 15 cm. Setelah itu, tongkol jagung dijemur di bawah sinar matahari hingga warna tongkol jagung berubah menjadi kecokelatan.

a. Proses Pembuatan Asap Cair

Dipersiapkan reaktor pirolisis dan tongkol jagung yang sudah kering dituangkan ke dalam reaktor pirolisis. Selanjutnya, dilakukan proses pembakaran pada suhu $\pm 500^{\circ}\text{C}$ dan panas diukur menggunakan alat thermogun. Asap hasil pembakaran akan mengalir melewati pipa menuju kondensor dan di dalam kondensor terjadi perubahan fasa dari gas menjadi cairan. Kemudian, cairan yang diperoleh dari kondensasi akan mengalir ke pipa keluaran distilat. Distilat yang dihasilkan ditampung ke dalam jerigen 2L. Proses karbonisasi dilaksanakan hingga distilat asap cair tidak lagi keluar. Distilat asap cair yang diperoleh didiamkan selama 1 hari dengan tujuan untuk mengendapkan tar.

b. Pemurnian Asap Cair

Asap cair yang diperoleh dari hasil pirolisis dimurnikan dengan menggunakan alat distilasi pada variasi suhu yang berbeda yaitu 100°C ,

125°C dan 150°C . Proses distilasi dilakukan hingga asap cair hasil pirolisis sudah terkondensasi sepenuhnya dan senyawa PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) dan tar yang terdapat di dalam asap cair hasil pirolisis terpisah dengan asap cair yang sudah dimurnikan.

c. Analisis Hasil Asap Cair

Destilat asap cair hasil pemurnian dianalisis karakteristiknya dengan melakukan analisis warna, pH, asam asetat, fenol, bobot jenis, dan bahan terapung.

Analisis Warna

Analisis warna dilakukan setelah proses pemurnian selesai dengan melakukan pengamatan secara visual menggunakan indra penglihatan langsung pada sampel asap cair.

Uji pH

pH meter dikalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan larutan buffer dengan pH standar, yaitu pH 4, pH 7, dan pH 10. Setelah proses kalibrasi, elektroda pH meter dimasukkan ke dalam masing-masing sampel asap cair. Nilai pH asap cair akan ditampilkan pada layar pH meter.

Uji Asam Asetat

Analisis asam asetat dalam asap cair dilakukan dengan proses titrasi alkalinmetri menggunakan NaOH yaitu (SNI 8985-2021): Menimbang asap cair sebanyak 0,5 g dalam labu erlenmeyer, kemudian diencerkan menggunakan akuades sebanyak 10 mL. Selanjutnya diambil larutan asap cair sebanyak 2,5 mL, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL. Proses titrasi dilakukan menggunakan gelas kimia dengan

menambahkan indikator fenolftalein sebanyak 3 tetes dan NaOH 0,1 N hingga berwarna merah muda. Volume NaOH 0,1 N yang digunakan dicatat. Selanjutnya dilakukan perhitungan kadar asam asetat (CH_3COOH) dengan rumus:

$$\text{Kadar asam asetat } (\text{CH}_3\text{COOH}) \% \text{ b/b} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times f_p \times 60,5}{w} \times 100 \quad \dots\dots\dots(1.1)$$

Penentuan Kandungan Fenol Asap Cair

Kadar fenol dalam asap cair diukur dengan menggunakan spektrofotometer. Pengukuran kadar fenol total dilakukan dengan metode Folin-Ciocalteu dengan menggunakan asam galat (GAE) sebagai standar (Orak, 2006). Pada tahap pertama ditimbang 5 g Na_2CO_3 20% dan dilarutkan dengan akuades hingga volume 25 ml. Kemudian dibuat larutan standar asam galat dengan konsentrasi 500 ppm, yaitu dengan melarutkan 0,25 g asam galat dalam 5 ml metanol, kemudian ditambahkan akuades hingga volume total 50 ml. Larutan standar tersebut dipipet masing-masing sebanyak 1, 2, 3, 4, dan 5 ml, kemudian masing-masing diencerkan dengan akuades hingga 50 ml, sehingga diperoleh larutan asam galat dengan konsentrasi masing-masing 100, 200, 300, 400, dan 500 ppm. Untuk pembuatan kurva baku, 1 ml larutan baku asam galat dari setiap konsentrasi dipipet, kemudian ditambahkan 7 ml air suling dan 1 ml reagen Folin-Ciocalteu. Campuran diaduk hingga homogen dan didiamkan selama 8 menit. Setelah itu, ditambahkan 1 ml larutan Na_2CO_3 20%, diaduk lagi hingga homogen, dan didiamkan selama 2 jam pada suhu kamar. Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang maksimum 640 nm. Kemudian dibuat kurva kalibrasi dengan memplotkan konsentrasi asam galat (mg GAE/ml) terhadap absorbansi.

Selanjutnya masing-masing sampel asap cair ditimbang sebanyak 2 g, kemudian ditambahkan metanol sebanyak 5 ml dan diencerkan dengan akuades hingga mencapai volume 50 ml. Penentuan total fenol dalam asap cair dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sampel asap cair dipipet sebanyak 1 ml, kemudian ditambahkan akuades sebanyak 7 ml dan 1 ml perekusi Folin-Ciocalteu. Campuran diaduk hingga homogen dan didiamkan selama 8 menit. Setelah itu ditambahkan larutan Na_2CO_3 20% sebanyak 1 ml, diaduk kembali hingga homogen, dan didiamkan selama 2 jam pada suhu kamar. Absorbansi diukur pada panjang gelombang maksimum 640 nm. Setiap pengukuran diulang sebanyak tiga kali untuk memperoleh hasil kadar fenol yang dinyatakan dalam mg ekivalen asam galat.

Uji Bobot Jenis

Pengujian berat jenis dilakukan dengan menggunakan piknometer sesuai dengan SNI 8985-2021. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut: Timbang piknometer kosong dan bersih menggunakan neraca analitik, catat massanya dalam satuan m_0 . Selanjutnya, isi piknometer dengan asap cair hingga tanda batas tanpa gelembung udara. Timbang kembali dan catat massanya dalam satuan m_2 . Hitung massa asap cair (m_{ZAT}) dengan rumus:

$$\text{m}_{\text{ZAT}} = \text{m}_2 - \text{m}_0$$

Untuk menghitung berat jenis asap cair, gunakan rumus:

$$B_j = \frac{\text{m}_2 - \text{m}_0}{\text{m}_1 - \text{m}_0} \dots\dots\dots(1.2)$$

Setelah dilakukan perhitungan maka akan diperoleh nilai berat jenis asap cair.

Analisis Bahan Terapung

Bahan terapung pada asap cair dianalisis dengan pengamatan secara visual atau dengan indra penglihatan langsung pada sampel sesuai dengan ketentuan SNI 8985-2021.

Hasil

Hasil analisis karakteristik asap cair dari tongkol jagung dengan variasi ukuran tongkol jagung dan suhu destilasi yang berbeda disajikan pada Tabel 1.1. Analisis yang dilakukan seperti analisis warna, pH, jumlah asam asetat, fenol, berat jenis, dan bahan mengapung asap cair.

Tabel 1. 1 Data Analisis Karakteristik Asap Cair Dari Tongkol Jagung

Parameter	Ukuran									SNI 8985-2021	
	5 cm			10 cm			15 cm			Mutu 1	Mutu 2
Suhu	100°C	125°C	150°C	100°C	125°C	150°C	100°C	125°C	150°C		
Warna	Kuning kemerahan	Kuning bening	Kuning kecoklatan	Coklat kemerahan	Coklat kemerahan	Kuning bening	Kuning kemerahan	Kuning bening	Kuning kemerahan	Kuning sampai Coklat	Kuning sampai coklat
pH	2,01	2,54	2,61	2,25	2,84	2,37	2,63	2,76	2,50	1,50-2,75	2,76-4,50
Asam Asetat (%)	3	1,8	1,2	2,4	1,2	1,8	1,2	1,2	1,8	8,00-15,00	1,10-7,99
Fenol (%)	0,00239	0,00481	0,00493	0,000829	0,00358	0,00161	0,00145	0,00187	0,00131	≤2	≤2
Bobot Jenis	1,013	1,014	1,015	1,010	1,013	1,012	1,013	1,012	1,069	1,0050- 1,0500	1,0050- 1,0500
Bahan Terapung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Pengaruh Ukuran Tongkol Jagung dan Suhu Distilasi Terhadap Warna Asap Cair

Pada penelitian yang telah dilakukan, ukuran tongkol jagung dan suhu distilasi memiliki pengaruh terhadap warna asap cair yang dihasilkan. Warna yang dihasilkan asap cair yaitu kuning bening sampai coklat pada setiap variasi. Warna kuning ini terjadi akibat senyawa karbonil yang menguap pada suhu dibawah 100°C (Muhammad dkk., 2011). Senyawa-senyawa seperti fenol, aldehid, dan karbonil yang lebih berat cenderung menguap lebih sedikit dan

menyebabkan warna yang lebih terang seperti kuning kemerahan dan coklat. Sedangkan, senyawa yang lebih ringan lebih mudah menguap pada suhu rendah sehingga menyebabkan warna yang lebih bening (Widiya dkk., 2013). Hasil analisis uji warna dari setiap variasi penelitian memberikan hasil yang sesuai dengan SNI 8985-2021 pada mutu 1 dan mutu 2 yaitu kuning sampai coklat.

Pengaruh Ukuran Tongkol Jagung dan Suhu Distilasi Terhadap pH Asap Cair

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, tongkol jagung kecil ukuran 5 cm menghasilkan pH asap cair terendah sebesar 2,01 pada suhu 100°C, sedangkan pH tertinggi dihasilkan pada tongkol jagung kecil ukuran 10 cm dengan suhu destilasi 125°C sebesar 2,84. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tongkol jagung kecil dengan suhu destilasi rendah menghasilkan asap cair dengan tingkat keasaman yang tinggi. Rendahnya pH asap cair tersebut disebabkan oleh banyaknya unsur asam dalam asap cair yang terkondensasi pada proses pemurnian. Hasil yang diperoleh bertentangan dengan penelitian yang dilakukan oleh Lombok dkk. (2014), dimana pH asap cair akan semakin rendah seiring dengan peningkatan suhu destilasi. Hal tersebut disebabkan oleh semakin sedikitnya komponen air yang disertakan pada peningkatan suhu destilasi dan meningkatnya asam organik dalam asap cair hasil pemurnian. Nilai pH yang dihasilkan masing-masing variasi asap cair tersebut sesuai dengan SNI lignoselulosa mutu 1 dan mutu 2.

Pengaruh Ukuran Tongkol Jagung dan Suhu Distilasi Terhadap Total Kadar Asam Asetat Pada Asap Cair

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, tongkol jagung berukuran 5 cm dengan suhu destilasi 100°C menghasilkan kadar asam asetat paling tinggi. Sementara itu, suhu destilasi 150°C mengalami penurunan akibat penguapan asam asetat yang cepat. Asam asetat memiliki titik didih 118°C, namun pada suhu destilasi tinggi 150°C penguapan menjadi lebih intensif dan menghasilkan asam asetat yang terkumpul menjadi distilat hanya sedikit. Selain itu, terdapat komponen lain dengan titik didih mendekati asam asetat yang ikut tersuling sehingga menurunkan konsentrasi asam asetat asap cair. Hal ini berbanding terbalik dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Widiya dkk (2013) yang menunjukkan bahwa suhu destilasi yang lebih tinggi dapat meningkatkan kadar asam asetat dalam asap cair. Secara keseluruhan, hasil asam asetat masing-masing variasi menunjukkan kesesuaian dengan SNI 8985-2021 pada mutu 2.

Pengaruh Tongkol Jagung dan Suhu Distilasi Terhadap Total Fenol Asap Cair

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ukuran tongkol jagung dan suhu destilasi memiliki pengaruh terhadap total fenol asap cair. Persentase kadar total fenol masing-masing variasi memiliki nilai jauh di bawah 2%. Hal ini disebabkan titik didih fenol yang relatif tinggi sehingga senyawa fenol sedikit terkondensasi dalam asap cair (Lombok dkk., 2014). Selain itu, rendahnya kandungan lignin dalam tongkol jagung juga berdampak pada jumlah fenol dalam asap cair yang terbentuk (Mariyamah dkk., 2024). Menurut Darmadji (2002), fenol dengan

struktur molekul yang lebih sederhana (rantai pendek) memiliki kecenderungan lebih cepat menguap dibandingkan fenol dengan struktur yang lebih kompleks (rantai panjang). Secara keseluruhan, hasil asam asetat masing-masing variasi menunjukkan kesesuaian dengan SNI 8985-2021 pada mutu 1 dan mutu 2.

Pengaruh Ukuran Tongkol Jagung dan Suhu Distilasi Terhadap Bobot Jenis dan Bahan Terapung Pada Asap Cair

Tingginya nilai berat jenis pada asap cair disebabkan oleh proses penguraian bahan baku lebih sempurna pada proses pirolisis (Syarif et al., 2014). Selain itu, semakin tinggi suhu destilasi dapat meningkatkan nilai berat jenis asap cair, karena senyawa organik yang terkondensasi semakin banyak. Pada penelitian yang telah dilakukan, suhu destilasi 150°C memiliki nilai berat jenis yang tinggi dibandingkan suhu lainnya. Hal ini disebabkan oleh komponen volatil yang lebih berat akan lebih mudah menguap pada suhu tinggi, sehingga meningkatkan nilai berat jenis asap cair. Sementara itu, komponen non-volatile cenderung tetap berada dalam fase cair pada suhu destilasi tinggi. Suhu destilasi yang tinggi dapat menciptakan kondisi reaksi yang lebih optimal untuk penguapan dan pengembunan komponen tertentu sehingga dapat meningkatkan berat jenis (Arumsari, 2021). Zat yang mengapung berkaitan dengan keberadaan partikel padat seperti tar yang tidak larut dalam asap cair. Proses distilasi dapat membantu memisahkan partikel padat tersebut dengan membuang komponen yang lebih ringan atau mudah menguap. Semakin tinggi suhu distilasi, semakin sedikit zat yang mengapung dalam asap cair. Pada penelitian yang dilakukan, ditemukan bahwa tidak terdapat zat yang mengapung pada setiap

variasi karena proses distilasi memisahkan komponen berdasarkan titik didihnya. Suhu distilasi mempengaruhi komponen yang mudah menguap dan tidak mudah menguap. Komponen yang tidak mudah menguap seperti padatan dan beberapa minyak berat tidak akan menguap pada suhu yang digunakan untuk distilasi, sehingga senyawa tersebut tetap berada dalam residu dan tidak mengembun menjadi asap cair suling.

Kesimpulan

Adapun Kesimpulan dari penelitian ini, yaitu:

Variasi ukuran tongkol jagung dan suhu distilasi berpengaruh signifikan terhadap karakteristik asap cair yang dihasilkan, termasuk variasi warna yang berbeda tergantung pada ukuran tongkol jagung dan suhu distilasi. Ukuran tongkol jagung 5 cm terbukti paling efektif untuk menghasilkan kandungan asam asetat tertinggi sebesar 3% dan pH kurang dari 3. Selain itu, kandungan fenol dalam asap cair tergolong rendah berkisar antara 0,000829 hingga 0,004937. Asap cair yang dihasilkan tidak mengandung bahan terapung dan memiliki bobot jenis berkisar antara 1,0097 hingga 1,0159. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa asap cair yang dihasilkan memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI 8985-2021.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada LPPM IT Del yang telah memberikan dana untuk penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Program Studi Teknik Bioproses IT Del yang telah memberikan kesempatan dan menyediakan tempat untuk melakukan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Arumsari, A., & Sa'diyah, K. (2021). *Pengaruh Jenis Kayu Terhadap Kualitas Asap Cair*. Distilat: Jurnal Teknologi Separasi, 7(2), 104-111.
- Darmadji P. (2002). *Optimasi Pemurnian Asap Cair dengan Metoda Redistilasi*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, 13(3), 267-271.
- Lombok, J. Z., Setiaji, B., Trisunaryanti, W., & Wijaya, K. (2014). *Effect of pyrolysis temperature and distillation on character of coconut shell liquid smoke*. Asian Journal of Science and Technology, 5(6), 320-325.
- Muhammad, D. R. A., Darmadji, P., & Pranoto, Y. (2011). *Pengaruh suhu distilasi dan tingkat kondensor terhadap sifat sensoris distilat asap cair*. Jurnal Teknologi Hasil Pertanian, 4(2).
- Ridhuan, K., Irawan, D., & Inthifawzi, R. (2019). *Proses pembakaran pirolisis dengan jenis biomassa dan karakteristik asap cair yang dihasilkan*. Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 8(1), 69-78.
- Suryanto, E., Taroreh, M.R.I. and Momouat, L.I. (2020). *Purification and Characterizing of Phenolic Antioxidant from Corncob Liquid Smoke*. Asian Journal of Chemistry, 32(12), pp. 2985–2990. Available at: <https://doi.org/10.14233/ajchem.2020.22486>
- Syarif, U. I. N., Jakarta, H., Anisah, K., Kedokteran, F., Ilmu, D. A. N., & Farmasi, P. S. (2014). *Analisa Komponen Kimia dan Uji Antibakteri Asap Cair Tempurung Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq) Pada Bakteri*

Staphylococcus aureus dan Pseudomonas aeruginosa.

Syahrir, M. (2019). *Pengolahan Limbah Tongkol Jagung Menjadi Asap Cair dengan Metode Pirolisis Lambat*. INTEK, 4(2), 69-74.

Widiya, W., Idral, I., & Zultiniar, Z. (2013). *Pengaruh Suhu dan Waktu Distilasi terhadap Komposisi Kimia Asap Cair dari Kulit Durian* (Doctoral dissertation, Riau University).

Zulkania, A. (2016). *Pengaruh temperatur dan ukuran partikel biomassa terhadap bio-oil hasil pirolisis ampas tebu/baggase*. Teknoin, 22(5).