

Toksisitas beberapa kategori asap cair dari kayu kusambi dan tempurung kelapa menggunakan metode *Brine Shrimp Lethality Test*

Kasimir Sarifudin¹, Adytia Dwipatria de Gatas², Heru Christianto³, Lolita A.M. Parera⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Pendidikan Kimia, FKIP- Universitas Nusa Cendana
 Jl. Adisucipto Penfui, Kupang-NTT 85001 Indonesia
 *email: matkim2020@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat toksisitas berbagai kategori asap cair dari kayu kusambi dan tempurung kelapa. Asap cair dihasilkan dari hasil pirolisis kayu kusambi dan tempurung kelapa pada suhu ± 400 °C. Asap cair hasil pirolisis kemudian didistilasi mendapatkan asap cair *grade 3*. Asap cair *grade 3* filtrasi dalam kolom zeolit dan arang aktif hingga diperoleh kategori *grade 2* dan *1*. Uji toksisitas dilakukan dengan metode BSLT terhadap larva udang *Artemia salina* Leach berumur 48 jam. Tingkat toksisitas masing-masing asap cair diketahui melalui persentase kematian larva udang dan penentuan konsentrasi mematikan 50% dari larva udang (LC50). Penentuan kadar total fenol menggunakan spektrofotometer Shimadzu UV-Vis 1780. Hasil penelitian menunjukkan bahwa toksisitas asap cair hasil pirolisis kayu kusambi dan tempurung kelapa bersifat toksik, dengan LC50 <1000 ppm, sedangkan asap cair kayu kusambi dan tempurung kelapa hasil proses distilasi *grade 2* dan *grade 1* bersifat tidak toksik, dengan LC50 > 1000 ppm.

Kata Kunci : Asap Cair, Kayu Kusambi, Tempurung Kelapa, Uji Toksisitas, BSLT.

Abstract

This study aims to determine the level of toxicity in various categories of liquid smoke from kusambi wood and coconut shells. The liquid smoke produced from the pyrolysis of kusambi wood and coconut shells at ± 400 °C. Liquid smoke resulting from pyrolysis then distilled to achieve grade 3. Grade 3 liquid smoke filtered in zeolite and activated charcoal column to obtain grade 2 and 1 categories. The toxicity test was conducted using the BSLT method of 48-hour-old Artemia salina Leach shrimp larvae. The toxicity level of each liquid smoke was identified by the percentage of shrimp larvae mortality and determination of lethal concentration (LC50). Determination of total phenol content using a Shimadzu UV-Vis 1780 spectrophotometer. The results showed that toxicity of liquid smoke from the pyrolysis of kusambi wood and coconut shells is toxic, with LC50 <1000 ppm, while the Kusambi wood and coconut shells liquid smoke from distillation processes, grade 2 and grade 1 are non-toxic, with the LC50 > 1000 ppm.

Keywords : Liquid Smoke, Kusambi Wood, Coconut Shell, Toxicity Test, BSLT

PENDAHULUAN

Pengasapan bahan pangan seperti daging dan produk pengolahan daging, ikan dan produk ikan lainnya telah digunakan berabad-abad di berbagai negara. Disamping proses pengasapan tradisional, penggunaan bahan bercita rasa asap dengan membuat asap terkondensasi melalui proses pirolisis kayu telah dikenal di berbagai belahan dunia. Karena beberapa komponen dalam asap dan asap terkondensasi seperti kadar Hidrokarbon Polisiklis

Aromatis (HPA) dan nitrosamin volatil dapat menimbulkan masalah kesehatan, maka ditetapkan batasan komponen-komponen tersebut dalam bahan cita rasa atau pada produk akhir bahan pangan yang diolah menggunakan metode pengasapan. Pengasapan secara langsung mempunyai beberapa kelemahan yaitu konsentrasi asap, waktu optimal pengasapan dan suhu pengasapan sulit dikontrol dan berpotensi menimbulkan resiko lebih besar bagi

kesehatan manusia karena terbentuknya senyawa HPA seperti *benzopyrene* yang telah diketahui bersifat karsinogenik (Suroso, Utomo, Hidayati, & Nuraini, 2018, 42–53).

Salah satu cara untuk mengatasi kelemahan pengasapan tradisional adalah dengan mengembangkan teknologi produksi asap cair yang lebih aman terhadap kesehatan. Penggunaan Asap cair sebagai pengawet bahan makanan mempunyai kelebihan antara lain lebih mudah diaplikasikan, mempunyai aktifitas antioksidan, dapat menghambat pertumbuhan bakteri, proses yang lebih cepat, memberikan karakteristik yang khas pada produk akhir, memberikan warna dan cita rasa serta dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Selain itu, asap cair mampu menekan peningkatan thiobarbituric acid (TBA) dan dapat mengurangi resiko terpapar senyawa HPA pada pengguna produk hasil proses pengasapan (Apituley, Leiwakabessy, & Nanloh, 2014, 145–151).

Pengawetan bahan pangan menggunakan asap cair memberikan efek yang baik disebabkan oleh adanya kandungan beberapa senyawa antimikroba dan antioksidan. Hasil penelitian Budijanto *et al.* (2008, 194–203) menunjukkan terdapat 40 komponen yang teridentifikasi dari asap cair, dengan 7 komponen yang dominan yaitu *2-Methoxyphenol*, *3,4-Dimethoxyphenol*, *Phenol*, *2-methoxy-4-methylphe-nol*, *4-Ethyl-2-methoxyphenol*, *3-Methyl-phenol*, dan *5-Methyl-1,2,3-trimethoxy-benzene*. Selama proses pengasapan, lignin pada kayu yang tersusun atas guaiakol propana dan siringil propana, ketika dipirolisis menghasilkan campuran senyawa fenol yang kompleks, *polycyclic aromatic hydrocarbon* dan senyawa karbonil.

Fenol merupakan unsur aktif yang memberikan efek sebagai antibakteri dan antimikroba pada asap cair. Senyawa fenol bertanggung jawab pada pembentukan flavor pada produk pengasapan, mempunyai aktivitas antioksidan yang mempengaruhi daya simpan makanan. Penggunaan senyawa fenol sebagai antimikroba pada makanan dibatasi karena efek toksiknya. Hasil penelitian Sumpono (2018, 171–178) menunjukkan bahwa kadar kadar fenol dalam asap cair tempurung kelapa sawit sebesar 18,4%. Analisis kadar golongan fenol dalam berbagai kategori asap cair sangat diperlukan karena golongan senyawa tersebut dalam asap paling berperan dalam pembentukan sifat aroma dan cita rasa makanan (Dolaria, 2016, 161–165). Selain itu karena senyawa golongan fenol juga memberi kontribusi pada toksisitas bahan asap, maka perlu

diteliti dengan baik, pada kategori asap cair dan bahan baku jenis yang mana yang memiliki kadar fenol rendah yang aman terhadap kesehatan.

Berbagai jenis kayu dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan asap cair (Darmadji, 2002, 267–271). Untuk mendapatkan asap cair yang berkualitas sebaiknya menggunakan kayu keras seperti kayu bakau, kayu rasamala, serbuk kayu jati serta tempurung kelapa. Perbedaan kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa dalam bahan baku pembuatan asap cair dapat menghasilkan kandungan senyawa- senyawa yang berbeda.

Selain perbedaan jenis kayu sebagai bahan baku penghasil asap cair, ukuran partikel kayu, kadar air dan suhu pemanasan pembuatan asap cair merupakan faktor yang mempengaruhi produksi asap cair. Suhu pirolisis asap cair yang dihasilkan pada temperatur pirolisis 400 °C lebih baik, karena mempunyai kadar fenol dan total asam paling tinggi serta tidak ditemukannya benzo(a)pyrene dibandingkan dengan asap cair pada temperatur yang lebih tinggi. Asap cair yang diperoleh dari tahap pirolisis masih mengandung tar yang berbahaya, sehingga diperlukan pemurnian lebih lanjut untuk meningkatkan potensi asap cair. Pemurnian bertahap dilakukan dengan cara distilasi pada asap cair hasil pirolisis yang akan menghasilkan asap cair *grade 3*. Selanjutnya pemurnian asap cair *grade 3* menjadi asap cair *grade 2* dan *grade 1*.

Sebelum asap cair digunakan untuk pengasapan dan pengawetan bahan pangan perlu dilakukan suatu uji toksisitas. Salah satu jenis uji toksisitas yang dapat digunakan ialah menggunakan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) dengan menggunakan larva udang *Artemia Salina Leach* sebagai hewan uji. Hasil penelitian Bahrami & Franco (2015, 597–617) menunjukkan bahwa pengujian dengan *artemia*, sesuai untuk aktifitas farmakologi dalam ekstrak yang bersifat toksik.

Uji toksisitas dengan menggunakan metode BSLT bertujuan untuk menyediakan bukti pendukung terhadap keamanan bahan yang diuji dan mendeteksi ada tidaknya toksisitas suatu zat. Pengujian tingkat toksisitas dengan metode BSLT dilakukan dengan mengamati tingkat mortalitas yang ditimbulkan oleh ekstrak terhadap larva udang. Batas aktivitas biologi adalah dengan nilai $LC_{50} < 1000 \mu\text{g/mL}$ maka sediaan uji yang digunakan bersifat toksik (Meyer *et al.*, 1982, 31–34). Hasil penelitian Aritonang, Wenisda, & Sofiana (2020, 31–37) menunjukkan nilai $LC_{50} > 1000 \text{ ppm}$ yang merupakan indikasi asap cair dari limbah kulit

Mangrove tidak bersifat toksik serta aman digunakan untuk pengawetan bahan pangan.

Peneliti sebelumnya belum melakukan kajian mendalam tentang toksisitas beberapa kategori asap cair dari kayu kusambi dan tempurung kelapa. Bagaimana sifat toksisitas asap cair hasil pirolisis, hasil distilasi dan asap cair *food grade* (*grade 1* dan *2*) masing-masing dari bahan baku kayu kusambi dan tempurung kelapa, serta kaitannya dengan kadar senyawa golongan fenol total belum diteliti secara lengkap.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat: Seperangkat alat gelas, sistem pirolisator, timbangan digital, *blender*, *read biotic*, pacandang, *thermometer*, pengayak, oven, *hot plate*, lumpang porselin, alat distilasi, pengaduk magnet, penyaring *buchner*, kapas, aluminium foil, kertas saring, bola lampu, aerator, dan wadah tempat penetasan larva udang *Artemia salina Leach*, Spektrofotometer UV-Vis 1780 Shimadzu.

Bahan: Tempurung kelapa dan kayu kusambi, reagen Folin-ciocalteu (FC), Na_2CO_3 5%, dan *aquades*, zeolite alam ukuran 80-100 mesh, arang aktif (kayu kusambi dan tempurung kelapa), larva udang (*Artemia salina Leach*), ragi roti dan air laut.

Prosedur Penelitian

a. Pembuatan Asap Cair

Kayu kesambi tua sebagai bahan baku penghasil asap dibersihkan dan dirajang kecil dengan ukuran 1-2 cm. Kemudian, sebanyak 10 kg kayu yang sudah dirajang dimasukkan ke dalam pirolisator dan ditutup dengan rapat. Setelah itu, rangkaian kondensor dipasang dan dapur pemanas dihidupkan dengan suhu diatur sampai ± 400 °C selama 4 jam. Selanjutnya, asap cair yang tertampung yang masih bercampur dengan tar ditampung dalam botol dan didiamkan selama 7 hari agar tar dapat mengendap dan dapat dipisahkan, sedangkan asap yang tidak terkondensasi dibuang melalui pipa penyalur asap sisa.

b. Persiapan zeolite alam dan arang aktif

Zeolite alam digerus dan diayak sampai lolos ayakan yang berukuran 80-100 mesh. Kemudian, dicuci sampai bersih dan direfluks menggunakan air bebas ion pada suhu 100 °C selama 2 jam. Selanjutnya, dicuci berulang-ulang sampai air cucian berwarna bening dan dikeringkan dalam oven pada suhu 120 °C selama 3 jam sehingga diperoleh zeolite yang bersih dan kering.

Arang aktif yang digunakan dalam penelitian ini merupakan fraksi padat dari hasil pirolisis kayu kesambi dan tempurung kelapa. Arang dicuci sampai bersih dan setelah itu dipanaskan pada suhu 100 °C selama 1 jam. Selanjutnya, arang disaring, dicuci dengan *aquades* sampai bersih, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 120 °C selama 3 jam sehingga diperoleh arang aktif yang siap digunakan

c. Pemurnian Asap Cair

Asap cair yang telah didiamkan selama 7 hari dipisahkan dari endapan tar yang terbentuk dan kemudian dimasukkan ke dalam labu distilasi untuk didistilasi pada suhu kurang lebih 130 °C. Selanjutnya, destilat berupa asap cair *grade 3* yang diperoleh dilewatkan ke dalam kolom zeolite alam aktif untuk mendapatkan asap cair *grade 2*. Tahapan berikutnya adalah asap cair *grade 2* dilewatkan ke dalam kolom karbon aktif sehingga diperoleh asap cair *grade 1*.

d. Penentuan Kadar Fenol

Ditimbang 10 mg asam galat, dilarutkan menggunakan pelarut metanol sebanyak 10 mL hingga larut dan diperoleh 1000 ppm sebagai larutan induk (1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$). Larutan induk asam galat 1000 ppm dipipet sebanyak 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ppm. Kemudian masing-masing konsentrasi ditambahkan 3,5 mL *aquades* dan 250 μL *Folin-Ciocalteu* lalu dikocok. Selanjutnya, sampel didiamkan selama 8 menit dan ditambahkan 750 μL Na_2CO_3 20% dikocok sampai homogen, kemudian ditambahkan 5 mL *aquades*. Sampel diinkubasi selama 2 jam pada suhu kamar. Setelah proses inkubasi, absorbansi larutan standar ditentukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 760 nm (Alim, Hasan, Rusman, Jasmiadi, & Zulfitri, 2022, 118–124).

Penentuan kadar fenol total dilakukan dengan memipet masing-masing 0,15 mL asap cair hasil pirolisis kayu kusambi (HPKK), asap cair *grade 3* kayu kusambi (G3KK), asap cair *grade 2* kayu kusambi (G2KK), asap cair *grade 1* kayu kusambi (G1KK), asap cair hasil pirolisis tempurung kelapa (HPTK), asap cair *grade 3* tempurung kelapa (G3TK), asap cair *grade 2* tempurung kelapa (G2TK) dan asap cair *grade 1* tempurung kelapa (G1TK) yang kemudian diencerkan menggunakan *aquades* hingga volume 20 mL. Larutan masing-masing dipipet 1,5 mL dan diletakkan pada tabung reaksi. Ditambahkan 1,5 mL reagen FC dan didiamkan selama 3 menit, dikocok dalam *vortex shaker*, ditambahkan 3 mL larutan Na_2CO_3 5% dikocok dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 760 nm. Setelah diperoleh kurva standar,

absorbansi sampel dimasukkan ke dalam persamaan kurva standar untuk menentukan nilai konsentrasi sampel. Kemudian dilakukan perhitungan kadar total fenol untuk tiap kategori asap cair kayu kusambi dan tempurung kelapa.

$$KTF_e = \frac{c \left(\frac{mg}{L} \right) \times V \times fp}{g} \quad (1)$$

C = konsentrasi sampel asap cair (mg/L), V = Volume asap cair yang digunakan (L), fp = faktor pengenceran dan g = massa asap cair (mg)

e. Uji Toksisitas Asap Cair Kayu Kusambi dan Tempurung Kelapa.

Telur *Artemia salina* Leach sebanyak 1 gram diletakkan dalam wadah penetasan telur yang sebelumnya telah diisi dengan air laut, diaerasi menggunakan aerator dan diberi penerangan dengan cahaya lampu, kemudian ditutup menggunakan aluminium foil. Telur akan menetas setelah kira-kira 24 jam dan menjadi larva. Larva yang berumur 48 jam dapat digunakan untuk uji toksisitas.

Uji toksisitas dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali replikasi pada masing-masing kategori asap cair. Ke dalam masing-masing botol sampel dimasukkan 2 mL masing-masing asap cair. Selanjutnya ditambahkan air laut sampai volumenya menjadi 10 mL dan dimasukkan 10 ekor larva udang. Kemudian ditambahkan setetes larutan ragi roti. Pengamatan dilakukan selama 24 jam terhadap kematian larva udang.

Efek toksisitas dianalisis dari pengamatan dengan persen kematian yang ditentukan dengan rumus Abbot, seperti pada persamaan 2.

$$\%Kematian Larva = \frac{T-K}{10} \times 100\% \quad (2)$$

T = Jumlah larva uji yang mati, K = Jumlah larva kontrol yang mati, 10 = Jumlah larva uji

Dengan mengetahui % kematian larva *Artemia Salina* Leach, dibuatkan kurva log konsentrasi versus persentase kematian larva udang. Nilai LC₅₀ untuk setiap kategori asap cair merupakan konsentrasi yang menyebabkan 50% kematian larva udang .

HASIL DAN DISKUSI

Proses Pirolisis

Tahap awal pembuatan asap cair dilakukan dengan proses pirolisis. Tahap pirolisis akan menghasilkan tiga bentuk zat yaitu padatan, gas dan cairan. Komponen padatan dari asap cair berupa arang yang digunakan untuk pemurnian asap cair dan gas merupakan asap yang tidak terkondensasi. Hasil cairan pada proses pirolisis ini disebut sebagai

asap cair. Proses selama berlangsung 4 jam pada suhu ±400 °C, sampai alat pirolisis tidak mengeluarkan asap cair lagi. Asap cair yang dihasilkan pada proses ini terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan atas yang berwarna hitam kecoklatan merupakan asap cair dan lapisan bawah berwarna hitam kental yang disebut sebagai tar.

Pemurnian Asap Cair dengan Distilasi

Pemurnian awal asap cair hasil pirolisis yaitu dengan mengendapkan cairan hasil pirolisis dari masing-masing bahan baku selama 7 x 24 jam, yang bertujuan untuk memisahkan asap cair dari tar berdasarkan perbedaan massa jenisnya. Selanjutnya asap cair masing-masing dari kayu kusambi dan tempurung kelapa yang telah dipisahkan dari tar didistilasi. Proses distilasi pada asap cair bertujuan untuk memisahkan fraksi ringan yang memiliki senyawa bertitik didih rendah dengan fraksi berat yang memiliki titik didih tinggi yang dapat mengandung komponen PAH yang bersifat toksik dalam asap cair. Selain itu untuk memisahkan tar yang masih bercampur dengan fraksi ringan setelah proses pengendapan. Hasil distilasi menunjukkan terjadinya pengurangan volume dan berat asap cair dari masing-masing bahan baku. Berkurangnya volume dan berat asap cair ini disebabkan karena adanya senyawa yang tidak ikut menguap pada saat proses distilasi.

Asap Cair Grade 2 dan Grade 1

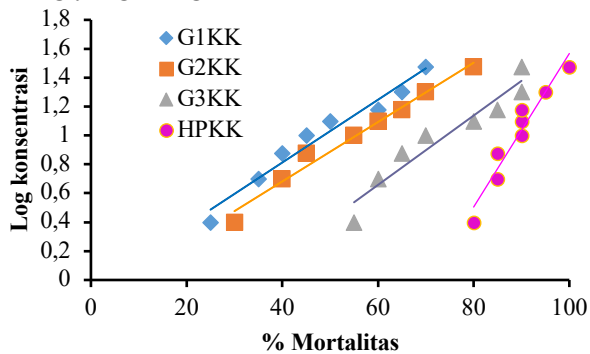
Pemurnian asap cair bertujuan untuk mendapatkan asap cair yang tidak mengandung bahan berbahaya sehingga aman digunakan dalam pengolahan bahan makanan. Tahap pemurnian untuk mendapatkan asap cair grade 1 dan 2 yaitu dengan melewati destilat yang telah dihasilkan pada adsorben zeolite alam dan arang aktif. Sebelum digunakan sebagai adsorben, arang aktif dan serbuk zeolit alam terlebih dahulu diaktivasi secara fisika melalui proses refluks ± 100 °C selama kurang lebih 3 jam yang bertujuan untuk menghilangkan pengotor organik dan anorganik.

Asap cair hasil asap cair hasil filtrasi dengan serbuk zeolite disebut asap cair grade 2 berwarna kuning pucat, sedikit berbau menyengat dan tidak terdapat lagi lapisan minyak pada bagian atas. Asap cair yang telah melewati kolom filtrasi berisi zeolite alam dan arang aktif digolongkan dalam asap cair grade 1, berwarna bening pucat sedikit kekuningan, sudah tidak terdapat lagi lapisan minyak pada bagian dan tidak berbau menyengat.

Uji Toksisitas Menggunakan Metode BSLT

Variasi konsentrasi masing-masing kategori asap cair kayu kusambi dan tempurung kelapa

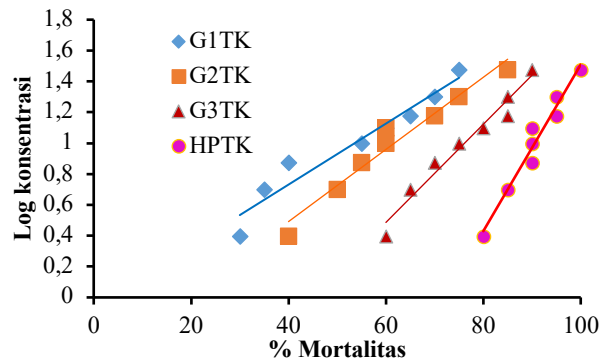
adalah 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 20 dan 30 %, dengan larutan tanpa asap cair sebagai kontrol. Kurva plot % mortalitas versus log konsentrasi asap cair kayu kusambi pada gambar 1 menunjukkan bahwa meningkatnya konsentrasi asap cair kayu kusambi pada empat kategori menyebabkan jumlah larva udang yang mengalami kematian bertambah.



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi asap cair kayu kusambi terhadap mortalitas larva *artemia salina leach*

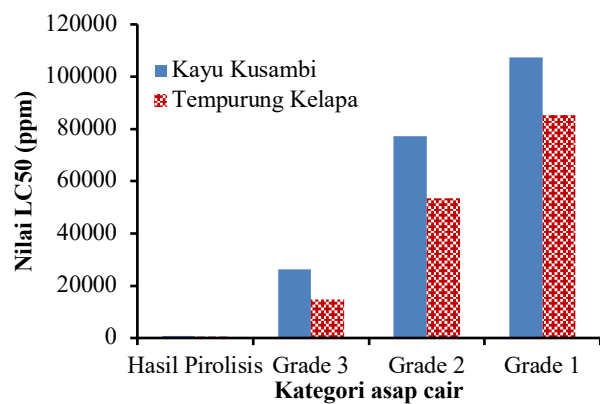
Nilai LC₅₀ pada masing-masing kategori asap cair kayu kesambi dapat ditentukan dari persamaan regresi yang diperoleh, dengan mencari nilai antilog konsentrasi pada mortalitas 50%. Hasil perhitungan LC₅₀ dari masing-masing grafik empat kategori asap cair kayu kusambi pada gambar 1, disajikan pada gambar 2. Nilai LC₅₀ untuk asap cair kayu kusambi kategori HPKK, G3KK, G2KK dan G1KK masing-masing berturut-turut 816,14; 26220,27; 77153,18 dan 107446,68 ppm. Dari data nilai LC₅₀ untuk masing-masing kategori asap cair kayu kusambi menunjukkan bahwa asap cair hasil pirolisis berada pada kategori toksik, nilai LC₅₀ < 1000 ppm, sedangkan asap cair kayu kesambi hasil distilasi, *grade 2* dan *grade 1* bersifat tidak toksik, karena LC₅₀ > 1000 ppm.

Gambar 2 memperlihatkan pengaruh konsentrasi masing-masing empat kategori asap cair tempurung kelapa pada mortalitas larva udang. Dari gambar 2 tersebut menunjukkan bahwa pada konsentrasi yang sama, keempat kategori asap cair tempurung kelapa mempunyai pengaruh berbeda pada mortalitas larva udang.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi asap cair tempurung kelapa terhadap mortalitas larva *Artemia salina Leach*

Asap cair hasil pirolisis tempurung kelapa memiliki tingkat mortalitas lebih tinggi dibandingkan dengan ketiga kategori asap cair tempurung kelapa lainnya. Nilai LC₅₀ untuk asap cair tempurung kepala kategori HPTK, G3TK, G2TK dan G1TK masing-masing berturut-turut 654,626; 14757,904; 53364,151; dan 85306,952 ppm. Dari nilai LC₅₀ tersebut dapat disimpulkan bahwa asap cair hasil pirolisis tempurung kelapa bersifat toksik, sedangkan asap cair hasil distilasi, *grade 2* dan *grade 1* tidak bersifat toksik.



Gambar 3. Perbandingan nilai LC₅₀ masing-masing kategori asap cair kayu kusambi dan tempurung kelapa

Berbandingan toksisitas masing-masing kategori asap cair kayu kusambi dan tempurung kelapa yang disajikan pada gambar 3 menunjukkan bahwa tingkat toksisitas empat kategori asap cair kayu kusambi lebih rendah dibandingkan dengan asap cair yang bersumber dari tempurung kelapa, karena nilai LC₅₀ untuk kategori asap cair yang sama pada asap cair dari kayu kesambi memiliki nilai lebih tinggi. Asap cair dari kedua bahan baku tersebut memiliki kesamaan yaitu asap cair hasil pirolisis berada pada kategori toksik, sedangkan asap cair hasil distilasi, *grade 2* dan *grade 1* semuanya tidak toksik.

Kadar Total Fenol Asap Cair

Instrumen yang digunakan untuk analisis kuantitatif kadar total fenol adalah spektrofotometer UV-Vis karena fenol mengandung sistem aromatik yang terkonjugasi sehingga menunjukkan pita serapan kuat pada daerah spektrum sinar ultraviolet dan spektrum sinar tampak (Aminah, Tomayahu, & Abidin, 2017,226–230)

Hasil penentuan kadar total fenol dalam masing-masing kategori asap cair yang disajikan pada tabel 1 menunjukkan bahwa kadar total fenol pada asap cair hasil pirolisis lebih tinggi dibandingkan tiga kategori asap cair lainnya. Proses distilasi dan filtrasi melalui kolom adsorben zeolite dan arang aktif dapat mengurangi kadar fenol. Berkurangnya senyawa fenol dalam asap cair ditandai dengan aroma asap yang tidak menyengat dan warna yang lebih bening. Aroma asap yang terbentuk sebagian besar dipengaruhi oleh adanya senyawa fenol dan karbonil serta sebagian kecil juga dipengaruhi oleh asam.

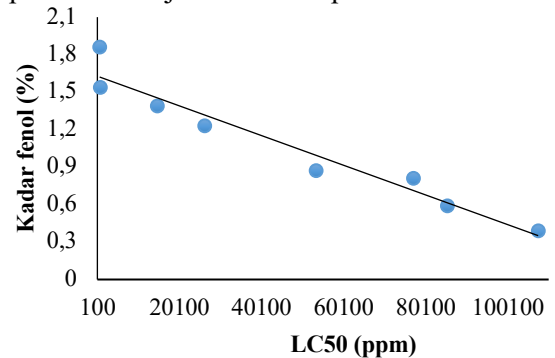
Tabel 1. Hasil penetapan fenol total asap cair kayu kusambi dan tempurung kelapa dalam masing-masing empat kategori asap

Kategori Asap Cair	Konsentrasi fenol total (mg/L)	Kadar Fenol Total (%)
G1KK	2,22	0,39
G1TK	3,3	0,59
G2KK	4,54	0,81
G2TK	4,92	0,87
G3KK	6,91	1,23
G3TK	7,84	1,39
HPKK	8,65	1,54
HPTK	10,48	1,86

Pada saat proses pirolisis dengan suhu tinggi maka akan terbentuk senyawa-senyawa fenol dengan titik didih tinggi. Namun setelah dilakukan proses distilasi, senyawa-senyawa fenol dengan titik didih tinggi akan terpisah dengan destilat sehingga hanya senyawa-senyawa fenol dengan titik didih rendah saja yang terdapat dalam destilat.

Dari data pada tabel 1 juga memperlihatkan adanya perbedaan kadar total senyawa fenol pada kategori asap cair yang sama. Asap cair yang bersumber dari kayu kusambi memiliki kadar total fenol yang lebih rendah dibandingkan dengan asap cair berbahan baku tempurung kelapa. Meskipun asap cair dari kedua jenis bahan baku tersebut diproduksi melalui proses yang sama tetapi faktor

utama yang mempengaruhi perbedaan kadar total fenol yang merupakan salah satu golongan senyawa yang memberi kontribusi pada tingkat toksisitas asap cair adalah jenis dan komposisi bahan baku.



Gambar 4. Grafik hubungan nilai LC_{50} dan kadar fenol pada asap cair kayu kusambi dan tempurung kelapa

Dari Gambar 4 terlihat bahwa, tingkat toksisitas asap cair tempurung kelapa pada berbagai kategori asap cair lebih tinggi dibandingkan asap cair kayu kusambi, sesuai dengan kadar total fenol dalam asap cair tempurung kelapa yang lebih tinggi dibandingkan dengan asap cair kayu kusambi. Besarnya kadar fenol mempengaruhi tingkat toksisitas dari suatu asap cair, semakin besar kadar total fenol maka semakin besar pula tingkat toksik asap cair (Rumayati, Idiawati, & Destiarti, 2014, 30–35). Hal ini disebabkan karena senyawa fenol merupakan salah satu senyawa yang terkandung di dalam tar. Tar dapat dikurangi dengan pemurnian asap cair hasil pirolisis menggunakan distilasi dan filtrasi pada kolom zeolite dan arang aktif.

Hasil penelitian ini memberikan informasi ilmiah penting bahwa dengan menggunakan acuan parameter batasan toksisitas berdasarkan nilai LC_{50} maka asap cair dari tempurung kelapa dan kayu kusambi kategori *grade* 1, 2 dan 3 tidak bersifat toksik dan dapat digunakan dalam pengolahan bahan makanan karena termasuk dalam kategori tidak toksik. Apabila menggunakan acuan kadar total maka semua kategori asap cair baik dari tempurung kelapa maupun kayu kusambi dapat digunakan dalam pengolahan bahan makanan karena memiliki kadar fenol dalam batasan yang diperbolehkan. Peraturan Pemerintah RI tentang Persyaratan Keamanan Mutu BTP Formula Berbasis Asap cair Nomor T-SD.03.09.1.5.01.23.22 menyatakan batas aman total fenol dalam makanan adalah 0,30-1,97%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil uji toksisitas menggunakan *BSLT*, asap cair hasil pirolisis kayu kusambi dan tempurung kelapa bersifat toksik, dengan $LC_{50} < 1000$ ppm, sedangkan asap cair hasil distilasi, *grade 2*, dan *grade 1* kayu kusambi dan tempurung kelapa tidak bersifat toksik, nilai $LC_{50} > 1000$ ppm. Nilai LC_{50} semua kategori asap cair tempurung kelapa dan kayu kesambi dipengaruhi oleh kadar total fenol. Asap cair dengan kadar total fenol tinggi akan memiliki nilai LC_{50} rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada semua anggota tim peneliti yang mempersiapkan alat produksi asap cair dan kepada Adytia Dwipatria de Gatas yang telah melaksanakan uji toksitas sampel asap cair dalam penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Alim, N., Hasan, T., Rusman, R., Jasmiadi, J., & Zulfitri, Z. (2022). Phytochemical Screening, Relationship of Total Phenolic with Antioxidant Activity of Ethanol and Methanol Extracts of Kesambi (*Schleichera oleosa* (Lour.) Oken) Bark. *Jurnal Ilmiah Sains*, 22(2), 118-121. <https://doi.org/10.35799/jis.v22i2.40091>.
- Aminah, A., Tomayahu, N., & Abidin, Z. (2017). Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etanol Kulit Buah Alpukat (*Persea Americana* Mill.) dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 4(2), 226–230. <https://doi.org/10.33096/jffi.v4i2.265>.
- Apituley, D. A. N., Leiwakabessy, J., & Nanloh, E. E. M. (2014). Pemanfaatan Asap Cair Kayu Putih (*Malaleuca Cajuputi*) sebagai Antioksidan dalam Pengolahan Ikan Tuna Asap. *Chimica et Natura Acta*, 2(2), 145–151. <https://doi.org/10.24198/cna.v2.n2.9159>
- Aritonang, A. B., Wenisda, F. M., & Sofiana, M. S. (2020). Asap Cair dari Limbah Kulit Mangrove (*Avicennis alba*) untuk Pengawetan Bakso Ikan. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 3(1), 31–37. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v3i1.46561>.
- Bahrami, Y., & Franco, C. M. M. (2015). Structure elucidation of new acetylated saponins, Lessoniosides A, B, C, D, and E, and non-acetylated saponins, Lessoniosides F and G, from the viscera of the sea cucumber holothuria lessoni. *Marine Drugs*, 13(1), 597–617. <https://doi.org/10.3390/md13010597>.
- Budijanto, S., Hasbullah, R., Prabawati, S., Setyadjit, Sukarno, & Zuraida, I. (2008). Identifikasi dan Uji Keamanan Asap Cair Tempurung Kelapa untuk Produk Pangan. *Pascapanen*, 5(1), 32–40.
- Darmadji, P. (2002). Optimasi Pemurnian Asap Cair dengan Metoda Redistilasi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 13(3), 267271. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/29871>.
- Dolaria, N. (2016). Teknik Analisis Fenol dan Angka Asam dari Asap Cair Tempurung Kelapa untuk Pengasapan Ikan. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, 7(2), 161–165. <https://doi.org/10.15578/blta.7.2.2008.161-165>.
- Meyer, B. N., Ferrigni, N. R., Putnam, J. E., Jacobsen, L. B., Nichols, D. E., & McLaughlin, J. L. (1982). Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Medica*, 45(1), 31–34. <https://doi.org/10.1055/s-2007-971236>.
- Rumayati, Idiawati, N., & Destiarti, L. (2014). Uji Aktivitas Antioksidan, Total Fenol dan Toksisitas dari Ekstrak Daun dan Batang Lakum (*Cayratia trifolia* (L) Domin). *Jurnal Kimia Khatulistiwa (JKK)*, 3(3), 30–35. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/view/7375>.
- Sumpono. (2018, 27 November). Uji Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Asap Cair Tempurung Kelapa Sawit. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains, Universitas Sebelas Maret, Surakarta. Retrieved from <https://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/snps/article/view/12534>.
- Suroso, E., Utomo, T. P., Hidayati, S., & Nuraini, A. (2018). Pengasapan Ikan Kembang Menggunakan Asap Cair dari Kayu Karet Hasil Redistilasi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(1), 42. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v21i1.21261>.