

CHEMICAL COMPOUND OF LIQUID SMOKE DERIVED FROM LEAF OF *Piper betle* L And *Piper crocatum* Ruiz & Pav

Dodi Irwandi, Ai Emalia Sukmawati, Dian Maria Ulfah

Jurusan Analisa Farmasi dan Makanan Poltekkes Kemenkes Jakarta II

Email: ddi_irwandi81@yahoo.com

ABSTRACT

Liquid smoke made from green betel leaf (*Piper betle* L) and red betel leaf (*Piper crocatum* Ruiz & Pav) has been made by pyrolysis. To determine the allegations of the chemical compounds contained in these two liquid smoke, they were tested by Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS) method. Based on the test results it was found that there were 7 suspected compounds in the liquid smoke of green betel leaf and 30 compounds in red betel liquid smoke. The main compounds contained in the liquid smoke of green betel leaf are Isamoxole as the anti-allergic, 5,10-Diethoxy-2,3,7,8-tetrahydro-1H,6H-dipyrrolo [1,2-a; 1', 2'-d] Pyrazine as an antifungal and 3,5-Dimethoxyphenol has the potential to be antibacterial while in red betel leaves are 4- (1H-1,3-Benzodiazol-2-yl) phenol and Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5- (2 -propenyl) - Bioactivity potential of the two compounds has not been found.

Keywords :Liquid Smoke, *Piper betle* L, *Piper crocatum* Ruiz & Pav

KARAKTERISASI KIMIA ASAP CAIR HASIL PIROLISIS DAUN SIRIH HIJAU (*Piper betle* L) DAN MERAH (*Piper crocatum* Ruiz & Pav)

ABSTRAK

Asap cair berbahan baku daun sirih hijau (*Piper betle* L) dan daun sirih merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav) telah dibuat dengan cara pirolisis. Untuk mengetahui dugaan senyawa kimia yang terkandung dalam kedua asap cair ini, produk asap cair diuji dengan metode Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (KG-SM). Berdasarkan hasil pengujian ditemukan terdapat 7 dugaan senyawa dalam asap cair daun sirih hijau dan 30 senyawa dalam asap cair sirih merah. Senyawa utama yang terdapat dalam asap cair daun sirih hijau adalah *Isamoxole* sebagai antialergi berikutnya *5,10-Diethoxy-2,3,7,8-tetrahydro-1H,6H-dipyrrolo[1,2-a;1',2'-d]pyrazine* sebagai antijamur dan *3,5-Dimethoxyphenol* berpotensi sebagai antibakteri sedangkan dalam daun sirih merah yaitu *4-(1H-1,3-Benzodiazol-2-yl)phenol* dan *Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)*- belum ditemukan potensi bioaktivitas dari kedua senyawa tersebut.

Kata Kunci :Asap Cair, *Piper betle* L, *Piper crocatum* Ruiz & Pav

PENDAHULUAN

Asap cair merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari pirolisis. Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi bahan organik dengan bantuan pemanasan dalam atmosfer tanpa atau sedikit oksigen. Pirolisis akan menghasilkan tiga produk yaitu padatan, cairan dan gas. Cairan merupakan produk dekomposisi berupa gas yang dikondensasikan (1,2). Cairan inilah yang dikenal sebagai asap cair.

Beberapa penelitian tentang sumber bahan baku dan aplikasi asap cair telah dilakukan. Asap cair berbahan baku limbah pertanian dan kayu karet sebagai antibakteri (3,4), tempurung kelapa sebagai pengawet pangan (5,6), tempurung kenari terhadap kualitas daging (7), sampah organik perkotaan sebagai *antifeedant* (8) dan kulit durian yang berpotensi sebagai biopestisida dan antifungal (9). Sampai saat ini belum dilaporkan adanya penelitian asap cair berbahan baku tumbuhan berkhasiat obat sehingga hal ini menarik untuk dilakukan, mengingat Indonesia adalah negara yang memiliki potensi sumber tumbuhan berkhasiat obat yang cukup banyak.

Pada penelitian yang akan dilakukan digunakan daun sirih sebagai bahan baku pembuatan asap cair. Daun sirih hijau dan merah dipilih karena telah dilaporkan ekstraknya memiliki bioaktivitas sebagai antibakteri (10,11), antioksidan (12,13), antifungal (14) dan antitumor (15). Diharapkan dengan dibuat menjadi asap cair, dapat ditemukan potensi bioaktivitas lainnya atau bioaktivitasnya sama dengan dalam bentuk ekstrak. Mengingat ekstrak diperoleh dengan biaya yang relatif mahal karena menggunakan pelarut organik dan melibatkan peralatan yang banyak.

Pada tahapan penelitian pendahuluan ini akan dilakukan pembuatan asap cair berbahan baku daun sirih hijau (*Piper betle* L) dan daun sirih merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav) yang selanjutnya produk asap cair diuji dengan instrumen Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa untuk menduga senyawa kimia yang dikandungnya. Prediksi senyawa dari hasil uji KG-SM dapat digunakan sebagai petunjuk untuk menentukan potensi bioaktivitasnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan eksperimen laboratorium. Bahan yang digunakan yaitu daun sirih hijau dan merah yang sudah dicuci dan dikeringkan. Untuk memastikan kebenaran sampel dilakukan determinasi. Peralatan utama yang digunakan pada penelitian adalah satu set alat pirolisis yang dibuat sendiri. KG-SM Merek Agilent tipe 7890 yang dilengkapi data base senyawa serta peralatan gelas.

Tahapan utama penelitian adalah pembuatan alat pirolisis berikutnya pembuatan asap cair menggunakan alat pirolisis dan terakhir penentuan dugaan senyawa yang dikandung dalam asap cair produk pirolisis. Pembuatan alat pirolisis dilakukan di bengkel las. Komponen logam yang digunakan adalah baja tahan karat. Komponen terdiri dari tabung pemanas sampel, pipa penyalur asap yang tersambung ke kondensor, wadah untuk air pendingin kondensor dan penampung destilat. Pemanas yang digunakan adalah tungku berbahan bakar LPG.

Setelah alat dibuat selanjutnya dilakukan pembuatan asap cair dengan cara sebagai berikut. Sejumlah daun sirih kering dimasukkan ke dalam tabung pemanas. Tabung ditutup rapat

dan dihubungkan dengan pipa penyalur asap, dicelupkan sebagian pipa ke dalam air untuk proses kondensasi asap menjadi cairan. Dipanaskan ruang pemanas dengan api dari tungku gas. Destilat yang keluar dari pipa penyalur asap ditampung menggunakan wadah dari bahan gelas. Pemanasan dilakukan sampai tidak ada lagi destilat yang menetes dari dari pipa penyalur gas. Destilat diambil dan tungku dimatikan. Destilat merupakan produk pirolisis yang dinyatakan sebagai asap cair.

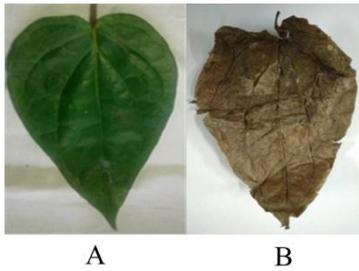
Untuk mengetahui dugaan kandungan senyawa kimia dalam asap cair maka selanjutnya dilakukan pengujian menggunakan instrumen KG-SM dengan pengaturan parameter alat sebagai berikut. Kolom HP Ultra 2, merupakan kolom kapiler dengan panjang 30 m. Digunakan helium sebagai gas pembawa, laju alir diatur dengan kecepatan 1,2 mL/menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

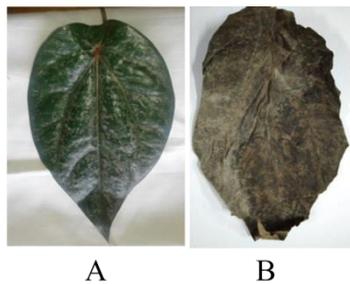
Determinasi terhadap sampel daun sirih dilakukan di Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya-LIPI Bogor. Hasil determinasi menunjukkan bahwa sampel adalah benar sirih hijau (*Piper betle* L) dan

sirih merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav).

Daun sirih sebelum dan sesudah dikeringkan dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1 Daun sirih hijau (A) basah, (B) kering



Gambar 2 Daun sirih merah (A) basah, (B) kering

Gambar 3 merupakan bentuk terangkai dari alat pirolisis yang digunakan dalam pembuatan asap cair. Sampel yang berada dalam wadah pemanas dipanaskan menggunakan sumber panas yang berasal dari tungku gas yang diatur apinya sedang, setelah mencapai suhu tertentu dari ruang pemanas akan keluar asap dan bahan mudah menguap lain yang tidak

teramati secara visual. Asap keluar dari wadah pemanas melalui pipa penyalur dan dicairkan dalam kondensor. Lalu cairan akan keluar melalui ujung pipa kondensor dan ditampung dalam wadah yang sudah disediakan.



Keterangan :
 1. Sumber panas
 2. Wadah pemanas sampel
 3. Pipa penyalur asap
 4. Air pendingin
 5. Pipa kondensator
 6. Wadah destilat

Gambar 3. Alat Pembuat Asap Cair

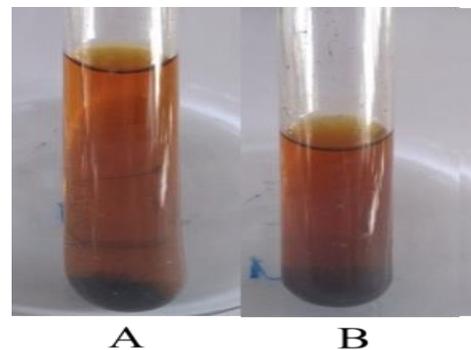
Salah satu bagian terpenting dari alat pirolisis untuk pembuatan asap cair adalah pipa kondensator. Pipa ini harus benar-benar terendam dalam air pendingin serta harus memiliki ukuran panjang yang cukup untuk mengubah asap menjadi cairan. Ukuran yang terlalu pendek dapat mengakibatkan tidak semua asap dapat dirubah menjadi cairan, sehingga mengurangi jumlah asap cair yang dihasilkan. Tabung pemanas harus benar-benar kedap udara untuk menjamin bahwa oksigen berada dalam jumlah kecil sehingga tidak terjadi pembakaran dalam tabung pemanas. Jika sampel dalam tabung terbakar maka tidak akan

terjadi pirolisis. Sebagaimana lazim diketahui bahwa produk dari pembakaran sempurna adalah air dan karbon dioksida. Sedangkan tujuan dari pirolisis adalah mengambil senyawa-senyawa dalam sampel yang mudah menguap sampai suhu tertentu sesuai suhu yang diaplikasikan dalam pemanasan. Kekurangan pada alat yang digunakan yaitu tidak dilengkapi dengan sensor suhu sehingga tidak diketahui suhu pemanasan yang teraplikasikan. Tetapi hal tersebut tidak menjadi masalah karena tujuan dari penelitian ini hanya mendapatkan produk asap cair tanpa harus mengetahui berapa tepatnya suhu dalam ruang pemanasan.

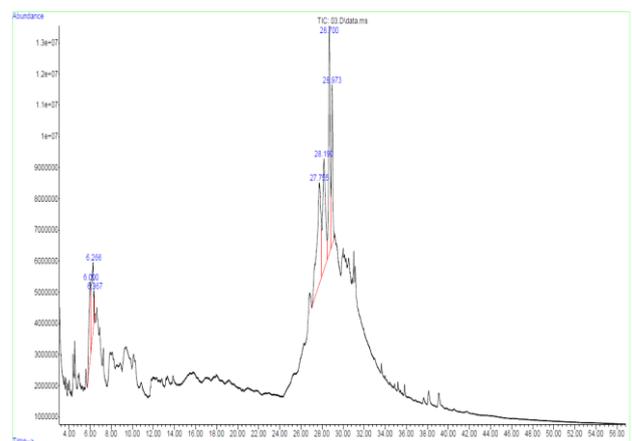
Produk asap cair seperti tampak dalam Gambar 4, memiliki warna kuning kecoklatan dan bau yang khas. Gambar 5 merupakan spektrum KG asap cair sirih hijau dan Gambar 6 spektrum KG asap cair sirih merah. Tabel 1 dan 2 merupakan dugaan nama senyawa kimia yang terkandung di dalamnya. Pada tabel terlihat bahwa terdapat 7 senyawa yang terkandung dalam asap cair daun sirih hijau dan 30 senyawa dalam asap cair sirih merah.

Asap cair yang dihasilkan dari kedua daun sirih memiliki ciri fisik

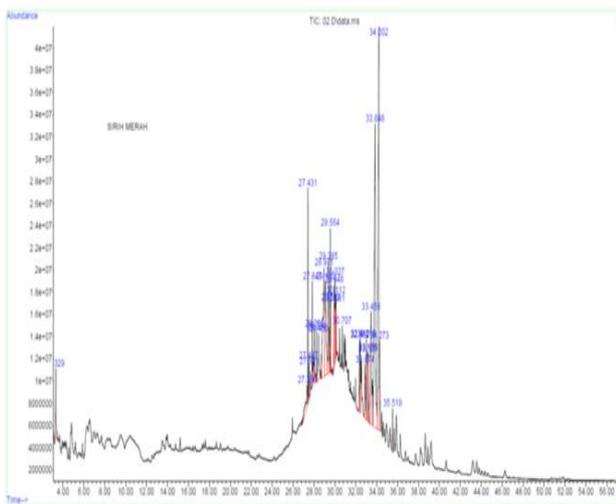
yang hampir sama secara umum dengan ciri asap cair yang dijual di pasaran yaitu berwarna kuning dan memiliki bau yang khas dan kuat. Sifat-sifat ini ditimbulkan oleh kandungan senyawa kimia yang dikandung didalamnya.



Gambar 4 Asap cair produk pirolisis (A) sirih hijau (B) sirih merah



Gambar 5. Spektrum KG asap cair daun sirih hijau



Gambar 6 Spektrum KG asap cair daun sirih hijau

Berdasarkan hasil uji KG-SM seperti yang disajikan pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa terdapat 7 senyawa yang terkandung dalam asap cair daun sirih hijau. Senyawa dengan kadarnya lebih dari 20% yaitu *3,5-Dimethoxyphenol* berikutnya *5,10-Diethoxy-2,3,7,8-tetrahydro-1H,6H-dipyrrolo[1,2-a;1',2'-d]pyrazine* dan *Isamoxole*. Selain dari ketiga senyawa tersebut terdapat juga senyawa lain dengan jumlah kecil yaitu *5-Nitroso-2,4,6-triaminopyrimidine; 1,2,6-hexanetriol; 1-Pentanol, 4-amino* dan *1-Methyl-1H-imidazole-4-carboxylic acid*.

Mengacu ke data yang dihimpun oleh *National Institutes of Health* (NIH) (16) ketiga senyawa tersebut diklasifikasikan mempunyai potensi

sebagai berikut. *3,5-Dimethoxyphenol* sebagai antibakteri, berikutnya *5,10-Diethoxy-2,3,7,8-tetrahydro-1H,6H-dipyrrolo[1,2-a;1',2'-d]pyrazine* sebagai antifungal dan *Isamoxole* sebagai antialergi.

Penelitian yang dilakukan oleh Budijanto dkk (17) menemukan bahwa salah satu komponen utama asap cair dari batok kelapa adalah fenol dan turunannya hal ini sejalan juga dengan hasil penelitian ini yang mana komponen salah satu komponen utama adalah golongan fenol.

Lingbeck dan tim menemukan bahwa komponen utama asap cair yang terbuat dari kayu adalah senyawa fenol dan diaplikasikan sebagai bahan tambahan makanan yang memiliki fungsi sebagai pengawet (18).

Tabel 1 Komponen Senyawa Dalam Asap Cair Daun Sirih Hijau

No	Waktu Retensi (menit)	Kadar (%)	Nama Senyawa	Kemiripan (%)
1	6,000	8,33	<i>1-Pentanol, 4-amino</i>	59
2	6,266	9,66	<i>1,2,6-hexanetriol</i>	35
3	6,367	0,87	<i>1-Methyl-1H-imidazole-4-carboxylic acid</i>	47
4	27,755	25,38	<i>Isamoxole</i>	38
5	28,190	20,02	<i>3,5-Dimethoxyphenol</i>	35
6	28,700	22,08	<i>5,10-Diethoxy-2,3,7,8-tetrahydro-1H,6H-dipyrrolo[1,2-a;1',2'-d]pyrazine</i>	89
7	28,973	13,67	<i>5-Nitroso-2,4,6-triaminopyrimidine</i>	43

Wibowo menemukan bahwa kadar fenol dalam asap cair yang terbuat dari tempurung lempuyung berbanding lurus dengan suhu dan waktu yang diaplikasikan. Dari

penelitian yang dilakukan oleh wibowo diketahui bahwa suhu dan waktu yang optimal untuk menghasilkan fenol dalam jumlah banyak adalah 500 °C selama 5 jam (19).

Tabel 2 Komponen Senyawa Dalam Asap Cair Daun Sirih Merah

No	Waktu Retensi (menit)	Kadar (%)	Nama Senyawa	Kemiripan (%)
1	3,329	2,16	Butyrolactone	47
2	27,350	1,58	10-Methyl-9-nonadecene	80
3	27,431	2,77	Neophytadiene	99
4	27,487	0,40	3,7,11,15-Tetramethylhexadec-2-ene	96
5	27,521	0,43	Dodecane, 1-methoxy-	25
6	27,847	1,61	13-Methyltetradecanal	70
7	28,053	1,02	1,2-15,16-Diepoxyhexadecane	55
8	28,254	0,57	Hexadecanoic acid, methyl ester	98
9	28,450	2,06	1-(3-Chlorophenyl)piperazine	53
10	28,971	8,26	n-Hexadecanoic acid	95
11	29,110	6,86	Benzoic acid, 3,5-dihydroxy-	38
12	29,385	2,76	Cycloeicosane	98
13	29,564	2,10	Phytol	99
14	29,593	0,70	Methyl stearate	96
15	29,948	2,96	Oleic Acid	96
16	30,027	2,18	Octadecanoic acid	98
17	30,081	0,76	2-Dodecen-1-yl(-)succinic anhydrid	93
18	30,112	1,04	Tetradecanamide	81
19	30,707	0,45	Calein A	49
20	32,362	1,71	3-(N,N-Dimethylamino)carbazol	55
21	32,412	1,58	Phenol, p-1-indanyl-	47
22	32,874	2,05	Stannane, trimethyl(phenylmethyl)-	41
23	33,018	3,19	Spiro[2.3]hexan-4-one, 6-methyl-5,5-diphenyl-	55
24	33,135	1,77	[1,1'-Biphenyl]-3-amine	44
25	33,179	1,85	1-Isobutyl-7,7-dimethyl-octahydro-isobenzofuran-3a-ol	46
26	33,458	5,55	1,3-benzenedicarbonyl dichloride,5-(dimethylamino)-	95
27	33,848	18,53	Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)-	25
28	34,202	18,82	4-(1H-1,3-Benzodiazol-2-yl)phenol	49
29	34,273	3,26	4-Ethyl-acridan	35
30	35,519	1,03	Octacosane	98

Senyawa lain yang ditemukan dalam penelitian ini adalah dugaan senyawa 5,10-Diethoxy-2,3,7,8-tetrahydro-1H,6H-dipyrrolo[1,2-a;1',2'-d] pyrazine yang berpotensi sebagai antifungal. Suryandari menyatakan bahwa asap cair dari tempurung kelapa memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan *Penicillium* sp, *Aspergillus* sp dan *Curvularia* sp pada nira namun tidak diinformasikan golongan senyawa yang berperan (20). Oramahidkkmenemukan juga bahwa asap cair berbahan baku serbuk gergaji dan kayu akasia memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan jamur (21).

Hal menarik dari penelitian yang telah dilakukan adalah ditemukannya senyawa *Isamoxole* yang berpotensi sebagai antialergi. Belum banyak ditemukan penelitian yang membahas potensi asap cair sebagai antialergi sehingga keadaan ini menarik untuk dilakukan.

Jika dicermati dari Tabel 1 terlihat bahwa persentase kemiripan

antara senyawa yang terkandung dalam asap cair daun sirih hijau dengan data base senyawa pada alat sebagian besar nilainya dibawah 50%. Hal ini menunjukkan bahwa hampir semua senyawa dalam asap cair daun sirih hijau merupakan senyawa baru. Keadaan ini sangat menarik untuk ditindaklanjuti dengan penelitian lanjutan berupa isolasi senyawa senyawa tersebut dan kemudian ditentukan nama senyawa yang sesuai.

Pada Tabel 2 yang merupakan daftar prediksi senyawa yang terkandung dalam asap cair daun sirih merah dapat ditemukan jumlah senyawa yang terkandung sebanyak 30 senyawa. Berbeda dengan kandungan senyawa dalam daun sirih hijau, pada daun sirih merah tidak ditemukan senyawa dengan kadar lebih dari 20%. Hanya ada 2 senyawa yang kadarnya cukup besar yaitu diatas 18%. Kedua senyawa tersebut yaitu *4-(1H-1,3-Benzodiazol-2-yl)phenol* sebesar 18,82% dan *Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)*-sebesar 18,53%. Berdasarkan penelusuran belum ditemukan potensi bioaktivitas dari kedua senyawa tersebut sehingga menarik untuk dilakukan pengujian bioaktivitas dari asap cair daun sirih merah ini.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian KG-SM terhadap asap cair yang diperoleh dari pirolisis daun sirih (*Piper betle* L) dan sirih merah (*Piper crocatum* Ruiz& Pav), ditemukan dugaan senyawa sebanyak 7 senyawa dari daun sirih hijau dan 30 senyawa dari daun sirih merah. Dugaan potensi bioaktivitas dari asap cair daun sirih hijau berdasarkan senyawa yang terkandung didalamnya yaitu antialergi, antibakteri dan antifungi sedangkan asap cair daun sirih merah berdasarkan senyawa yang terkandung di dalamnya belum ditemukan potensi bioaktivitas.

Untuk mengetahui potensi bioaktivitas yang sebenarnya dari asap cair berbahan baku daun sirih dan daun sirih merah, harus dilakukan pengujian bioaktivitas di laboratorium. Pengujian yang dapat dilakukan antara lain uji antibakteri, antivirus, antifungi, antioksidan dan antialergi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Poltekkes Kemenkes Jakarta II yang telah memberikan dana penelitian pemula melalui DIPA Poltekkes Kemenkes Jakarta II tahun anggaran 2018 dengan

melalui Surat Perjanjian Kerjasama No. LB.02.01/I/3114/2018 tanggal 8 Mei 2018. Penulis juga mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

1. What is pyrolysis. 2018[diakses tanggal 4 Feb. 2018]. <http://www.biogreen-energy.com>
2. Pyrolysis.2018 [diakses tanggal 4 Feb. 2018]<https://www.britannica.com>
3. Darmadji P. Aktivitas Antibakteri Asap Cair Yang Diproduksi Dari Berbagai Macam Limbah Pertanian. *Agritech*. 1996;16(4):19-22
4. Karseno K, Darmadji P, Rahayu K. Daya hambat asap cair kayu karet terhadap bakteri pengkontaminan lateks dan ribbed smoke sheet. *Agritech*. 2001;21(1):10-15
5. Budijanto S, Hasbullah R, S. Prabawati S, Sukamol, Zuraida. Identifikasi Dan Uji Keamanan Asap Cair Tempurung Kelapa Untuk Produk Pangan. *J. Pascapanen*. 2008;5(1): 32-40.
6. Zuraida. Kajian Penggunaan Asap Cair Tempurung Kelapa terhadap Daya Awet Bakso Ikan. 2008 [diakses tanggal 5 Feb 2018]. <http://repository.ipb.ac.id>
7. Arizona R, Suryanto E, dan Erwanto Y. Pengaruh Konsentrasi Asap Cair Tempurung Kenari Dan Lama Penyimpanan Terhadap Kualitas Kimia Dan Fisik Daging. *Buletin Peternakan*.2011;35(1):50-56
8. Haji G, Alim Mas'ud Z, Pari G. Identifikasi Senyawa Bioaktif Antifeedant Dari Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Organik Perkotaan. *Jurnal Bumi Lestari*. 2012;12 (1):1-8
9. Oramahi HA, Farah Diba F. Maximizing the Production of Liquid Smoke from Bark of Durio by Studying Its Potential Compounds. *Procedia Environmental Sciences*. 2013 (17):60-69.
10. Kursia S, Lebang J, Taebe B, Burhan, Rahim, Nursamsiar. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etilasetat Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.) terhadap Bakteri

Staphylococcus epidermidis. *IJPST*.2016,3 (2)

11. Effa, Rahmaida Puetri R. Pengaruh Pemberian Ekstrak Daun Sirih (*Piper Betle* L.) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus Aureus* Isolat Dari Penderita Faringitis. *SEL*.2015;2(2):57-65
12. Muruganandam L, Krishna A, Reddy J, Nirmala GS. Optimization studies on extraction of phytochemicals from betel leaves. *Resource-Efficient Technologies*.2017,3: 385–393.
13. Das S, Parida R, Sandeep S, Nayak S, Mohanty S. Biotechnological intervention in betelvine (*Piper betle* L.): A review on recent advances and future Prospects. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 2016;9(10): 938–946
14. Wirasuta. Authentication of Piper betle L. folium and quantification of their antifungal-activity. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*.2017 (7):288-295
15. Emrizal. Cytotoxic Activities of Fractions and Two Isolated Compounds from Sirih Merah (Indonesian red betel) *Piper crocatum* Ruiz & Pav. *Procedia Chemistry*.2014 (13): 79-84
16. National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=42118, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/42118> (accessed Nov. 29, 2018).
17. Budijanto S, Hasbullah R, Prabawati S, Setyadjit, Sukamol, Zuraida I. Identifikasi Dan Uji Keamanan Asap Cair Tempurung Kelapa Untuk Produk Pangan. *J.Pascapanen*. 2008;5(1): 32-40
18. Lingbeck JM, Cordero P, O'Bryan CA, Johnson MG, Ricke SC, Crandall P G. Functionality of liquid smoke as an all-natural antimicrobial infod preservation. *Meat Science*.2014 (97):197–206
19. Wibowo S. Karakteristik Asap Cair Tempurung Nyamplung. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 2018;30(3):218-227
20. Suryandari KC. Uji Efektivitas Asap Cair Tempurung Kelapa Terhadap Jamur Dari Nira Rusak. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi FKIP UNS*.2010:423-430
21. Oramahi, Diba F, Wahdina. Aktivitas Antijamur Asap Cair Dari Sebuk Gergaji Kayu Akasia (*Acacia Mangium* Willd) dan Kayu Laban (*Vitex Pubescens* Vahl). *Bionatura – Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*. 2011;13(1):79-84