

Penelitian/Research

POTENSI ANTIBAKTERI DARI VINEGAR BAMBU ANDONG (*Gigantochloa pseudoarundinaceae*) DAN BAMBU AMPEL (*Bambusa vulgaris* Schrad var. *striata*)

The Antibacterial Potency of Bamboo Vinegar from Andong Bamboo (*Gigantochloa pseudoarundinaceae*) and Ampel Bamboo (*Bambusa vulgaris* Schrad var. *striata*)

Ning Ima Arie Wardayanie dan Yus Maria Novelina Sitorus

Balai Besar Industri Agro
Jl. Ir. H. Juanda No. 11, Bogor 16122
Email : ni_arie@yahoo.com

ABSTRACT: *Bamboo vinegar, a brownish-red transparent liquid with a smoky flavor, is obtained from smoke condensation in carbonization (pyrolysis) process of bamboo. Its liquid compose of 80-90% water and a mixture of more than 200 organic ingredients, such as acetic acid, phenol and aldehyde. In general, the compounds is functioned as antimicrobial, antioxidant, give smoky colour and flavor in smoke products. This research is aimed (1) to study the process of bamboo vinegar; (2) to study the purification process of bamboo vinegar and its characteristics; and (3) to study antibacterial potency of purified bamboo vinegar from andong and ampel bamboo. The result indicated that purification process of bamboo vinegar by distillation method could reduce content of its hazardous compounds, especially tar and polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH). The content of BaP and BaA range from undetectable until 10 ppb and tar range from 0.1 % - 0.4 %. The antibacterial activity resulted especially against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas*. The result showed that antibacterial activity of vinegar from andong and ampel bamboo start from 5 % for *Staphylococcus aureus*. Meanwhile the other bacteria, *Escherichia coli*, *Salmonella* dan *Pseudomonas* were more effective at higher concentration. The result showed that antibacterial activity was influenced by acid and fenol content. Higher acid and fenol content would tend higher antibacterial activity. More over, antibacterial activity might also influenced by synergism of acid and fenol in vinegar. The research can be concluded that bamboo vinegar could be purified by destilation. which can reduce tar dan PAH content and also can increase acid and fenol content which have an antibacterial activity role. Vinegar which was pirolized at 200 °C – 400 °C, was tend to have higher antibacterial activity.*

Keywords: *bamboo vinegar, antibacterial, andong bamboo, ampel bamboo, pathogenic and spoilage bacteria*

ABSTRAK: *Vinegar bambu adalah cairan transparan berwarna coklat kemerahan dengan aroma asap yang diperoleh dari kondensasi asap pada proses karbonisasi (pirolisis) bambu. Vinegar bambu mengandung 80 – 90 % air dan campuran lebih dari 200 bahan organik seperti asam asetat, fenol dan aldehid. Secara umum senyawa tersebut berperan sebagai antimikroba, antioksidan, memberikan efek warna dan cita rasa khas asap pada produk asap. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mempelajari proses pembuatan vinegar bambu; (2) mempelajari proses pemurnian vinegar bambu dan karakteristiknya; dan (3) mengetahui potensi antibakteri vinegar bambu yang telah dimurnikan dari bambu andong dan bambu ampel. Penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap yaitu tahap pembuatan vinegar bambu kasar, pemurnian vinegar bambu dan penentuan potensi antibakteri vinegar bambu.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pemurnian vinegar bambu dengan metoda penyulingan dapat mengurangi kandungan senyawa berbahaya yang terdapat pada vinegar bambu kasar, terutama komponen tar dan PAH. Vinegar bambu mempunyai kadar BaP dan BaA berkisar antara tidak terdeteksi sampai 10 ppb serta kadar tar berkisar antara 0.1 % - 0.4 %. Vinegar bambu mempunyai aktivitas antibakteri terutama terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas*. Hasil uji antibakteri menunjukkan bahwa vinegar dari bambu andong dan ampel dapat menghambat *Staphylococcus aureus* mulai konsentrasi 5%, sedangkan pada bakteri lain seperti *Escherichia coli*, *Salmonella* dan *Pseudomonas* lebih efektif pada konsentrasi yang lebih tinggi. Dari hasil pengujian tersebut dapat terlihat bahwa aktivitas antibakteri dipengaruhi oleh kadar asam dan kadar fenol. Semakin tinggi kadar asam dan kadar fenol maka aktivitas antibakteri cenderung semakin besar. Selain itu aktivitas antibakteri juga mungkin dipengaruhi oleh efek sinergisitas asam dan fenol.*

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa vinegar bambu yang dimurnikan dengan cara penyulingan, dapat mengurangi kadar tar dan PAH, dan dapat meningkatkan kadar asam dan fenol, yang berperan dalam aktivitas antibakteri. Vinegar yang dipirolisis pada suhu 200°C – 400°C cenderung memiliki aktivitas antibakteri yang lebih tinggi.

Kata kunci: *vinegar bambu, antibakteri, bambu andong, bambu ampel, bakteri patogen dan pembusuk*

PENDAHULUAN

Vinegar bambu adalah cairan transparan berwarna coklat kemerahan dengan aroma asap yang diperoleh dari kondensasi asap pada proses karbonisasi (pirolisa) bambu (Lu *et. al.*, 2007). Vinegar bambu merupakan hasil samping dari proses pembuatan arang bambu. Bambu andong (*Gigantochloa pseudoarundinaceae*) dan bambu ampel (*Bambusa vulgaris* Schrad var. *striata*) merupakan dua jenis bambu yang biasa tumbuh dan mudah didapatkan di daerah Bogor dan menghasilkan rendemen (dari berat kering) tertinggi berturut-turut sebesar 43 % dan 34 % (Pohan, *et. al.*, 2007). Penggunaan arang bambu sangat luas seperti bahan bakar, penyaringan air, *soil improvement*, pengatur kelembaban ruangan, deodorisasi dan lain-lain. Selain itu secara konvensional digunakan sebagai bahan bakar dan bahan dalam pembuatan baterai (Hosokawa *et. al.*, 2006; Farrelly, 1984). Sejalan dengan pembuatan arang bambu tersebut, terbentuknya asap selama proses pirolisis perlu mendapat perhatian karena merupakan polutan dan dapat merusak lingkungan. Proses kondensasi asap menjadi vinegar bambu merupakan salah satu cara untuk menghindari hal tersebut, bahkan vinegar bambu dapat memberikan keuntungan apabila dimurnikan terlebih dahulu.

Vinegar bambu yang terbentuk selama proses tersebut masih merupakan vinegar bambu kasar, yang juga mengandung bahan yang berbahaya seperti tar dan senyawa *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH), yang bersifat karsinogenik, mutagenik dan sitogenik. Dari 100 lebih senyawa PAH yang telah diketahui, hanya 16 jenis senyawa yang dinyatakan sebagai polutan yang utama. Salah satu dari 16 jenis ini, benzo(a)pirena telah dilaporkan sebagai senyawa PAH dengan efek karsinogenik yang paling berbahaya oleh International Agency for Research on Cancer (IARC) (Chen dan Lin, 1997). Oleh karena itu pemurnian terhadap vinegar bambu kasar sangat diperlukan agar vinegar bambu dapat digunakan tanpa menimbulkan efek samping.

Pemurnian vinegar bambu kasar dapat dilakukan dengan 4 metoda, yaitu metoda pengendapan (*standing method*), metoda penyaringan (*filtering method*), metoda penyulingan (*distillation method*) dan metoda pemecahan (*dividing method*). Pemurnian yang paling mudah dan murah untuk dilakukan

adalah dengan metoda pengendapan, yaitu dengan membiarkan dalam wadah sampai terjadi pemisahan cairan dengan tar, yang biasanya dilakukan berulang-ulang selama 6 - 12 bulan. sedangkan metoda penyulingan merupakan metoda yang baik karena pada proses penyulingan dapat menghilangkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan dan berbahaya seperti tar dan PAH sehingga diharapkan didapat vinegar bambu cair yang jernih, bebas tar dan PAH (Darmadji, 2002). Selain itu, proses penyulingan menghasilkan mutu vinegar yang paling baik dibandingkan proses pemurnian lainnya (Pohan *et. al.*, 2007).

Vinegar bambu mengandung 80 - 90 % air dan campuran lebih dari 200 bahan organik dengan asam asetat sebagai kandungan utama (Lu *et. al.*, 2007). Bahan organik yang terkandung dalam vinegar bambu adalah asam organik, fenol, aldehid, alkohol, dan lain-lain (Fu, 2006). Senyawa fenol, asam dan aldehid secara simultan dapat berperan sebagai antimikroba, antioksidan, memberikan efek warna dan cita rasa khas asap pada produk asap (Girard, 1992). Senyawa yang sangat berperan sebagai antimikroba adalah senyawa fenol dan asam asetat dan peranannya semakin meningkat apabila kedua senyawa tersebut ada bersama-sama (Darmadji, 1995). Senyawa fenol, senyawa aseton dan keton juga memiliki daya bateriosatik dan bakteriosidal pada produk asap.

Keberadaan bakteri dalam bahan pangan dapat memberikan keuntungan dan kerugian. Kerugian tersebut disebabkan oleh keberadaan bakteri patogen dan perusak makanan seperti *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* dan *Pseudomonas*. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mempelajari proses pembuatan vinegar bambu; (2) mempelajari proses pemurnian vinegar bambu dan karakteristiknya; dan (3) mengetahui potensi antibakteri vinegar bambu yang telah dimurnikan dari bambu andong dan bambu ampel.

BAHAN DAN METODA

Bahan

Bahan utama yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah Bambu andong dan bambu ampel yang didapat dari daerah Bogor. Bahan-bahan untuk analisa kimia yang digunakan adalah aquades, etanol 95%, pereaksi Folin-Ciocalteu, 0,2 % fenol, Na₂CO₃

5 %, larutan buffer asetat, standar *Benzo(a)pyrene* dan *benzo(a)anthracene*, asetonitril HPLC grade, air, heksana, diklorometana, dan *Solid Phase Extraction* (SPE) silika-Waters.

Bahan - bahan untuk uji antibakteri adalah *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* dan *Pseudomonas* koleksi dari Biofarmaka IPB, air suling, air suling steril, NaCl fisiologis, dan media nutrient agar.

Alat

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan vinegar bambu adalah kiln yang terbuat dari bahan *stainless steel* dengan kapasitas 15 Kg bambu yang dilengkapi dengan kondensor, dan botol plastik sebagai penampung vinegar bambu kasar yang dihasilkan, serta alat penyulingan yang terdiri dari *heating mantle* dan kondensor gelas.

Peralatan yang digunakan untuk analisis kimia adalah neraca timbang dengan kapasitas 2100 g, peralatan gelas, pH meter merek *metler toledo*, peralatan penyaringan Millipore, kompressor, gas N₂, HPLC series 1100 *Hewlett Packard* dengan detektor UV-DAD dan *mobile phase* diatur dengan program gradien, kolom C18 *PAH-Waters* 5 µm, 4.6 x 250 mm atau kolom yang sejenis, SPE tubes 500 mg dari *Waters*, gas N₂, spektrofotometer, sentrifus, dan peralatan gelas merek *pyrex*.

Peralatan yang digunakan untuk uji antibakteri adalah otoklaf merek *Hemmert*, inkubator merek *Hemmert*, jarum, ose, bunsen, cawan Petri, alumunium foil, kapas, kertas filter cakram, dan peralatan gelas merk *pyrex*.

Metoda

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu tahap pertama proses pembuatan vinegar bambu kasar, tahap kedua pemurnian vinegar bambu dan tahap terakhir penentuan potensi antibakteri.

Pembuatan vinegar bambu kasar dari bambu andong dan bambu ampel

Vinegar bambu kasar dihasilkan dari hasil samping proses pirolisis bambu. Bambu yang digunakan adalah bambu andong (A1) dan bambu ampel (A2). Bambu dipotong-potong. Bambu dimasukkan kedalam alat pirolisis, yang telah dilengkapi kondensor, dan dibakar. Pembakaran bambu dilakukan hingga mencapai suhu pembakaran 670-700°C, dan dari pembakaran bambu tersebut akan

menghasilkan asap hasil samping pembakaran. Pada saat pembakaran mencapai suhu 200° C, vinegar yang dihasilkan dipisahkan dalam wadah. Vinegar yang dipisahkan ini diharapkan memiliki karakteristik kandungan asam yang tinggi, karena pada suhu 200° C terjadi dekomposisi hemiselulosa menjadi asam asetat dan sejenisnya. Pembakaran terus dilanjutkan sampai suhu 400°C dan dipisahkan dalam wadah, kemudian pembakaran dilanjutkan sampai vinegar tidak menetes lagi. Sehingga didapatkan 3 jenis vinegar kasar yaitu vinegar yang dihasilkan dari pembakaran ≤ 200° C (B1), vinegar yang dihasilkan dari pembakaran 200°C - 400°C (B2) dan vinegar yang dihasilkan dari pembakaran > 400° C (B3).

Vinegar bambu kasar ini mengandung cairan dan tar, kecuali vinegar terakhir yang hanya mengandung tar, hingga tidak dilanjutkan pada ke tahap selanjutnya. Cairan yang dipisahkan inilah yang digunakan dalam proses selanjutnya. Namun sebelumnya vinegar tersebut dianalisis pH, berat jenis, indeks refraktif, kadar asam (sebagai asam asetat), kandungan tar dan kadar fenolnya.

Proses Pemurnian Vinegar Bambu Kasar

Proses Pemurnian vinegar bambu kasar pada penelitian ini dilakukan sebagai berikut: vinegar bambu kasar disaring dengan menggunakan kertas saring No. 40. Hasil penyaringan kemudian dimasukkan kedalam labu penyulingan yang dihubungkan dengan kondensor. Penyulingan dilakukan pada suhu 100°C. Penyulingan dihentikan apabila cairan telah berhenti keluar vinegar hasil penyulingan dipisahkan dan disebut vinegar hasil penyulingan < 100°C (C1) sedangkan sisa penyulingan > 100°C, disebut C2.

Vinegar hasil penyulingan dianalisis untuk ditentukan karakteristiknya. Analisis yang dilakukan meliputi pH, berat jenis, indeks refraktif, kadar asam (sebagai asam asetat), kandungan tar, kadar fenol dan kadar PAH.

Penentuan Potensi Antibakteri Vinegar Dari Bambu Andong Dan Bambu Ampel

Pada penentuan potensi antibakteri hanya digunakan sampel vinegar bambu hasil penyulingan < 100°C, karena kandungan tar yang tinggi pada sampel sisa penyulingan. Adapun jenis bakteri yang diuji antibakterinya adalah 3 (tiga) bakteri gram negatif yaitu *Escherichia coli*, *Salmonella* dan

Pseudomonas dan 1 (satu) bakteri gram positif yaitu *Staphylococcus aureus*.

Karakteristik produk vinegar bambu dilakukan dengan melakukan analisis terhadap pH, Bobot jenis, indeks refraksi, kadar asam (sebagai asam asetat), tar dan fenol. Analisis dilakukan terhadap pH dengan alat pH meter, bobot jenis dengan alat piknometer, indeks refraksi dengan alat refraktometer, sedangkan kadar asam dengan metoda titrimetri (SNI 01-3711-1995), kadar tar dengan metoda pirolisis (1991) dan kadar fenol dengan metoda spektrofotometri (SNI 06-6989.21-2004).

Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan metoda cakram Kirby-Bauer (Harmita dan Radji, 2008). Dengan masing-masing konsentrasi vinegar bambu yang digunakan adalah 5 %, 10 %, 20 % dan 25 %. Penentuan aktivitas antibakteri berdasarkan indeks penghambatan yang diberikan oleh vinegar bambu terhadap bakteri yang diuji. Pengujian dilakukan di laboratorium uji Biofarmaka, IPB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan vinegar bambu kasar dari bambu andong dan bambu ampel

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan vinegar bambu kasar adalah dua jenis bambu yaitu bambu andong (A1) dan bambu ampel (A2). Proses pirolisis bambu dimaksudkan untuk menghasilkan arang yang baik, disamping untuk memanfaatkan vinegar bambu kasar yang dihasilkan. Suhu pembakaran dilakukan sampai diatas suhu 500°C karena pada saat itu yang terjadi proses pemanasan dan pemasakan arang, bukan lagi dekomposisi komponen-komponen kayu menjadi senyawa-senyawa organik. Menurut

Girard (1992), rekasi-reaksi yang terjadi selama proses pirolisis kayu adalah : (1) Penghilangan air dari kayu pada suhu 120°C – 150°C; (2) Pirolisis hemiselulosa pada suhu 200°C – 250°C yang menghasilkan furfural, furan, asam asetat dan turunan sejenis; (3) Pirolisis selulosa pada suhu 280°C – 320°C yang menghasilkan senyawa asam asetat dan senyawa karbonil seperti asetaldehid, glioksal dan akrolein; dan (4) Pirolisis lignin pada suhu 400°C menghasilkan senyawa fenol, guaikol, siringol bersama dengan turunan sejenis dan derivatnya.

Pada penelitian ini dilakukan pemisahan terhadap vinegar bambu kasar yang dihasilkan pada suhu pirolisis dibawah 200°C, suhu pirolisis 200 °C - 400 °C dan suhu pirolisis diatas 400°C. Hasil ini dimaksudkan untuk meminimalkan senyawa organik berbahaya yang terkandung dalam vinegar bambu kasar. Menurut Maga (1987), pirolisis pada suhu diatas 400°C akan terjadi reaksi kondensasi pembentukan senyawa baru dan oksidasi produk kondensasi diikuti dengan kenaikan linier senyawa tar dan polisiklik aromatik hidrokarbon.

Hasil proses produksi vinegar bambu secara kasar (*crude*) dari bambu andong dan bambu ampel disajikan pada Tabel 1. Perbedaan jumlah vinegar bambu kasar kedua jenis bambu tersebut mungkin disebabkan oleh perbedaan kadar air keduanya. Bahan yang memiliki kadar air yang lebih tinggi cenderung menghasilkan kondensat yang lebih banyak. Hal ini disebabkan pada proses pirolisis berlangsung, kandungan air pada bahan akan ikut menguap pada suhu 100°C dan mengalami kondensasi ketika uap air melalui kondensor sehingga meningkatkan jumlah kondensat vinegar bambu kasar yang dihasilkan.

Tabel 1. Produksi vinegar bambu kasar dari bambu andong dan bambu ampel

No.	Jenis bambu	Jumlah bambu vinegar kasar (% b/b)	Jumlah arang (% b/b)	Jumlah bobot yang hilang (% b/b)
1.	Andong	53,96	23,93	22,12
2.	Ampel	57,17	18,56	18,56

Pada proses pembuatan vinegar bambu kasar ini terdapat kehilangan bobot (*loss*) sebesar 18.56 - 22,12 %. Bobot yang hilang ini mungkin dapat berupa gas yang tidak terkondensasi dan langsung menguap setelah melewati kondensor terutama pada suhu diatas 500°C. Selain itu kehilangan bobot pada proses

pirolisis juga dapat berupa kerak yang tertinggal pada alat pembakaran ataupun kondensor.

Pada proses pirolisis, jumlah vinegar bambu kasar pada berbagai suhu pemisahan pada kedua jenis bambu (Tabel 2.) menunjukkan bahwa jumlah bambu liquor < 200°C jumlahnya lebih banyak dibandingkan

dengan jumlah vinegar bambu kasar yang dipisahkan pada suhu 200°C – 400°C, sedangkan jumlah vinegar bambu yang

dipisahkan pada suhu 400°C, sangat kecil sekali, karena hanya mengandung endapan tar berwarna hitam

Tabel 2. Produksi vinegar bambu kasar dari bambu andong dan bambu ampel

No.	Jenis bambu	Jumlah vinegar bambu kasar < 200°C (% b/b)	Jumlah vinegar bambu kasar 200°C – 400°C (% b/b)	Jumlah vinegar bambu kasar < 400°C (% b/b)
1	Andong	69,03	29,20	1,77
2.	Ampel	58,38	40,10	1,52

Karakteristik fisika dan kimia vinegar bambu kasar pada berbagai suhu pemisahan dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil analisa menunjukkan bahwa pH vinegar bambu kasar ini cukup rendah yaitu berkisar antara 2,58 – 3,36. Vinegar bambu kasar yang dipisahkan pada suhu < 200°C mempunyai pH yang lebih rendah dibandingkan dengan bambu vinegar

yang dipisahkan pada suhu 200°C – 400°C. Hal ini juga terlihat dari hasil analisis kadar asam yang dihitung berdasarkan asam asetat menunjukkan hasil lebih besar pada vinegar bambu kasar suhu < 200°C. Berat jenis dan indeks refraksi dari keempat jenis vinegar bambu kasar menunjukkan hasil yang tidak berbeda satu sama lain.

Tabel 3. Karakteristik fisika dan kimia vinegar bambu pada berbagai suhu pemisahan

No.	Parameter	Satuan	A1B1	A1B2	A2B1	A2B2
1	pH	-	2,58	3,36	2,63	3,06
2	Berat jenis	-	1,008	1,013	1,006	1,006
3	<i>Refraktive index</i>	-	1,3402	1,345	1,3389	1,344
4	Kadar asam (sebagai asam asetat)	%	2,75	0,63	2,33	4,47
5	Tar	%	1,1	0,9	1,1	1,4
6	Fenol	%	1,74	3,35	2,16	3,83

Keterangan :

A1B1 = vinegar bambu kasar dari bambu andong pada suhu pirolisa < 200°C

A1B2 = vinegar bambu kasar dari bambu andong pada suhu pirolisa 200°C - 400 °C

A2B1 = vinegar bambu kasar dari bambu ampel pada suhu pirolisa < 200°C

A2B2 = vinegar bambu kasar dari bambu ampel pada suhu pirolisa 200°C - 400 °C

Kandungan tar pada keempat jenis contoh berkisar antara 0.9 % - 1.4 %, sedangkan kandungan fenol berkisar antara 1,74% - 3,83%. Vinegar bambu kasar yang dipisahkan pada suhu < 200°C mengandung tar dan fenol lebih sedikit dibandingkan dengan vinegar bambu kasar yang dipisahkan pada suhu 200°C – 400°C. Menurut Maga (1987), kandungan tar akan meningkat seiring meningkatnya suhu pirolisis dan kandungan tar dalam asap cair adalah 1 – 17 %. Kandungan fenol tergantung dari komponen lignin yang terkandung dalam bambu, komponen lignin yang lebih banyak akan menghasilkan senyawa fenol yang lebih banyak pula. Pirolisis lignin terjadi pada suhu 280°C – 500°C, sehingga vinegar bambu kasar yang dipisahkan pada suhu 200°C - 400°C akan mempunyai kandungan fenol yang lebih besar. Kandungan fenol vinegar dari bambu ampel lebih besar dibandingkan vinegar dari bambu andong.

Kemungkinan komponen lignin bambu ampel lebih besar dibandingkan bambu andong.

Proses Pemurnian Vinegar Bambu Kasar

Metode distilasi (penyulingan) adalah metode yang digunakan untuk pemurnian bambu liquor. Penyulingan merupakan metode yang digunakan untuk memisahkan komponen-komponen yang ada didalam suatu larutan atau cairan, tergantung dari distribusi komponen-komponen tersebut antara fase uap dan fase cair. Namun sebelum dilakukan proses penyulingan, terlebih dahulu vinegar bambu kasar diendapkan selama 1 (satu) bulan.

Proses pengendapan dilakukan untuk memisahkan cairan dengan endapan berupa tar. Tar akan terpisah di bagian bawah wadah pengendapan karena memiliki berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan cairan vinegar bambu kasar. Proses pengendapan dilakukan untuk memudahkan proses selanjutnya sehingga tidak

menghambat proses pemurnian secara penyulingan. Penyaringan juga perlu dilakukan untuk memastikan tidak ada endapan (berupa tar) yang terbawa pada saat proses penyulingan. Adanya tar dikhawatirkan akan mempengaruhi suhu penyulingan.

Penyulingan vinegar bambu kasar diharapkan dapat memisahkan zat aktif dari vinegar bambu yang memiliki sifat pengawetan yang tinggi, selain itu penyulingan juga dilakukan untuk menghilangkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan dan berbahaya, seperti PAH dan sebagian tar. Hasil penyulingan vinegar bambu kasar disebut dengan distilat (vinegar bambu). Penyulingan dilakukan pada suhu 100°C, sehingga dihasilkan dua fraksi vinegar bambu yaitu vinegar suhu <100°C dan vinegar bambu >100°C.

Hasil proses pemurnian vinegar bambu dan jumlah vinegar bambu dari masing-masing fraksi dapat dilihat pada Tabel 4. Jumlah vinegar bambu fraksi <100°C mendominasi dengan rendemen sebesar 80,14%. Rendemen vinegar bambu yang dihasilkan dari suhu pirolisis < 200°C lebih besar dibandingkan vinegar bambu yang dihasilkan dari suhu pirolisis 200°C - 400°C. Hal ini disebabkan pada suhu pirolisis < 200°C, mengandung lebih banyak air sebagai hasil proses pirolisis pengamatan visual terhadap ke delapan sampel memperlihatkan bahwa warna vinegar bambu fraksi <100°C lebih terang dari putih bening sampai putih kekuningan di banding fraksi >100°C yang berwarna coklat kemerahan.

Tabel 4. Jumlah vinegar bambu pada berbagai fraksi*

No	Sampel	jumlah vinegar fraksi <100°C (%)	jumlah vinegar fraksi >100°C (%)
1	A1B1	88.09	11.91
2	A1B2	80.14	19.86
3	A2B1	91.27	8.73
4	A2B2	81.36	18.64

Keterangan : * data jumlah vinegar bambu berdasarkan lima kali ulangan
Keterangan A1B1; A1B2; A2B1; dan A2B2 sama dengan keterangan pada Tabel 3.

Kualitas vinegar bambu sangat ditentukan oleh komposisi senyawa-senyawa kimia yang dikandungnya, sebab senyawa tersebut dijadikan kriteria mutu citarasa dan

aroma sebagai ciri khas yang dimiliki oleh asap. Pengujian kualitas vinegar bambu terdiri dari pengujian secara fisik dan kimia. Sifat fisik yang diamati adalah bobot jenis dan indeks refraksi, sedangkan sifat kimia yang diamati meliputi pH, total asam tertitrasi, kadar fenol dan kandungan tar.

Nilai pH vinegar bambu hasil fraksinasi dapat dilihat pada Tabel 5. Nilai pH merupakan salah satu parameter kualitas vinegar bambu yang dihasilkan. Nilai pH ini menunjukkan tingkat proses penguraian komponen bambu yang terjadi untuk menghasilkan asam organik pada vinegar bambu. Vinegar fraksi suhu dibawah 100°C berkisar antara 2.31 - 2.37, sedangkan pH vinegar fraksi suhu diatas 100°C berkisar antara 2.46 - 3.55. Hal ini disebabkan pada suhu < 100°C banyak komponen asam organik yang terdistilasi, yang mengakibatkan pHnya cenderung lebih rendah dibandingkan fraksi > 100°C.

Tabel 5. Nilai pH vinegar bambu pada berbagai fraksi*

No	Sampel	Nilai pH vinegar fraksi <100°C	Nilai pH vinegar fraksi >100°C
1	A1B1	2.37	2.46
2	A1B2	2.31	3.55
3	A2B1	2.34	3.1
4	A2B2	2.36	3.28

Keterangan : * Data hasil dua kali ulangan
Keterangan untuk A1B1; A1B2; A2B1; dan A2B2 sama dengan keterangan pada Tabel 3.

Nilai kadar asam vinegar bambu hasil fraksinasi disajikan pada Tabel 6. Hasil menunjukkan bahwa total asam tertitrasi vinegar fraksi suhu < 100°C lebih rendah yaitu berkisar antara 2.00 - 3.51% dibandingkan dengan total asam tertitrasi vinegar fraksi suhu > 100°C yang berkisar antar 2.86-4.66 %.

Tabel 6. Kadar asam vinegar bambu pada berbagai fraksi*

No	Sampel	Kadar asam pada vinegar fraksi <100°C (%)	Kadar asam vinegar fraksi >100°C (%)
1	A1B1	2.00	4.29
2	A1B2	3.51	4.66
3	A2B1	2.00	2.86
4	A2B2	3.19	4.65

Keterangan : * Data hasil dua kali ulangan
Keterangan A1B1; A1B2; A2B1; dan A2B2 sama dengan keterangan pada Tabel 3.

Kadar asam vinegar bambu dihitung berdasarkan asam asetat. Senyawa asam asetat merupakan senyawa utama dari senyawa kelompok asam yang terkandung dalam vinegar bambu, namun tentu saja masih banyak kandungan asam lainnya dalam vinegar seperti butirat, propoinat dan isovalerat. Asam dalam vinegar bambu merupakan hasil pirolisa selulosa. Pirolisa selulosa berlangsung dalam dua tahap, tahap pertama merupakan reaksi hidrolisa asam yang diikuti dengan dehidrasi untuk menghasilkan glukosa, sedang tahap kedua adalah pembentukan asam asetat dan homolognya bersama sama dengan air serta sejumlah kecil furan dan fenol (Girard, 1992).

Nilai kadar fenol vinegar bambu hasil fraksinasi dapat dilihat pada Table 7. Hasil analisa kadar fenol vinegar suhu < 100°C lebih besar dibandingkan dengan kadar fenol fraksi vinegar suhu > 100°C, yaitu berturut-turut berkisar antara 2.13% - 7.33% dan 0.45% - 4.97%.

Tabel 7. Kadar fenol vinegar bambu pada berbagai fraksi*

No	Sampel	Kadar fenol pada jumlah vinegar fraksi <100°C (%)	Kadar fenol pada vinegar fraksi >100°C (%)
1	A1B1	3.24	1.21
2	A1B2	5.54	1.90
3	A2B1	2.13	0.45
4	A2B2	7.33	4.97

Keterangan : * Data hasil dua kali ulangan
Keterangan A1B1; A1B2; A2B1; dan A2B2 sama dengan keterangan pada Tabel 3.

Besar kecilnya kandungan fenol tergantung pada bahan baku dan suhu pirolisis (Girard, 1992). Fenol merupakan hasil pemecahan komponen lignin pada bambu, semakin banyak kandungan lignin pada bahan baku bambu maka makin besar pula kandungan fenol yang dihasilkan dalam vinegar. Kadar fenol yang tinggi pada fraksi suhu > 100°C menunjukkan bahwa lebih banyak fenol yang terdistilasi pada suhu 100°C.

Kandungan tar pada vinegar menunjukkan kemurnian dari vinegar bambu. Kandungan tar yang rendah menunjukkan vinegar yang dihasilkan sudah baik. Proses pengendapan sangat efektif untuk memisahkan kandungan tar dalam dalam asap cair. Namun demikian, di dalam asap cair terdapat senyawa tar yang mempunyai berat jenis yang mendekati berat jenis air atau lebih rendah dari

air (Darmadji, 2009). Oleh karena itu, penyulingan diharapkan dapat mengurangi kandungan tar pada vinegar bambu. Nilai kandungan tar hasil fraksinasi disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Kandungan tar vinegar bambu pada berbagai fraksi*

No	Sampel	Kandungan tar pada vinegar fraksi <100°C (%)	Kandungan tar pada vinegar fraksi >100°C (%)
1	A1B1	0.3	6.1
2	A1B2	0.1	4.4
3	A2B1	0.4	6.1
4	A2B2	0.3	4.3

Keterangan : * Data hasil dua kali ulangan
Keterangan A1B1; A1B2; A2B1; dan A2B2 sama dengan keterangan pada Tabel 3.

Tabel 8. menunjukkan bahwa hasil analisa kandungan tar pada fraksi vinegar dibawah suhu 100°C sangat rendah yaitu berkisar antara 0.1% - 0.4%, sedangkan fraksi vinegar diatas 100°C dan vinegar bambu kasar menunjukkan jumlah yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa proses distilasi pada suhu 100°C dapat mengurangi kandungan tar dalam vinegar sehingga dihasilkan vinegar yang murni.

Salah satu sifat fisik dari vinegar bambu adalah bobot jenis. Bobot jenis digunakan untuk melihat kemurnian dari vinegar tersebut. Hasil analisis bobot jenis vinegar bambu hasil fraksinasi dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Bobot jenis vinegar bambu pada berbagai fraksi*

No	Sampel	Bobot jenis vinegar fraksi <100°C (%)	Bobot jenis vinegar fraksi >100°C (%)
1	A1B1	1.002	1.0457
2	A1B2	1.004	1.087
3	A2B1	1.002	1.043
4	A2B2	1.002	1.0387

Keterangan : * Data hasil dua kali ulangan
Keterangan A1B1; A1B2; A2B1; dan A2B2 sama dengan keterangan pada Tabel 3.

Tabel 9 menunjukkan hasil analisa bobot jenis vinegar pada berbagai fraksi. Bobot jenis vinegar fraksi pada suhu dibawah 100°C, namun tidak berbeda jauh dengan bobot jenis bambu vinegar kasar yaitu berkisar antara

1.002 – 1.004. Hal ini menunjukkan bahwa komponen yang lebih ringan banyak terdistilasi pada suhu 100°C, salah satunya yang terbesar adalah air. Bobot jenis yang dihasilkanpun tidak berbeda jauh dengan bobot jenis air yaitu 1.

Nilai indeks refraksi merupakan salah satu analisa fisik untuk melihat kemurnian suatu bahan. Nilai indeks refraksi vinegar bamboo hasil fraksinasi dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai indeks refraksi vinegar bambu pada berbagai fraksi*

No	Sampel	Indeks refraksi vinegar fraksi <100°C	Indeks refraksi vinegar fraksi >100°C
1	A1B1	1.3365	1.3622
2	A1B2	1.3385	1.3919
3	A2B1	1.3365	1.3622
4	A2B2	1.339	1.361

Keterangan : * Data hasil dua kali ulangan
Keterangan A1B1; A1B2; A2B1; dan A2B2 sama dengan keterangan pada Tabel 3.

Tabel 10 menunjukkan hasil analisis indeks refraksi vinegar pada berbagai jenis bambu, suhu pemisahan saat pirolisis dan suhu distilasi. Indeks refraksi vinegar bambu menunjukkan hasil yang tidak berbeda jauh yaitu untuk vinegar fraksi di bawah 100°C berkisar antara 1.3365-1.339 dan vinegar fraksi

suhu di atas 100°C berkisar antara 1.361-1.3919. Begitu pula dengan indeks refraksi vinegar bambu kasar berkisar antara 1.3389-1.345. Namun indeks refraksi vinegar fraksi di bawah 100°C cenderung lebih rendah dibandingkan indeks refraksi vinegar bambu kasar. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi ini lebih murni dibandingkan vinegar kasar karena mungkin senyawa pengganggu seperti tar tidak terdistilasi dan menyebabkan indeks refraksi yang lebih rendah.

Analisa yang tidak kalah pentingnya dalam vinegar adalah kandungan PAH. Hal ini disebabkan oleh sifat karsinogenitas dari komponen PAH. Keberadaan PAH telah diketahui terkandung dalam bahan pangan yang menggunakan suhu tinggi seperti proses pembakaran dan pengasapan. Sifat karsinogenitas PAH baru terbukti secara ilmiah pada hewan-hewan percobaan, namun studi epidemiologi menunjukkan bahwa penyakit kanker paru-paru, lambung, dan kulit cukup tinggi pada masyarakat yang tinggal di daerah yang udaranya mengandung PAH tinggi.

Diantara banyak jenis senyawa PAH, hanya 16 jenis yang diketahui bersifat karsinogenik (penyebab kanker). Salah satunya adalah *benzo(a)pyrene* (BaP), telah diidentifikasi sebagai senyawa PAH yang memiliki sifat karsinogenik yang tertinggi karena dapat membentuk kompleks dengan DNA. Sifat karsinogenik PAH dan faktor potensi relatifnya disajikan pada Tabel 11

Tabel 11. Senyawa PAH yang bersifat karsinogenik dan faktor potensi relatif karsinogenitasnya

Jenis senyawa	Klasifikasi sifat karsinogenitasnya		Faktor potensi relatif
	USEPA	IARC	
Benzo(a)anthracence (BaA)	B2	2A	0.1
Benzo(b)fluoranthence	B2	2B	0.1
Benzo(j)fluoranthence	NA	2B	NA
Benzo(k)fluoranthence	B2	2B	0.01
Benzo(a)pyrene	B2	2A	1
Dibenzo(a,h)acridine	D	3	NA
Dibenzo(a,j)acridine	D	3	NA
Dibenzo(a,h)anthracene	B2	NA	1
7H Dibenzo(c,g)carbazole	D	3	NA
Dibenzo(a,e)pyrene	D	3	NA
Dibenzo(a,h)pyrene	D	3	NA
Dibenzo(a,i)pyrene	D	3	NA
Dibenzo(a,l)pyrene	D	3	NA
indeno(1,2,3-cd)pyrene	B2	2B	0.1
5-Methylchrysene	B2	3	NA

Sumber : anonim(1990)

Keterangan Tabel 11 :

- USEPA = US Environmental Protection Agency
 IARC = International Agency for Research on cancer
 B2 dan A2 = Karsinogenik bagi manusia (terbukti secara in vivo)
 2B = Dapat bersifat karsinogenik bagi manusia (non genotoksik karsinogen atau Mekanismenya belum jelas)
 D dan 3 = Belum diklasifikasi
 NA = Data tidak tersedia

Pada tabel 11, tertera jenis - jenis PAH yang bersifat karsinogenik dan masing masing nilai faktor potensi relatifnya dalam menyebabkan penyakit kanker dengan BaP sebagai acuan. Secara in vivo, BaP telah terbukti dapat menyebabkan tumor pada setiap model hewan percobaan, baik melalui jalur makanan, pernafasan, maupun kontak pada permukaan kulit. Inisiasi proses karsinogenik dari BaP bahkan dapat terjadi pada jaringan yang jauh dari titik asal paparannya. Pada tikus percobaan, konsumsi BaP dengan dosis 120 ppm/kg berat badan (BB)/hari dapat menyebabkan kematian dengan lama konsumsi kurang dari 14 hari. Beberapa negara telah membatasi jumlah BaP minimal sebesar 1 ppb untuk bahan pangan yang dipanggang dan diasap. FAO dan WHO merekomendasikan

maksimal sebesar 10 µg/L keberadaan BaP dalam asap cair.

Pada penelitian ini, senyawa PAH yang dianalisa adalah benzo(a)pyrene dan benzo(a)anthrasene. Beberapa penelitian melaporkan bahwa benzo(a)anthrasene juga bersifat karsinogenik terhadap beberapa hewan percobaan dengan adanya system metabolik eksogen terbukti mutagenik terhadap *Salmonella thypimurium* dan *Drosophilla melanogaste*, selain itu secara in vitro juga mutagenik dalam sel mamalia.

BaP dan BaA adalah senyawa yang termasuk ke dalam kelompok PAH, pembentukannya dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis (komposisi) kayu dan suhu pirolisa (Maga, 1987). Nilai kandungan pAH BaP dan BaA disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Kandungan PAH BaP dan BaP vinegar bambu pada berbagai fraksi*

No	Sampel	BaP (ppm)		BaA (ppm)	
		jumlah vinegar fraksi <100°C (%)	jumlah vinegar fraksi <100°C (%)	jumlah vinegar fraksi <100°C (%)	jumlah vinegar fraksi >100°C (%)
1	A1B1	0,0100	0,0100	0,0100	TT
2	A1B2	0,0100	TT	0,0100	TT
3	A2B1	0,0036	0,0010	0,0020	TT
4	A2B2	0,0100	TT	0,0060	TT

Keterangan : * Data hasil dua kali ulangan

Keterangan A1B1; A1B2; A2B1; dan A2B2 sama dengan keterangan pada Tabel 3.

Dari Tabel 12 menunjukkan bahwa kandungan BaP pada berbagai vinegar baik fraksi < 100°C maupun > 100 °C menunjukkan hasil yang kecil yaitu berkisar antara tidak terdeteksi sampai 0.0100 ppm (10 ppb). Hal ini sudah sesuai dengan yang direkomendasikan oleh FAO dan WHO. Begitu juga dengan kandungan BaA menunjukkan hasil yang kecil yaitu berkisar antara tidak terdeteksi sampai 0.0100 ppm dimana faktor potensi relatifnya 0.1 BaP.

Proses pemurnian vinegar bambu dengan cara penyulingan ternyata efektif untuk mengurangi senyawa berbahaya yang terdapat dalam vinegar bambu terutama komponen PAH dan tar. Kandungan BaP dan BaA vinegar cukup rendah sesuai dengan

rekomendasi FAO dan WHO yaitu maksimal 10 ppb. Kandungan tar vinegar juga rendah yaitu 0.1 – 0.4 %. Pada salah satu *certificate quality approval* produk vinegar, *Directorate General of Korea Forest Research Institute* meluluskan vinegar dengan kandungan tar sebesar 1.19 %. Disamping parameter lain yang mendukung seperti kandungan asam dan fenol yang cukup tinggi, sehingga diharapkan dapat berfungsi sebagai zat antimikroba yang apabila diaplikasikan pada produk pangan dapat berfungsi sebagai pengawet.

Penentuan Potensi Antibakteri Vinegar Dari Bambu Andong Dan Bambu Ampel

Pada tahap ini, vinegar bambu yang telah dimurnikan dengan cara penyulingan, diuji aktivitas antibakterinya. Jenis bakteri yang diuji adalah bakteri patogen dan pembusuk makanan, yaitu *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Pseudomonas* dan *Staphylococcus aureus*. *Escherichia coli* sering ditemukan pada sayuran, daging-dagingan, keju, burger dan susu mentah. Makanan yang sering terkontaminasi oleh *Salmonella* diantaranya telur dan hasil olahannya, ikan dan hasil olahannya, daging dan hasil olahannya dan susu dan hasil olahannya. *Pseudomonas* sering ditemukan dalam air dan tanah serta sering menyebabkan kebusukan pada makanan. *Staphylococcus aureus* sering terdapat pada permukaan kulit manusia, sehingga merupakan

kontaminan terbesar untuk produksi pangan yang diolah langsung dengan tangan. Bakteri ini sering ditemukan pada makanan yang mengandung protein tinggi seperti susu, telur dan daging (Fardiaz, 1992)

Hasil uji antibakteri dapat dilihat pada tabel 13. Hasil uji aktivitas antibakteri vinegar A1B1C1 dan A1B2C1 juga memperlihatkan daya hambat yang baik terhadap *Staphylococcus aureus* yaitu mulai konsentrasi 5 %. Selain itu hasil uji aktivitas antibakteri vinegar A1B1C1 memperlihatkan bahwa *Escherichia coli*, *Salmonella* dan *Pseudomonas* mulai terhambat pada konsentrasi 25 %, sedangkan untuk vinegar A1B2C1 bakteri *Pseudomonas* dapat terhambat mulai konsentrasi 5%, *Escherichia coli* pada konsentrasi 25 % serta tidak dapat menghambat *Salmonella* sampai konsentrasi 25 %.

Tabel 13. Indeks penghambatan antibakteri *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Pseudomonas* dan *Staphylococcus aureus*

No.	Perlakuan	Konsentrasi (%)	Indeks penghambatan			
			E. coli	S. aureus	Salmonella	Pseudomonas
1.	A1B1C1	5	-	0.58	-	-
		10	-	0.79	-	-
		20	-	0.83	-	-
		25	0.16	0.92	0.16	0.16
2.	A1B2C1	5	-	0.5	-	0.08
		10	-	0.66	-	0.16
		20	-	0.85	-	0.38
		25	0.58	1.08	-	0.54
3.	A2B1C1	5	-	0.25	-	-
		10	-	0.75	-	-
		20	-	0.8	-	0.13
		25	-	0.92	-	0.2
4.	A2B2C1	5	-	0.5	-	-
		10	-	0.66	-	0.16
		20	0.3	0.88	-	0.33
		25	0.58	1	0.25	0.5

Keterangan :

A1B1C1 = vinegar bambu kasar dari bambu andong pada suhu pirolisa < 200°C, distilasi suhu < 100°C

A1B2C1 = vinegar bambu kasar dari bambu andong pada suhu pirolisa 200°C - 400°C, distilasi suhu < 100°C

A2B1C1 = vinegar bambu kasar dari bambu ampel pada suhu pirolisa < 200°C, distilasi suhu < 100°C

A2B2C1 = vinegar bambu kasar dari bambu ampel pada suhu pirolisa 200°C - 400°C, distilasi suhu < 100°C

Hasil uji aktivitas antibakteri vinegar berdasarkan indeks penghambatan terhadap *Escherichia coli* dan *Salmonella* menunjukkan bahwa vinegar A2B1C1 sampai dengan konsentrasi 25 % tidak menunjukkan adanya efek penghambatan, namun hal ini tidak berarti bahwa vinegar A2B1C1 tidak dapat mempunyai aktivitas antibakteri terhadap dua

jenis mikroba tersebut. Tidak menutup kemungkinan pada konsentrasi yang lebih tinggi lagi dapat menghambat kedua bakteri tersebut. Hasil penelitian Halim *et. al.* (2006) memperlihatkan bahwa asap cair dari cangkang sawit fraksi suhu < 100°C baru menunjukkan aktivitas terhadap *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens* dan

Staphylococcus aureus apabila vinegar tersebut tidak diencerkan. Vinegar A1B1C1 menunjukkan daya hambat yang paling baik pada *Staphylococcus aureus*, sedangkan daya hambat pada *pseudomonas* mulai terjadi pada konsentrasi 20 %. Hasil uji aktivitas antibakteri vinegar A2B2C1 memperlihatkan bahwa *Escherichia coli* dan *Pseudomonas* mulai terhambat pada konsentrasi 20 %, *Salmonella* pada konsentrasi 25 % dan *Staphylococcus aureus* pada setiap tingkat konsentrasi yang dianalisa yaitu mulai dari konsentrasi 5%.

Berdasarkan hasil aktivitas antibakteri vinegar bambu pada berbagai contoh, pada prinsipnya semuanya memiliki aktivitas anti bakteri meskipun pada bakteri dan konsentrasi yang berbeda. Senyawa BaP dan BaA yang terkandung dalam contoh vinegar bambu tersebut masih dalam batas toleransi yang diizinkan begitupula semua contoh memiliki kandungan tar yang kecil, sehingga dapat dilihat bahwa aktivitas antibakteri vinegar bambu tersebut bukan karena sifat karsinogenitas dari contoh, melainkan ada bahan lain yang berperan sebagai antibakteri.

Menurut Girard (1992), senyawa fenol, asam dan aldehid secara simultan dapat berperan sebagai antimikroba, antioksidan, memberikan efek warna dan cita rasa khas asap pada produk asap. Kadar asam dalam keempat vinegar bambu berbeda-beda namun dapat dilihat bahwa kandungan asam yang lebih tinggi seperti pada vinegar A2B2C1 dan A1B2C1 (dengan kadar asam berturut-turut 3,19 dan 3,51%) memiliki aktivitas antibakteri yang lebih tinggi karena berhasil menghambat 3 – 4 jenis bakteri pada konsentrasi yang kecil, dibandingkan dengan vinegar A1B1C1 dan A2B1C1 (dengan kadar asam masing-masing 2%).

Kadar fenol masing-masing vinegar A2B2C1, A1B2C1, A1B1C1 dan A2B1C1 berturut-turut adalah 7,33 %, 5,54 %, 3,24 % dan 2,13 %. Aktivitas antibakteri yang paling baik adalah A2B2C1 karena mempunyai aktivitas antibakteri yang paling tinggi, karena semua jenis antibakteri dapat terhambat meskipun dengan konsentrasi minimum yang berbeda. Berturut turut kemudian vinegar A1B2C1, A1B1C1 dan A2B1C1 memiliki aktivitas antibakteri yang semakin menurun.

Dari hasil pengujian dapat terlihat bahwa aktivitas antibakteri dipengaruhi oleh kadar asam dan kadar fenol. Semakin tinggi kadar asam dan kadar fenol maka aktivitas

antibakteri cenderung semakin besar. Selain itu efek sinergisitas juga perlu diperhatikan, bukan tidak mungkin aktivitas antibakteri juga tergantung dari sinergisitas asam dan fenol yang terkandung didalam vinegar. Selain itu baik asam maupun fenol terdiri dari berbagai macam senyawa, yang apabila diteliti lebih lanjut mungkin ada jenis asam dan atau fenol tertentu yang dapat memberikan aktivitas antibakteri vinegar yang optimal.

KESIMPULAN

Proses pemurnian vinegar bambu dengan metoda penyulingan dapat mengurangi kandungan senyawa berbahaya yang terdapat pada vinegar bambu kasar, terutama komponen tar dan PAH. Vinegar bambu mempunyai kadar BaP dan BaA berkisar antara tidak terdeteksi sampai 10 ppb serta kadar tar berkisar antara 0.1 % - 0.4 %.

Vinegar bambu mempunyai aktivitas antibakteri terutama terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Peudomonas*. Hasil uji antibakteri menunjukkan bahwa vinegar dari bambu andong dan ampel dapat menghambat *Staphylococcus aureus* mulai konsentrasi 5%, sedangkan pada bakteri lain lebih efektif pada konsentrasi yang lebih tinggi. Vinegar yang dihasilkan dari proses pirolisa suhu 200°C – 400°C, lebih dapat menghambat *Peudomonas* dibandingkan vinegar yang dihasilkan dari proses pirolisa suhu < 200°C.

Dari hasil analisis dapat terlihat bahwa aktivitas antibakteri dipengaruhi oleh kadar asam dan kadar fenol. Semakin tinggi kadar asam dan kadar fenol maka aktivitas antibakteri cenderung semakin besar. Selain itu mungkin juga efek sinergisitas antara asam dan fenol juga mempengaruhi aktivitas antibakteri vinegar. Vinegar yang dipirolisis pada suhu 200°C – 400°C cenderung memiliki aktivitas antibakteri yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, B.H. dan Lin, Y.S. 1997. "Formation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon during processing of Duck Meat". *J. Agric. Food. Chem.*, 45, 1394-1395
- Badan Standardisasi Nasional. 1995. SNI 01-3711-1995. *Cuka Makan*.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. SNI 06-6989.21-2004. *Air dan air limbah* -

Bagian 21: Cara uji kadar fenol secara spektrofotometri.

- Darmadji, P. 1995. *Produksi asap cair dan sifat-sifat fungsionalnya. Fakultas Teknologi Pangan. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*
- Darmadji, P. 2002. Optimasi Pemurnian Asap Cair dengan metoda redestilasi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 8(3):267-271
- Darmadji, P. 2009. Teknologi Asap Cair dan Aplikasinya pada Pangan dan Hasil Pertanian. *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Bidang Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian Universitas Gadjah Mada yang disampaikan pada tanggal 28 April 2009.*
- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan*, PT. Gramedia, Jakarta
- Farrelly, D. 1984. *The Book of Bamboo*. Sierra Club 530 Bush Sreet, USA.
- Fu, J.2006. *Innovations in Bamboo Sector*. International Network for Bamboo and Rattan. New Delhi, India.
- Girard, J.P. 1992. *Technology of Meat and Meat Products*. Ellis Horwood, New York, pp 165-174
- Halim, M., Darmadji P. Dan R. Indrati. Aktivitas Biopreservatives Asap Cair Cangkang sawit dalam menghambat Bakteri patogen dan pembusuk. *Agrosains*, 19(1), Januari 2006
- Harmita dan Radji, M. 2008. *Buku Ajar Analisis Hayati*. Manurung, J. (ed). Edisi 3. Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta
- Hosokawa. K; Subamsene. W; Panyathanya. W and Kuhakanchana. C 2006. *Bamboo Charcoal. Technical Report No.3.* <http://www.forest.go.th/bamboo>. [Diakses pada tanggal
- Lu KT, Kuo CW, Liu CT. 2007. "Inhibition Efficiency of A Mixed Solution of Bamboo Vinegar and Chitosan Against *Ralstonia solanacearum*". *Taiwan J For Sci* 22(3):329-38.
- Maga, J.A. 1987. *Smoke in Food Processing*. CRC Press, Florida
- Pohan, HG.; Waspodo, P.; Kosasih; Nanang; dan Ibik, K. 2007. *Pengembangan Teknologi Pirolisis Bambu dalam Pembuatan Arang dan Vinegar*. Laporan DIPA Balai Besar Industri Agro (BBIA). Bogor.