

SIFAT SENSORIS ASAP CAIR TEMPURUNG KELAPA HASIL ADSORPSI PADA ZEOLIT

Sensory Properties of Liquid Smoke Coconut Shell Adsorpted on Zeolite

Syahraeni Kadir¹⁾, Purnama Darmadji²⁾, Chusnul Hidayat²⁾ dan Supriyadi²⁾

¹⁾ Program Studi Agroteknologi. Fakultas Pertanian. Universitas Tadulako. Jl. Soekarno – Hatta Km 9 Palu 94118. Sulawesi Tengah. Telp/Fax: (0451) 429738. Email: ksyahraeni@gmail.com

²⁾ Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

ABSTRACT

Liquid smoke has a strong and pungent distinctive aroma caused by some contributor compounds within the product including phenolic, carbonyl and acid. Adsorption using zeolites in this study aimed to reduce the levels of strong pungent aroma contributor compounds so that the liquid smoke can be accepted by consumers. Zeolite of various pH *ie.* 2, 3, 4, 5 and 6 were used as adsorbent liquid smoke. The fraction produced the adsorption was sensory analyzed by 20 panelists selected. The liquid smoke fraction selected based on the results of sensory testing was further analyzed using GC-MS. Data was analyzed using analysis of variance (ANOVA) with SPSS software version 16, followed by Duncan range test at 1% level. The results showed that of 25 fractions of coconut shell liquid smoke generated by the zeolite adsorption at pH range of 2 – 6, 14 fractions were qualified for sensory tested while the remaining fractions had strong and pungent aroma. The contributor substances with strong and punge aroma in the liquid smoke found include phenol groups, carbonyl and acid. The adsorption of coconut shell liquid smoke using zeolite effectively reduce strong pungent aroma of the product. It is necessary to evaluate the shelf life of the liquid smoke adsorbed by zeolite.

Key words : Adsorption, aroma, coconut shell, liquid smoke, zeolite.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan asap cair sebagai anti mikroba dan pemberi aroma serta citarasa pada berbagai produk makanan semakin meningkat disebabkan resiko kesehatan yang relatif ringan bila dibandingkan dengan bahan sintetik untuk perisa makanan yang saat ini banyak beredar di pasaran. Sebagai pirolisat tempurung kelapa, asap cair diperoleh melalui kondensasi asap hasil pembakaran biomassa berlignin dan selulosa. Aplikasi asap cair pada berbagai tujuan tersebut relatif lebih aman dibandingkan dengan penggunaan bahan tambahan pangan lainnya.

Aroma khas pada asap cair yakni “keras menyengat” merupakan faktor penghambat dalam pemanfaatannya, karena terdapat beberapa atribut aroma yang terlibat di dalam karakteristik asap cair yakni:

Kresolik, tajam, hangus, disinfektan, obat, tengik dan langu, yang dikontribusi oleh senyawa-senyawa tertentu antara lain: Orto dan para kresol, etilbenzena, asam asetat, propionat, butirrat, valerat dan tar yang saling berinteraksi (Jónsdóttir *et al.*, 2008; Nong dan Guo, 2005; Serot *et al.*, 2004). Meskipun demikian, asap cair mempunyai aroma spesifik menyenangkan yakni beraroma “lembut” dengan beberapa atribut: Manis atau karamel, bunga, buah, rempah, kaldu dan daging panggang, yang dikontribusi oleh senyawa-senyawa tertentu serta hasil interaksinya seperti furfural, 5-metil furfural, 2-asetil furan, alil alkohol, amil alkohol, maltol, sikloten, asetofenon, geraniol, metil butirrat, aseto-asetal, vanillin, eugenol, guaiakol, p-etilguaiakol dan siringol (Kostyra dan Pikielna, 2006; Ojeda *et al.*, 2002; Serot *et al.*, 2004; Siskos *et al.*, 2007).

Senyawa kontributor aroma asap cair umumnya berada dalam suatu matriks pada konsentrasi yang sangat rendah yaitu *part per million* atau bahkan *part per billion*. Oleh karena itu, karakterisasi senyawa aroma dari produk alam hingga saat ini masih merupakan tantangan karena belum adanya metode analisis yang tepat, sederhana dan berdiri sendiri.

Upaya pemisahan senyawa aktif dari senyawa kompleksnya yang berkontribusi aroma asap cair dapat dilakukan antara lain melalui metode adsorpsi, yakni pengikatan bahan pada permukaan padatan yang bertindak sebagai penyerap (Diban *et al.*, 2007). Pemilihan proses adsorpsi yang akan digunakan untuk pemisahan disesuaikan dengan kondisi agregasi campuran yang akan dipisahkan (padat, cair, gas), konsentrasi bahan yang akan dipisahkan, adsorben yang paling cocok, metode regenerasi yang diperlukan maupun pertimbangan ekonomisnya (Bernasconi, *et al.*, 1995).

Berbagai jenis adsorben yang dapat digunakan sebagai isian kolom fraksinasi asap cair seperti zeolit dan karbon aktif (Hasbullah dan Sugiyono, 2006; Mardiyanto, 2008) serta glass wool (Guillén dan Manzanos, 2002), dimana prinsip pemisahan komponen asap cair berdasarkan polaritas dan hidrofobitasnya. Salah satu adsorben polar yang sering digunakan dalam sistem adsorpsi adalah zeolit di mana sistem pengikatannya bersifat fisikawi yakni disebabkan oleh gaya listrik lemah (gaya Van der Waals) dan gaya elektrostatik antara molekul adsorbat dengan atom-atom yang terdapat pada beberapa lapis di permukaan adsorben. Dari uraian ini maka perlu dilakukan evaluasi sensoris terhadap asap cair hasil pemisahan aroma “keras menyengat” pada zeolit sebagai informasi kelayakan produk tersebut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Sensoris Jurusan Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian, Fakultas

Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, berlangsung dari bulan September hingga Desember 2010. Peralatan yang digunakan di dalam penelitian ini mencakup: Reaktor pirolisis tipe *double pipe heat exchanger*, kolom kaca berukuran panjang dan diameter 50 x 2,5 cm, statif, *fraction collector* Bio Rad Model 2110, pompa peristaltik, GC-MS-QP2010S, Erlenmeyer 1000 mL tabung reaksi dan botol fraksi 10 mL. Adapun bahan-bahan yang digunakan di dalam penelitian ini meliputi: Tempurung kelapa var Hibrida (dari PT. Pagilaran Kecamatan Segayung, Kabupaten Batang, Jawa Tengah), asap cair kasar hasil pirolisis, zeolit (PT. Bhrata Chem.) kertas saring Whatman No. 41, tissue, kertas label, akuades dan bahan kimia untuk pengaturan pH adsorben yaitu HCl 0,01 N, NaOH 0,5 N dan 0,01 N.

Pelaksanaan penelitian diawali dengan preparasi asap cair kasar melalui pirolisis tempurung kelapa sebanyak 3 kg pada suhu 400°C selama 3 jam, kemudian kondensat asap ditampung dalam Erlenmeyer 1000 mL sebagai asap cair kasar. Selanjutnya zeolit diaktivasi menggunakan NaOH dengan cara : Sebanyak 500 g zeolit diaduk dalam 1 L NaOH 0,5 N dengan menggunakan *magnetic stirrer* (Rosita *et al.*, 2004 yang dimodifikasi) selama 180 menit, kemudian dibilas dengan akuades hingga pH netral. Selanjutnya aktivasi fisik dilakukan pada suhu 400°C selama 2 jam. Pengaturan pH zeolit 2-8 sebagai adsorben pada asap cair dilakukan dengan menggunakan HCl dan NaOH 0,01 N. Akan tetapi, asap cair yang dihasilkan pada pH 7 mempunyai sifat sensoris yang tidak layak yakni tidak beraroma dan warna asap cair yang dihasilkan lebih gelap bila dibandingkan dengan warna asap cair kasar sehingga kisaran pH yang digunakan untuk evaluasi sensoris hanya pH 2-6 (Z2, Z3, Z4, Z5 dan Z6).

Adsorpsi dilakukan dengan cara memasukkan asap cair ke dalam kolom kaca yang berisi adsorben zeolit (rasio 2 : 1). Setiap 5 mL fraksi asap cair dikumpulkan dengan alat *fraction collector* kemudian

diberi label sebagai fraksi I untuk 5 mL asap cair yang mengalir pertama kali dari kolom adsorpsi, fraksi II untuk 5 mL asap cair yang mengalir kedua dari kolom adsorpsi, demikian seterusnya. Berdasarkan kesamaan warna dan aroma fraksi tersebut maka untuk fraksi I-III digabung sebagai fraksi I, fraksi IV-VI sebagai fraksi II dan seterusnya, sehingga fraksi yang berjumlah kurang lebih 15 bergabung menjadi 5 fraksi pada setiap taraf pH adsorben. Hasil penggabungan fraksi tersebut kemudian dievaluasi secara sensoris oleh 20 panelis terseleksi.

Analisis sensoris yang dilakukan adalah aroma dan warna asap cair hasil adsorpsi serta tingkat penerimaan panelis untuk menentukan fraksi terpilih. Cara pengujian sebagai berikut : Sebanyak 20 panelis terseleksi dari 30 orang peserta dari kalangan mahasiswa dan para teknisi laboratorium Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada mengikuti pengujian sensoris asap cair. Skor intensitas aroma dan warna dari 0 sampai dengan 4 (Jónsdóttir *et al.*, 2008), yakni dari “tidak beraroma” atau “tidak berwarna” sampai dengan “keras menyengat”. Selanjutnya penentuan fraksi terpilih berdasarkan pada tingkat penerimaan $\geq 70\%$ jumlah panelis terhadap fraksi tertentu.

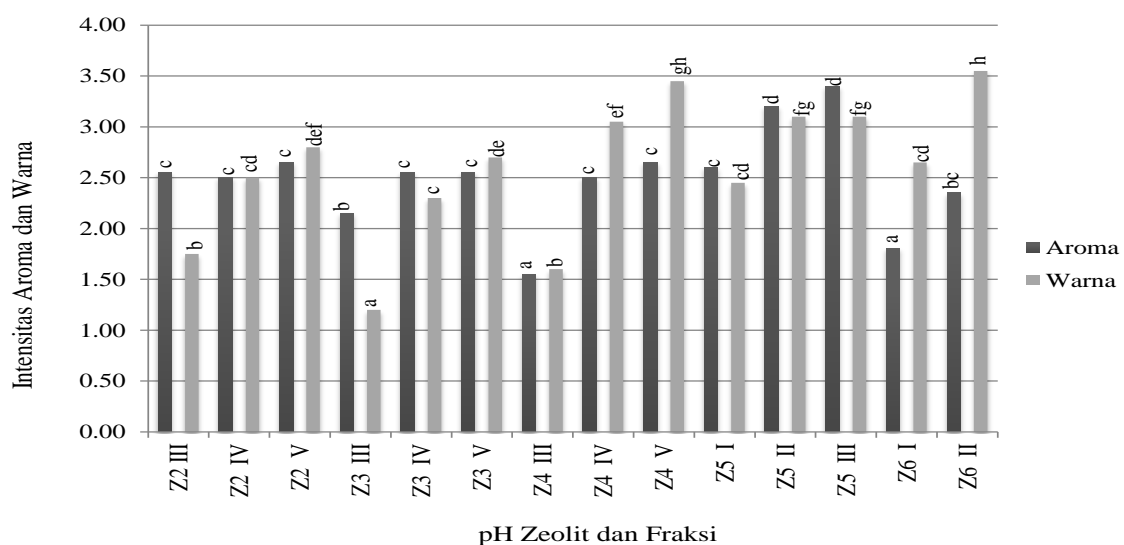
Pada proses adsorpsi ini tidak dilakukan elusi karena pertimbangan keamanan pangan, sebaliknya senyawa yang tidak diinginkan diharapkan teradsorpsi pada adsorben. Fraksi asap cair terpilih berdasarkan hasil evaluasi sensoris warna dan aroma kemudian dianalisis komponen kimianya dengan menggunakan GC-MS.

Analisis statistik khususnya skor sensoris asap cair hasil adsorpsi zeolit dilakukan menggunakan analisis varian (ANOVA) dengan *software* SPSS versi 16 yang dilanjutkan dengan uji jarak *Duncan* pada taraf 1%.

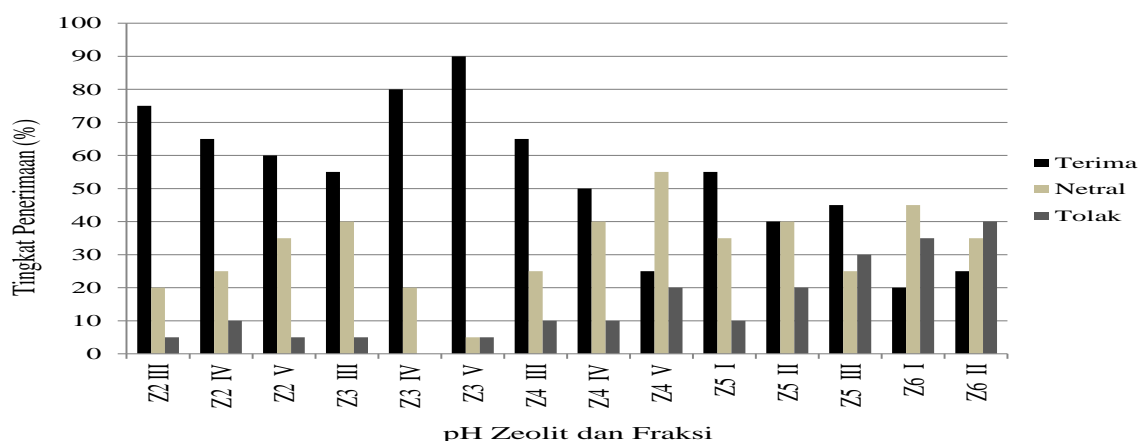
HASIL DAN PEMBAHASAN

Preferensi Panelis terhadap Asap Cair Hasil Adsorpsi. Hasil analisis statistik intensitas aroma dan warna ke 14 fraksi menunjukkan bahwa berbagai pH zeolit sebagai adsorben berpengaruh sangat nyata terhadap nilai sensoris aroma dan warna asap cair tempurung kelapa. Adapun hasil uji BNJ 1% disajikan pada Gambar 1.

Hasil uji BNJ 1% menunjukkan bahwa aroma dan warna asap cair mempunyai intensitas “ringan-sedang” dengan rerata skor sebesar 2,50 untuk aroma dan 2,59 untuk warna. Terdapat 3 fraksi asap cair yang memperoleh tingkat penerimaan panelis sebesar $\geq 70\%$ (Gambar 2).



Gambar 1. Intensitas Aroma dan Warna Asap Cair Tempurung Kelapa Hasil Adsorpsi pada Berbagai pH Zeolit



Gambar 2. Tingkat Penerimaan Panelis terhadap Asap Cair Tempurung Kelapa Hasil Adsorpsi pada Berbagai pH Zeolit

Tabel 1. Komponen Volatil Asap Cair Tempurung Kelapa Fraksi Z2FIII, Z3FIV, Z3FV dan Z5FII (Sebagai Pembandingan) Hasil Adsorpsi pada Zeolit

Nama Senyawa	% Relatif Komponen				Ambang Batas Penciuman (ppm)	Karakteristik Aroma
	Z2 F III	Z3 FIV	Z3 FV	Z5 F II		
Alkohol, ester dan asam						
1,1-Dimetiletil ester	1,80	3,81	-	0,30	0,25 ⁸⁾	Mawar, madu ⁸⁾
Asam propionat	-	-	-	6,75	0,04 ¹⁰⁾	Tajam ²⁾
Asam asetat	55,83	54,99	49,46	35,84	0,08 ¹⁰⁾	Cuka, menyengat ¹⁾
Metil etil keton	-	-	-	1,13	0,06 ¹⁰⁾	Aseton ¹⁰⁾
3-Furanol	-	-	3,18	2,06	0,0008 ⁹⁾	Mint, buah ⁹⁾
Alil etil ester	-	10,25	0,29	1,11	2,63 ¹⁰⁾	Bawang ¹⁰⁾
Siklopropil karbinol	-	2,70	2,49	-	-	Alkohol ¹⁰⁾
1,2-Benzenediol	-	0,56	3,64	3,79	0,35 ⁶⁾	Teh hitam ⁵⁾
2H-Pyran-2,4(3H)-dion	-	1,75	0,34	0,85	-	Tidak beraroma ¹⁵⁾
Asam heksanoat	-	1,66	0,61	-	0,002 ¹⁰⁾	Manis ¹¹⁾
Asam butanoat	-	-	1,99	0,79	0,004 ¹⁰⁾	Tengik, iritasi ¹⁰⁾
2-Siklobuten-1-ol	-	-	0,43	-	0,7 ⁹⁾	Mint ¹³⁾
3,4,5-Trimetoksitoluen	-	-	1,50	0,59	0,229 ¹⁰⁾	Khas ¹⁰⁾
Benzeneetanol	-	-	1,04	0,68	0,139 ⁶⁾	Alkohol ¹⁰⁾
Tetrafeniletan	-	-	-	0,17	-	Tidak
Jumlah :	57,63	75,72	64,97	54,06		menyenangkan ¹⁵⁾
Kelompok Karbonil						
Hidrazin	6,31	-	-	-	-	
2-Propanon	-	3,66	3,93	2,60	1,45 ¹⁰⁾	Tidak beraroma ⁶⁾
1,4-Butanedion	-	0,92	-	-	0,004 ¹⁷⁾	Iritasi ¹⁰⁾
2-Furfural	-	-	1,41	2,84	0,776 ¹⁰⁾	Susu, mentega ¹⁷⁾
2-Butanon	-	-	0,70	3,45	0,80 ⁶⁾	Manis, karamel ³⁾
3(2H) Furanon	-	-	1,35	2,61	0,043 ⁶⁾	Aseton ¹⁰⁾
2-Siklopenten-1-on	-	-	1,56	2,66	0,30 ⁶⁾	Karamel ⁷⁾
2-Metiltetrahidrofuran	-	1,66	1,15	-	0,002 ¹⁴⁾	Karamel ⁶⁾
D-Glukopiranos	-	-	1,65	1,21	-	Manis ¹⁴⁾
Anhidro-d-mannosa	-	-	-	1,84	-	Tidak beraroma ¹⁴⁾
Jumlah :	6,31	6,24	11,75	17,21		Tidak beraroma ¹⁴⁾

(Dilanjutkan)

Tabel 2. Lanjutan Komponen Volatil Asap Cair Tempurung Kelapa Fraksi Z2FIII, Z3FIV, Z3FV dan Z5FII (sebagai Pembanding) Hasil Adsorpsi pada Zeolit

Nama Senyawa	% Relatif Komponen				Ambang Batas Penciuman (ppm)	Karakteristik Aroma
	Z2 F III	Z3 FIV	Z3	Z5 F II		
Kelompok Fenol						
Monofenol	34,86	15,84	18,10	20,38	0,0056 ¹²⁾	Pedas, menarik ²⁾
o-Kresol	-	-	0,63	0,92	0,0017 ¹⁰⁾	Iritasi ¹³⁾ , tar ⁴⁾
Siringol	-	1,01	0,63	3,94	0,06 ⁶⁾	Asap, sosis ³⁾
Homosiringik	-	-	2,22	0,16	0,08 ¹⁶⁾	Hangus, asap ¹⁶⁾
Vanilin	-	-	-	0,27	0,20 ⁸⁾	Vanila ⁸⁾
Metoksieugenol	-	-	-	0,15	0,82 ⁶⁾	Rempah, iritasi ¹⁰⁾
2-Dimetilamino fenol	-	-	-	-	0,68 ¹⁰⁾	
Jumlah :	34,86	16,85	0,43 21,38	25,82		
Kelompok Guaiakol						
Guaiakol	1,28	0,54	-	1,91	0,005 ⁴⁾	Asap ringan ²⁾
p-Etilguaiakol	-	0,65	1,90	0,11	0,01 ⁴⁾	Asap, hangus ⁴⁾
p-Metilguaiakol	-	-	-	0,91	0,02 ⁴⁾	Asap, fenolik ⁴⁾
Jumlah :	1,28	1,19	- 1,90	2,93		

Ket : ¹⁾Anonim^a, 2007; ²⁾Girard, 1992; ³⁾Maga, 1988; ⁴⁾Berger, 2007; ⁵⁾Ojeda, dkk., 2002; ⁶⁾Leffingwell and Associates, 1999; ⁷⁾Grosch, 1995; ⁸⁾Vilanova, dkk., 2010; ⁹⁾Ampuero dan Bosset, 2003; ¹⁰⁾Schiffman, dkk., 2001; ¹¹⁾Brewer, 2006; ¹²⁾Nagata, 2004; ¹³⁾Neff, dkk., 2000; ¹⁴⁾MSDS, 2011; ¹⁵⁾David, 2008; ¹⁶⁾PubChem, 2010; ¹⁷⁾Oberholzer dan Zehntner, 2008.

Tingkat penerimaan panelis terhadap fraksi asap cair hasil adsorpsi pada zeolit (Gambar 2) menunjukkan bahwa terdapat 3 fraksi asap cair yang memperoleh tingkat penerimaan panelis $\geq 70\%$ dari 14 fraksi yang diuji secara sensoris. Ketiga fraksi tersebut adalah Z2 III (Zeolit pH 2 fraksi III), Z3 IV (Zeolit pH 3 fraksi IV) dan Z3FV (Zeolit pH 3 fraksi V). Peningkatan pH zeolit menyebabkan menurunnya preferensi panelis terhadap fraksi asap cair karena terjadinya perubahan warna adsorbat akibat melarutnya sebagian senyawa kontributor warna serta beberapa komponen aroma yang bersifat polar. Akan tetapi, aktivitas zeolit yang menurun akibat keterbatasan kapasitas adsorpsi menyebabkan sebagian senyawa terutama karbonil tidak teradsorpsi khususnya pada pH di atas 4.

Profil Senyawa Penyusun Asap Cair Tempurung Kelapa. Hasil analisis GC MS profil senyawa kimia penyusun asap cair Z2FIII, Z3FIV dan Z3FV sebagai fraksi yang memperoleh tingkat penerimaan panelis $\geq 70\%$ disajikan pada Tabel 1.

Ketiga fraksi asap cair yang memperoleh tingkat penerimaan panelis $\geq 70\%$ hasil adsorpsi pada zeolit pH 2 dan 3 memiliki 5-23 jenis senyawa kontributor aroma (Tabel 1). Terjadinya perbedaan tingkat penerimaan panelis terhadap ketiga fraksi asap cair yakni Z2FIII, Z3FIV dan Z3FV diduga karena keberadaan beberapa senyawa kimia yang berperan terhadap aroma khas asap cair juga berbeda di antara ketiga fraksi hasil adsorpsi pada zeolit tersebut. Pada fraksi Z3FV yang memperoleh tingkat penerimaan tertinggi sebesar 90% memiliki jenis senyawa yang lebih beragam yakni sebanyak 23 senyawa dibanding kedua fraksi lainnya yakni Z2FIII dan Z3FIV sehingga hasil interaksi berbagai senyawa memunculkan karakter aroma yang lebih menarik.

Mekanisme adsorpsi (Tan *et al.*, 2008) terdiri atas tiga tahap yaitu : (1) Molekul solut harus berada di dalam *boundary layer*, (2) Difusi molekul solut dari *boundary layer* ke permukaan adsorben, (3) Molekul solut berdifusi ke dalam struktur pori adsorben.

Selanjutnya Chandra *et al.* (2007) dan Diban *et al.* (2007) mengemukakan bahwa proses adsorpsi dipengaruhi oleh : Luas area permukaan adsorben, struktur pori internal adsorben, karakteristik permukaan adsorben dan gugus fungsi pada permukaan pori adsorben.

Beberapa senyawa yang terdapat di dalam asap cair tempurung kelapa hasil adsorpsi zeolit pH 3 khususnya fraksi V dan karakteristik aromanya antara lain : 3-furanol (mint, buah); 2-furfural (manis, karamel); 2-Siklobuten-1-ol (mint); 3 (2H) furanon (karamel); 2-siklopenten-1-on (karamel) dan 2-Dimetilamino fenol (belum diketahui). Seluruh senyawa tersebut tidak terdapat pada Z2FIII dan Z3FIV namun terdapat pada Z5FII, kecuali senyawa 2-Siklobuten-1-ol dan 2-Dimetilamino fenol.

Fraksi Z5FII merupakan pembanding terhadap ketiga fraksi asap cair yang memperoleh tingkat penerimaan panelis $\geq 70\%$, di mana fraksi Z5FII hanya memperoleh tingkat penerimaan panelis sebesar 40%. Meskipun fraksi pembanding memiliki hampir seluruh senyawa pada Z3FV (tingkat penerimaan panelis 90%) namun tingkat penerimaan panelis terhadap Z5FII relatif rendah yang mungkin disebabkan adanya asam propionat dengan karakter aroma "tajam" sebesar 6,75% luar area relatif, sedangkan ketiga fraksi lainnya tidak memiliki senyawa tersebut.

Hasil penelitian ini menunjukkan pula bahwa semakin tinggi pH zeolit sebagai adsorben polar maka semakin tinggi kelarutan solut dan semakin tinggi tingkat fraksi maka aktivitas adsorpsi zeolit menurun. Oleh karenanya fraksi asap cair yang tidak teradsorpsi pada Z3FV dan Z5FII

memiliki senyawa kimia yang lebih beraneka ragam dibanding senyawa kimia pada Z2FIII dan Z3FIV. Kostyra dan Pikielna (2006) menegaskan bahwa besarnya kontribusi suatu senyawa aroma di dalam asap cair dipengaruhi oleh jenis bahan baku dan teknologi yang digunakan. Selanjutnya masing-masing senyawa dengan karakteristik aroma yang berbeda akan saling berinteraksi pada ambang penciuman yang beragam.

Pemisahan senyawa aroma "keras menyengat" pada asap cair kasar tempurung kelapa dengan metode adsorpsi menggunakan zeolit mampu memisahkan senyawa asam karbamat, propionat, *p*-kresol, hidrokuinon, pirokatekol, *p*-metilguaiakol dan siringol. Sebanyak tujuh senyawa aroma "keras menyengat" yang menyusun komponen asap cair kasar tempurung kelapa tidak terdapat di dalam fraksi asap cair terpilih yaitu fraksi III pH 2, fraksi IV dan V masing-masing pada pH 3. Ketujuh senyawa kontributor aroma "keras menyengat" tersebut diduga teradsorpsi oleh zeolit. Adsorpsi asap cair kasar tempurung kelapa dengan menggunakan zeolit merupakan metode yang paling efektif di dalam pemisahan senyawa aroma "keras menyengat" dan memperoleh tingkat penerimaan panelis tertinggi yakni $\geq 75\%$. Sifat zeolit sebagai adsorben polar sesuai untuk mengadsorpsi komponen asap cair yang umumnya juga bersifat polar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Adsorpsi asap cair tempurung kelapa menggunakan zeolit efektif mengurangi aroma "keras menyengat" dari produk tersebut. Perlu dilakukan uji daya simpan asap cair hasil adsorpsi zeolit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ampuero, S., and Bosset, J.O., 2003. *The Electronic Nose Applied to Dairy Products : A Review*. Sensors and Actuators B 94 : 1-12.
- Anonim, 2007. *Right to Know Hazardous Substance Fact Sheet*. Download dari <http://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/> [9 Mei 2010].
- Berger, R.G., 2007. *Flavours and Fragrances*. Chemistry, Bioprocessing and Sustainability. Springer. Hannover. Germany.
- Bernasconi, G., Gerster, H., Hawer, H., Stäuble, H., and Schneiter, E., 1995. *Teknologi Kimia 2*. Diterjemahkan oleh Hardojo, L., Pradnya Paramita. Jakarta.
- Brewer, M.S., 2006. *The Chemistry of Beef Flavor - Executive Summary*. Department of Food Science and Human Nutrition. University of Illinois.
- Chandra, T.C., Mirna, M.M., Sudaryanto, Y., and Ismadji, S., 2007. *Adsorption of Basic Dye onto Activated Carbon Prepared from Durian Shell : Studies of Adsorption Equilibrium and Kinetics*. Chemical Eng. J. 127 : 121-129.
- David, E., 2008. *Carbon*. Download dari http://www.chemicalbook.com/Product_Chemical_Properties_CB9424311_EN.htm. [28 April 2010].
- Diban, N., Ruiz, G., Urtiaga, A., and Ortiz, I., 2007. *Granular Activated Carbon for The Recovery of The Main Pear Aroma Compound : Viability and Kinetic Modelling of Ethyl-2,4-Decadienoate Adsorption*. J. of Food Eng. 78 : 1259-1366.
- Girard, J.P., 1992. *Technology of Meat and Meat Product Smoking*. Ellis Harwood. New York. London : 162-201.
- Grosch, W., 1995. *16th ASIC Colloq. Kyoto in Coffee Chemistry : Coffee Aroma*. Download dari <http://www.coffeeresearch.org/>. [7 Maret 2010].
- Guillén, M.D., and Manzanos, M.J., 2002. *Study of The Volatile Composition of an Aqueous Oak Smoke Preparation*. Food Chem. 79 : 283-292.
- Hasbullah dan Sugiyono, 2006. *Kreasi Mengolah Belut : Asap Cair Pengganti Formalin*. Institut Pertanian Bogor.
- Jónsdóttir, R., Ólafsdóttir, Chanie, E., and Haugen, J.E., 2008. *Volatile Compounds Suitable for Rapid Detection as Quality Indicators of Cold Salmon (Salmo salar)*. Food Chem. 109 : 184-195.
- Kostyra, E., and Pikielna, N.B., 2006. *Volatiles Composition and Flavour Profile Identity of Smoke Flavourings*. Food Quality and Preference. 17 : 85-95.
- Leffingwell and Associates, 1999. *Odor and Favor Detection Thresholds in Water*. Download dari <http://www.leffingwell.com/odorthre.htm>. [18 Oktober 2010].
- Maga, J.A., 1988. *Smoke in Food Processing*. Boca Raton. FL. CRC Press.
- Mardiyanto, 2008. *IPB Kaji Asap Cair Tempurung Kelapa Sebagai Disinfektan dan Pengganti Formalin*. Institut Pertanian Bogor.
- MSDS, 2011. 2H-Pyran-2,4(3H)-dione. Download <http://www.chemadvisor.com/>. [27 April 2011].
- Nagata, Y., 2004. *Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method*. Japan Environmental Sanitation Center. 10-6 Yotuyakamichou Kawasaki. pp. 118-127.

- Neff, W.E., Warner, K., and Byrdwell, W.E., 2000. *Odor Significance of Undesirable Degradation Compounds in Heated Triolein and Trilinolein*. JAOCS 77 (12) : 1303-1313.
- Nong, Y.A. and Guo, S.B., 2005. *Flavour Substances of Chinese Traditional Smoke-cured Bacon*. Food Chem. 89 : 227-233.
- Oberholzer, D., and Zehntner, U., 2008. *Odorant in Mild and Traditional Acidic Yoghurts as Determined by SPME-GS/O/MS*. Expression of Multidisciplinary Favour Science. Agroscope Liebefeld-Posieux Research Station. Switzerland.
- Ojeda, M., Bárcenas, P., Elortondo, F.J.P., Albisu, M., and Guillén, M.D., 2002. *Chemical References in Sensory Analysis of Smoke Flavourings*. Food Chem.78 : 433-442.
- PubChem, 2010. Homosyringic acid. Download dari <http://www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/-summary.cgi>. [11 Desember 2010].
- Schiffmana, S.S., Bennett J. L., and Raymer, , J. H., 2001. *Quantification of Odors and Odorants from Swine Operations in North Carolina*. Agricultural and Forest Meteorology. 108 : 213-240.
- Sérot, T., Baron, R., Knockaert, C., and Vallet, J.L., 2004. *Effect of Smoking Processes on The Contents of 10 Major Phenolic Compounds in Smoke Fillets of Herring (Cuplea harengus)*. Food Chem. 85 : 111-120.
- Siskos, I., Zotos, A., Melidou, S., and Tsikritzi, R., 2007. *The Effect of Liquid Smoking of Fillets of Trout (Salmo gairdnerii) on Sensory, Microbiological and Chemical Change during Chilled Storage*. Food Chem. 101 (2) : 458-464.
- Tan, L.A.W., Ahmad, A.L., and Hameed, B.H., 2008. *Adsorption of Basic Dye on High-surface-area Activated Carbon Prepared from Coconut Husk : Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Studies*. J. of Hazard. Mat. 154 : 337-346.
- Vilanova, M., Genisheva, Z., Masa, A., and Oliveira, J.M., 2010. *Correlation between Volatile Composition and Sensory Properties in Spanish Albariño Wines*. Microchemical Journal 95 : 240–246.