

# Profil Komponen Volatil Beberapa Jenis Satai Menggunakan Kromatografi Gas

## (Volatile Profiles of Various Types of Satay Using Gas Chromatography)

Dias Indrasti<sup>1,2\*</sup>, Muhammad Faqih Mukhlisin<sup>1</sup>, Noviyan Darmawan<sup>2,3</sup>, Nancy Dewi Yuliana<sup>1,2</sup>

(Diterima November 2021/Disetujui Maret 2022)

### ABSTRAK

Satai merupakan potongan daging yang ditusuk dengan batang bambu dan melewati proses pembakaran. Aroma pada setiap jenis daging satai unik karena adanya keragaman kandungan total senyawa volatil organik. Perbedaan senyawa volatil juga dipengaruhi oleh ras ternak penghasil dagingnya dan cara pengolahannya. Volatilomik merupakan metode yang dapat digunakan untuk memastikan keaslian produk daging melalui pendeteksian, karakterisasi, dan kuantifikasi semua metabolit yang mudah menguap dalam sistem biologis. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen senyawa volatil pada satai sapi, ayam, babi, dan campurannya. Komponen volatil pada satai diekstrak menggunakan metode *solid-phase microextraction* (SPME) dan dianalisis dengan instrumen kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS). Analisis data dilakukan secara multivariat *principle component analysis* (PCA). Hasil analisis GC-MS pada satai daging sapi, ayam, dan babi masing-masing teridentifikasi memiliki 104,134, dan 112 senyawa volatil. Nonanal adalah senyawa volatil dengan intensitas tertinggi pada sampel satai sapi, benzaldehida pada satai ayam, dan sikloheksanol pada satai babi. Komponen volatil pada satai dengan jenis daging yang berbeda menunjukkan pemisahan yang baik dengan model PCA. Satai sapi, ayam, dan babi mengelompok secara terpisah. Satai campuran yang mengandung daging babi berada pada posisi yang berdekatan dengan satai babi. Analisis volatilomik mengidentifikasi senyawa heksanal berpotensi digunakan sebagai pembeda satai babi dari satai daging lainnya pada proses autentikasi halal.

Kata kunci: ayam, babi, halal, sapi, volatilomik

### ABSTRACT

Satay as Indonesian food is made from several pieces of meat stabbed with a bamboo stick and grilled. Satay has a unique aroma because of the diversity in total organic volatile contents. Differences in volatile compounds are also influenced by species breed and processing method. Volatilomics is a method used to ensure the authenticity of meat products through the detection, characterization, and quantification of all volatile metabolites in biological systems. This study aims to evaluate volatile profiles in beef, chicken, pork satay, and their mixtures. The volatile components of satay were extracted using the solid-phase micro extraction (SPME) method and analyzed using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) instrument. Data were analyzed by multivariate principles component analysis (PCA). Beef, chicken, and pork satays were identified as having 104,134, and 112 volatile compounds, respectively. Nonanal was a volatile compound with the highest intensity in beef satay samples, benzaldehyde in chicken satay, and cyclohexanol in pork satay. Volatile components of satay with different types of meat showed good separation using the PCA model. Beef, chicken, and pork satays are grouped separately. Mixed-meat satay containing pork was grouped next to the pork satay. Volatilomic analysis identified a hexanal compound was potential to be used as a marker to distinguish between pork and other meat satays in halal authentication process.

Keywords: beef, chicken, halal, pork, volatilomics

### PENDAHULUAN

Satai merupakan produk olahan pangan yang disukai banyak kalangan di Indonesia karena

teksturnya yang empuk, rasa yang gurih, dan aroma yang khas. Pengolahan satai umumnya dilakukan dengan cara memanggang potongan daging yang ditusuk menggunakan potongan bambu di atas bara api. Selama proses pemanggangan terjadi beberapa reaksi pada daging yang berpengaruh pada komponen senyawa volatil dan karakter sensori satai. Reaksi yang berkontribusi pada aroma satai adalah oksidasi lemak dan reaksi pencokelatan non-enzimatis. Senyawa volatil dan karakter sensori satai salah satunya berasal dari jenis daging yang digunakan. Perbedaan aroma yang khas pada setiap jenis satai dikarenakan pada setiap daging hewan terdapat keragaman kandungan total senyawa organik volatil. Apabila dilakukan proses

<sup>1</sup> Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

<sup>2</sup> Pusat Kajian Sains Halal, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor. Kampus IPB Baranangsiang, Bogor 16440

<sup>3</sup> Departemen Kimia, FMIPA, Institut Pertanian Bogor. Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

\* Penulis korespondensi. Email: [d\\_indrasti@apps.ipb.ac.id](mailto:d_indrasti@apps.ipb.ac.id)

pengolahan lebih lanjut, aroma pada daging dapat semakin menguat atau bisa juga mengalami perubahan (Lammers *et al.* 2009). Perbedaan cara pengolahan daging akan menghasilkan profil senyawa volatil yang berbeda, selain dari jenis dagingnya.

Volatilomik adalah bidang metabolomik yang menargetkan deteksi, karakterisasi, dan kuantifikasi semua metabolit volatil dalam sistem biologis. Senyawa volatil daging satai memiliki bobot molekul kecil dan titik didih rendah (Rioseras *et al.* 2017) sehingga mudah menguap dan dideteksi menggunakan kromatografi gas dengan detektor spektrometri masa (GC-MS). Ekstraksi senyawa volatil pada sampel dilakukan dengan *solid-phase microextraction* (SPME). SPME banyak digunakan untuk mengekstrak komponen volatil pangan karena mudah dipakai, prosesnya cepat, sensitif, tidak memerlukan pelarut, dan sedikit kontaminasi senyawa non-volatil (Ngamchuachit *et al.* 2020). SPME-GC-MS telah digunakan untuk menganalisis senyawa volatil berbagai produk olahan daging dan lemak (Watkins *et al.* 2012; Benet *et al.* 2015; Domínguez *et al.* 2019; Pavlidis *et al.* 2019; Han *et al.* 2021). Kelebihan metode volatilomik berdasarkan SPME-MS adalah penentuan sejumlah komponen volatil yang berkontribusi pada ketertelusuran dan keaslian daging (Bai *et al.* 2021). Penentuan komponen volatil dalam daging selalu menjadi tantangan karena melibatkan banyak senyawa dari setiap jenis daging dengan cara pengolahan yang berbeda serta kemudahan untuk menguap dalam waktu singkat.

Komponen volatil yang terdeteksi selanjutnya dianalisis datanya secara multivariat untuk melihat apakah terjadi pemisahan antarjenis daging. Penelitian sebelumnya menggunakan pendekatan multivariat untuk mengelompokkan dan memisahkan senyawa volatil campuran daging dari spesies yang berbeda (Pavlidis *et al.* 2019;), daging dari spesies yang sama tapi berasal dari ras yang berbeda (Chen *et al.* 2019), dan daging dengan cara pengolahan berbeda (Lammers *et al.* 2009; Sha *et al.* 2017; Ngamchuachit *et al.* 2020; Han *et al.* 2021; Fu *et al.* 2022). Keberhasilan penelitian-penelitian tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam membedakan spesies daging. Hal ini dapat diaplikasikan untuk proses autentikasi kehalalan. Daging dari spesies hewan haram diduga mempunyai profil volatil yang berbeda dari spesies hewan halal. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi komponen senyawa volatil yang berpotensi digunakan sebagai pembeda antara daging sapi, ayam, babi, dan campurannya yang diolah menjadi satai menggunakan SPME-GC-MS.

## METODE PENELITIAN

Sampel daging yang digunakan berasal dari bagian *knuckle* sapi jenis *Brahman Cross* (600 kg), daging ayam Broiler (1–2 kg) segar bagian dada, dan daging

babi ternak kebirian (80–90 kg) bagian *knuckle*. Semua daging dibeli dari pasar tradisional di daerah Bogor, Jawa Barat, pada bulan Agustus 2021. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis adalah standar internal n-alkana (C7-30, 1000 µg/L) yang dibeli dari SIGMA-ALDRICH (St. Louis, Missouri, USA).

### Persiapan sampel satai

Daging dipotong berbentuk kubus berukuran 1.2×1.2×1.2 cm dengan bobot rata-rata 1.20 g. Sebanyak 3 potong daging ditusuk menggunakan potongan bambu. Satai dibuat menggunakan daging sapi, ayam, babi, campuran daging sapi-babi, dan campuran daging ayam-babi. Rasio daging pada satai campuran adalah 2:1 dan 1:2. Semua sampel dibuat sebanyak empat ulangan sehingga totalnya ada 28 sampel. Sampel satai yang belum dipanggang disimpan dalam plastik *seal* dan dimasukkan ke dalam freezer.

Pembuatan satai dilakukan dengan membakar daging menggunakan alat pemanggang selama 5-6 menit dengan suhu pemanggangan 230-240°C. Daging satai dipanggang tanpa penambahan bumbu kecap dan saus kacang. Daging satai yang sudah matang segera dipotong kecil-kecil untuk proses ekstraksi senyawa volatil.

### Analisis komponen volatil (Pranata *et al.* 2021, dengan modifikasi)

Ekstraksi dilakukan dengan memasukkan potongan daging satai matang ke dalam vial *headspace* 20 mL dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 1 jam. SPME DVB/CAR/PDMS (Supelco, USA) diinjeksi ke dalam vial tanpa pengadukan. Analisis komponen volatil dilakukan dengan menginjeksi SPME yang telah mengekstrak sampel ke dalam port injeksi GC-MS (QP2020 NX, Shimadzu, Jepang) yang dilengkapi dengan *hydrocarbon trap* (HT200-2, Agilent, China). Penginjeksian sampel dilakukan dengan rasio split 2.0 pada 250°C. Pemisahan senyawa dilakukan dalam kolom Stabilwax dimensi 60 m × 0.25 mm dan ketebalan film 0.25 µm (Agilent Technologies, USA) dengan gradien suhu 55°C lalu dinaikkan 3°C/menit hingga 150°C selama 2 menit. Selanjutnya, suhu dinaikkan 5°C/menit hingga 200°C selama 2 menit. Setelah itu, suhu dinaikkan kembali hingga 250°C selama 4 menit. Suhu antarmuka diatur pada 250°C. Spektrometer massa dioperasikan dalam mode ionisasi elektron dengan energi elektron 70 eV dan rentang pemindaian 35–350 m/z. Suhu *ion source* adalah 230°C. Identifikasi senyawa volatil dilakukan dengan membandingkan spektrum masa analit yang diperoleh dengan data pada NIST MS 14.0. Setiap senyawa yang teridentifikasi ditentukan *linear retention index* (LRI) menggunakan deret homolog larutan n-alkana.

### Analisis Data

Senyawa yang teridentifikasi diolah menggunakan perangkat lunak SIMCA-P v. 16.0 (Sartorius-Umetric,

Swedia). *Principle Component Analysis* (PCA) dengan koefisien prediktif ( $Q^2X$ ) digunakan sebagai penilai pola klasifikasi jenis satai daging.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Senyawa yang bersifat volatil mempunyai ciri bobot molekul yang rendah sehingga mudah terbawa udara sampai masuk ke dalam indera penciuman dan terdeteksi sebagai bau atau aroma. Analisis menggunakan instrumen SPME-GC-MS berhasil mengidentifikasi beberapa senyawa volatil pada sampel satai daging sapi, ayam, babi, dan campurannya (Tabel 1). Senyawa volatil yang teridentifikasi pada satai daging sapi, ayam, dan babi masing-masing sebanyak 104, 134, dan 112 senyawa. Senyawa volatil tersebut berasal dari komponen aldehida, alkohol, asam, ester, hidrokarbon alifatik, hidrokarbon siklik aromatik, keton, senyawa bersulfur, terpena, dan senyawa lainnya. Jumlah senyawa volatil yang teridentifikasi pada penelitian ini berbeda dari hasil penelitian sebelumnya. Ruan *et al.* (2015) menemukan 46 senyawa volatil pada sampel satai daging sapi tanpa lemak, sedangkan Xie *et al.* (2008) mengidentifikasi 86 senyawa volatil pada sampel babi panggang. Komponen volatil satai daging ayam yang teridentifikasi juga berbeda dari senyawa volatil pada satai ayam ala Jepang atau yakitori (Ngamchuachit *et al.* 2020). Perbedaan komponen yang teridentifikasi dapat disebabkan oleh metode yang digunakan untuk menganalisis senyawa volatil sampel dan data *library* NIST yang digunakan pada detektor MS. Selain itu, variasi jenis daging dan asal geografis hewan yang digunakan turut memengaruhi perbedaan jumlah dan jenis senyawa volatil yang terdeteksi. Hasil penelitian Chen *et al.* (2019) menyebutkan bahwa senyawa volatil daging babi dari empat ras menunjukkan jumlah yang berbeda.

Proses pengolahan daging memengaruhi jumlah senyawa volatil yang dihasilkan. Pranata *et al.* (2021) memperoleh jumlah senyawa volatil pada daging segar yang lebih sedikit dibandingkan senyawa volatil pada produk olahan daging berupa bakso. Pengolahan daging akan menimbulkan beberapa reaksi kimia yang berdampak pada peningkatan jumlah senyawa volatil yang teridentifikasi. Selama pembuatan satai, reaksi kimia yang terjadi adalah oksidasi lemak dan degradasi Strecker pada reaksi Maillard (Ngamchuachit *et al.* 2020), serta interaksi di antara kedua reaksi tersebut. Produk oksidasi lemak yang dihasilkan berupa aldehida, alkohol, keton, dan fenol. Kemudian pada reaksi Maillard dihasilkan produk senyawa berupa aldehida Strecker, komponen yang mengandung sulfur dan nitrogen, furan, dan *pyrrole* (Rizzi 2008).

Senyawa volatil dengan intensitas tertinggi pada sampel satai sapi adalah nonanal, diikuti karbon disulfida, heksadekanal, dan benzaldehida (Tabel 1). Sampel satai ayam tidak jauh berbeda, senyawa volatil tertingginya adalah benzaldehida, diikuti nonanal,

heksadekanal, dan heksadekana. Pada satai babi, senyawa tertingginya adalah cyclohexanol, heksanal, nonanal, benzaldehida, dan heksadekanal. Nonanal dan heksanal merupakan senyawa kelompok aldehida yang menjadi indikator produk hasil oksidasi lemak (Wettasinghe *et al.* 2001; Azarbad & Jeleń 2015). Intensitas senyawa nonanal tertinggi dimiliki oleh satai babi ( $11,20 \times 10^6$ ) diikuti oleh satai sapi ( $9,57 \times 10^6$ ) dan satai ayam ( $6,81 \times 10^6$ ). Kemudian untuk senyawa heksanal, intensitas tertinggi dimiliki oleh satai babi ( $11,72 \times 10^6$ ) yang diikuti oleh satai ayam ( $2,02 \times 10^6$ ) dan satai sapi ( $1,71 \times 10^6$ ). Pada senyawa heksanal, urutan intensitas yang dimiliki dengan penelitian Pranata *et al.* (2021) pada produk bakso.

Senyawa pirazin merupakan salah satu produk reaksi Maillard yang berkontribusi pada aroma pada proses pembakaran produk daging (Ngamchuachit *et al.* 2020). Dari hasil penelitian ini satai babi memiliki intensitas pirazin-2,5-dimetil- tertinggi ( $0,87 \times 10^6$ ), diikuti satai sapi ( $0,70 \times 10^6$ ) dan satai ayam ( $0,25 \times 10^6$ ). Perbedaan intensitas senyawa volatil dapat disebabkan oleh perbedaan komponen asam lemak tidak jenuh yang dimiliki oleh masing-masing daging.

Beberapa komponen volatil tidak diidentifikasi pada satai sapi dan ayam. Sebaliknya, senyawa-senyawa ini teridentifikasi pada satai babi dan satai campuran yang mengandung daging babi. Senyawa-senyawa tersebut adalah 2-oktenal, 2-dekenal, 2-undekenal, 2,4-dekadienal dari komponen aldehida, komponen hidrokarbon alifatik 1,3-heksadiena-3-etil-2-metil, 3-oktanon, dan  $\alpha$ -pinena. Dari jumlah komponen volatil yang teridentifikasi, keberadaan senyawa heksanal yang ditemukan pada satai babi berpotensi digunakan sebagai pembeda antara satai babi dari satai daging lainnya. Senyawa golongan aldehida juga digunakan sebagai penanda adanya kandungan daging babi pada suatu produk. Heksanal, butenal, dekenal, oktenal, oktanal, dan undekanal ditemukan pada berbagai produk olahan babi (Christlbauer dan Peter 2011; del Pulgar *et al.* 2013; Yang *et al.* 2014; Chen *et al.* 2019; Li *et al.* 2021). Konfirmasi komponen volatil pembeda babi perlu dilakukan menggunakan pendekatan volatilomik lain.

Volatilomik adalah bidang metabolomik yang menargetkan deteksi, karakterisasi, dan kuantifikasi semua metabolit yang mudah menguap dalam sistem biologis. Volatilomik dapat digunakan untuk memastikan keaslian produk daging yang berkaitan dengan proses pengolahan produknya maupun kemungkinan adanya pemalsuan daging. Salah satu unsur terpenting dalam kesuksesan volatilomik adalah adanya analisis multivariat seperti penggunaan PCA. Analisis komponen utama (PCA) merupakan metode multivariat yang paling banyak digunakan untuk analisis kemometrik secara umum sekaligus sidik jari metabolik (Worley & Powers 2013). Analisis data tersebut dapat membedakan sampel dalam kelompok tertentu dan mengidentifikasi senyawa penanda yang berkontribusi dalam penilaian kualitas maupun keasliannya (Lytou *et al.* 2019). Model PCA akan

Tabel 1 Komponen volatil yang teridentifikasi dalam sampel satai menggunakan GC-MS

Senyawa Volatil	RT (menit)	LRI	Luas area (x 10 <sup>4</sup> )						
			Satai Sapi	Satai Ayam	Satai Babi	Satai Sapi:Babi (2:1)	Satai Sapi:Babi (1:2)	Satai Ayam:Babi (2:1)	Satai Ayam:Babi (1:2)
<b>Aldehid</b>									
Asetaldehida	4,885	745	138,89	170,50	159,08	148,71	173,32	135,50	222,09
Butanal, 2-metil-	6,466	914	67,22	100,86	42,59	35,73	35,39	36,20	54,39
Butanal, 3-metil-	6,512	917	31,02	88,95	32,08	30,75	34,04	48,61	62,89
Pentanal	7,487	980	27,46	21,12	103,15	94,43	118,00	81,08	169,67
2-Butenal	8,950	1047	-	10,93	9,67	-	-	9,40	-
Heksanal	9,723	1078	171,34	201,82	1172,57	1159,83	1183,19	889,87	1833,72
2-Butenal, 2-metil-	10,275	1101	-	8,67	-	-	-	-	-
Heksanal, 5-metil-	12,922	1179	95,28	-	-	-	-	-	-
Heptanal	13,054	1183	118,58	88,84	152,47	190,93	230,27	169,84	311,82
Eukaliptol	13,876	1207	-	24,74	-	-	-	-	-
2-Heksenal, (E)-	14,561	1224	-	-	-	10,29	-	-	-
Oktanal	17,134	1288	140,25	132,76	290,46	387,65	435,34	405,26	627,06
2-Heptenal, (E)-	18,850	1329	-	-	102,13	71,42	-	-	-
2-Heksenal, 2-etil-	19,193	1337	-	-	39,89	34,97	49,13	47,41	69,39
Nonanal	21,624	1393	956,70	681,23	1120,55	1636,69	1719,64	1672,90	2124,28
2-Dodekenal	23,330	1433	27,66	-	-	-	-	-	-
2-Dekenal, (Z)-	23,367	1433	-	15,17	-	-	-	-	-
2-Oktenal, (E)-	23,383	1434	-	-	78,59	54,75	54,25	76,24	139,83
Furfural	24,867	1468	35,40	-	-	-	22,46	-	-
Dekanal	26,196	1498	49,32	82,03	44,91	55,32	82,09	109,02	108,47
2,5-Dihidroxibenzaldehida,	26,599	1508	14,21	13,87	15,37	11,59	10,50	15,12	17,89
Benzaldehida	27,617	1531	611,36	706,43	813,71	758,20	807,18	825,16	870,86
2-Nonenal, (E)-	27,911	1538	48,68	9,14	133,42	98,50	126,54	149,89	193,44
Eikosil isopropil eter	28,777	1559	-	17,68	-	-	-	-	-
Isopropil tetradecil eter	28,797	1559	14,52	-	-	13,81	14,71	-	-
1-Nonadekanol	28,813	1559	-	-	-	-	-	-	10,51
Undekanal	30,714	1710	-	-	21,48	-	31,49	36,35	24,57
2-Dekenal, (E)-	32,527	1646	-	-	84,51	55,35	36,10	83,52	87,16
2,4-Nonadienal, (E,E)-	35,176	1707	-	-	19,38	12,68	-	12,34	32,67
Dodekanal	35,290	1710	20,23	-	-	40,60	73,31	60,94	64,40
Benzaldehida, 4-etil-	35,577	1718	-	-	23,25	23,52	-	37,48	36,65
2-Undekenal	37,076	1756	-	-	98,65	48,61	43,31	85,33	94,47
2,4-Dekadienal, (E,Z)-	37,578	1769	-	-	-	-	-	-	35,85
Eicosil oktil eter	37,587	1769	-	-	-	31,23	-	-	-
2,4-Dekadienal, (E,E)-	39,358	1817	-	-	43,07	36,00	28,43	105,32	116,62
2,4-Dodekadienal, (E,E)-	39,370	1817	-	-	79,96	-	-	-	-
13-Metiltetradekanal	41,250	1873	78,19	-	-	25,77	22,70	-	-

Senyawa Volatil	RT (menit)	LRI	Luas area (x 10 <sup>4</sup> )						
			Satai Sapi	Satai Ayam	Satai Babi	Satai Sapi:Babi (2:1)	Satai Sapi:Babi (1:2)	Satai Ayam:Babi (2:1)	Satai Ayam:Babi (1:2)
Tetradekanal	42,802	1921	124,32	113,87	132,54	25,77	200,84	198,09	159,59
Benzeneasetaldehida, .α.- etilidena-	43,386	1941	-	9,80	-	-	-	-	-
Tridekanal	44,484	1977	24,91	-	-	-	-	-	-
Heksadekanal, 2-metil-	44,968	1993	12,97	-	-	-	-	-	-
Heptadekanal	46,009	2028	167,88	-	-	-	19,84	-	-
Pentadekanal-	46,022	2030	85,92	54,28	124,99	182,70	230,64	209,85	220,29
2-propenal, 3-(2,2,6-trimetil-7- oksabisiklo[4.1.0]hept-1-il)-	47,529	2080	-	-	-	-	-	-	11,54
Heksadecanal	49,021	2134	670,75	279,04	550,72	544,79	640,98	511,40	421,13
Etanol, 2-fenoksi-	49,438	2150	-	-	-	19,17	-	-	-
Oktakosanal	50,479	2189	16,10	-	31,67	21,07	-	-	-
Oktadekanal	50,906	2206	58,44	13,01	-	15,75	20,71	-	42,53
Eikosanal-	51,748	2240	51,12	28,36	22,14	36,85	47,69	28,84	27,67
Tetrakosanal	51,760	2241	-	-	-	13,07	-	-	-
9-Tetradekenal, (Z)-	52,414	2268	-	-	-	-	-	-	12,23
13-Tetradekenal	52,421	2268	-	-	-	-	-	-	12,07
9-Oktadekenal, (Z)-	52,433	2269	-	-	-	-	65,61	32,82	-
4,8,12-Tetradekatrienal, 5,9,13- trimetil-	52,867	2287	-	-	14,08	18,07	27,54	-	-
14-Oktadekenal	54,214	2345	24,97	-	-	17,54	-	85,22	-
Dokosanal	54,244	2347	88,08	14,06	19,41	-	91,07	-	36,95
Henikosanal	54,245	2347	160,42	-	56,92	65,96	44,69	45,64	46,62
cis-9-Heksadekenal	54,857	2374	37,73	-	34,87	26,23	49,24	31,90	19,15
Metil oktadesil eter	57,571	2497	8,63	-	-	-	-	-	-
Eikosil metil eter	59,306	2576	2,53	-	-	-	-	-	-
<b>Alkohol</b>									
Metanetiol	4,816	737	57,46	54,05	41,09	38,10	52,07	40,31	46,78
Siklobutanol	6,529	918	-	-	54,27	-	-	-	-
Etanol	6,622	924	-	4,59	-	-	-	7,27	-
Siklopentanol	7,501	981	-	33,15	-	-	-	-	-
1,3-Dimetil- siklopentanol	11,471	1136	17,48	10,70	-	-	-	-	-
1-Pentanol	15,472	1247	-	14,81	30,26	29,51	37,23	35,56	64,80
1-Heksanol	19,617	1347	11,47	9,55	17,98	17,50	18,58	16,72	28,40
1-Okten-3-ol	23,795	1443	51,82	76,21	271,63	266,21	284,87	285,71	548,50
1-Heptanol	24,041	1449	14,58	14,02	27,46	36,05	41,80	41,74	68,55
1-Heksanol, 2-etil-	25,527	1483	12,39	13,74	44,27	25,58	49,41	26,61	51,28

Senyawa Volatil	RT (menit)	LRI	Luas area (x 10 <sup>4</sup> )						
			Satai Sapi	Satai Ayam	Satai Babi	Satai Sapi:Babi (2:1)	Satai Sapi:Babi (1:2)	Satai Ayam:Babi (2:1)	Satai Ayam:Babi (1:2)
Etanol, 2-[4-(1,1-dimetiletill)-2-metilfenoksi]-	25,972	1493	19,14	-	-	28,24	30,90	-	30,69
3-Heksanol, 3,5-dimetil	26,140	1497	26,68	-	-	-	-	-	-
Linalool	28,039	1541	-	7,12	21,48	9,43	-	-	-
1-Oktanol	28,451	1551	76,57	83,00	94,32	122,82	125,34	145,61	200,34
Nerolidol	30,393	1596	11,52	-	-	-	-	-	-
2-Okten-1-ol, (E)-	30,931	1609	9,71	9,12	18,27	18,91	16,51	18,39	28,07
2-Okten-1-ol, (Z)-	30,971	1610	-	-	-	24,11	24,25	23,35	38,82
Etanol, 2-(2-etoksietoksi)-	31,326	1618	-	-	-	-	14,72	-	-
Sikloheksanol, 5-metil-2-(1-metiletill)-, (1.α.,2.β.,5.α.)-(./-.)-	32,108	1636	35,51	23,29	1233,84	95,27	90,75	40,07	33,63
2-Deken-1-ol, (E)-	35,286	1710	-	24,81	-	-	-	-	-
4-Etilsikloheksanol	37,581	1769	-	-	9,26	-	-	12,38	-
Z-2-Dodekenol	39,337	1816	27,11	-	-	-	-	-	-
trans-2-Dodeken-1-ol	39,382	1817	-	-	26,01	21,29	190,47	56,49	-
Z-2-Oktadeken-1-ol	42,816	1922	-	61,42	-	-	-	-	-
1-Dodekanol	43,905	1958	49,90	-	-	-	-	-	12,46
n-Tridekan-1-ol	43,915	1958	-	13,74	14,41	15,12	16,23	19,92	20,54
Siklododekanol	44,471	1977	39,39	-	-	-	-	-	-
(R)-(-)-(Z)-14-Metil-8-heksadeken-1-ol	44,953	1993	67,37	-	-	-	-	-	-
Fenol	45,411	2008	11,55	-	-	-	20,36	-	-
7-Oksa-bisiclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,5-diasetil-2-metil-6-(1-metiletill)-	47,519	2080	14,14	-	-	-	-	-	-
1,2-Dihidrolinalool	47,649	2084	70,60	-	-	55,75	-	-	-
2-Butanol, 3-(1-metil-2-feniletoksi)-	47,873	2092	-	-	-	-	19,96	-	-
1-Tetradekanol	49,805	2164	-	13,35	19,16	23,41	22,26	24,48	19,56
Eugenol	50,047	2173	42,36	16,70	61,32	19,58	13,94	40,53	12,09
2-Metoksi-4-vinilfenol	50,881	2205	-	14,31	5,37	-	-	-	-
9,12-Oktadekadien-1-ol, (Z,Z)-	52,425	2268	-	-	8,95	-	-	-	-
2,4-Di-tert-butilfenol	53,205	2301	-	-	-	12,04	-	12,16	22,93
Fenol, 2,5-bis(1,1-dimetiletill)-	53,205	2301	-	-	14,13	-	-	-	-
Etilena glikol - Adipata - Dietilena glicol	53,979	2335	19,25	-	-	-	-	-	-
2,4,7,9-Tetrametil-5-desin-4,7-diol	54,045	2338	15,82	11,97	12,11	11,50	11,53	-	13,38
1-Heksadekanol	54,721	2368	13,73	-	8,69	-	15,94	-	-
n-Pentadekanol	54,743	2369	-	19,92	10,97	14,46	13,34	16,24	15,71

Senyawa Volatil	RT (menit)	LRI	Luas area (x 10 <sup>4</sup> )						
			Satai Sapi	Satai Ayam	Satai Babi	Satai Sapi:Babi (2:1)	Satai Sapi:Babi (1:2)	Satai Ayam:Babi (2:1)	Satai Ayam:Babi (1:2)
n-Heptadekanol-1	54,747	2369	-	-	-	-	16,54	-	-
E,E,Z-1,3,12-Nonadekatriena-5,14-diol	54,843	2373	-	6,28	-	-	27,09	-	-
n-Nonadekanol-1	59,334	2578	-	10,96	-	-	-	-	-
<b>Asam</b>									
Asam Karbamat, garam monoammonium	4,387	688	154,39	139,28	115,29	-	98,77	82,66	99,73
Asam format, etenil ester	6,523	918	-	-	-	43,02	-	-	-
L-Alanina, 3-sulfo-	7,060	952	-	8,82	-	-	-	-	-
1-Sikloheksena-1-asam karboksilat	21,286	1385	-	60,66	-	-	-	-	-
Asam asetat	24,357	1456	-	35,12	-	-	-	-	-
m-asam toluat,	26,015	1494	-	-	25,50	-	-	-	-
Asam dekanoat, 3-metil-	31,714	1627	-	-	40,42	-	-	-	-
Asetamida, 2-fenil-N-(2-fenilet)-N-heptil-	37,008	1754	-	-	24,18	-	-	-	-
Asam oleat	40,232	1843	-	13,15	-	31,96	57,87	-	33,35
Asam Nonadekanoat	40,241	1843	-	-	-	21,29	-	-	-
Asam Undekanoiat, 10-bromo-	40,249	1843	-	-	42,48	-	21,01	27,38	29,73
Asam Heksanoat	40,254	1843	14,85	13,89	46,94	21,73	35,10	-	28,97
Asam Heksanoat, 2-etil-	43,444	1943	-	9,22	-	-	-	-	-
Asam Fosfonat, (p-hidroksifenil)-	45,402	2008	-	-	37,18	-	-	-	-
Asam Octanoat	46,765	2054	51,51	34,10	43,21	38,86	42,43	33,53	31,56
3-Asam Metilsalisilat	48,800	2126	-	-	-	-	-	-	18,05
Asam Nonanoat	49,690	2160	25,57	34,31	28,01	25,70	22,01	31,16	26,36
n-Asam Dekanoat	52,341	2265	19,38	12,59	18,19	-	-	27,71	-
8-Asam Metilnonanoat	52,359	2266	-	-	-	-	-	-	11,91
Bis(2-etilheksil) phtalat	53,889	2331	-	2,24	16,76	-	-	-	-
Dietil Phtalat	55,006	2381	14,09	16,03	17,84	18,17	16,88	18,00	16,95
Asam Benzo	56,380	2443	-	-	-	-	-	10,27	-
Asam Dodekanoat	57,026	2472	19,19	16,75	30,63	14,47	16,81	24,52	15,51
.β.-Asam Etoksipropionat	57,339	2486	-	-	-	-	6,75	-	-
n-Asam Heksadekanat	57,573	2497	51,09	89,45	68,25	62,18	43,92	50,77	74,95
<b>Ester</b>									
1-Propen-2-ol, asetat	5,452	809	117,56	-	-	-	-	-	-
Asam karbonat, etil nonil ester	10,972	1121	-	-	-	-	15,01	-	-
Asam format, octil ester	23,044	1426	-	-	-	7,87	15,34	11,15	10,39
1-Asam adamantanekarboksilat, 5-tetradesil ester	23,460	1436	-	-	17,04	-	-	-	-

Senyawa Volatil	RT (menit)	LRI	Luas area (x 10 <sup>4</sup> )						
			Satai Sapi	Satai Ayam	Satai Babi	Satai Sapi:Babi (2:1)	Satai Sapi:Babi (1:2)	Satai Ayam:Babi (2:1)	Satai Ayam:Babi (1:2)
6-Okten-1-ol, 3,7-dimetil, asetat	33,002	1657	-	-	65,75	-	-	-	-
3-Asetoksidodekana	37,545	1768	-	-	-	29,87	-	-	-
Asam Karbonat, dodesil prop-1-en-2-il ester	37,564	1768	-	-	-	17,90	-	-	-
Asam Oksalat, isobutil oktadesil ester	37,580	1769	-	-	-	-	34,46	-	-
Asam Dodekanoat, metil ester	38,693	1797	-	19,19	18,16	-	-	-	-
Asam Trifluoroasetat, n-tridesil ester	40,212	1842	-	25,92	-	-	-	-	-
1,4-Asam Benzenedikarboksilat, bis(4-butylfenil) ester	40,405	1848	21,21	-	-	-	-	-	-
Asam Oktadekanoat, 1-[(tetradeciloksi)karbonil]pentadesil ester	42,804	1921	-	-	52,30	-	-	-	-
10-Metil-E-11-trideken-1-ol propionat	42,837	1922	-	-	-	-	50,66	-	-
Oksiran, heksadesil-	44,984	1994	-	-	-	24,09	20,82	-	-
Asam karbamoditioat, dietil-, metil ester	46,071	2031	567,08	-	-	-	-	-	-
8-Asam Metilnonanoat, etil ester	46,458	2044	-	8,18	-	-	-	-	-
Asam karbonat, etil tetradecil ester	46,983	2062	-	-	-	-	41,69	-	-
Asam format, undesil ester	49,778	2163	16,31	-	-	-	-	49,99	-
Oleil alkohol, trifluoroasetat	49,794	2163	33,56	-	-	-	43,16	-	-
Asam asetat, 4a-metildekahidronaphtalen-1-il ester	50,869	2204	22,82	-	-	-	-	-	-
1-Metilheptil cis-2,2-dimetil-3-(2-metil-1-propenil)siklopropanekarboksilat	54,060	2339	-	-	-	14,02	-	10,77	-
[1,1'-Bisiklopropil]-2-asam oktanoat, 2'-heksil-, metil ester	54,225	2346	-	-	-	-	-	-	28,71
Asam Phtalat, 2-sikloheksiletil isobutil ester	54,861	2374	-	-	-	34,41	-	-	-
1,2-Asam Benzenedikarboksilat, bis(2-metilpropil) ester	58,760	2551	30,06	6,38	-	-	-	-	-
Asam Phtalat, 2-etoksietil isobutil ester	58,810	2553	24,48	-	-	-	-	-	-



Senyawa Volatil	RT (menit)	LRI	Luas area (x 10 <sup>4</sup> )						
			Satai Sapi	Satai Ayam	Satai Babi	Satai Sapi:Babi (2:1)	Satai Sapi:Babi (1:2)	Satai Ayam:Babi (2:1)	Satai Ayam:Babi (1:2)
<b>Heterosiklik</b>									
Thiofena, 2-metil-	9,995	1089	18,26	7,47	-	5,94	-	-	-
N-Furfuril-N'-(benzil)oksamida	11,035	1123	-	-	8,37	-	-	-	-
Furan, 2-pentil-	14,586	1224	29,40	28,92	179,18	138,92	189,62	151,74	282,17
1H-Pirrole, 1-butyl-	15,942	1258	-	20,89	-	-	-	-	-
Pirazin, metil-	16,445	1271	34,14	14,20	26,23	15,69	20,27	-	-
Pirazin, 2,5-dimetil-	18,804	1328	70,52	25,19	87,19	79,61	97,38	55,63	91,56
Pirazin, 2,6-dimetil-	18,988	1332	27,85	-	20,74	19,91	27,85	10,28	11,88
Pirazin, 2,3-dimetil-	19,874	1353	-	-	51,94	-	13,07	-	-
1H-Pirrol, 1-pentil-	20,632	1370	-	22,27	-	-	-	-	-
Pirazin, 2-etil-6-metil-	21,358	1387	66,76	-	20,72	34,12	26,71	-	-
Pirazin, 2-etil-3-metil-	21,378	1388	-	-	-	-	-	29,66	-
Pirazin, 2-etil-5-metil-	21,486	1390	-	-	-	-	17,86	-	-
Pirazin, trimetil-	22,241	1408	88,59	39,19	98,25	61,06	83,45	40,65	39,35
Piridine, 5-etil-2-metil-	22,682	1418	12,21	-	-	-	-	-	-
Pirazin, 3-etil-2,5-dimetil-	23,913	1446	94,70	43,45	105,82	78,06	91,50	63,15	57,16
Pirazin, 2-etil-3,5-dimetil-	24,654	1463	-	7,53	27,45	24,75	24,34	23,05	28,46
2,3-Dimetil-5-etilpirazin	24,676	1462	34,02	19,48	-	-	-	18,46	-
Pirazin, tetrametil-	25,244	1476	16,28	20,80	-	-	-	-	-
Pirazin, 3,5-dietil-2-metil-	26,014	1494	-	-	41,32	-	-	-	-
2,3,5-Trimetil-6-etilpirazin	26,833	1513	22,79	14,90	30,45	-	18,81	-	-
Pirazin, 2,5-dimetil-3-(3-metilbutil)-	32,974	1656	-	-	31,63	-	-	18,37	-
N-(2-Metil-2H-tetrazol-5-il)-asetamida	34,851	1699	35,22	-	-	-	-	-	-
Urasil	50,380	2185	-	-	4,42	-	-	-	-
1,3,5-Triazin, 1,2,3,4-tetrahidro-3-tert-butyl-6-butylaminometilthio-	50,434	2187	142,58	-	-	-	9,82	-	-
Asetamida, 2-(5-benzil-4-metil-4H-[1,2,4]triazol-3-ilsulfanil)-N-(tert-butyl)-	53,183	2300	11,25	-	-	-	-	-	-
.γ.-Dodekalakton	55,325	2395	-	16,34	21,58	-	-	37,35	-
Benzofuran, 2,3-dihidro-	55,385	2397	49,19	10,16	23,67	10,12	26,54	-	24,73
Indol	56,841	2464	17,09	11,37	40,04	-	29,89	-	-
Pirrol-2-karboksamida	59,210	2572	0,00	-	-	-	-	-	-
<b>Hidrokarbon alifatik</b>									
Heksana, 2,4-dimetil-	5,305	793	25,27	-	22,01	19,51	24,68	-	27,37
Oktan	5,316	794	-	24,38	-	11,91	-	18,34	-
2-Oktena, (E)-	5,755	844	15,63	-	-	-	-	-	-

Senyawa Volatil	RT (menit)	LRI	Luas area (x 10 <sup>4</sup> )							
			Satai Sapi	Satai Ayam	Satai Babi	Satai Sapi:Babi (2:1)	Satai Sapi:Babi (1:2)	Satai Ayam:Babi (2:1)	Satai Ayam:Babi (1:2)	
Siklopentan, 1,2,3-trimetil-, (1.α,2.α,3.β)-	5,785	847	-	8,70	-	-	-	-	-	-
Oktana, 4-metil-	6,178	893	-	-	8,91	-	-	6,84	-	8,01
Nonana	6,183	893	-	8,79	-	-	-	-	5,75	-
2-Heptina	7,007	949	-	-	-	10,28	-	-	-	-
1,3-Oktadiena	7,014	949	-	-	-	-	-	-	-	16,17
5-Dekina	7,018	950	-	-	-	-	-	-	9,23	-
Undekana	7,691	993	-	-	-	-	-	-	-	7,39
(1R)-2,6,6- Trimetilbisiklo[3.1.1]hept-2-ena	8,340	1022	-	-	-	-	-	-	7,30	-
1-Dekena	8,641	1034	-	-	-	-	-	4,65	-	-
Siklodekena, (Z)-	9,544	1071	-	-	-	-	-	-	-	8,69
Siklodekena, (E)-	9,551	1071	-	-	5,37	-	-	5,18	-	-
1-Kloro-9-fenilnonana	10,721	1114	-	-	-	-	-	-	-	14,51
Pentana, 1-kloro-	10,740	1114	-	-	-	-	-	13,57	-	-
1,3,7-Oktatriena, 3,7-dimetil-	11,661	1142	-	-	-	-	-	-	6,27	-
Oksirana, pentil-	11,702	1143	-	-	-	17,19	13,66	-	-	15,49
Dodekana	12,879	1178	16,58	11,99	39,74	29,36	39,75	30,21	30,21	25,11
Undekana, 3,5-dimetil-	12,935	1180	-	-	-	13,19	-	-	-	-
1-Tridekena	14,768	1229	-	-	-	-	-	10,91	-	-
Isoamil sianida	15,465	1246	51,06	-	20,86	16,82	24,13	-	-	-
Dekana, 2,3,5-trimetil-	17,335	1293	-	-	-	109,08	-	-	-	-
1-Heksena, 3,5-dimetil-	18,853	1329	-	-	-	32,93	100,94	63,95	63,95	135,88
Bi-2-sikloheksen-1-il	21,220	1384	7,67	42,29	-	-	-	-	-	-
Tetradekana	21,423	1389	183,36	158,32	83,31	130,31	70,64	54,58	54,58	110,51
1,3-Heksadiena, 3-etil-2-metil-	22,897	1423	-	-	33,89	28,56	19,48	24,79	24,79	42,62
1-Pentadekena	23,413	1434	-	39,77	-	-	-	23,50	-	-
2-Metil-7-nonadekena	23,425	1435	-	10,38	-	-	-	-	-	-
7-Heksadekena, (Z)-	23,485	1436	-	-	-	-	-	14,29	-	-
Ketena	23,495	1436	-	-	-	-	-	-	6,97	-
Pentadekana	25,995	1494	-	-	-	79,87	-	-	-	31,18
Heksane, 1-nitro-	26,371	1502	12,04	-	-	-	-	-	-	-
Pentadekane, 4-metil-	28,195	1545	-	-	5,41	1,24	-	-	-	-
Pentadekane, 3-metil-	28,836	1560	-	-	23,82	-	-	-	-	-
Nonadekana	30,103	1590	135,09	243,63	128,44	142,46	151,92	175,20	175,20	97,87
Heksadekana	30,199	1592	128,25	243,67	17,43	73,70	-	-	-	-
Heptadekana	30,240	1593	33,67	-	182,96	122,74	198,78	-	-	128,84
9-Eikosena, (E)-	32,170	1637	-	65,97	-	-	-	48,90	-	-
Butana, 2,3-dimetil-	32,386	1642	-	10,82	-	-	-	-	-	-

Senyawa Volatil	RT (menit)	LRI	Luas area (x 10 <sup>4</sup> )							
			Satai Sapi	Satai Ayam	Satai Babi	Satai Sapi:Babi (2:1)	Satai Sapi:Babi (1:2)	Satai Ayam:Babi (2:1)	Satai Ayam:Babi (1:2)	
Siklopropana, oktil-	32,775	1651	-	9,53	-	-	-	-	-	-
Heksadekana, 1-iodo-	33,069	1658	-	19,66	-	-	-	-	-	-
7-Oksabisiklo[4.1.0]-heptana, 3-oksiranil-	33,955	1679	-	-	-	-	-	-	9,98	-
Heneikosana	34,529	1692	88,89	41,92	19,37	23,05	22,23	21,53	21,78	21,78
Sikloheptana, 1,3,5-tris(metilena)-	35,572	1718	-	-	-	-	30,18	-	-	-
Dispiro[2.0.2.5]undekana, 8-metilena-	35,610	1719	-	-	-	19,26	-	-	-	-
Eikosana, 2,4-dimetil-	36,306	1736	16,60	17,23	-	-	-	10,77	-	-
Oktadekana, 5-metil-	36,325	1737	-	-	20,57	-	-	-	-	-
Heksadekana, 2-metil-	36,344	1737	-	16,52	-	17,51	-	-	-	-
2-Metiltetrakosana	37,537	1768	20,54	-	-	-	-	-	-	-
Heksakosana	37,542	1768	50,56	-	-	-	-	-	-	-
Heptakosana	38,460	1791	-	-	-	30,38	-	-	-	-
Oktadekana	38,486	1792	-	94,85	68,89	79,64	85,49	79,02	70,50	70,50
1-Oktadekina	39,363	1817	-	12,14	-	-	32,03	-	-	-
1-Tetradekina	39,389	1818	-	-	-	58,85	-	-	-	-
3,7,11,15-Tetrametilheksadek-2-ena	40,924	1863	28,43	-	-	18,63	9,93	-	-	-
Eikosana	44,875	1990	-	17,87	-	-	3,89	16,59	-	-
Pentakosana	44,891	1991	-	-	-	-	19,36	-	-	-
cis-1-Kloro-9-oktadekena	46,977	2061	-	-	-	-	-	-	-	19,82
<b>Hidrokarbon siklik aromatik</b>										
4-Etilsikloheksena	7,008	949	-	-	-	-	14,89	-	-	13,89
Toluena	8,806	1041	87,88	64,24	58,77	57,38	58,17	41,17	52,12	52,12
p-Xilena	10,969	1121	-	-	-	-	13,26	-	-	-
Etilbenzena	11,023	1123	15,25	-	12,39	12,76	-	-	-	-
o- Xilena	11,430	1135	14,01	-	-	-	-	-	-	-
Piridina	13,446	1195	10,10	-	-	-	-	-	-	-
Stirena	15,823	1255	27,52	-	15,11	-	-	-	-	-
Benzena, 1,2,4-trimetil-	16,862	1281	7,48	-	-	-	-	-	-	-
Mesitilena	17,017	1285	-	-	-	-	-	8,93	-	-
Benzena, 1-etil-3-metil-	17,035	1286	-	12,40	-	-	-	-	-	7,38
Benzenamina, 2-metoksi-	19,163	1336	23,73	-	-	-	-	-	-	-
Benzena, (1-butylheksil)-	36,403	1739	-	-	9,15	-	-	-	-	-
Azulena	36,953	1753	21,40	14,49	24,21	20,47	15,24	22,08	15,20	15,20
Benzena, (1-pentilheksil)-	39,810	1830	12,91	-	-	-	-	-	-	-
Benzena, (1-butylheptil)-	40,064	1838	23,18	-	24,07	30,15	21,62	11,92	14,80	14,80

Senyawa Volatil	RT (menit)	LRI	Luas area (x 10 <sup>4</sup> )							
			Satai Sapi	Satai Ayam	Satai Babi	Satai Sapi:Babi (2:1)	Satai Sapi:Babi (1:2)	Satai Ayam:Babi (2:1)	Satai Ayam:Babi (1:2)	
Benzena, (1-propilheptadesil)-	40,617	1854	39,76	-	-	-	-	-	-	-
Benzena, (1-etilnonil)-	41,540	1881	19,35	-	16,30	21,23	20,84	11,93	-	-
Butilated Hidroksitoluena	42,443	1909	-	9,48	-	-	-	-	-	-
Benzena, (1-pentilheptil)-	43,013	1928	35,75	-	21,59	28,80	43,18	22,06	-	18,07
Benzena, (1-butiloktil)-	43,255	1936	25,51	-	16,29	18,68	16,83	10,29	-	9,80
Benzena, (isokianometil)-	43,284	1937	-	-	14,60	-	-	-	-	-
Benzena, (1-metildesil)-	43,496	1944	4,32	-	6,35	10,57	9,93	-	-	-
Benzena, (1-propilnonil)-	43,805	1955	12,55	-	10,02	14,40	14,72	5,80	-	-
Benzena, (1-etildesil)-	44,735	1985	14,11	-	12,82	13,36	14,19	10,74	-	-
1,7-di-iso-propilnaphthalena	50,020	2172	4,16	-	-	-	-	-	-	-
<b>Keton</b>										
Aseton	5,490	814	116,34	125,89	59,10	69,67	64,79	67,57	-	72,44
Ethanone, 1-oksiranil-	6,169	891	13,85	-	-	-	-	-	-	-
2-Butanona	6,302	904	68,11	62,59	52,12	56,53	53,80	50,09	-	55,95
2,3-Butanediona	7,371	972	14,95	14,96	-	9,81	12,17	18,66	-	-
2-Pentanona	7,457	980	39,87	-	-	-	-	-	-	-
3-Heptanona, 4-metil-	12,363	1163	-	-	51,33	-	-	-	-	-
2-Heptanona	13,039	1183	-	10,22	19,07	18,46	12,97	17,27	-	23,37
2-Heptanona, 6-metil-	15,024	1282	11,84	9,59	-	-	-	6,58	-	10,67
3-Oktanona	15,735	1253	-	-	12,23	8,20	11,16	10,99	-	17,78
1-Okten-3-ona	17,685	1302	-	-	13,00	8,14	-	-	-	13,51
2-Pentanona, 4-methoksi-4-metil-	18,513	1321	-	-	110,07	-	-	-	-	-
2,3-Oktanediona	18,533	1321	-	-	-	-	-	-	-	301,30
Heksahidro-1,3-benzodioksol-2-ona	18,830	1328	-	-	-	-	-	-	-	74,27
5-Hepten-2-ona, 6-metil-	19,205	1337	21,70	21,01	-	-	-	-	-	-
3-Hepten-2-ona, 5-metil-	19,226	1338	-	-	37,90	-	26,35	-	-	-
Siklookta-2,7-dienona	21,380	1388	-	-	-	-	-	66,68	-	-
2-Nonanona	21,410	1388	2,98	-	-	14,16	-	-	-	10,62
2-Dekanona	21,435	1389	-	-	-	-	-	3,59	-	-
4',6'-Dimethoksi-2',3'-dimetilasetophenona	26,001	1494	-	14,56	23,19	-	-	-	-	5,07
1-(p-Fluorofenil)-4-piperidona	26,005	1494	-	-	-	-	2,57	-	-	-
2-Dodekanona	30,407	1597	-	-	-	-	-	-	-	27,23
2-Undekanona	30,409	1597	14,37	14,99	-	-	-	11,23	-	10,01
Bisiklo[3.1.1]hept-3-en-2-ona, 4,6,6-trimetil-	35,598	1718	13,99	-	13,80	15,57	-	-	-	-

Senyawa Volatil	RT (menit)	LRI	Luas area (x 10 <sup>4</sup> )							
			Satai Sapi	Satai Ayam	Satai Babi	Satai Sapi:Babi (2:1)	Satai Sapi:Babi (1:2)	Satai Ayam:Babi (2:1)	Satai Ayam:Babi (1:2)	
Etanona, 1-(4,5-dihidro-2-thiazolil)-	37,546	1768	-	-	-	-	21,08	-	-	
5,9-Undekadien-2-ona, 6,10-dimetil-, (E)-	40,628	1854	18,94	21,88	28,45	41,79	42,02	49,30	46,46	
6,8-Nonadien-2-ona, 8-metil-5-(1-metiletil)-, (E)-	40,653	1855	-	-	55,30	-	-	-	-	
2-Pirrolidinona, N-klorodifluoroasetil-	50,140	2176	-	-	4,38	-	-	-	-	
Sikloheksanona, 2-(2-butinil)-	50,867	2204	111,43	-	-	-	-	-	-	
2H-Piran-2-ona, tetrahidro-6-nonil-	51,157	2216	-	-	6,39	-	-	-	-	
13-Pentakosanona	51,732	2240	9,55	5,73	-	-	-	-	-	
2,5-Dimetil-4-hidroksi-3-heksanona	57,338	2486	-	-	-	-	-	10,83	-	
Benzophenona	57,913	2513	19,74	31,25	42,21	49,85	49,23	45,92	33,51	
<b>Senyawa sulfur</b>										
Karbon disulfida	5,047	763	690,05	22,08	15,94	11,95	18,55	21,80	19,22	
Monoetil karbonotrithioat	5,053	764	16,94	-	-	-	-	-	-	
Dimetil sulfida	5,112	770	31,40	-	-	15,97	-	-	-	
Sulfur dioksida	6,085	882	-	6,91	-	-	-	-	-	
Dimetil trisulfida	21,328	1386	14,48	34,80	-	-	-	27,83	21,45	
Di-n-desilsulfona	38,456	1791	-	21,79	-	-	-	-	-	
Tetrahidro-1,3-oksazin-2-thiona	41,849	1891	78,99	-	-	-	-	12,36	12,66	
<b>Terpena</b>										
.α.-Pinena	8,347	1022	-	-	25,66	24,08	18,12	15,37	25,75	
3-Karena	11,469	1136	-	-	17,24	20,84	14,90	-	13,59	
.γ.-Terpinena	11,449	1136	-	-	-	-	-	-	24,84	
D-Limonena	13,215	1188	-	13,04	30,53	-	-	-	-	
Limonena	13,379	1193	-	-	-	-	-	-	11,78	
Kariophyllena	30,490	1599	9,76	-	12,79	13,14	14,80	-	9,78	
isoleдена	37,163	1758	10,62	-	-	-	-	-	-	
<b>Senyawa lainnya</b>										
Tetrametilammonium klorida	4,772	732	91,86	-	27,61	19,12	16,59	20,42	31,49	
Metilamina, N,N-dimetil-	5,323	795	-	-	-	-	14,06	-	-	
Butanenitril, 3-metil-	11,215	1129	-	-	-	-	6,46	-	-	
Diazena, bis(1,1-dimetiletil)-	15,025	1235	16,76	-	-	-	-	-	-	
Hidroperoksida, 1-metil-1-pheniletil	17,031	1286	-	-	-	13,74	-	-	-	
Asetoin	17,288	1292	71,37	25,27	37,25	24,96	72,84	-	-	

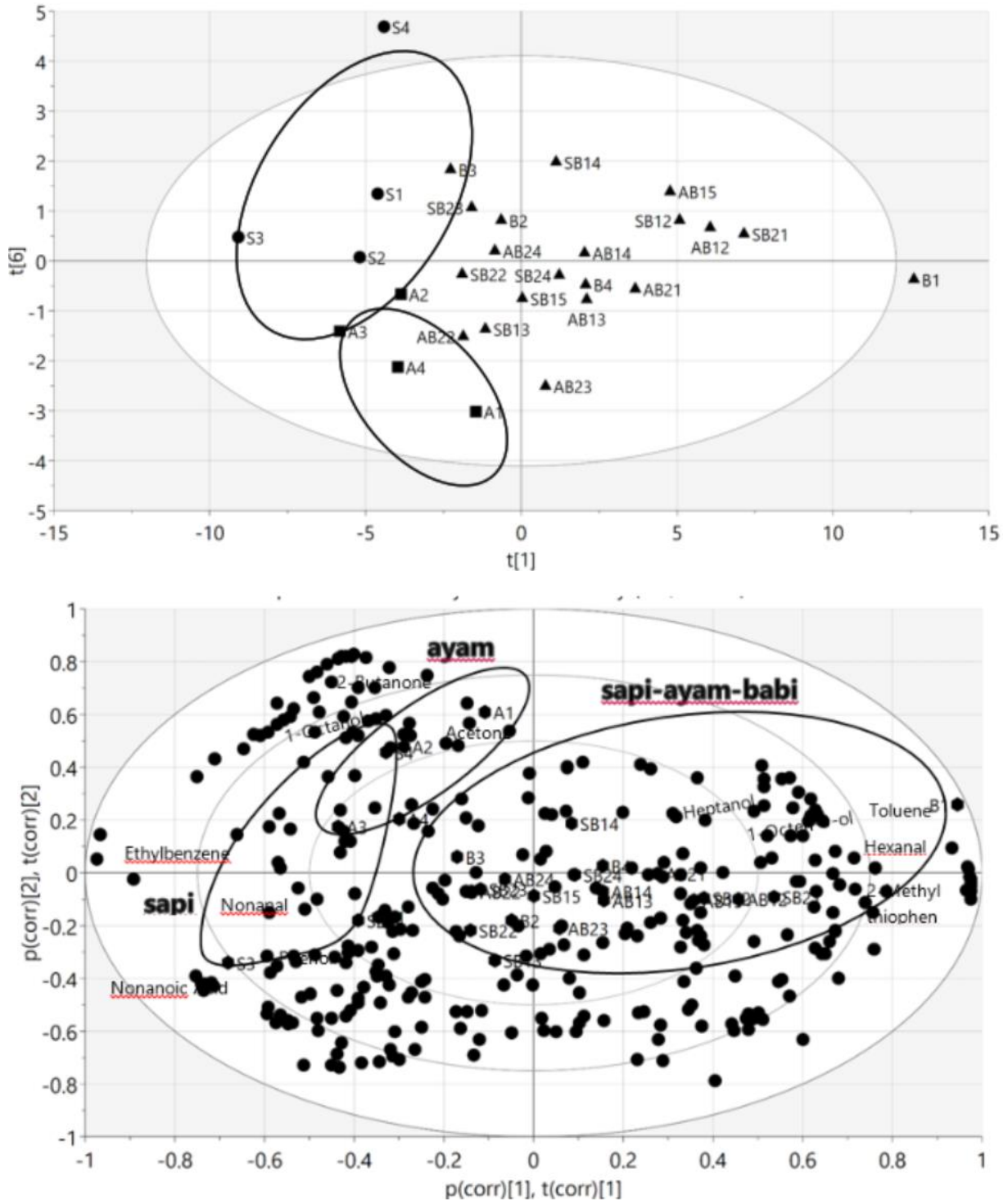
Senyawa Volatil	RT (menit)	LRI	Luas area (x 10 <sup>4</sup> )						
			Satai Sapi	Satai Ayam	Satai Babi	Satai Sapi:Babi (2:1)	Satai Sapi:Babi (1:2)	Satai Ayam:Babi (2:1)	Satai Ayam:Babi (1:2)
1,8-Dimetil-3,6-diazahomoadamantan-9-one oksima	25,985	1493	-	-	39,34	-	-	-	-
Trisiklo[3.1.0.0(2,4)]heks-3-ene-3-karbonitril	31,157	1614	-	-	30,90	-	-	-	-
1H-Sikloprop[k]inden-7-ol, oktahidro-	35,615	1719	-	-	-	-	18,39	16,68	-
Formamida, N,N-dibutil-	37,943	1778	30,23	-	-	-	-	-	-
Benzil nitril	43,269	1937	10,55	-	-	-	11,34	-	-
,β.-D-Gluko-piranoze,1-thio-, 1-(N-hidroksibenzenepropanimidat)	46,736	2053	30,04	-	61,19	-	36,82	-	-
Siklopentadekanona, oksima	47,641	2084	74,23	-	-	-	-	-	-
Heptanediamida, N,N'-di-benzoiloksi-	56,360	2442	-	-	23,95	-	-	-	-

Keterangan: RT: *retention time*, LRI: *linear retention indices*

terlebih dahulu mengklasifikasikan sampel hingga diperoleh korelasi yang terbaik. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan skala Pareto dan difilter dengan SG (Savitzky-Golay) dan MSC (*multiplicative signal correction*). Filter SG bekerja sebagai penghalus dengan mengurangi noise pada data (Dombi dan Dineva 2020) dan MSC akan menormalisasi spektrum pengamatan dengan

melakukan regresi terhadap spektrum rata-rata pada sekumpulan spektrum yang dipilih.

Klasifikasi sampel PCA berupa skor plot ditunjukkan pada Gambar 1. Skor plot pada Gambar 1a menunjukkan keseluruhan posisi sampel sapi, ayam, dan babi beserta campurannya yang memiliki nilai  $R^2_X$  sebesar 0,855 dan  $Q^2$  sebesar 0,489. Pada Gambar 1a terlihat pemisahan yang baik antarsampel



Gambar 1 (a) Skor plot dan (b) biplot PCA-X sate daging sapi (S), ayam (A), babi (B), dan (b) campurannya (SB: sapi-babi, AB: ayam-babi) menggunakan skala Pareto

satai karena tidak ada satai dari jenis daging berbeda yang posisinya saling bercampur. Posisi sampel satai antarjenis daging terpisah dan satai campuran daging menunjukkan posisi yang berdekatan dengan sampel babi. Hal ini mengindikasikan komponen babi pada satai campuran memiliki pengaruh yang kuat pada senyawa volatilnya sehingga cenderung terpisah dari satai sapi dan satai ayam. Pemisahan yang terjadi ini berkaitan dengan senyawa volatil yang khas pada setiap daging satai. Penelitian sebelumnya oleh Pranata *et al.* (2021) menunjukkan diskriminasi yang sama pada sampel bakso yang mengandung unsur babi memiliki posisi yang berdekatan. Biplot PCA pada Gambar 1b memperlihatkan komponen volatil apa saja yang berperan dalam pengelompokan jenis daging satai. Senyawa heksanal merupakan salah satu senyawa yang posisinya terpisah dari senyawa lain dan mengindikasikan potensinya sebagai pembeda. Konfirmasi lebih lanjut dengan metode volatilomik lain perlu dilakukan untuk memastikan hal tersebut.

## KESIMPULAN

Analisis menggunakan instrumen SPME-GC-MS mengidentifikasi sebanyak 104, 134, dan 112 senyawa volatil masing-masing pada satai daging sapi, ayam, dan babi. Senyawa volatil dengan intensitas tertinggi pada sampel satai sapi adalah nonanal, benzaldehida pada satai ayam, dan sikloheksanol pada satai babi. Senyawa heksanal pada satai babi berpotensi digunakan sebagai pembeda antara satai daging babi dari jenis daging hewan lain. Model PCA volatilomik dapat memisahkan satai sapi, ayam, babi serta campurannya berdasarkan komponen volatilnya. Setiap jenis satai daging terpisah sedangkan satai daging campuran cenderung berada pada posisi yang berdekatan dengan sampel satai babi. Adanya senyawa heksanal dan posisi pada plot PCA dapat digunakan untuk autentikasi kehalalan produk dari kandungan babi pada produk satai.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Institut Pertanian Bogor atas Hibah Penelitian Dosen Muda tahun anggaran 2021 dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Azarbad MH, Jeleń H. 2015. Determination of hexanal - An indicator of lipid oxidation by static headspace gas chromatography (SHS-GC) in fat rich food matrices. *Food Analytical Methods*. 8: 1727–1733. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-0043-0>

Bai Y, Liu H, Zhang B, Zhang J, Wu H, Zhao S, Qie M, Guo J, Wang Q, Zhao Y. 2021. Research progress on traceability and authenticity of beef. *Food Reviews International*. 1–21. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1936000>

Benet I, Guàrdia MD, Ibañez C, Solà J, Arnau J, Roura E. 2015. Analysis of SPME or SBSE extracted volatile compounds from cooked cured pork ham differing in intramuscular fat profiles. *LWT - Food Science and Technology*. 60(1): 393–399. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.016>

Chen G, Su y, He L, Wu H, Shui S. 2019. Analysis of volatile compounds in pork from four different pig breeds using headspace solid-phase micro extraction/gas chromatography–mass spectrometry. *Food Science and Nutrition*. 7(4): 1261–1273. <https://doi.org/10.1002/fsn3.955>

Christlbauer M, Peter S. 2011. Evaluation of the key aroma compounds in beef and pork vegetable gravies a la chef by stable isotope dilution assays and aroma recombination experiments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59(24): 13122–13130.

del Pulgar JS, Roldán M, Carrascal JR. 2013. Volatile compounds profile of sous-vide cooked pork cheeks as affected by cooking conditions (vacuum packaging, temperature and time). *Molecules*. 18 (10): 12538–12547. <https://doi.org/10.3390/molecules181012538>

Dombi J, Dineva A. 2020. Adaptive Savitzky-Golay filtering and its applications. *International Journal Advanced Intelligence Paradigms*. 16(2): 145–156. <https://doi.org/10.1504/IJAIP.2020.107011>

Domínguez R, Purriños L, Santaescolástica CP, Pateiro M, Barba FJ, Tomasevic I, Campagnol PCB, Lorenzo JM. 2019. Characterization of volatile compounds of dry-cured meat products using HS-SPME-GC/MS technique. *Food Analytical Methods*. 12: 1263–1284. <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01491-x>

Fu H, Pan L, Wang J, Zhao J, Guo X, Chen J, Lu S, Dong J, Wang Q. 2022. Sensory properties and main differential metabolites influencing the taste quality of dry-cured beef during processing. *Foods*. 11(531): 1–18. <https://doi.org/10.3390/foods11040531>

Han D, Zhang CH, Fauconnier ML. 2021. Effect of seasoning addition on volatile composition and sensory properties of stewed pork. *Foods*. 10(83): 1–30. <https://doi.org/10.3390/foods10010083>

Li H, Tang X, Wu C, Yu S. 2021. Maillard reaction in Chinese household-prepared stewed pork balls with brown sauce: potentially risky and volatile products. *Food Science and Human Wellness*. 10: 221–230. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.02.012>



- Lammers M, Dietze K, Ternes W. 2009. A comparison of the volatile profiles of frying european and australian wild boar meat with industrial genotype pork by dynamic headspace-GC/MS analysis. *Journal Muscle Foods*. 20: 255–274. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2009.00146.x>
- Lytou AE, Panagou EZ, Nychas GJE. 2019. Volatilomics for food quality and authentication. *Current Opinion in Food Science*. 28: 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.10.003>
- Ngamchuachit P, Kitai Y, Keeratipibul S, Phuwapraisirisan P. 2020. Comparison of dynamic headspace trapping on Tenax TA and headspace stir bar sorptive extraction for analysis of grilled chicken (yakitori) volatiles. *Applied Science and Engineering Progress*. 13(3): 1–11. <https://doi.org/10.14416/j.asep.2020.03.003>
- Pavlidis DE, Mallouchos A, Ercolini D, Panagou EZ, Nychas G-JE. 2019. A volatilomics approach for off-line discrimination of minced beef and pork meat and their admixture using HS-SPME GC/MS in tandem with multivariate data analysis. *Meat Science*. 151: 43–53. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.01.003>
- Pranata AW, Yuliana ND, Amalia L, Darmawan N. 2021. Volatilomics for halal and non-halal meatball authentication using solid-phase microextraction–gas chromatography–mass spectrometry. *Arabian Journal of Chemistry*. 14(5): 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103146>
- Sha K, Zhang Z, Sun B, Li H, Song H, Lang Y, Lei Y, Li H, Zhang Y. 2017. Investigation of physicochemical and textural characteristics and volatile compounds of Kazakh dry-cured beef. *Food Science and Technology Research*. 23(3): 375–383. <https://doi.org/10.3136/fstr.23.375>
- Rioseras AT, Gomez DG, Ebert BE, Blank LM, Ibáñez AJ, Sinues PM-L. 2017. Comprehensive real-time analysis of the yeast volatilome. *Nature. Scientific reports*. 7(14236): 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14554-y>
- Rizzi GP. 2008. The strecker degradation of amino acids: newer avenues for flavor formation. *Food Reviews International*. 24(4): 416–435. <https://doi.org/10.1080/87559120802306058>
- Ruan ED, Aalhus JL, Juárez M. 2015. Analysis of volatile and flavor compounds in grilled lean beef by stir bar sorptive extraction and thermal desorption—gas chromatography mass spectrometry. *Food Analytical Methods*. 8(2): 363–370. <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9881-z>
- Xie J, Sun B, Zheng F, Wang S. 2008. Volatile flavor constituents in roasted pork of mini-pig. *Food Chemistry*. 109(3): 506–514. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.074>
- Wang X, Zhu L, Han Y, Xu L, Jin J, Cai Y, Wang H. 2018. Analysis of volatile compounds between raw and cooked beef by HS-SPME–GC–MS. *Journal of Food Processing and Preservation*. 42: 1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13503>
- Watkins PJ, Rose G, Warner RD, Dunshea FR, Pethick DW. 2012. A comparison of solid-phase microextraction (SPME) with simultaneous distillation–extraction (SDE) for the analysis of volatile compounds in heated beef and sheep fats. *Meat Science*. 91(2): 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.12.004>
- Wettasinghe M, Vasanthan T, Temelli F, Swallow K. 2001. Volatile flavour composition of cooked by-product blends of chicken, beef and pork: A quantitative GC-MS investigation. *Food Research International*. 34: 149–158. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00146-0](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00146-0)
- Worley B, Powers R. 2013. Multivariate analysis in metabolomics. *Current Metabolomics*. 1(1): 92–107. <https://doi.org/10.2174/2213235X11301010092>
- Yang J, Pan J, Zhu S, Zou Y. 2014. Application of PCA and SLDA methods for the classification and differentiation of cooked pork from chinese indigenous pig breeds and a hybrid pig breed. *International Journal of Food Properties*. 17: 1518–1528. <https://doi.org/10.1080/10942912.2012.723234>