

## PERUBAHAN KOMPONEN VOLATIL SELAMA FERMENTASI KECAP

[Changes of Volatile Components During Soy Sauce Fermentation]

Anton Apriyantono <sup>1)</sup> dan Gono Dewi Yulianawati <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Departemen Teknologi Pangan dan Gizi, FATETA-IPB, PO Box 220 Darmaga Bogor 16002

<sup>2)</sup> Alumni Departemen Teknologi Pangan dan Gizi, FATETA-IPB PO Box 220 Darmaga Bogor 16002

Diterima 30 Januari 2004 / Disetujui 19 Juni 2004

### ABSTRACT

A study has been conducted to investigate changes of volatile components during soy sauce fermentation. During the fermentation, many volatile components produced may contribute to soy sauce flavor. The volatile components identified by GC-MS were classified into hydrocarbon (15), alcohol (15), aldehyde (14), ester (14), ketone (9), benzene derivative (11), fatty acid (9), furan (5), terpenoid (18), pyrazine (3), thiazole (1), pyridine (1) and sulfur containing compound (2).

Concentration of compounds found in almost all fermentation steps, such as hexanal and benzaldehyde did. These compounds may be derived from raw soybean, since they were all present in raw soybean and their concentration did not change during fermentation. Concentration of palmitic acid and benzeneacetaldehyde, in general, increased during all fermentation steps. They are probably derived from lipid degradation or microorganism activities. Concentrations of some fatty acids, esters and hydrocarbons, such as linoleic acid, methyl palmitate and heptadecane increased during salt fermentation only. Concentration of some other compounds, such as 2,4-decadienal decreased or undetected during fermentation.

The absence of some volatile compounds, e.g. (E)-nerolidol and (E,E)-farnesol in boiled soybean which were previously present in raw soybean may be due to evaporation of these compounds during boiling. Some volatile compounds such as, methyl heptadecanoate and few aromatic alcohols are likely derived from *Aspergillus sojae*, since these compounds were identified only in 0 day koji.

**Key words :** Soy sauce, volatile component, fermentation

### PENDAHULUAN

Kecap merupakan salah satu bumbu serba guna yang banyak digunakan sebagai penyedap masakan. Kecap Indonesia terdiri dari dua jenis, yaitu kecap manis dan kecap asin dimana kecap manis lebih populer dibanding kecap asin.

Kecap dapat dibuat dengan tiga cara, fermentasi, hidrolisis kimia atau kombinasi keduanya (Yokotsuka, 1986). Kecap Indonesia sebagian besar masih dibuat dengan cara fermentasi tradisional. Cara fermentasi ini digunakan karena kecap yang dihasilkan lebih baik dibanding dengan kecap yang dihasilkan dengan cara hidrolisis kimia.

Pembuatan kecap tradisional melalui dua tahap fermentasi, yaitu fermentasi kapang dan fermentasi dalam larutan garam. Fermentasi kapang sering disebut fermentasi *koji*, sedangkan fermentasi dalam larutan garam di daerah Jawa sering disebut proses *baceman* (Roling, 1995).

Kecap yang terbuat dengan proses fermentasi ini memiliki flavor yang disukai oleh masyarakat. Flavor pada kecap manis ditentukan oleh adanya komponen volatil dan nonvolatil yang berkontribusi di dalamnya. Komponen volatil berkontribusi dalam aroma kecap yang dihasilkan. Komponen volatil ini sebagian berasal dari

proses fermentasi yang mengalami perubahan baik kualitatif maupun kuantitatif selama fermentasi. Untuk itu perlu dilakukan suatu penelitian untuk melihat bagaimana perubahan komponen volatil selama fermentasi kecap agar dapat membantu menentukan proses fermentasi yang optimal.

### METODOLOGI

#### Bahan dan alat

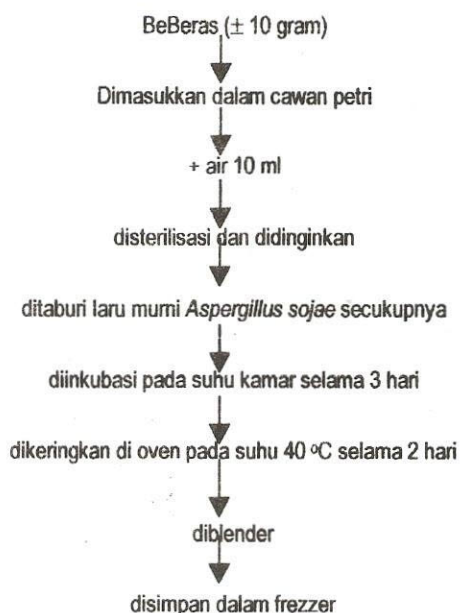
Bahan-bahan yang digunakan adalah kedelai hitam, garam, beras (ketiganya diperoleh dari pasar lokal Bogor) dan laru murni *Aspergillus sojae*. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis adalah dietil eter dan 1,4-diklorobenzen (keduanya memiliki tingkat kemurnian *pro analysis* dan dibuat oleh Merck).

Alat-alat yang digunakan adalah seperangkat alat masak, gentong plastik, tampah, rak fermentasi, perangkat alat distilasi ekstraksi secara simultan *Likens-Nickerson*, *Gas Chromatograph-Mass Spectrometer* (GC-MS) model QP5000 buatan Shimadzu (Jepang), *rotary-evaporator*, penyuplai gas N<sub>2</sub>, dan komputer.

#### Metode penelitian

Penelitian terbagi menjadi dua tahap, penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Pada penelitian

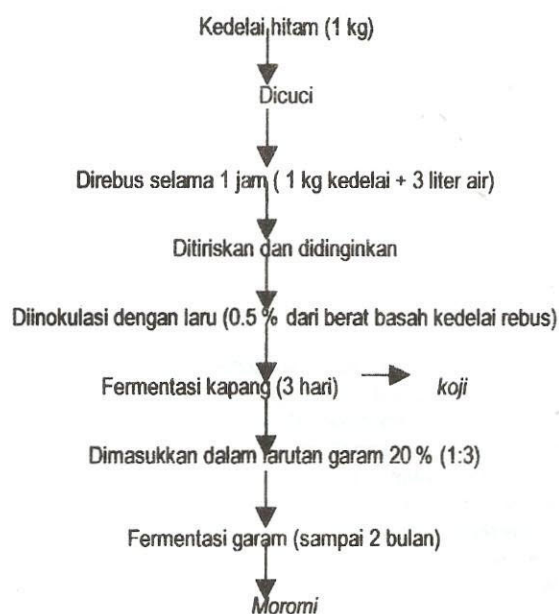
pendahuluan dilakukan pembiakan laru kapang *Aspergillus sojae* (Gambar 1) dan pencarian kondisi ekstraksi yang optimum (jumlah sampel dan lama ekstraksi). Pada penelitian utama dilakukan fermentasi kecap (Gambar 2), ekstraksi komponen volatil, dan identifikasi komponen volatil.



Gambar 1. Proses pembiakan laru kapang *aspergillus sojae*

Ekstraksi komponen volatil dilakukan dengan menggunakan alat ekstraksi-distilasi secara simultan *Likens-Nickerson*. Ekstraksi dilakukan selama dua jam, dengan menggunakan solven dietil eter dan standar internal diklorobenzen. Selama ekstraksi digunakan kondensor es batu di atas kondensor air. Setelah selesai ekstraksi, ekstrak volatil dipekatkan dengan *rotary evaporator* sampai volumenya tinggal 1-2 ml. Sebelum disuntikkan ke GC-MS ekstrak volatil dipekatkan lagi dengan menghembuskan gas nitrogen kedalamnya. Analisis komponen volatil dilakukan dengan menyuntikkan ekstrak sampel pada alat GC-MS dan dilakukan identifikasi komponen volatil dengan bantuan komputer dengan menggunakan software Class-5000 (Shimadzu, Jepang). Kolom yang digunakan untuk analisis pada GC-MS adalah kolom kapiler DB5 (J&W, USA, panjang 30 m, diameter dalam 0.25 mm, ketebalan lapisan film 0.1  $\mu\text{m}$ ) dengan menggunakan suhu terprogram (suhu awal 40°C ditahan selama 5 menit lalu dinaikkan dengan kecepatan kenaikan suhu 3°C/menit sampai suhu 225°C lalu ditahan pada suhu akhir selama 10 menit). Gas pembawa yang digunakan adalah gas helium dengan tekanan 40.40 kPa. Hasil identifikasi komponen volatil dengan mencocokkan spektra massa dengan yang ada di database kemudian dikonfirmasi dengan mencocokkan *Linear Retention Index* (LRI)-nya pada fase diam kolom yang digunakan

yang didapat dari percobaan dengan yang ada di literatur untuk komponen yang sama.



Gambar 2. Proses fermentasi kecap

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penelitian pendahuluan

Kondisi ekstraksi optimum yang didapat adalah sampel yang digunakan untuk analisis sebanyak 150 g (sampel padat: kedelai mentah, kedelai rebus dan *koji*) dan 250 g (sampel semi padat: *moromi*), dengan waktu ekstraksi selama dua jam, yang dihitung setelah sampel mendidih. Berdasarkan jumlah komponen volatile yang terekstrak, ekstraksi selama dua jam ini dianggap cukup untuk mengekstrak semua komponen volatil yang terdapat dalam bahan. Selama ekstraksi dijaga agar proses evaporasi dan distilasi berjalan konstan, sehingga komponen volatil terekstrak dengan baik.

Jumlah solven yang digunakan untuk mengekstrak komponen volatil adalah 50 ml dietil eter. Pada sampel ditambahkan standar internal diklorobenzen 1 % sebanyak 0.1 ml. Pada saat ekstraksi ditambahkan air (1:3) pada sampel untuk mencegah terjadinya kekosongan pada sampel. Selain itu juga didapatkan kondisi pemekatan ekstrak sampel dengan *rotary evaporator* dimana suhu yang digunakan 40 °C tanpa vakum merupakan kondisi yang menghasilkan pekatan ekstrak yang tidak banyak mengalami kehilangan senyawa volatilnya selama proses pemekatan tersebut.

### Penelitian utama

Pembuatan kecap dilakukan secara tradisional, melalui dua tahap fermentasi, yaitu fermentasi kapang

dan fermentasi garam. Pada fermentasi kapang dilakukan dengan penambahan laru *Aspergillus sojae*, karena kapang inilah yang biasa digunakan dalam fermentasi kecap. Selama fermentasi kapang dan garam dilakukan pengadukan untuk mendapatkan kondisi optimum bagi pertumbuhan mikroba.

Komponen volatil yang teridentifikasi selama fermentasi berjumlah 117 komponen, yang terdeteksi pada kedelai mentah, kedelai rebus, *koji* dan *moromi*. Komponen volatil yang teridentifikasi ini terdiri dari 14 senyawa aldehyd alifatik, 15 hidrokarbon, 15 alkohol alifatik dan aromatik, 11 senyawa turunan benzen, 3 senyawa pirazin, 5 senyawa furan, 9 keton alifatik dan lakton, 1 senyawa tiazol, 18 senyawa terpenoid, 14 ester, 9 asam lemak, 1 senyawa piridin dan 2 komponen mengandung sulfur (lihat Tabel 1).

Komponen volatil yang ditemui pada hampir semua tahapan fermentasi dan jumlahnya relatif tetap antara lain adalah *hexanal*, *heptanal*, *pentadecane*, *octadecanoic acid*,  $\gamma$ -*nonalctone* dan *benzaldehyde*. Komponen-komponen ini diduga berasal dari bahan asal (kedelai).

Komponen yang meningkat jumlahnya selama fermentasi seperti *phenyl ethyl alcohol*, *heptadecane*, *octadecane*, *benzeneacetaldehyde*, *methyl linoleate*, *linoleic acid*, *palmitic acid*, *myristic acid*, *stearic acid*, kemungkinan berasal dari hasil degradasi lipid atau aktivitas mikroba selama fermentasi.

Senyawa yang diperkirakan berubah menjadi komponen lain (bereaksi lebih lanjut) selama fermentasi adalah komponen yang termasuk kelompok ketiga, seperti *2,4-decadienal*, karena komponen ini jumlahnya menurun selama fermentasi (pada akhir fermentasi tidak terdeteksi). Selain itu juga ada beberapa komponen volatil yang diduga hilang selama proses perebusan, seperti *caryophyllene*, (*E*)-*nerolidol*, (*E,E*)-*farnesol* dan  $\alpha$ -*humulone*, dimana komponen-komponen ini hanya ditemui pada kedelai mentah, tetapi tidak ditemui pada kedelai rebus.

Ada beberapa komponen volatil yang diduga berasal dari kapang *Aspergillus sojae* (yang terdapat pada *koji* 0 hari), yaitu *2,6,6-trimethyl-2-cyclohexene-1,4-dione*, *2,3,3-trimethyl-bicyclo-2.1.1-heptan-2-ol*, *2,6,6-trimethyl-bicyclo-3.1.1-heptan-3-ol*, (*1-butylhexyl*) *benzene* dan *methyl heptadecanoate*. Hal ini terlihat dari hanya terdeteksinya komponen tersebut pada *koji* 0 hari dan tidak pada kedelai rebus. *Koji* 0 hari ini merupakan campuran kedelai rebus dengan laru *A. sojae*.

Perubahan yang terjadi selama fermentasi kapang relatif kecil, yang terlihat dari proporsi komponen volatil pada *koji* 0 sampai 3 hari yang tidak terlalu berbeda, kecuali asam palmitat mengalami peningkatan jumlahnya pada *koji* 1 hari, kemudian menurun pada *koji* 2 dan 3 hari. Kemungkinan hal ini terjadi karena adanya pemecahan lemak pada kedelai oleh enzim yang dihasilkan kapang, yang terlihat pada peningkatan jumlah asam palmitat dari kedelai rebus ke *koji* 0-1 hari.

Penurunan kandungan asam palmitat setelah fermentasi 2 dan 3 hari kemungkinan disebabkan oleh perubahan sebagian komponen tersebut menjadi bentuk ester metilnya atau digunakan oleh mikroba sebagai sumber energi.

Pada tahap fermentasi garam, komponen yang teridentifikasi hampir sama dengan komponen yang teridentifikasi pada kecap Jepang, seperti senyawa *phenylethylalcohol*, *2-acetylthiazole*, *3-(methylthio) propanal* dan *heptadecanoic acid*. Tetapi, komponen volatil yang terbentuk selama fermentasi ini hanya sedikit yang teridentifikasi pada kecap manis, seperti yang telah dilaporkan oleh Lie (1996) dan Husain (1996). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar komponen volatil penyusun flavor kecap manis terbentuk saat pemasakan.

Secara umum, kelompok komponen volatil yang teridentifikasi darikedelai mentah, kedelai rebus, *koji* dan *moromi* pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

### Alkohol

Senyawa alkohol yang teridentifikasi pada penelitian ini adalah alkohol alifatik dan alkohol aromatik (Tabel 1). Alkohol yang terbentuk selama fermentasi kebanyakan merupakan alkohol alifatik, yang diduga merupakan hasil fermentasi heksosa dan sebagian kecil dari degradasi asam amino (Yokotsuka, 1986). Selain itu senyawa alkohol juga dapat terbentuk sebagai hasil dari degradasi lemak oleh enzim *lipoxigenase* (Baltes dan Song, 1992), seperti senyawa *1-octen 3-ol* yang jumlahnya naik turun selama fermentasi (Gambar 3). Selain itu, juga terlihat adanya kenaikan proporsi senyawa *phenyl ethyl alcohol* selama fermentasi *moromi* (Gambar 3), yang diduga merupakan hasil dari metabolisme mikroba (bakteri laktat) selama fermentasi (Berger et al., 1992).

Komponen *2,6-bis(2-methylpropyl)pyrazine* dan *methyl pyrazine* terdeteksi pada tahap fermentasi kapang dan garam, dengan proporsi yang relatif sama. Kemungkinan senyawa pirazin ini juga terbentuk selama proses ekstraksi karena adanya pemanasan asam amino dan gula yang ada pada *koji* dan *moromi*.

### Aldehyd

Aldehyd yang teridentifikasi selama fermentasi adalah aldehyd alifatik sebanyak 16 komponen. Komponen aldehyd yang teridentifikasi pada semua tahap fermentasi adalah *hexanal* dan (*E*)-*2-octenal*, sedangkan aldehyd yang teridentifikasi pada tahap fermentasi kapang dan garam adalah *5-methyl-2-phenyl-2-hexenal*, *methyl acetaldehyde*, *decanal* dan *nonanal*. Komponen (*E,E*)-*2,4-nonadienal* dan (*E*)-*2-decenal* hanya ditemui pada kedelai mentah. Sebagian besar senyawa aldehyd berasal dari bahan asal (kedelai), kecuali aldehyd yang mengalami peningkatan konsentrasi selama fermentasi, diduga berasal dari hasil metabolisme mikroba.

Tabel 1. Perubahan Komponen Volatil Selama Fermentasi Kecap (ppm)\*\*

| No                            | Komponen Volatil                                       | LRI  | LRI Ref           | Kdlmth  | Kdlrbs            | Koji 0            | Koji 1 | Koji 2 | Koji 3            | Mor 0 | Mor 5            | Mor 10           | Mor 20           | Mor 30           | Mor 60           |
|-------------------------------|--|------|-------------------|---------|-------------------|-------------------|--------|--------|-------------------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| ALKOHOL ALIFATIK dan AROMATIK |  |      |                   |         |                   |                   |        |        |                   |       |                  |                  |                  |                  |                  |
| 1                             | 3-methyl-1-butanol                                     |      | 739 <sup>a</sup>  | 0.2     | 0.1               | 0.2               | 7.1    | 4.9    | 4.5               | 2.9   | 2.0              | 2.1              | 2.0              | 1.9              | 1.3              |
| 2                             | 1-hexanol  | 876  | 865 <sup>h</sup>  | 1.9     | 0.4               | 0.5               | 0.3    | 0.1    | <0.1 <sup>#</sup> | nd    | nd               | nd               | nd               | nd               | nd               |
| 3                             | 1-octen-3-ol   | 989  | 978 <sup>d</sup>  | 3.4     | 1.3               | 1.6               | 1.8    | 12.0   | 11.0              | 5.8   | 5.3              | 7.2              | 3.2              | 5.7              | 5.9              |
| 4                             | 3-octanol  | 1006 | 993 <sup>b</sup>  | 0.4     | 0.1               | 3.4               | 0.1*   | 0.1*   | 0.1               | 0.1*  | nd               | 0.1 <sup>#</sup> | 7.4*             | nd               | 0.2*             |
| 5                             | (E)-2-octen-1-ol                                       | 1077 | 1067 <sup>b</sup> | nd      | nd                | 0.1 <sup>#</sup>  | 0.1    | 0.2    | 0.2               | 0.2   | 0.3              | 0.5              | 0.3              | 0.1              | 0.1              |
| 6                             | 1-octanol  | 1081 | 1075 <sup>c</sup> | nd      | <0.1              | 0.1               | nd     | 0.1    | nd                | 0.1*  | nd               | nd               | nd               | nd               | nd               |
| 7                             | 4-methyl-1-(1-methylethyl)-bicyclo-3.1.0-hexane-3-ol   | 1089 |                   | nd      | <0.1              | <0.1              | nd     | nd     | nd                | nd    | nd               | nd               | nd               | nd               | nd               |
| 8                             | 4-nonanol  | 1100 |                   | nd      | <0.1 <sup>#</sup> | nd                | nd     | nd     | nd                | nd    | nd               | nd               | nd               | nd               | nd               |
| 9                             | Phenyl-ethyl-alcohol                                   | 1124 | 1110 <sup>b</sup> | nd      | nd                | nd                | 0.7    | nd     | nd                | 0.1*  | 0.1*             | 0.1              | 0.2              | 0.3              | 0.4              |
| 10                            | Maltol   | 1127 | 1112 <sup>f</sup> | 0.3*    | 0.5*              | 0.1*              | nd     | nd     | nd                | <0.1  | nd               | nd               | nd               | nd               | nd               |
| 11                            | 2,3,3-trimethyl-bicyclo-2.1.1-heptan-2-ol              | 1180 |                   | nd      | nd                | <0.1*             | nd     | nd     | nd                | nd    | nd               | nd               | nd               | nd               | nd               |
| 12                            | $\alpha,\alpha, 4$ -trimethyl-3-cyclohexene-1-methanol | 1196 |                   | nd      | 0.1               | <0.1 <sup>#</sup> | 0.1*   | nd     | nd                | nd    | nd               | nd               | <0.1             | nd               | nd               |
| 13                            | 2,6,6-trimethyl-bicyclo-3.1.1-heptan-3-ol              | 1351 |                   | nd      | nd                | <0.1*             | nd     | nd     | nd                | nd    | nd               | nd               | nd               | nd               | nd               |
| 14                            | Hexadecanol  | 1879 | 1879 <sup>b</sup> | 0.3     | nd                | nd                | nd     | nd     | nd                | nd    | nd               | nd               | nd               | 0.2 <sup>#</sup> | nd               |
| 15                            | phytol   | 1952 | 1949 <sup>b</sup> | nd      | 0.1               | 0.1               | 0.1*   | 0.2    | 0.1               | 0.1   | 0.1              | 0.2              | 0.2              | 0.4              | 0.4              |
|                               | Jumlah komponen/Jumlah ppm                             |      |                   | 6/6.5   | 10/2.7            | 12/6.0            | 8/10.3 | 8/17.7 | 6/15.9            | 8/9.3 | 5/7.8            | 6/10.2           | 7/13.0           | 6/6.0            | 6/8.3            |
| ALDEHID ALIFATIK              |  |      |                   |         |                   |                   |        |        |                   |       |                  |                  |                  |                  |                  |
| 16                            | 3-methylbutanal  |      | 659 <sup>m</sup>  | 0.6     | 0.1               | 0.1*              | 1.0*   | nd     | nd                | nd    | nd               | nd               | nd               | nd               | nd               |
| 17                            | Hexanal  | 804  | 800 <sup>b</sup>  | 5.0     | 3.6               | 0.4               | 0.3    | 0.6    | 0.4               | 0.6   | 0.3              | 0.4              | 0.3              | 0.2              | 0.3              |
| 18                            | (E)-2-hexenal  | 843  | 854 <sup>b</sup>  | 1.1     | nd                | nd                | nd     | 0.3    | 0.1               | nd    | 0.1*             | nd               | nd               | 0.1*             | nd               |
| 19                            | Heptanal   | 903  | 903 <sup>c</sup>  | 0.2     | <0.1              | <0.1              | nd     | nd     | 0.3 <sup>#</sup>  | 0.1   | 0.1              | 0.1*             | 0.1 <sup>#</sup> | nd               | 0.1 <sup>#</sup> |
| 20                            | (E)-2-octenal  | 1061 | 1062 <sup>g</sup> | 0.3     | 0.1               | <0.1              | 0.1    | 0.2    | 0.1               | 0.1   | 0.1              | 0.1              | 0.1              | 0.1              | 0.1              |
| 21                            | Nonanal  | 1107 | 1109 <sup>d</sup> | 0.4     | 0.1               | 0.1               | 0.1    | nd     | <0.1 <sup>#</sup> | nd    | nd               | 0.1              | nd               | nd               | 0.2              |
| 22                            | (E)-2-nonenal  | 1163 | 1160 <sup>c</sup> | 0.3     | 0.2               | 0.2               | 0.2    | 0.1    | 0.1 <sup>#</sup>  | 0.1   | 0.1 <sup>#</sup> | 0.1              | nd               | nd               | 0.1 <sup>#</sup> |
| 23                            | Decanal  | 1208 | 1205 <sup>c</sup> | nd      | <0.1              | <0.1              | nd     | nd     | nd                | nd    | nd               | nd               | nd               | nd               | 0.3 <sup>#</sup> |
| 24                            | (E,E)-2,4-nonadienal                                   | 1219 |                   | 0.4     | nd                | nd                | nd     | nd     | nd                | nd    | nd               | nd               | nd               | nd               | nd               |
| 25                            | (E)-2-decenal  | 1265 | 1261 <sup>b</sup> | 0.2     | nd                | nd                | nd     | nd     | nd                | nd    | nd               | nd               | nd               | nd               | nd               |
| 26                            | (E,Z)-2,4-decadienal                                   | 1297 | 1291 <sup>b</sup> | 0.3     | <0.1              | <0.1              | nd     | 0.1    | 0.1               | nd    | nd               | nd               | nd               | nd               | nd               |
| 27                            | (E,E)-2,4-decadienal                                   | 1322 | 1316 <sup>c</sup> | 2.1     | 0.3               | 0.2               | nd     | nd     | nd                | nd    | nd               | nd               | nd               | nd               | nd               |
| 28                            | Methyl azelaldehyde                                    | 1439 |                   | nd      | nd                | nd                | nd     | nd     | nd                | 0.5*  | nd               | nd               | nd               | nd               | nd               |
| 29                            | 5-methyl-2-phenyl-2-hexenal                            | 1449 | 1495 <sup>m</sup> | nd      | nd                | nd                | nd     | 0.1    | 0.1               | nd    | 0.2*             | nd               | 0.1              | 0.1 <sup>#</sup> | nd               |
|                               | Jumlah komponen/Jumlah ppm                             |      |                   | 11/11.9 | 9/4.5             | 9/1.2             | 5/1.6  | 6/1.4  | 8/1.2             | 5/1.4 | 6/0.9            | 5/0.8            | 4/0.6            | 4/0.5            | 6/1.1            |

Tabel 1. (Lanjutan)

| No                        | Komponen Volatil  | LRI  | LRI Ref           | Kdlmth           | Kdlrbs            | Koji 0            | Koji 1           | Koji 2            | Koji 3            | Mor 0             | Mor 5            | Mor 10           | Mor 20 | Mor 30           | Mor 60           |
|---------------------------|---|------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|
| FURAN                     |   |      |                   |                  |                   |                   |                  |                   |                   |                   |                  |                  |        |                  |                  |
| 30                        | 2,5-furandione  | 828  |                   | nd               | <0.1 <sup>#</sup> | nd                | nd               | nd                | nd                | nd                | nd               | nd               | nd     | nd               | nd               |
| 31                        | 2-furancarboxaldehyde                                   | 830  | 830 <sup>b</sup>  | 0.2 <sup>*</sup> | nd                | 0.1 <sup>*</sup>  | 0.7              | 0.5               | 0.1               | 0.2               | 0.4              | 0.7              | 1.6    | 1.1              | 7.2              |
| 32                        | 2-furanmethanol   | 866  | 863 <sup>f</sup>  | nd               | nd                | nd                | nd               | <0.1 <sup>#</sup> | nd                | nd                | 0.1 <sup>*</sup> | nd               | 0.5    | 0.8              | 2.3              |
| 33                        | 2-pentyl-furan  | 993  | 992 <sup>b</sup>  | 0.8              | nd                | nd                | nd               | nd                | nd                | nd                | nd               | nd               | nd     | nd               | nd               |
| 34                        | 2,3-dihydro-benzofuran                                  | 1247 |                   | nd               | nd                | nd                | 0.8              | 0.5               | <0.1              | <0.1              | 0.2              | 0.1              | 0.3    | 0.4              | 0.2              |
|                           | Jumlah komponen/Jumlah ppm                              |      |                   | 2/1.0            | 1/<0.1            | 1/0.1             | 2/1.5            | 3/1.0             | 2/0.1             | 2/0.2             | 3/0.7            | 2/0.8            | 2/2.1  | 3/2.3            | 3/9.7            |
| KETON ALIFATIK dan LAKTON |   |      |                   |                  |                   |                   |                  |                   |                   |                   |                  |                  |        |                  |                  |
| 35                        | 2-heptanone   | 893  | 890 <sup>b</sup>  | 0.2              | <0.1              | <0.1 <sup>*</sup> | nd               | <0.1 <sup>#</sup> | <0.1 <sup>#</sup> | nd                | nd               | nd               | nd     | nd               | nd               |
| 36                        | 6-methyl-5-hepten-2-one                                 | 923  |                   | nd               | nd                | nd                | nd               | nd                | 0.1 <sup>*</sup>  | nd                | nd               | nd               | nd     | nd               | nd               |
| 37                        | (E,E)-3,5-octadiene-2-one                               | 1098 | 1098 <sup>d</sup> | nd               | <0.1 <sup>#</sup> | <0.1              | nd               | nd                | nd                | nd                | nd               | nd               | nd     | nd               | nd               |
| 38                        | 2,6,6-trimethyl-2-cyclohexene-1,4-dione                 | 1146 |                   | nd               | nd                | <0.1              | nd               | nd                | nd                | nd                | nd               | nd               | nd     | nd               | nd               |
| 39                        | 2-decanone  | 1195 | 1192 <sup>b</sup> | nd               | nd                | nd                | nd               | <0.1              | 0.1               | nd                | nd               | nd               | nd     | nd               | nd               |
| 40                        | γ-nonalactone   | 1369 | 1360 <sup>b</sup> | 0.3              | <0.1              | <0.1              | nd               | <0.1              | 0.1               | 0.1               | 0.1              | 0.1              | 0.1    | 0.1              | 0.1              |
| 41                        | 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-2,5-cyclohexadiene-1,4-dione | 1471 | 1462 <sup>e</sup> | nd               | <0.1 <sup>#</sup> | <0.1              | nd               | nd                | nd                | nd                | nd               | nd               | nd     | nd               | 0.1              |
| 42                        | Megastigmatrienone                                      | 1635 |                   | 0.2 <sup>*</sup> | <0.1 <sup>#</sup> | <0.1              | nd               | nd                | nd                | 0.1 <sup>*</sup>  | nd               | nd               | nd     | nd               | nd               |
| 43                        | 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone                       | 1849 | 1848 <sup>e</sup> | nd               | 0.1               | 0.1               | nd               | <0.1              | <0.1 <sup>#</sup> | <0.1 <sup>*</sup> | 0.1 <sup>#</sup> | 0.1              | 0.1    | 0.2              | 0.2              |
|                           | Jumlah komponen/Jumlah ppm                              |      |                   | 3/0.7            | 6/0.3             | 7/0.4             | 0/0              | 4/0.2             | 5/0.4             | 3/0.2             | 1/0.1            | 2/0.2            | 2/0.2  | 2/0.3            | 3/0.4            |
| HIDROKARBON               |   |      |                   |                  |                   |                   |                  |                   |                   |                   |                  |                  |        |                  |                  |
| 44                        | (E,E)-2,6-octadiene                                     |      |                   | nd               | nd                | nd                | nd               | 0.6               | 0.8 <sup>#</sup>  | 0.4               | 0.2              | 0.3 <sup>*</sup> | 0.2    | 0.1 <sup>#</sup> | 0.2 <sup>#</sup> |
| 45                        | 3-methylene-nonane                                      | 982  |                   | 0.2 <sup>#</sup> | 0.1               | 0.1 <sup>#</sup>  | 0.1              | nd                | 0.2 <sup>*</sup>  | 0.5               | 0.4              | 0.3              | nd     | 0.2              | 0.2              |
| 46                        | Undecane  | 1101 | 1100 <sup>c</sup> | nd               | <0.1              | <0.1              | <0.1             | 0.2               | 0.1 <sup>#</sup>  | 0.1               | nd               | 0.1              | 0.1    | 0.1              | 0.1              |
| 47                        | 3,3-dimethyl-1,6-heptadiene                             | 1158 |                   | nd               | <0.1 <sup>#</sup> | <0.1              | nd               | nd                | nd                | nd                | nd               | nd               | nd     | nd               | nd               |
| 48                        | Dodecane  | 1201 | 1199 <sup>b</sup> | nd               | <0.1              | <0.1              | <0.1             | <0.1              | 0.1               | <0.1 <sup>*</sup> | nd               | 0.1              | 0.1    | 0.1              | 0.2              |
| 49                        | 3,9-dimethyl-undecane                                   | 1336 |                   | 0.3              | nd                | nd                | nd               | nd                | nd                | nd                | nd               | nd               | nd     | nd               | nd               |
| 50                        | Tetradecane   | 1402 | 1399 <sup>b</sup> | 0.3              | nd                | nd                | nd               | 0.1               | nd                | nd                | nd               | <0.1             | 0.1    | nd               | nd               |
| 51                        | Pentadecane   | 1503 | 1500 <sup>b</sup> | 0.2              | <0.1 <sup>#</sup> | <0.1 <sup>#</sup> | nd               | <0.1              | <0.1              | <0.1              | <0.1             | 0.1              | 0.1    | 0.1              | 0.2              |
| 52                        | Hexadecane  | 1602 | 1600 <sup>g</sup> | 0.4              | <0.1              | <0.1              | 0.1              | 0.1               | <0.1              | 0.1               | 0.1              | 0.1              | 0.2    | 0.2              | 0.2              |
| 53                        | Heptadecane   | 1704 | 1700 <sup>b</sup> | 0.3              | 0.1               | 0.1               | 0.1              | 0.1               | <0.1              | 0.1               | 0.2              | 0.3              | 0.4    | 0.4              | 0.5              |
| 54                        | Octadecane  | 1800 | 1800 <sup>c</sup> | 0.2              | 0.1               | 0.1               | 0.7              | 0.1               | <0.1              | 0.2               | 0.6              | 0.2              | 0.3    | 0.3              | 0.3              |
| 55                        | Branced-alkane  | 1812 |                   | 0.1              | <0.1              | 0.1               | 0.1 <sup>*</sup> | 0.1               | <0.1              | 0.1               | 0.2              | 0.2              | 0.3    | 0.3              | 0.3              |
| 56                        | 2-methyl-8-propyl-dodecane                              | 1894 |                   | nd               | nd                | nd                | nd               | nd                | nd                | nd                | nd               | nd               | 0.1    | nd               | nd               |

Tabel 1. (Lanjutan)

| No             | Komponen Volatil                         | LRI  | LRI Ref           | Kdlmth | Kdlrbs | Koji 0            | Koji 1           | Koji 2            | Koji 3            | Mor 0             | Mor 5            | Mor 10            | Mor 20           | Mor 30           | Mor 60           |
|----------------|--|------|-------------------|--------|--------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| 57             | Nonadecane                               | 1902 | 1900 <sup>b</sup> | nd     | <0.1   | <0.1              | 0.3              | 0.1               | <0.1 <sup>#</sup> | 0.4               | 0.1              | 0.2               | 0.3              | 0.2              | 0.3              |
| 58             | eicosane                                 | 2003 | 2000 <sup>b</sup> | nd     | <0.1   | <0.1              | nd               | nd                | nd                | nd                | 0.1 <sup>#</sup> | nd                | nd               | nd               | 8.3 <sup>#</sup> |
|                | Jumlah komponen/Jumlah ppm               |      |                   | 8/2.0  | 11/0.5 | 11/0.6            | 8/1.5            | 10/1.5            | 10/1.4            | 10/2.0            | 9/1.9            | 11/1.9            | 11/2.2           | 10/2.0           | 11/10.8          |
| PIRAZIN        |  |      |                   |        |        |                   |                  |                   |                   |                   |                  |                   |                  |                  |                  |
| 59             | Methyl-pyrazine                          | 822  | 820 <sup>c</sup>  | nd     | nd     | nd                | nd               | 0.1               | 0.3               | <0.1 <sup>*</sup> | nd               | 0.1 <sup>#</sup>  | 0.2 <sup>*</sup> | 0.1 <sup>*</sup> | nd               |
| 60             | 2,6-dimethyl-pyrazine                    | 917  | 912 <sup>b</sup>  | 0.1    | <0.1   | 0.1               | nd               | <0.1 <sup>#</sup> | 0.5               | nd                | nd               | nd                | nd               | nd               | nd               |
| 61             | 2,6-bis(2-methylpropyl)-pyrazine         | 1371 |                   | nd     | nd     | <0.1 <sup>*</sup> | nd               | <0.1              | 0.1               | 0.1               | 0.1              | 0.1               | 0.1              | 0.1              | 0.1              |
|                | Jumlah komponen/Jumlah ppm               |      |                   | 1/0.1  | 1/<0.1 | 2/0.1             | 0/0              | 3/0.2             | 3/0.9             | 2/0.1             | 1/0.1            | 2/0.2             | 2/0.3            | 2/0.2            | 1/0.1            |
| TIAZOL         |  |      |                   |        |        |                   |                  |                   |                   |                   |                  |                   |                  |                  |                  |
| 62             | 2-acetylthiazole                         | 1022 | 1020 <sup>c</sup> | nd     | nd     | nd                | nd               | nd                | 0.1               | <0.1              | 0.1              | 0.1               | 0.1              | 0.1              | nd               |
|                | Jumlah komponen/Jumlah ppm               |      |                   | 0/0    | 0/0    | 0/0               | 0/0              | 0/0               | 1/0.1             | 1/<0.1            | 1/0.1            | 1/0.1             | 1/0.1            | 1/0.1            | 0/0              |
| TURUNAN BENZEN |  |      |                   |        |        |                   |                  |                   |                   |                   |                  |                   |                  |                  |                  |
| 63             | Toluene                                  |      | 774 <sup>f</sup>  | nd     | nd     | nd                | nd               | nd                | nd                | nd                | nd               | nd                | 0.1 <sup>*</sup> | nd               | nd               |
| 64             | Benzaldehyde                             | 963  | 961 <sup>b</sup>  | 0.3    | 0.2    | 0.1               | 0.2              | 0.2               | <0.1 <sup>#</sup> | 0.1               | 0.1              | 0.1               | 0.1              | 0.1              | 0.1 <sup>#</sup> |
| 65             | Benzeneacetadehyde                       | 1046 | 1043 <sup>b</sup> | 0.4    | 0.1    | 0.1               | 1.2              | 1.2               | 0.6               | 2.0               | 1.7              | 3.4               | 3.0              | 3.1              | 6.9              |
| 66             | Naphthalene                              | 1187 | 1186 <sup>e</sup> | 5.2    | 0.2    | 0.4               | 0.1              | 0.1               | 0.1 <sup>#</sup>  | 0.3               | nd               | <0.1 <sup>*</sup> | nd               | nd               | nd               |
| 67             | 5(2-propenyl)-1,3-benzodioxole (safrole) | 1281 | 1285 <sup>b</sup> | 1.0    | nd     | nd                | nd               | nd                | nd                | nd                | nd               | nd                | nd               | nd               | nd               |
| 68             | 3-acetyl anisole                         | 1322 | 1348 <sup>b</sup> | nd     | nd     | nd                | 0.3              | 0.5               | 0.1               | 0.2               | 1.0              | 1.3               | 2.0              | 2.5              | 2.4              |
| 69             | (1-butylhexyl)benzene                    | 1541 |                   | nd     | nd     | <0.1              | nd               | nd                | nd                | nd                | nd               | nd                | nd               | nd               | nd               |
| 70             | Benzene derivative                       | 1690 |                   | nd     | nd     | nd                | nd               | nd                | nd                | nd                | nd               | nd                | nd               | 0.2 <sup>#</sup> | nd               |
| 71             | (1-butylloctyl)benzene                   | 1739 |                   | nd     | nd     | nd                | nd               | nd                | nd                | nd                | nd               | nd                | nd               | 0.1              | nd               |
| 72             | 2-isopropenylbenzophenone                | 1947 |                   | nd     | nd     | nd                | nd               | nd                | nd                | nd                | 0.1 <sup>*</sup> | 0.1 <sup>#</sup>  | 0.1              | 0.5              | nd               |
| 73             | Benzene derivative                       | 2141 |                   | nd     | nd     | nd                | nd               | nd                | nd                | 0.1 <sup>#</sup>  | nd               | nd                | nd               | nd               | nd               |
|                | Jumlah komponen/Jumlah ppm               |      |                   | 4/6.9  | 3/0.5  | 4/0.6             | 4/1.8            | 4/2.0             | 4/0.8             | 6/2.7             | 4/2.9            | 5/4.9             | 6/5.6            | 6/6.5            | 3/9.4            |
| ASAM LEMAK     |  |      |                   |        |        |                   |                  |                   |                   |                   |                  |                   |                  |                  |                  |
| 74             | Nonanoic acid                            | 1278 | 1280 <sup>b</sup> | nd     | nd     | nd                | 0.1              | <0.1              | nd                | nd                | 0.1 <sup>*</sup> | nd                | nd               | nd               | <0.1             |
| 75             | Dodecanoic acid (lauric acid)            | 1579 | 1568 <sup>b</sup> | 0.3    | 0.1    | 0.1               | 0.1              | nd                | 0.1 <sup>*</sup>  | 0.1               | 0.1 <sup>*</sup> | 0.1               | 0.1              | 0.2              | 0.3              |
| 76             | Tetradecanoic acid (myristic acid)       | 1782 | 1770 <sup>f</sup> | 0.7    | 0.1    | 0.1               | 6.0              | 0.6               | 0.2 <sup>*</sup>  | 0.3               | 0.1 <sup>#</sup> | 0.4               | 0.4              | 0.8              | 1.5              |
| 77             | Pentadecanoic acid                       | 1875 |                   | 0.5    | <0.1   | <0.1              | 0.3              | 0.2               | 0.1 <sup>*</sup>  | 0.1               | 0.2              | 0.2               | 0.2              | 0.4              | 0.7              |
| 78             | Hexadecanoic acid (palmitic acid)        | 1981 | 1961 <sup>c</sup> | 28.0   | 2.8    | 2.9               | 9.8              | 6.6               | 5.9               | 8.9               | 14.4             | 13.6              | 16.1             | 20.0             | 35.2             |
| 79             | Heptadecanoic acid                       | 2083 |                   | nd     | nd     | nd                | 0.1 <sup>*</sup> | nd                | nd                | <0.1              | nd               | 0.1               | 0.1              | 0.2              | 0.4              |
| 80             | Linoleic acid                            | 2154 |                   | 13.9   | 1.6    | 0.3               | 6.7              | nd                | 5.7 <sup>*</sup>  | 2.6               | 11.7             | 10.1              | 4.8 <sup>#</sup> | 20.8             | 24.8             |

Tabel 1. (Lanjutan)

| No                 | Komponen Volatil                 | LRI  | LRI Ref           | Kdlmth           | Kdlrbs            | Koji 0            | Koji 1            | Koji 2             | Koji 3            | Mor 0             | Mor 5  | Mor 10 | Mor 20 | Mor 30           | Mor 60 |
|--------------------|----------------------------------|------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------|--------|--------|------------------|--------|
| 81                 | Oleic acid                       | 2159 | 2157 <sup>k</sup> | nd               | 0.2               | 0.4 <sup>#</sup>  | nd                | 19.1               | 0.1               | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
| 82                 | Octadecanoic acid (stearic acid) | 2191 |                   | 0.4              | <0.1              | 0.2               | 0.3               | 0.4                | 0.4               | 0.6               | 0.3    | 0.6    | 0.4    | 1.0              | 6.7    |
|                    | Jumlah komponen/Jumlah ppm       |      |                   | 6/43.8           | 7/4.9             | 7/4.0             | 8/27.4            | 6/26.9             | 7/12.5            | 7/12.6            | 7/26.9 | 7/25.1 | 7/22.1 | 7/43.4           | 8/69.6 |
| PIRIDIN            |                                  |      |                   |                  |                   |                   |                   |                    |                   |                   |        |        |        |                  |        |
| 83                 | 2-ethyl-6-methyl-pyridine        | 1131 |                   | nd               | nd                | nd                | 0.1               | <0.1               | nd                | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
|                    | Jumlah komponen/Jumlah ppm       |      |                   | 0/0              | 0/0               | 0/0               | 1/0.1             | 1/<0.1             | 0/0               | 0/0               | 0/0    | 0/0    | 0/0    | 0/0              | 0/0    |
| TERPENOID          |                                  |      |                   |                  |                   |                   |                   |                    |                   |                   |        |        |        |                  |        |
| 84                 | D-limonene                       | 1031 | 1034 <sup>a</sup> | nd               | 1.0               | 0.3               | 0.1               | 0.5                | 0.5               | 0.3               | 0.1    | 0.7    | 0.6    | 0.2 <sup>*</sup> | nd     |
| 85                 | Terpinolene                      | 1090 | 1088 <sup>b</sup> | nd               | nd                | nd                | nd                | nd                 | nd                | nd                | nd     | 0.1    | nd     | nd               | nd     |
| 86                 | (Z)-neral                        | 1246 | 1240 <sup>b</sup> | 0.7              | nd                | nd                | nd                | nd                 | nd                | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
| 87                 | (E)-geranial                     | 1277 | 1270 <sup>b</sup> | 0.9              | nd                | nd                | nd                | nd                 | nd                | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
| 88                 | Copaene                          | 1378 | 1376 <sup>b</sup> | 0.5              | nd                | nd                | nd                | nd                 | nd                | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
| 89                 | (E, $\beta$ )-damascenone        | 1384 | 1380 <sup>b</sup> | 0.6              | nd                | nd                | <0.1              | nd                 | nd                | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
| 90                 | $\beta$ -elemene                 | 1395 | 1391 <sup>b</sup> | nd               | nd                | nd                | nd                | nd                 | nd                | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | 0.2    |
| 91                 | $\alpha$ -gurjunene              | 1412 | 1409 <sup>b</sup> | 0.1 <sup>#</sup> | nd                | nd                | nd                | nd                 | nd                | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
| 92                 | caryophyllene                    | 1424 | 1418 <sup>b</sup> | 2.7              | nd                | <0.1              | <0.1 <sup>*</sup> | <0.1 <sup>nd</sup> | nd                | nd                | nd     | <0.1   | <0.1   | nd               | 0.1    |
| 93                 | (E)-geranyl acetone              | 1457 | 1453 <sup>b</sup> | nd               | <0.1 <sup>#</sup> | nd                | nd                | <0.1               | <0.1 <sup>#</sup> | nd                | nd     | 0.1    | 0.1    | 0.1              | 0.1    |
| 94                 | $\alpha$ -humulene               | 1461 | 1454 <sup>b</sup> | 0.9              | nd                | nd                | nd                | nd                 | nd                | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
| 95                 | $\delta$ -cadinene               | 1531 | 1524 <sup>b</sup> | 0.3              | nd                | nd                | nd                | nd                 | nd                | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
| 96                 | (E)-nerolidol                    | 1568 | 1564 <sup>b</sup> | nd               | <0.1 <sup>#</sup> | nd                | <0.1              | nd                 | nd                | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
| 97                 | Limonene diepoxide               | 1591 |                   | 0.2              | nd                | nd                | nd                | nd                 | nd                | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
| 98                 | $\alpha$ -cadinol                | 1650 | 1653 <sup>b</sup> | 0.7              | nd                | nd                | nd                | 0.1                | nd                | <0.1 <sup>*</sup> | 0.1    | nd     | 0.1    | 0.1              | 0.2    |
| 99                 | $\beta$ -bisabolol               | 1666 | 1671 <sup>b</sup> | nd               | nd                | nd                | nd                | nd                 | nd                | nd                | nd     | <0.1   | 0.1    | 0.1              | 0.3    |
| 100                | (E,E)-farnesol                   | 1720 | 1722 <sup>b</sup> | 0.4              | nd                | nd                | nd                | nd                 | nd                | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
| 101                | (E)-farnesyl acetone             | 1924 |                   | nd               | nd                | <0.1 <sup>#</sup> | nd                | nd                 | nd                | nd                | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
|                    | Jumlah komponen/Jumlah ppm       |      |                   | 11/8.0           | 3/1.1             | 3/0.4             | 4/0.3             | 4/0.7              | 2/0.5             | 2/0.3             | 2/0.2  | 5/1.0  | 5/0.9  | 4/0.5            | 5/0.9  |
| KOMPONEN BERSULFUR |                                  |      |                   |                  |                   |                   |                   |                    |                   |                   |        |        |        |                  |        |
| 102                | 3-(methylthio)propanal           | 910  | 909 <sup>c</sup>  | nd               | nd                | nd                | 0.3               | 0.2                | nd                | 0.6               | 0.5    | 0.3    | 0.3    | 0.4              | 0.9    |
| 103                | Dimethyl tetrasulfide            | 1213 |                   | nd               | nd                | nd                | nd                | <0.1               | 0.1 <sup>*</sup>  | <0.1 <sup>*</sup> | nd     | nd     | nd     | nd               | nd     |
|                    | Jumlah komponen/Jumlah ppm       |      |                   | 0/0              | 0/0               | 0/0               | 1/0.3             | 2/0.2              | 1/0.1             | 2/0.6             | 1/0.5  | 1/0.3  | 1/0.3  | 1/0.4            | 1/0.9  |

Tabel 1 (lanjutan)

| No    | Komponen Volatil                        | LRI   | LRI Ref           | Kdlmth  | Kdlrbs  | Koji 0            | Koji 1  | Koji 2  | Koji 3  | Mor 0            | Mor 5   | Mor 10  | Mor 20  | Mor 30            | Mor 60   |
|-------|---|-------|-------------------|---------|---------|-------------------|---------|---------|---------|------------------|---------|---------|---------|-------------------|----------|
| ESTER |   |       |                   |         |         |                   |         |         |         |                  |         |         |         |                   |          |
| 104   | 3-methyl-2-pentanoic acid methyl ester  | 1221  |                   | nd      | nd      | nd                | 0.1     | nd      | nd      | nd               | 0.1*    | nd      | nd      | nd                | 0.1#     |
| 105   | menthyl acetate                         | 1297  | 1294 <sup>b</sup> | nd      | nd      | nd                | nd      | nd      | nd      | nd               | nd      | 0.1*    | nd      | 0.1               | nd       |
| 106   | Methyl dodecanoate                      | 1527  | 1525 <sup>b</sup> | nd      | nd      | nd                | nd      | nd      | 0.4*    | 5.1              | nd      | nd      | nd      | nd                | nd       |
| 107   | Methyl tetradecanoate                   | 1728  | 1726 <sup>b</sup> | nd      | nd      | 0.1               | nd      | nd      | 0.3*    | nd               | nd      | nd      | nd      | nd                | nd       |
| 108   | Methyl hexadecanoate (methyl-palmitate) | 1932  | 1927 <sup>b</sup> | 0.7     | 1.4     | 0.5               | 0.5     | 0.2     | 1.2     | 0.6 <sup>#</sup> | nd      | 0.1*    | 0.3     | 0.5               | 0.8      |
| 109   | Ethyl pentadecanoate                    | 2001  | 1991 <sup>e</sup> | nd      | nd      | nd                | nd      | nd      | nd      | nd               | nd      | nd      | nd      | 11.9 <sup>#</sup> | nd       |
| 110   | Methyl heptadecanoate                   | 2032  |                   | nd      | nd      | <0.1 <sup>#</sup> | nd      | nd      | nd      | nd               | nd      | nd      | nd      | nd                | nd       |
| 111   | Ester                                   | 2038  |                   | nd      | 0.1     | 0.1               | 0.2*    | 0.1     | 0.1*    | 0.1              | 0.1     | 0.1     | 0.1     | 0.1               | 0.1      |
| 112   | Methyl linoleate                        | 2098  | 2092 <sup>b</sup> | 1.9     | nd      | 0.2               | nd      | 0.2     | 0.4     | 9.8 <sup>#</sup> | nd      | nd      | 0.7     | nd                | nd       |
| 113   | Methyl oleate                           | 2106  |                   | 0.6     | nd      | 0.4               | 1.1*    | 2.3     | 1.6*    | nd               | nd      | nd      | 0.2     | nd                | nd       |
| 114   | Methyl eicosadecanoate                  | 2109  | 2118 <sup>b</sup> | nd      | 1.5     | nd                | 1.3     | 2.5     | nd      | 3.4              | 2.0     | 0.4     | 8.4     | 1.3               | 1.5      |
| 115   | Methyl octadecanoate (methyl-stearate)  | 2135  | 2128 <sup>b</sup> | nd      | 0.3     | nd                | 0.1*    | nd      | 0.3*    | 0.1 <sup>#</sup> | 0.1*    | nd      | nd      | 0.1 <sup>#</sup>  | nd       |
| 116   | Methyl linolenate                       | 2170  |                   | nd      | nd      | 0.9               | 0.1*    | nd      | 1.8     | 1.0              | nd      | nd      | nd      | nd                | nd       |
| 117   | Ethyl octadecanoate                     | >2200 |                   | nd      | nd      | nd                | nd      | 0.1     | nd      | nd               | nd      | nd      | nd      | nd                | nd       |
|       | Jumlah komponen/Jumlah ppm              |       |                   | 3/3.2   | 4/3.3   | 7/2.2             | 7/3.4   | 6/5.4   | 8/6.1   | 7/20.1           | 4/2.3   | 4/0.7   | 5/9.7   | 6/14.1            | 4/2.5    |
|       | Total Komponen/ppm                      |       |                   | 55/84.1 | 54/17.8 | 62/15.6           | 48/48.2 | 57/57.3 | 57/27.0 | 55/49.5          | 46/44.4 | 51/46.1 | 53/57.1 | 52/78.9           | 51/113.7 |

Keterangan :

nd : not detected

kdlmth : kedelai mentah

kdlrbs : kedelai rebus

koji 0,1,2,3 : koji fermentasi 0, 1, 2, 3 hari

mor 0, 5, 10, 20, 30, 60 : moromi fermentasi 0, 5, 10, 20, 30, 60 hari

komponen ini hanya muncul pada ulangan 1 (#), ulangan 2 (\*)

\*\* ppm : jumlah komponen volatil per bahan kering tanpa abu

a. Shimoda et al., (1993), kolom DB5

b. Adams (1995), kolom DB5

c. Madruga dan Mottram (1985), kolom DB5

d. Triqui dan Reineccius (1995), kolom DB5

e. Gomez et al., (1993), kolom DB5

f. Lee et al., (1991), kolom DB5

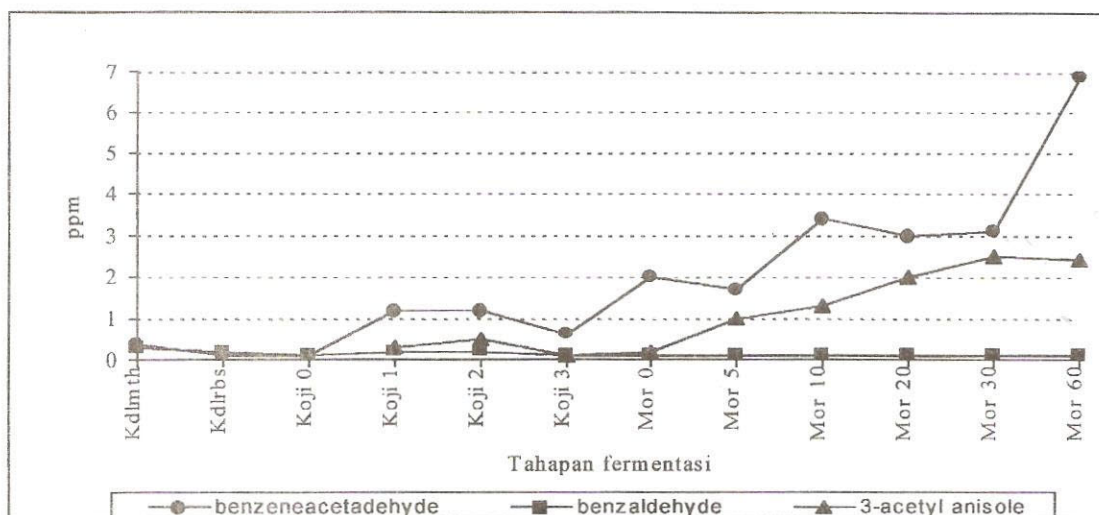
g. Ramarathnam et al., (1993), kolom DB5

h. Leseigneur dan Heinen (1990), kolom DB5

k. King et al., (1993), kolom DB5

m. Beal dan Mottram (1994), kolom DB5





Gambar 3. Perubahan senyawa alkohol selama fermentasi

**Keton dan laktone**

Senyawa keton dan laktone yang teridentifikasi pada penelitian ini ada 9 komponen, yang terdiri dari keton alifatik dan laktone. Senyawa keton yang relatif tetap proporsinya selama fermentasi seperti komponen 2-heptanone diduga berasal dari degradasi lipid, senyawa megastigmatrienone dan  $\gamma$ -nonalctone kemungkinan berasal dari bahan asal (kedelai).

Beberapa senyawa keton tidak terdeteksi lagi pada akhir fermentasi, seperti komponen 2,6,6-trimethyl-2-cyclohexene-1,4-dione dan 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-2,5-cyclohexadien-1,4-dione. Kemungkinan senyawa keton ini bereaksi dengan senyawa lain membentuk senyawa nonvolatil karena gugus keton cukup reaktif.

**Hidrokarbon**

Komponen volatil yang termasuk dalam kelas hidrokarbon yang teridentifikasi pada penelitian ini ada 15 komponen hidrokarbon alifatik. Senyawa hidrokarbon yang diduga berasal dari kedelai adalah 3-methylene nonane, 3,9-dimethyl undecane, pentadecane, hexadecane, heptadecane, octadecane dan brached alkane, sedangkan hidrokarbon yang diduga berasal dari degradasi lipid adalah (E,E)-2,6-octadiene, undecane, nonadecane dan eicosane. Senyawa hidrokarbon relatif tetap selama fermentasi, kecuali heptadecane dan octadecane yang meningkat jumlahnya selama fermentasi.

**Turunan benzen**

Pada penelitian ini teridentifikasi adanya 11 senyawa turunan benzen. Senyawa benzaldehyde, benzeneacetaldehyde, naphthalene, safrole, diduga berasal dari kedelai mentah, yang tetap ada pada saat fermentasi kapang maupun fermentasi garam, sedangkan senyawa yang lain diduga berasal dari aktivitas mikroba selama fermentasi. Senyawa benzeneacetaldehyde dan 3-acetylanisole meningkat

proporsinya selama fermentasi, dimana kemungkinan senyawa ini terbentuk oleh aktivitas mikroba (Berger et al., 1992) selain berasal dari bahan asal (Gambar 4).

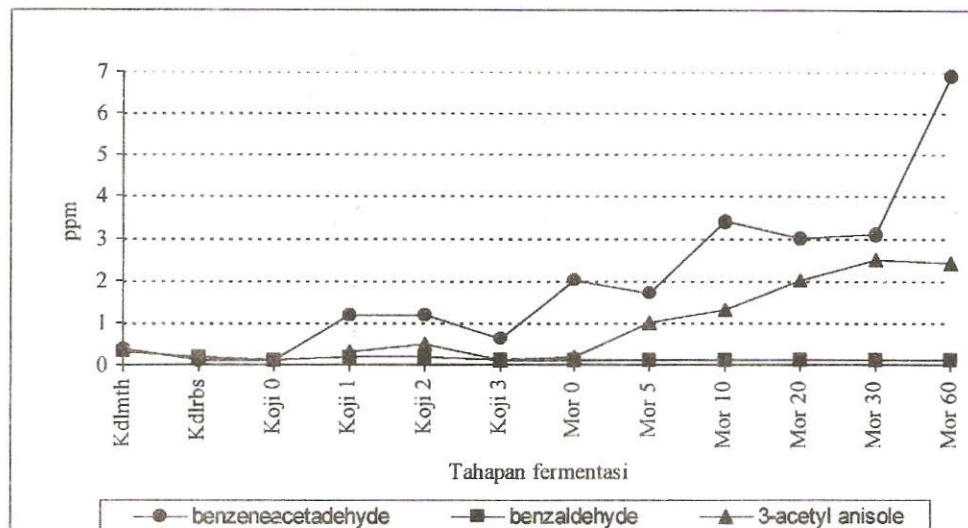
**Pirazin**

Pirazin merupakan salah satu komponen penting pembentuk flavor pada makanan, terutama makanan yang diolah dengan suhu tinggi seperti kopi, sereal, coklat dan daging (Ho et al., 1989).

Pada penelitian ini ditemukan adanya 3 senyawa pirazin yaitu methyl pyrazine, 2,6-dimethyl pyrazine dan 2,6-bis(2-methylpropyl)pyrazine. Jumlah komponen pirazin yang teridentifikasi pada penelitian ini lebih sedikit dibanding komponen pirazin yang dilaporkan oleh Yokotsuka (1986) yaitu sebanyak 27 komponen, dimana hanya komponen 2,6-dimethyl pyrazine yang teridentifikasi pada penelitian ini dari semua komponen pirazin yang teridentifikasi pada kecap Jepang. Kemungkinan senyawa pirazin lain pada kecap Jepang terbentuk saat pemasakan akibat adanya panas. Telah diketahui pirazin merupakan hasil reaksi Maillard yang terbentuk terutama melalui jalur degradasi Strecker yang melibatkan asam alfa-amino dan senyawa dikarbonil (hasil degradasi gula).

**Tiazol**

Senyawa tiazol yang ditemukan pada penelitian ini adalah 2-acetylthiazole. Senyawa ini hanya ditemui pada koji 3 hari sampai moromi 30 hari dengan jumlah yang relatif sama dan tidak ditemui pada kedelai mentah atau kedelai rebus. Senyawa tiazol ini kemungkinan berasal dari reaksi degradasi Strecker yang melibatkan asam amino sistein atau interaksi antara senyawa sulfur dengan karbonil. Senyawa ini juga kemungkinan terbentuk dari degradasi tiamin dan glutathion (Baltes, 1990).



Gambar 4. Perubahan senyawa turunan benzen selama fermentasi

**Furan**

Senyawa furan yang teridentifikasi pada penelitian ini lebih sedikit dibanding senyawa furan yang teridentifikasi pada kecap Jepang, dimana ditemukan adanya 16 senyawa furan (Yokotsuka, 1986). Hanya senyawa 2-furanmethanol yang teridentifikasi pada penelitian ini dari semua komponen furan yang teridentifikasi pada kecap Jepang.

Senyawa furan yang diduga berasal dari kedelai adalah 2-furancarboxaldehyde dan 2-pentylfuran, dimana jumlah -furancarboxaldehyde dan 2-furanmethanol meningkat selama fermentasi moromi akibat adanya tambahan yang diduga berasal dari hasil reaksi Maillard, sedangkan senyawa 2,3-dihydrobenzofuran baru terdeteksi pada koji 1 hari dan karena jumlahnya sangat kecil, maka perubahannya selama fermentasi tidak berarti (Gambar 5). Senyawa 2,5-furandione hanya dijumpai pada kedelai rebus, yang kemungkinan muncul akibat perlakuan pemanasan.

**Asam**

Asam yang teridentifikasi pada penelitian ini adalah 9 jenis asam lemak. Asam organik tidak teridentifikasi pada penelitian ini, yang menunjukkan bahwa selama fermentasi tidak terbentuk senyawa asam organik yang volatil.

Asam laurat, miristat, palmitat, linoleat, pentadekanat dan stearat yang teridentifikasi pada hampir semua tahapan fermentasi (Gambar 6) diduga berasal dari kedelai dan mengalami peningkatan jumlah akibat terjadinya hidrolisis lipid selama fermentasi.

**Ester**

Senyawa ester yang teridentifikasi ada 14 komponen. Senyawa metil palmitat dan metil oleat ditemukan pada hampir semua tahapan fermentasi, yang

diduga berasal dari kedelai, sedangkan metil eikosadekanoat terbentuk setelah pemanasan. Senyawa-senyawa ester ini mengalami perubahan selama fermentasi, seperti terlihat pada Gambar 7. Perubahan yang terjadi berupa penurunan dan peningkatan konsentrasi komponen yang diduga akibat adanya metabolisme mikroba.

**Piridin**

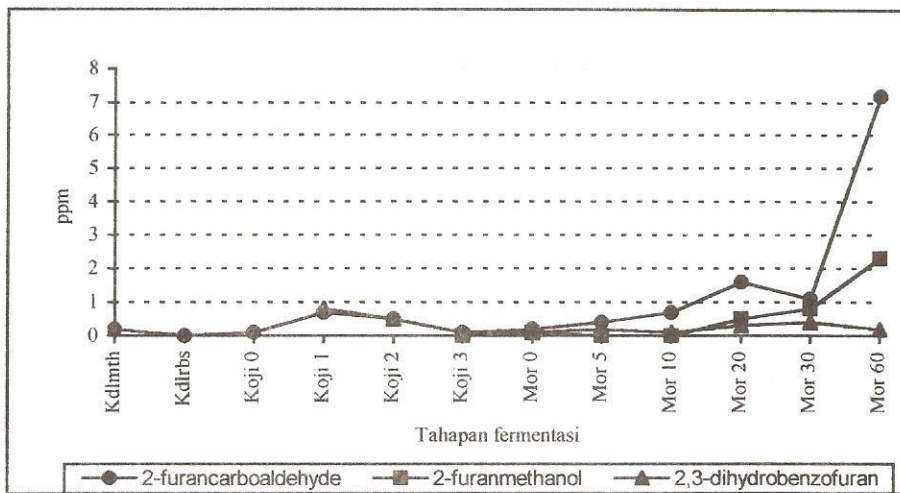
Senyawa piridin yang teridentifikasi pada penelitian ini adalah 2-ethyl-6-methyl pyridine, yang dijumpai hanya pada koji 1 dan 2 hari. Senyawa ini kemungkinan terbentuk dari aldehyd (atau komponen dikarbonil) yang bereaksi dengan amonia atau  $\alpha$ -asam amino (Vernin dan Parkanyi, 1982) pada waktu pemanasan pada tahap ekstraksi senyawa volatil.

**Komponen bersulfur**

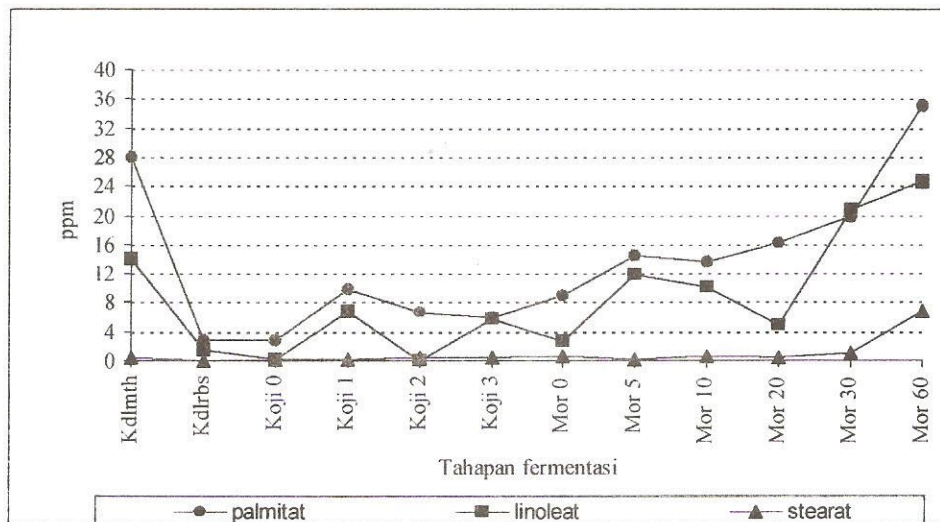
Senyawa bersulfur yang teridentifikasi adalah 3-(methylthio) propanal dan dimethyl tetrasulfide. Senyawa ini merupakan komponen flavor yang penting pada shoyu (Yokotsuka, 1986). Senyawa ini tidak hanya terbentuk selama fermentasi, tetapi dapat juga oleh pemanasan komponen yang mengandung sulfur selama proses distilasi (Yokotsuka, 1986). Senyawa bersulfur ini diduga terbentuk akibat metabolisme mikroba.

**Terpenoid**

Senyawa terpenoid yang teridentifikasi ada 18 komponen. Senyawa limonene-diepoxide,  $\alpha$ -gurjunene,  $\delta$ -cadinene, (Z)-neral, (E)-geranial, copaene,  $\alpha$ -humulene dan (E,E)-farnesol hanya ditemui pada kedelai mentah. Senyawa ini diduga menguap setelah pemanasan pada saat perebusan kedelai, karena sudah tidak terdeteksi lagi pada kedelai rebus.



Gambar 5. Perubahan senyawa furan selama fermentasi



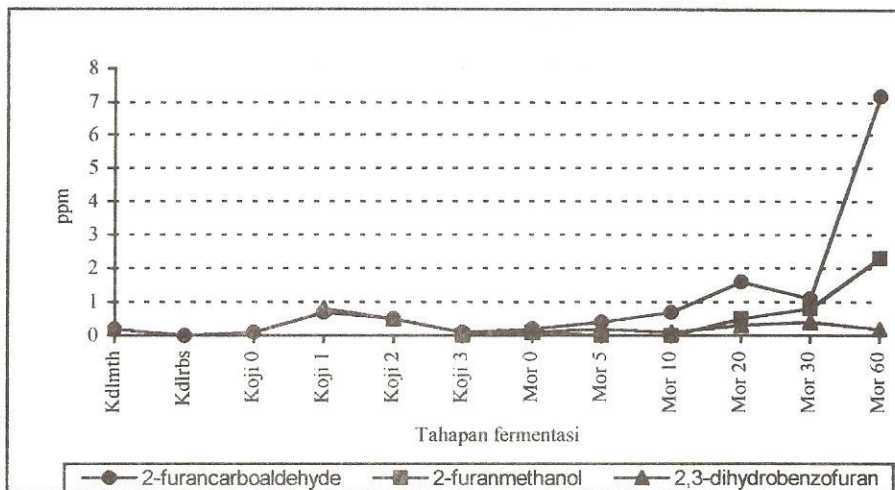
Gambar 6. Perubahan asam lemak selama fermentasi

Senyawa terpenoid yang lain diduga terbentuk selama fermentasi akibat metabolisme kapang, diantaranya *terpinolene*, *D-limonene* dan *(E)-geranyl acetone*. Pada umumnya senyawa terpenoid menurun jumlahnya selama fermentasi (*moromi*) atau tidak terdeteksi.

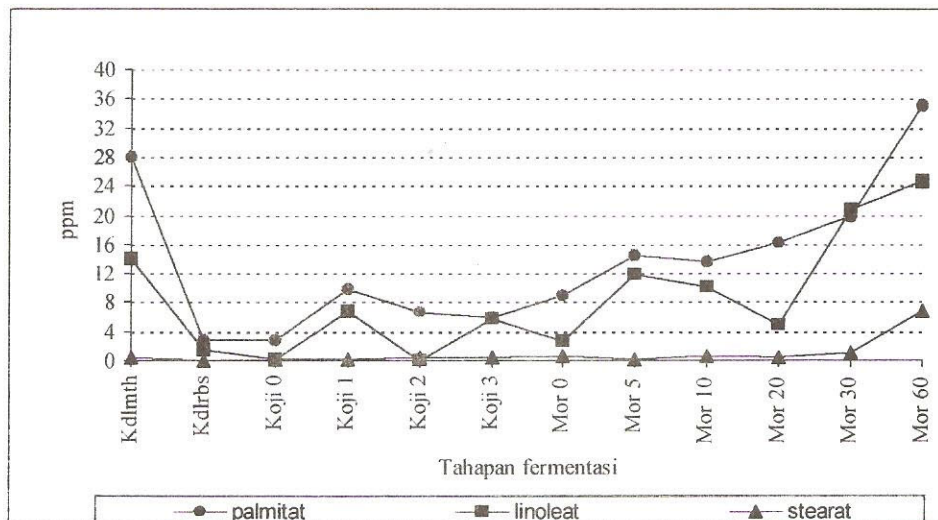
Pada penelitian ini tidak teridentifikasi adanya senyawa pirol, seperti pada kecap Jepang, sedangkan pada penelitian Husain (1996) teridentifikasi adanya senyawa 1-(1H-pirol)etanon, 1-(H-pirol)-1-metil-2-karboksaldehid dan 1H-pirol-2-karboksadehid pada kecap manis yang dibuat dari *moromi* 0-4 bulan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa senyawa pirol pada kecap manis diduga berasal dari hasil reaksi gula yang ditambahkan pada saat pemasakan dengan asam amino yang ada pada *moromi* karena secara umum pirol pada

bahan pangan umumnya dihasilkan melalui jalur reaksi Maillard.

Selain itu juga tidak teridentifikasi adanya senyawa fenol yang merupakan karakteristik penting pada kecap Jepang. Senyawa *4-etilguaicol* (4-etil-2-metoksifenol) merupakan komponen flavor yang penting pada kecap Jepang yang dihasilkan oleh *Candida torulopsis* selama fermentasi koji menjadi *moromi* (Nunomura dan Sasaki, 1992). Pada kecap manis, komponen fenol juga tidak banyak teridentifikasi, seperti pada penelitian Lie (1996) hanya terdeteksi 9 komponen dan Husain (1996) hanya 1 komponen. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh bahan asalnya yang tidak mengandung fenol volatil seperti terlihat pada komposisi komponen volatil kedelai mentah. Disamping itu, tentu saja karena metabolisme mikroba selama fermentasi garam juga tidak menghasilkan senyawa fenol volatil.



Gambar 5. Perubahan senyawa furan selama fermentasi



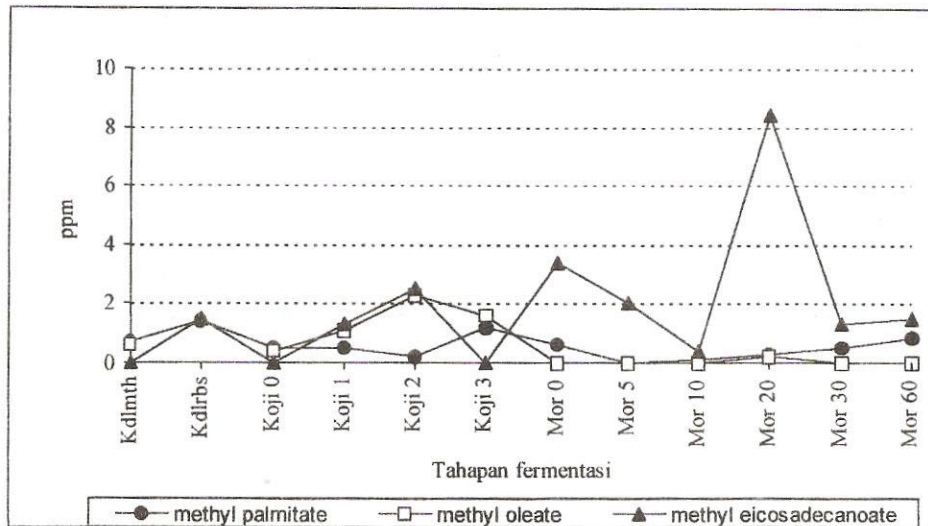
Gambar 6. Perubahan asam lemak selama fermentasi

Senyawa terpenoid yang lain diduga terbentuk selama fermentasi akibat metabolisme kapang, diantaranya *terpinolene*, *D-limonene* dan *(E)-geranyl acetone*. Pada umumnya senyawa terpenoid menurun jumlahnya selama fermentasi (*moromi*) atau tidak terdeteksi.

Pada penelitian ini tidak teridentifikasi adanya senyawa pirol, seperti pada kecap Jepang, sedangkan pada penelitian Husain (1996) teridentifikasi adanya senyawa 1-(1H-pirol)etanon, 1-(H-pirol)-1-metil-2-karboksaldehid dan 1H-pirol-2-karboksadehid pada kecap manis yang dibuat dari *moromi* 0-4 bulan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa senyawa pirol pada kecap manis diduga berasal dari hasil reaksi gula yang ditambahkan pada saat pemasakan dengan asam amino yang ada pada *moromi* karena secara umum pirol pada

bahan pangan umumnya dihasilkan melalui jalur reaksi Maillard.

Selain itu juga tidak teridentifikasi adanya senyawa fenol yang merupakan karakteristik penting pada kecap Jepang. Senyawa *4-etilguaicol* (4-etil-2-metoksifenol) merupakan komponen flavor yang penting pada kecap Jepang yang dihasilkan oleh *Candida torulopsis* selama fermentasi koji menjadi *moromi* (Nunomura dan Sasaki, 1992). Pada kecap manis, komponen fenol juga tidak banyak teridentifikasi, seperti pada penelitian Lie (1996) hanya terdeteksi 9 komponen dan Husain (1996) hanya 1 komponen. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh bahan asalnya yang tidak mengandung fenol volatil seperti terlihat pada komposisi komponen volatil kedelai mentah. Disamping itu, tentu saja karena metabolisme mikroba selama fermentasi garam juga tidak menghasilkan senyawa fenol volatil.



Gambar 7. Perubahan ester selama fermentasi

**KESIMPULAN**

Komponen volatil yang teridentifikasi pada kedelai dan selama proses fermentasi kecap terdiri dari 15 hidrokarbon, 15 alkohol alifatik dan aromatik, 14 aldehid alifatik, 14 ester, 9 keton alifatik dan lakton, 12 turunan benzen, 9 asam lemak, 5 senyawa furan, 18 terpenoid, 3 pirazin, 1 tiazol, 1 piridin dan 2 komponen bersulfur.

Komponen volatil yang terdeteksi pada hampir semua tahapan fermentasi dengan proporsi yang relatif tetap antara lain adalah *hexanal*, *heptanal*, yang diduga berasal dari bahan asal (kedelai).

Komponen yang mengalami peningkatan proporsi selama fermentasi atau ditemui pada akhir fermentasi diantaranya yaitu *phenylethylalcohol*, *heptadecane* dan *octadecane*, kemungkinan berasal dari hasil degradasi lipid atau aktivitas mikroba selama fermentasi.

Senyawa yang diperkirakan berubah menjadi komponen lain (bereaksi lebih lanjut) selama fermentasi adalah *2,4-decadienal* karena jumlahnya menurun selama fermentasi.

Sebagian dari komponen volatil yang teridentifikasi pada penelitian ini juga ditemui pada penelitian kecap manis yang telah dilakukan oleh Lie (1996) dan Husain (1996) yang menunjukkan adanya kontribusi komponen volatil dari bahan asal ataupun dari fermentasi terhadap komposisi komponen volatil kecap manis.

Pada kecap Jepang, senyawa fenol merupakan senyawa penting dalam pembentukan flavor kecap, akan tetapi senyawa fenol ini tidak teridentifikasi pada penelitian ini.

Masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan peranan dari moromi dan komponen volatil

yang terdapat pada moromi dalam pembentukan flavor kecap. Informasi ini kemudian digabungkan dengan informasi perubahan komponen volatil selama fermentasi kecap seperti hasil penelitian ini kemudian dapat digunakan untuk menentukan proses fermentasi yang optimal, yaitu yang dapat menghasilkan kecap dengan flavor yang disukai, khususnya dari segi waktu fermentasi yang optimal.

**DAFTAR PUSTAKA**

Adams, R.P. 1995. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy. Allured Publ. Corporation.

Baltes, W. 1990. Roast aroma formation: the role of amino acids during the Maillard reaction. Di dalam Finot, P.A., Aeschbacher, H.U, Hurrell, R.F dan Liardon, R. (eds.). The Maillard Reaction in Food Processing, Human Nutrition and Physiology, p 43-62. Birkhauser, Verlag, Berlin.

Beal, A.D., Mottram, D.S. 1994. Compounds contributing to the characteristic of malted barley. J.Agric. Food Chem., 42:2880-2884.

Berger, R.G., Drawert, F., Tiefel, P. 1992. Naturally-accuring flavours from fungi, yeast and bacteria. Di dalam Patterson, R.L.S., Charlwood, B.V., Macleod, G and Williams, A.A. (eds.). Bioformation of Flavours. The Royal Society of Chemistry. Thomas Graham House, Science Park, Cambridge.

- Gomez, E., Ledbetter, G.A., Hartsell, P.A. 1993. Volatile compounds in apricot, plum and their interspecific hybrids. *J. Agric. Food Chem.*, 39 : 1669-1676.
- Ho, C-T., Corlin, J.T. 1989. Formation of aroma characteristic of heterocyclic compounds in foods. *Di dalam* Teranishi, R., Buttery, R.G., Shahidi, F. (eds.). *Flavor Chemistry: Trends and Developments*, p. 92-104. Am. Chem. Soc., Washington D.C.
- Husain, H. 1996. Mempelajari Pengaruh Lama Proses *Moromi* terhadap Pembentukan Prekursor Flavor dan Flavor Kecap Manis. Tesis S2 IPB. Bogor.
- Judoamidjojo, R.M. 1987. The Studies on Kecap-Indigenous Seasoning of Indonesia. Tesis Doktor pada Tokyo University of Agriculture, Japan.
- King, M.F., Hamilton, B.L, Matthews, M.A, Rule, D.C., Field, R.A.. 1993. Isolation and identification of volatiles and condensable material in raw beef with supercritical carbon dioxide extraction. *J.Agric. Food Chem.*, 41:1974.
- Lee, R.S., Macku, C., Shibamoto, T. 1991. Isolation and identification of headspace volatiles formed in heated butter. *J. Agric. Food Chem.*, 39:1972-1975.
- Lie. 1996. Mempelajari Hubungan Antara Kesukaan Konsumen, Deskripsi Sensori dan Komposisi Komponen Volatil Kecap Manis. Skripsi Sarjana Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor
- Madruga, M.S., Mottram, M.S. 1995. The effects of pH on the formation of Maillard-derived volatiles using a cooked meat system. *J. Sci. Food Agric.*, 68: 305-310.
- Nunomura, N., Sasaki, M. 1986. Soy sauce. *Di dalam* Reddy, N.R., Pierson, M.D., Salunkhe, D.K. (eds.) *Legume-based Fermented Foods*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Ramarathnam, N., Rubin, I.J., Diosady, L.L. 1993. Studies on meat flavor: fractionation, characterization and quantitation of volatile from uncured and cured beef and chicken. *J. Agric. Food Chem.*, 41:939-945.
- Roling, W.F.M. 1995. Traditional Indonesian Soy Sauce (Kecap) Production: Microbiology of the Brine Fermentation. Tesis Doktor. Free University of Amsterdam.
- Shimoda, M., Shibamoto, T., Noble, A.C. 1993. Evaluation of headspace volatiles of sauvignon wines by an on-column method. *J.Agric. Food Chem.*, 41:1664-1668.
- Triqui, R., Reineccius, G.A. 1995. Changes in flavor profiles with ripening of anchovy (*Engraulis encrasicolus*). *J. Agric. Food Chem.*, 43: 1883-1889.
- Vernin, G., Parkanyi, C. 1982. Mechanism of formation of heterocyclic compounds in Maillard reactions. *Di dalam* Vernin, G. (ed.) *The Chemistry of Heterocyclic Flavouring and Aroma Compounds*. Ellis Horwood, Chichester.
- Yokotsuka, T. 1986. Soy sauce biochemistry. *Didalam* Chichester, C.O. Mark, E.M. and Stewart, G.F (ed.) *Advances in Food Research* Vol. 30, 238 - 329.