

METODE EKSTRAKSI UNTUK MEMPEROLEH *YIELD RECOVERY* KOMPONEN VOLATIL BERAS TERTINGGI

DEFINE EXTRACTION METHOD TO OBTAIN POSSIBLE HIGHEST CONTENT OF YIELD RECOVERY OF THE RICE VOLATILE COMPOUNDS

Zahara Mardiah, Bram Kusbiantoro*, dan Riane Rizky**

*Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB PADI)

Jln. Raya IX Sukamandi, Subang 41256

Pos-el: rara_deseta@yahoo.co.id

** Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Pasundan, Bandung

Pos-el: rara_deseta@yahoo.co.id

ABSTRACT

2-Acetyl-1-pyrroline (2-AP) is the most important compound in aromatic rice that correlated with the quality of the aroma, therefore, determination of 2-AP concentration become very important. This research aims to find the extraction method to obtain the highest yield recovery of 2-AP. The materials used were H51 and Segara Anak to treatments test, and Pandan wangi, Sariwangi, Sintanur, and Gilirang for comparison the methods. Analysis using SPME method with three types of sample treatment, i.e. 80 mesh flour, 45 mesh flour, and cooked rice. While the analysis using Likens Nickerson with a different anti-foaming agent ($MgSO_4$ and silicon) and a different ratio of rice and water (1:2 and 1:3). Extract samples were analyzed using Gas Chromatography Mass spectrometry (GCMS). The best results of any treatment will be used in a comparison test between the two extraction methods. The sample type of 45 mesh powder on SPME method (SPME-opt) and silicon as an anti foaming agent as well as rice and water ratio 1:3 on the Likens Nickerson method (Likens Nickerson-opt) is the best treatment in determining the yield recovery of 2 - AP. Comparison test indicated that SPME-opt is better than Likens Nickerson-opt in obtain the yield recovery of 2-AP.

Keywords: Aromatic rice, Extraction, Yield recovery.

ABSTRAK

Komponen volatil yang paling memengaruhi aroma beras adalah komponen 2-asetil-1-pirolina (2-AP), oleh karena itu mengetahui kandungan 2-AP pada beras aromatik menjadi hal yang sangat penting untuk menentukan kualitasnya. Penelitian ini bertujuan menemukan metode ekstraksi untuk memperoleh *yield recovery* komponen 2-asetil-1-pirolina (2-AP) tertinggi. Bahan yang digunakan adalah H51 dan Segara Anak untuk uji perlakuan dan varietas Pandan wangi, Sariwangi, Sintanur, dan Gilirang untuk uji perbandingan. Analisis menggunakan metode SPME dengan perlakuan tiga bentuk sampel, yaitu tepung 80 mesh, tepung 45 mesh, dan nasi. Adapun analisis metode Likens Nickerson dilakukan dengan perlakuan *anti foaming agent* yang berbeda ($MgSO_4$ dan silikon) dan perbandingan air yang berbeda (1:2 dan 1:3). Ekstrak sampel kemudian dianalisis menggunakan Gas Chromatography Mass spectrometry (GCMS). Hasil terbaik dari setiap perlakuan tersebut akan digunakan dalam uji perbandingan antara kedua metode ekstraksi tersebut. Bentuk sampel tepung beras 45 mesh pada metode SPME (SPME-opt) dan penggunaan silikon sebagai *anti foaming agent* serta perbandingan beras dan air 1:3 pada metode Likens Nickerson (Likens Nickerson-opt) merupakan perlakuan yang terbaik dalam menentukan *yield recovery* 2-AP. Pengujian perbandingan SPME-opt dengan Likens Nickerson-opt menunjukkan bahwa metode SPME-opt lebih baik dalam mendapatkan *yield recovery* komponen 2-AP.

Kata kunci: Beras aromatik, Ekstraksi, Pemulihan hasil

PENDAHULUAN

Beras jenis aromatik semakin populer di pasar dunia dan pada umumnya lebih disukai daripada beras non-aromatik karena memiliki aroma yang khas seperti bau pandan.¹ Oleh karena itu, beras aromatik memiliki nilai yang tinggi di banyak negara dunia dan menguasai harga tertinggi di semua tingkat industri beras global.² Aroma beras aromatik tersusun dari campuran komponen aktif aroma yang kompleks. Namun, komponen yang paling berkontribusi penting dalam memberikan aroma pada beras aromatik adalah senyawa 2-AP. Pada kultivar non-aromatik komponen ini juga ditemukan, namun dalam konsentrasi yang sangat rendah dan biasanya diabaikan. 2-AP dideskripsikan oleh orang Amerika sebagai aroma mirip *popcorn*, dan aroma mirip pandan oleh orang Asia.³ 2-AP sangat mudah mengalami kehilangan selama penanganan pascapanen, karena itu keberadaan komponen ini pada beras aromatik merupakan indikasi penting yang menentukan kualitas aroma beras tersebut.

Analisis aroma menggunakan *Gas Chromatography* (GC) adalah salah satu cara yang baik untuk menentukan komponen kunci dalam *flavor* suatu bahan pangan. Akan tetapi, hasil analisis hanya dianggap valid jika aroma yang diekstrak mirip dengan bahan pangan yang diekstrak. Oleh sebab itu, metode ekstraksi yang tepat sangat penting karena menentukan komponen volatil yang terekstrak.⁴ Berbagai metode ekstraksi 2-AP telah dilakukan, yang paling sering digunakan adalah SPME^{5,6,7,8,9,10,11,12,13} dan *Likens Nickerson* (*simultaneous steam destillation*)^{14,15,16,17,18,19,20,21,22,23}

SPME merupakan metode yang sederhana, cepat, dan sensitif. Metode ini mengumpulkan komponen volatil dari ruang atas (*headspace*) sampel.²⁴ Komponen yang sebelumnya tidak dapat diamati pada suhu kamar sekarang bisa ditangkap, dikumpulkan, dan dikonsentrasikan dalam satu langkah. Selain itu, pemanasan sampel menyebabkan pergeseran keseimbangan konsentrasi melalui fase gas sehingga meningkatkan sensitivitas. Meskipun demikian, penggunaan SPME untuk menganalisis komponen volatil pada beras terbukti kurang memuaskan. Keterbatasan ini dikarenakan fase stasioner yang digunakan sebagai pelapis untuk fiber SPME terbatas pada suhu di atas ambient.²⁵

Penggunaan metode ekstraksi dalam menganalisis kandungan 2-AP pada beras sudah sering dilakukan. Meskipun demikian, belum pernah dilaporkan korelasi bentuk sampel beras terhadap analisis konsentrasi 2-AP. Sementara itu, informasi mengenai hal tersebut sangat diperlukan dalam menentukan preparasi sampel yang tepat untuk metode SPME agar mendapatkan *yield recovery* 2-AP yang maksimal pada beras aromatik.

Metode lain yang sering digunakan dalam analisis komponen volatil adalah metode *Likens Nickerson* atau disebut juga dengan metode destilasi uap secara simultan (terus menerus). Metode destilasi langsung yang efektif adalah metode destilasi dan ekstraksi komponen volatil secara simultan ke dalam pelarut organik dengan titik didih rendah, misalnya dietil eter, pentana atau 2-metilbutana.

Modifikasi dari metode ini telah digunakan secara luas untuk mengisolasi komponen volatil aroma.²⁶ Satu labu diisi campuran bahan dan air, kemudian sebuah labu lainnya diisi dengan solven. Kedua labu dipanaskan terpisah, uap dan solven dikondensasikan bersama di bagian tengah alat. Kemudian air dan solven yang tidak bercampur terpisah melalui bagian bawah alat yang berbentuk U dan mengalir ke labu masing-masing.

Keuntungan dari desain alat *Likens Nickerson* adalah pencampuran yang baik antara uap dari produk dengan destilat pelarut sehingga dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi *flavor*.²⁷ Meskipun demikian, metode ekstraksi ini tidak cocok digunakan untuk bahan pangan yang termolabil karena dapat mengakibatkan kerusakan/kehilangan komponen *flavor*.⁴ Kekurangan lainnya adalah metode *Likens Nickerson* butuh waktu yang lama untuk ekstraksi, biasanya lebih dari satu jam.²⁸

Kedua metode ekstraksi tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh karena itu, menemukan prosedur yang paling tepat untuk mengekstrak komponen volatil pada beras aromatik perlu dipelajari lebih lanjut. Tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan metode ekstraksi yang paling baik untuk mendapatkan *yield recovery* komponen volatil beras aromatik tertinggi, yaitu komponen 2-AP.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga September 2009 bertempat di Laboratorium Analisis Flavor, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB PADI), Sukamandi, Subang. Bahan yang digunakan untuk uji perlakuan adalah beras varietas H51 dan Segara. Adapun untuk uji perbandingan digunakan varietas Pandan Wangi, Sariwangi, Sintanur, dan Gilirang. Semua sampel diperoleh dari BB PADI.

Pada metode *Solid Phase Microextraction* (SPME) bentuk sampel beras yang dibandingkan adalah tepung ukuran 80 mesh, tepung 45 mesh, dan nasi. Sampel nasi diperoleh dengan cara memasak beras dengan perbandingan beras dan air 1:3 menggunakan *magic com* Merk Cosmos. Sampel ditimbang masing-masing sebanyak 3 g lalu dimasukkan ke dalam vial 20 mL dan ditambahkan 1,4-diklorobenzen 5% sebanyak 0,5 mL sebagai standar internal. Vial ditutup dengan PTFE/*silicone septum* yang terpasang pada penutup aluminium.

Tipe SPME yang digunakan adalah SPME otomatis menggunakan CTC PAL COMBI *autosampler*. *Syringe fiber* yang digunakan adalah Merk Supelco dengan inti fiber Carboxen dan Polydimethylsiloxane (Carboxen/PDMS) dan ketebalan 75 μm . Sebelum digunakan, *syringe* dikondisikan pada Injector GC dengan suhu 300°C selama 1 jam.

Isolasi komponen volatil dilakukan dengan menggunakan CTC PAL COMBI, vial yang berisi sampel dimasukkan ke dalam inkubator yang diatur pada suhu 80°C dan *agitator speed* di atur 300 rpm. Setelah 30 menit, *syringe fiber Carboxen/PDMS* dimasukkan ke dalam vial dengan kedalaman 22 mm dan ditutup dengan septum polytetrafluoroethylene (PTFE) yang dikombinasi dengan aluminium. Ekstraksi komponen volatil dilakukan selama 40 menit. Kemudian *syringe fiber* disuntikkan ke GCMS dengan kedalaman *syringe* 54 mm dan waktu desorpsi 7 menit.

Pada metode ekstraksi Likens Nickerson, sebanyak 250 g beras dimasukkan ke labu didih 2,5 l yang di bawahnya terdapat mantel heater yang telah diatur pada suhu 80°C, kemudian ditambahkan air dengan perbandingan beras : air = 1:2 dan 1:3 (untuk penggunaan anti foaming agent

MgSO₄ air disisakan sedikit untuk melarutkan), serta 1,4-diklorobenzen 5% sebanyak 0,5 mL. Sementara itu, sebanyak 25 mL pelarut diisopropil eter dimasukkan ke labu didih lainnya yang di bawahnya terdapat waterbath dengan suhu 37°C. Pada labu didih yang berisi beras dan air ditambahkan dengan anti foaming agent. Pada penggunaan anti foaming agent MgSO₄, sebanyak 100 g MgSO₄ dilarutkan dengan sedikit air yang akan digunakan, kemudian dicampurkan ke dalam labu didih yang sudah berisi beras dan air (perbandingan 1:2). Pada penggunaan anti *foaming agent* silikon, sebanyak 8 tetes silikon langsung ditambahkan ke dalam labu didih yang sudah berisi beras dan air (perbandingan 1:2).

Es batu dan garam dimasukkan ke bagian atas alat dan setiap sambungan pada alat diberi vaselin dan parafilm. Proses ekstraksi dianggap selesai apabila beras telah matang dan tidak berair lagi, yaitu sekitar 1–1,5 jam setelah beras mendidih. Hasil ekstraksi ditambahkan natrium sulfat dan ditutup dengan aluminium foil, kemudian disimpan dalam *freezer* selama 24 jam. Ekstrak dipekatkan menggunakan rotavapor yang diatur pada suhu 40°C selama 30 menit. Selanjutnya, dipekatkan lagi dengan dihisap N₂ sehingga volume menjadi $\pm 0,5$ mL. Sebanyak 10 μL ekstrak pekat dimasukkan ke *syringe* dan langsung diinjeksikan ke GCMS.

Ekstrak sampel diinjeksikan ke GCMS (Agilent GC 7890A dan Agilent MSD 5975C) dengan kolom DB-WAX J&W (Agilent Technologies) panjang 60 m, diameter 0,25 mm, dan bahan pengisinya polietilen glikol. Suhu Injektor diatur 250°C dengan mode *splitless*, tekanan 15.672 psi dan *total flow* 54 mL/min. Adapun pengaturan suhu kolom dimulai dari 35°C kemudian ditingkatkan 2°C/menit hingga mencapai 50°C. Selanjutnya, suhu kembali dinaikkan 3°C/menit hingga 100°C dan terakhir 5°C hingga mencapai suhu 180°C. Kecepatan alir gas helium (He) diatur konstan 1,0 mL/menit, suhu sumber ion ditetapkan 200°C, dan *electron multiplier* 1341 volt.

Konsentrasi 2-AP ditentukan dengan menggunakan rumus dari kurva standar yang dibuat dengan memakai komponen standar 2-AP dengan konsentrasi 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25 ppm kemudian masing-masing larutan diisi dengan larutan standar internal 1,4-diklorobenzen 5%

dengan konsentrasi berturut-turut 1,25; 2,5; 3,75; 5; 6,25 ml pada labu ukur 5 ml dan diencerkan dengan methanol, kemudian diinjeksikan pada GCMS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

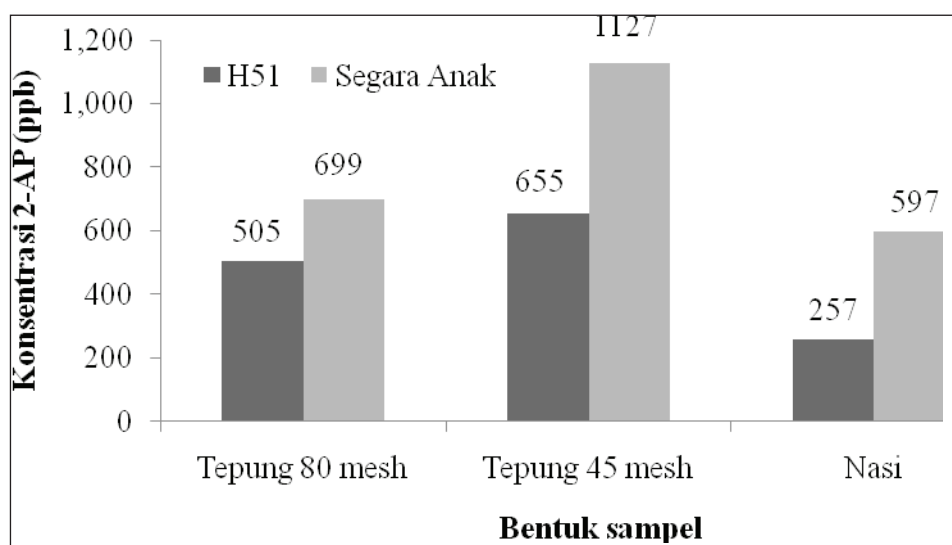
Pada Gambar 1 terlihat bahwa bentuk sampel tepung 45 mesh memiliki konsentrasi komponen 2-AP yang lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk sampel lainnya. Sebaliknya, sampel bentuk nasi memiliki konsentrasi komponen yang paling rendah. Rata-rata konsentrasi sampel bentuk 80 mesh, 45 mesh, dan nasi berturut-turut adalah 602, 891, dan 427 ppb. Penggunaan bentuk sampel 45 mesh menghasilkan *yield recovery* lebih tinggi 32% dibandingkan dengan tepung 80 mesh dan 52% lebih tinggi dari bentuk nasi.

Konsentrasi 2-AP pada sampel 80 mesh lebih rendah dibandingkan dengan tepung 45 mesh, karena kemungkinan terjadinya kehilangan komponen volatil selama proses penggilingan beras menjadi tepung. Semakin lama proses penggilingan maka komponen volatil yang terlepas juga semakin banyak. Konsentrasi 2-AP tepung 45 mesh paling tinggi dibandingkan dengan bentuk sampel lainnya, karena pada ukuran tersebut komponen volatil tidak banyak mengalami kehilangan komponen volatil selama penggilingan. Selain itu, ukurannya yang kecil menyebabkan komponen volatil menjadi lebih mudah diekstrak. Adapun

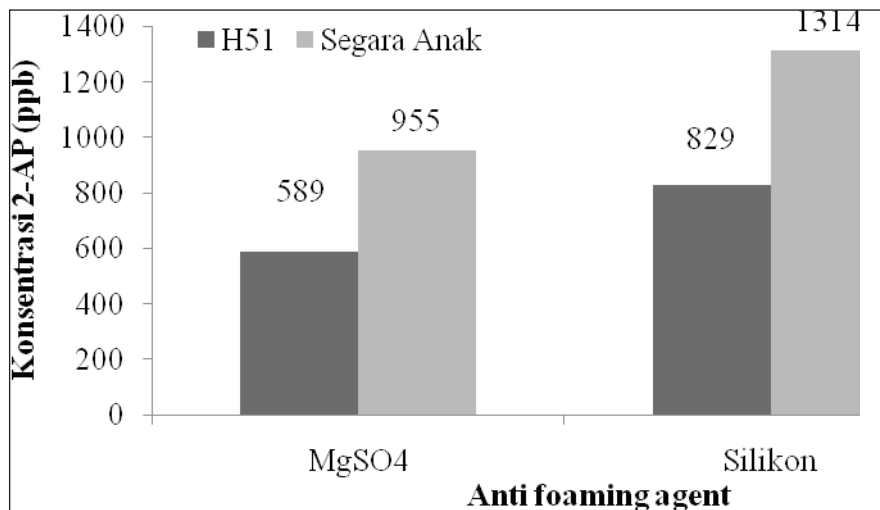
sampel nasi memiliki konsentrasi 2-AP yang paling rendah karena telah banyak kehilangan komponen volatil pada saat proses pemasakan menggunakan *magic com*.

Gambar 2 menunjukkan perlakuan menggunakan *anti foaming agent* silikon menghasilkan *yield recovery* komponen 2-AP lebih tinggi dibandingkan dengan MgSO_4 . Rata-rata konsentrasi 2-AP yang didapatkan dari penggunaan silikon adalah 1.071 ppb, sedangkan rata-rata konsentrasi menggunakan MgSO_4 adalah 772 ppb. Dengan demikian, penggunaan silikon menghasilkan *yield recovery* 2-AP 39% lebih tinggi dibandingkan dengan MgSO_4 .

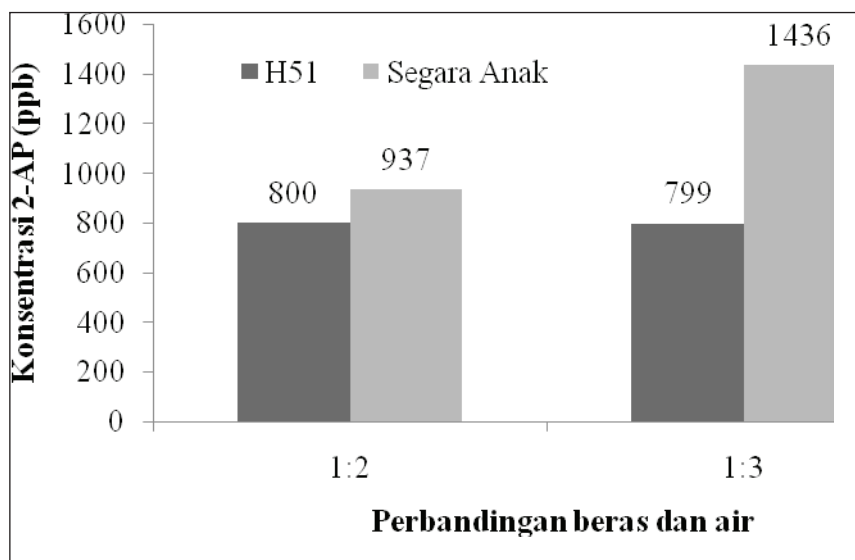
Busa atau pembusaan (*foaming*) merupakan suatu fenomena umum yang timbul sebagai kompensasi atau akibat reaksi dari perbedaan tegangan osmotik (*differential osmotic pressure*) pada suatu media fluida cair akibat lanjutan dari suatu reaksi tertentu. Pada perangkat *Likens Nickerson*, pembentukan busa harus dicegah karena buih-buih busa dapat masuk ke dalam perangkat alat sehingga menghambat proses destilasi dan penangkapan komponen volatil. Silikon dapat mencegah pembentukan busa selama proses pemasakan beras dengan memperkecil tegangan permukaan pada gelembung. Dinding gelembung yang membentuk busa menjadi tipis dan pembentukan gelembung busa dapat dikurangi atau dicegah sehingga komponen *flavor* yang tertangkap pelarut menjadi optimal.



Gambar 1. Konsentrasi komponen 2-AP metode SPME menggunakan bentuk sampel yang berbeda.



Gambar 2. Konsentrasi komponen 2-AP metode *Likens Nickerson* menggunakan *anti foaming agent* yang berbeda.



Gambar 3. Perbandingan konsentrasi komponen 2-AP metode *Likens Nickerson* menggunakan perbandingan beras dan air yang berbeda

Pada Gambar 3 terlihat rata-rata konsentrasi 2-AP perbandingan 1:3 adalah 1.117,5 ppb. sedangkan perbandingan 1:2 adalah 868 ppb. Dengan demikian, penggunaan perbandingan jumlah beras dan air yang paling baik dalam menentukan komponen 2-AP adalah 1:3 (1 ukuran beras ditambahkan dengan 3 ukuran air). Semakin banyak jumlah air yang digunakan menyebabkan proses ekstraksi menjadi lebih lama. Akibatnya, uap yang dihasilkan akan lebih banyak dan menyebabkan komponen volatil yang terekstrak menjadi lebih maksimal.

Satu kelompok peneliti pada tahun 2007 melakukan penelitian mengenai pengaruh perbandingan beras dan air terhadap sensori tekstur dan aroma beras pada empat varietas. Mereka menemukan bahwa perbandingan beras dan air berpengaruh terhadap tekstur, namun tidak berpengaruh terhadap aromanya.²⁹ Meskipun demikian, berdasarkan data pada penelitian ini diketahui bahwa perbandingan beras dan air berpengaruh dalam mendapatkan *yield recovery* 2-AP. Beras yang mendapat perlakuan perbandingan beras dan air 1:3 memiliki *yield recovery*

2-AP 29% lebih tinggi daripada perbandingan beras dan air 1:2.

Dalam proses ekstraksi *Likens Nickerson*, air bertindak sebagai pelarut komponen volatil pada sampel, lebih banyak air yang ditambahkan maka komponen yang terlarut di dalamnya pun akan semakin banyak. Meskipun demikian, apabila air yang digunakan dalam jumlah yang banyak (tidak terkontrol) akan mengakibatkan energi yang digunakan untuk memisahkan pelarut semakin banyak. Oleh karena itu, diperlukan perbandingan yang proporsional antara air dan bahan yang diekstraksi.

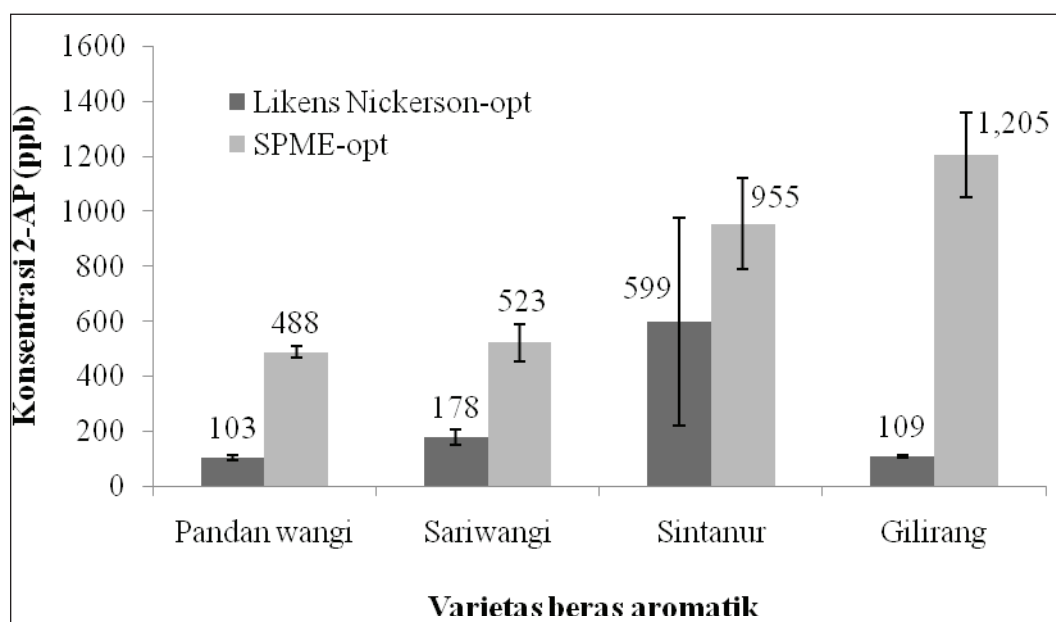
Berdasarkan semua data di atas, diketahui bahwa metode SPME yang optimal (SPME-opt) dalam menganalisis komponen volatil pada beras adalah dengan menggunakan sampel dalam bentuk tepung 45 mesh. Adapun metode *Likens Nickerson* yang optimal (*Likens Nickerson-opt*) adalah dengan menggunakan silikon sebagai *anti foaming agent* dan dengan perbandingan beras dan air 1:3.

Pengujian perbandingan Metode SPME-opt dengan metode *Likens Nickerson-opt* pada empat varietas beras aromatik, yaitu Pandan wangi, Sariwangi, Sintanur, dan Gilirang, menunjukkan bahwa sampel yang dianalisis menggunakan SPME-opt memiliki *yield recovery* yang lebih tinggi dibandingkan *Likens Nickerson-opt*. *Yield*

recovery pada varietas Pandan wangi, Sariwangi, dan Gilirang menunjukkan berbeda nyata, kecuali pada varietas Sintanur terlihat tidak berbeda nyata (Gambar 4). Rata-rata *yield recovery* 2-AP dengan metode SPME-opt 220% lebih tinggi dibandingkan dengan metode *Likens Nickerson-opt*. Hal ini menunjukkan bahwa metode SPME-opt lebih baik dalam mendapatkan *yield recovery* dibandingkan dengan metode *Likens Nickerson-opt*.

Pada tahun 2001, sekelompok peneliti melakukan penelitian mengenai tingkat kestabilan penggunaan SPME, mereka menemukan bahwa penggunaan SPME merupakan teknik yang kurang stabil karena rata-rata standar deviasinya adalah 11% pada beras sosoh dan 20% pada beras pecah kulit.¹⁰ Meskipun begitu, dari penelitian ini diketahui bahwa penggunaan metode *Likens Nickerson-opt* memiliki rata-rata standar deviasi yang lebih tinggi daripada SPME-opt, yaitu 10,6% untuk *Likens Nickerson-opt* dan 3,2% untuk SPME-opt. Hal ini berarti metode SPME-opt lebih stabil dalam menentukan *yield recovery* 2-AP dibandingkan dengan metode *Likens Nickerson-opt*.

Meskipun pada metode SPME hanya sebagian kecil dari analit diekstraksi dari sampel, namun semua analit yang diekstraksi akan dipindahkan ke instrumen analitis. Hal ini berbeda dengan ekstraksi cair, di mana mayoritas



Gambar 4. Perbandingan metode SPME-opt dan *Likens Nickerson-opt* dalam mendapatkan *yield recovery* komponen 2-AP tertinggi.

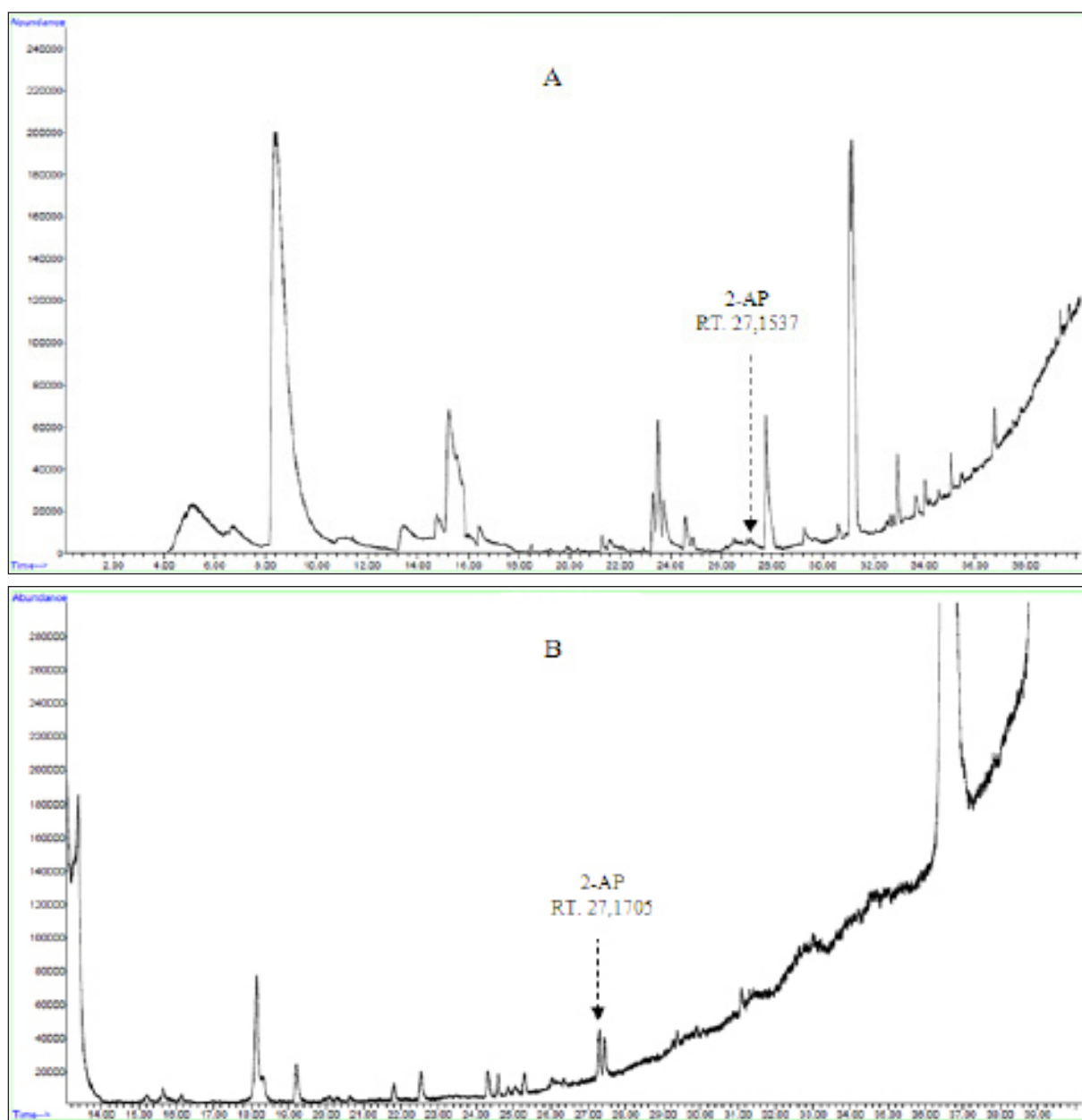
analit dipindahkan dari sampel ke fase organik, tetapi hanya sebagian kecil (1/100 atau 1/1.000) dari analit dipindahkan ke instrumen analitis.³⁰ Keuntungan utama dari metode SPME adalah sederhana, sensitivitas tinggi, hanya membutuhkan sampel yang sedikit, dan biaya yang rendah setiap analisisnya.

SPME dapat diterapkan baik pada komponen yang polar maupun non-polar, dalam bentuk gas, cair, dan padat. Selain itu, dapat dengan mudah dipasangkan dengan instrumen analitik seperti GC, GCMS, HPLC, LCMS, dan GC-O.³¹

Perbandingan kromatogram kedua metode ekstraksi ini dapat dilihat pada Gambar 5. Peak kromatogram mendeteksi komponen 2-AP pada retensi waktu 27,1537 (SPME-opt) dan 27,1705 (*Likens Nickerson-opt*).

KESIMPULAN

Perlakuan terbaik pada metode ekstraksi SPME adalah penggunaan bentuk sampel tepung 45 mesh (SPME-opt), sedangkan pada metode *Likens Nickerson*, perlakuan terbaik adalah penggunaan silikon sebagai *anti foaming agent* dan perbandi-



Gambar 5. Perbandingan kromatogram metode SPME-opt (A) dan metode *Likens Nickerson-opt* (B)

ngan beras dan air 1:3 (*Likens Nickerson-opt*). Dari uji perbandingan didapatkan bahwa konsentrasi 2-AP menggunakan metode ekstraksi SPME-opt 220% lebih tinggi dibandingkan dengan *Likens Nickerson-opt*, selain itu persentase derajat deviasi menunjukkan bahwa metode SPME-opt lebih stabil dibandingkan dengan *Likens Nickerson-opt*. Hal ini berarti bahwa metode SPME-opt lebih baik dalam mendapatkan *yield recovery* 2-AP tertinggi pada beras aromatik dibandingkan dengan metode *Likens Nickerson-opt*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Dr. Bambang Subiyanto, M.Sc. yang telah banyak memberikan ilmu, masukan, dan saran yang sangat membangun.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Reddy, V.D. and G.M. Reddy. 1987. Genetic and Biochemical Basis of Scent in Rice (*Oryza sativa*). *Theor. Appl. Genet.*, 73: 699–700.
- ²Berner, D.K. and B.J. Hoff. 1986. Inheritance of Scent in American Long Grain Rice. *Crop Science*, 26: 876–878.
- ³Darrell J. Weber, Rashmi Rohilla, and U.S. Singh. 2000. Chemistry and Biochemistry of Aroma in Scented Rice. In Singh, R.K., U.S. Singh., G.S. Singh (Eds.). *Aromatic Rice*: 29–46. New Delhi Calcutta: Oxford & IBH Publishing Co.Pvt.Ltd.
- ⁴Wijaya C. Hanny, Irene T.H., dan Anton Apriyanton. 2001. Komponen Volatil dan Karakterisasi Komponen Kunci Aroma Buah Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.). *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, XII (2).
- ⁵Bryant, R.J. and A.M. McClung. 2011. Volatile Profiles of Aromatic and Non-Aromatic Rice Cultivars Using SPME/GC–MS–Q. *Food Chemistry Journal*, 124: 501–513.
- ⁶Gay, F. I. *et al.* 2010. Effect of Salinity on Yield and 2-Acetyl-1-Pyrroline Content in The Grains of Three Fragrant Rice Cultivars (*Oryza Sativa* L.) in Camargue (France). *Field Crops Research*, 117: 154–160.
- ⁷Tulyathan, V., N. Srisupattarawanich, and A. Suwanagul. 2008. Effect Of Rice Flour Coating On 2-Acetyl-1-Pyrroline And *N*-Hexanal In Brown Rice Cv. Jao Hom Supanburi During Storage. *Postharvest Biology And Technology*, 47: 367–372.
- ⁸Wongpornchai Sugunya, T. Sriseadka, and S. Choonvisase. 2003. Identification And Quantitation of The Rice Aroma Compound, 2-Acetyl-1-Pyrroline, In Bread Flowers (*Vallis Glabra* Ktze). *J. Agric. Food Chem.*, 51: 457–462.
- ⁹Wongpornchai, S., K. Dumri, S. Jongkaewwattana, and B. Siri. 2004. Effects of Drying Methods And Storage Time on The Aroma And Milling Quality of Rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105. *Food Chem.*, 87: 407–414.
- ¹⁰Grimm, C. C, C. J. Bergman, J. T. Delgado, and R. Bryant. 2001. Screening for 2-acetyl-1-pyrroline in the headspace of rice using SPME/GC/MS. *J. Agric. Food Chem.*, 49: 245–249.
- ¹¹Lam, H. S. and A. Proctor. 2003. Milled rice oxidation volatiles and odor development. *J. Food Sci.*, 68: 2676–2681.
- ¹²Champagne, E.T., *et al.* 2004. Impact of storage of freshly harvested paddy rice on milled white rice flavor. *Cereal Chem.*, 81: 444–449.
- ¹³Zheng, Z., and H. Zhang. 2007. Direct extraction of volatiles of rice during cooking using SPME. *Cereal Chem.*, 84: 423–427.
- ¹⁴Buttery, R.G. *et al.* 1983. Cooked Rice Aroma And 2-Acetyl-1-Pyrroline. *J. Agric. Food Chem.*, 3 (1): 823–828.
- ¹⁵Buttery, R.G., L.C. Ling, and T.R. Mon. 1986. Quantitative Analysis Of 2-Acetyl-1-Pyrroline In Rice. *J. Agric. Foodchem.*, 34: 112–114.
- ¹⁶Tanchotikul Uraiwan, C. Thomas. and Y. Hsieh. 1991. An Improved Method For Quantification of 2-Acetyl-1 -Pyrroline, A “Popcorn”-Like Aroma, in Aromatic Rice By High-Resolution Gas Chromatography/Mass Spectrometry/Selected Ion Monitoring. *J. Agric. Food Chem.*, 1091 (39): 944–947.
- ¹⁷Sanders Robert A. *et al.* 2005. Identification of 8-Nonenal as an Important Contributor To “Plastic” Off-Odor in Polyethylene Packaging.. *J. Agric. Food Chem.*, 53 (5): 1713–1716.
- ¹⁸Chang Ching-Hui, Tung-Hsi Yu, Chi-Yue Chang, and Yung-Chuan Liu. 2008. Impacts Of Extraction Methods on Volatile Constituents of Longan Flower. *Journal of Food And Drug Analysis*, 16 (3): 46–52.
- ¹⁹Lin, C., T. Hsieh, and B. Hoff. 1990. Identification And Quantification of The “Popcorn”-Like Aroma in Louisiana Aromatic Delia Rice (*Oryza sativa* L.). *J. Food Sci.*, 55: 1466–1467.
- ²⁰Petrov, M. *et al.* 1996. Rice aroma analysis: Discrimination Between a Scented and a Nonscented Rice. *Sci. Ahm.*, 16: 347–360.

- ²¹Widjaja, R., J.D. Craske, and M. Wootton. 1996. Changes in Volatile Components of Paddy, Brown, and White Fragrant Rice During Storage. *J. Sci. Food Agric.*, 71: 218–224.
- ²²Tava, A., and S. Bocchi. 1999. Aroma of Cooked Rice (*Oryza Sativa*): Comparison Between Commercial Basmati and Italian Line B5- 3. *Cereal Chem.*, 76: 526–529.
- ²³Mahatheeranont, S., S. Keawsaard, and K. Dumri. 2001. Quantification of The Rice Aroma Compound, 2-Acetyl-L-Pyrroline, in Uncooked Khao Dawk Mali 105 Brown Rice. *J. Agric. Food Chem.*, 49: 773–779.
- ²⁴Belardi, R.P. and J.B. Pawliszyn. 1989. The Application of Chemically Modified Fused Silica Fibers in The Extraction of Organics From Water Matrix Samples and Their Rapid Transfer To Capillary Columns. *Water Pollut. Res. J. Can.*, 24 (1): 179-191.
- ²⁵Grimm, C., E. Champagne, and K. Bett. 1998. Composition of The Headspace Above Selected Rice Varieties. in *Proceedings of The United States-Japan Cooperative Program In Natural Resources (UJNR) 27th Protein Resources Panel Meeting, Honolulu*. pp. 1–5.
- ²⁶Maarse, H. 1983. *Recent Development in the Methodology of Flavor Research*. London: J.P. Piggott: ellis Horwood LTD.
- ²⁷Reineccius, G.A. 1997. *Source Book of Flavor*. 2nd ed. New York: Chapman and Hall.
- ²⁸Ridgway Kathy. 2010. Taints and Off-Flavours in Food: The Analytical Challenge. *Food Lab International Magazine.*, pp. 6–8.
- ²⁹Srisawas, W., and V.K. Jindal. 2007. Sensory Evaluation of Cooked Rice Inrelation To Water-To-Rice Ratio and Physicochemical Properties. *J. Texture Stud.*, 38: 21–41.
- ³⁰Pawliszyn Janusz, Barbara Pawliszyn, and Michael Pawliszyn. 1997. Solid Phase Microextraction (SPME). *The Chemical Educator*: 1. 2 (4).
- ³¹Luis F. Cuevas-Glory. et al. 2007. A Review of Volatile Analytical Methods For Determining The Botanical Origin of Honey. *Food Chemistry Journal*, 103: 1032–1043.

