



Terbit *Online* pada laman web : <http://jif.fmipa.unand.ac.id/>

Jurnal Ilmu Fisika

| ISSN (Print) 1979-4657 | ISSN (Online) 2614-7386 |



***PORTABLE ELECTRONIC NOSE* SEBAGAI INSTRUMEN
UNTUK DISKRIMINASI AROMA KOPI ROBUSTA JAWA
DAN ROBUSTA SEMATERA YANG TERKOLERASI
DENGAN *GAS CHROMATOGRAPHY MASS SPECTROMETRY***

Yesiana Arimurti^{1*}, Kuwat Triyana², Sri Anggrahini³

1. Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
2. Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
3. Program Studi Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, FTP, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

*Korespondensi ke: yesiana.arimurti@staff.uns.ac.id

(Diterima: 18 Agustus 2018; Direvisi: 26 Agustus 2018; Diterbitkan: 01 September 2018)

ABSTRAK

Kualitas kopi sangat dipengaruhi oleh aromanya. Sedangkan aroma kopi dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya daerah asal kopi. Oleh karena itu, instrumen uji aroma sangat dibutuhkan terutama untuk kendali mutu pada saat proses pengolahannya. Dalam penelitian ini, aroma kopi diuji menggunakan *electronic nose* yang hasilnya dikorelasi dengan *gas chromatography mass spectrometry* (GC-MS). Biji kopi jenis robusta yang berasal dari Pulau Jawa (DIY) dan Sumatera digunakan sebagai sampel uji. Penyangraian (*roasting*) dilakukan selama 20 menit pada suhu 210 °C. Setelah proses *roasting*, selanjutnya biji kopi dihaluskan menjadi bubuk dengan *grinder*. Pola respon masing-masing sensor gas dalam *electronic nose* terhadap setiap sampel bubuk kopi, direkam. Kemudian dilakukan ekstraksi ciri dengan menggunakan dua metode, yakni ekstraksi ciri gradien dikalikan dengan nilai puncak dan ekstraksi nilai rerata. *Principle Component Analysis* (PCA), diterapkan untuk proses diskriminasi aroma bubuk kopi. Hasil analisa GCMS menunjukkan bahwa ada perbedaan senyawa aromatik yang terdeteksi antara kopi robusta yang berasal dari pulau Jawa dan dari pulau Sumatera. Hasil ini berkorelasi dengan hasil diskriminasi aroma kopi robusta dengan menggunakan *electronic nose*. Selanjutnya, *electronic nose* mempunyai potensi digunakan pada industri kopi sebagai instrumen untuk keperluan kendali mutu selama proses pengolahan.

Kata kunci: kopi robusta Jawa, robusta Sumatera, aroma, *electronic nose*, GC-MS

ABSTRACT

The quality of coffee is strongly affected by its aroma. While the aroma of coffee can be in determined by many factors, one of them is the origin of the coffee bean. Thus instrument for aroma testing is necessary especially for quality control. In this research, coffee aroma was tested using electronic nose and then correlated to gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). The green beans of robusta coffee (coffea canephora var.robusta) originated from Sumatera and Kulon Progo were used as testing sample. The coffee beans were roasted in 210 °C, at 20 minutes. After the roasting process, the coffee beans were grounded using coffee grinder. The response pattern of each gas sensors of the electronic nose to ground coffee aroma was extracted using two methods; i.e. gradient multiplied with signal peak and average value. The principle component analysis (PCA) was applied to discrimination process of the aroma of ground coffee. From the GCMS analysis, it is clear that there are difference aromatic compounds between Javanese robusta dan Sumatranese robusta. It is correlated with the discrimination result using electronic nose. In the future, the electronic nose could be applied in coffee industry for quality control during process.

Keywords : Java robusta coffee, Sumatera robusta, aroma, electronic nose, GC-MS.

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu produk pangan yang digemari karena aroma dan rasanya yang khas. Aroma dan cita rasa kopi berkembang selama proses *roasting* yang bergantung pada suhu dan waktu *roasting*/ penyangraian, jenis biji kopi, asal biji kopi, dan yang lainnya. Biji kopi mengalami sederetan reaksi yang membawa kepada beberapa perubahan komposisi kimia. Variasi suhu dan waktu *roasting* akan menghasilkan derajat *roasting* tertentu dengan profil aroma khas. Derajat *roasting light* akan memberikan aroma dan citarasa asli dari biji kopi, yang terbentuk dari kondisi tanah dan cuaca tempat ia tumbuh. Semakin gelap derajat *roasting*, citarasa asli pada biji kopi makin tertutupi oleh citarasa dan aroma yang terbentuk pada proses *roasting*, sehingga profil aroma *sulphurous/roasty, earthy*, dan *smoky* pun makin meningkat (Clarke dan Vitzthum,2001).

Bagi produsen kopi, ketersediaan teknik analisa dan kendali mutu merupakan hal yang sangat penting (Pardo, *et.al.*, 2000). Uji aroma termasuk bagian dalam proses kendali mutu yang mempunyai peran penting dalam hal penentuan harga, peraturan keamanan pangan, mengurangi kerugian, dan keberlangsungan industri kopi. Oleh karena itu, teknik dan metode kendali mutu produk kopi merupakan masalah krusial dan penelitian pada bidang ini terus berkembang.

Electronic nose (e-nose) merupakan teknologi yang pengembangan dan aplikasinya masih sangat luas saat ini. Termasuk di bidang pangan, beberapa diantaranya yaitu: pengujian komposisi dan sifat Kopi Luwak Indonesia dengan kopi luwak Ethiopia (Marcone, 2004), uji kualitas teh hijau (Yu, *et.al.*,2007), evaluasi aroma teh Cina dikaitkan dengan sifat-sifat sensoris dan klasifikasi berdasarkan tingkat kualitasnya (Qin, *et.al.*,2013), dan menentukan perbedaan aroma kopi luwak Filipina dengan kopi biasa (Ongo, *et.al.*, 2012). *Electronic nose* menjadi salah satu alternatif solusi untuk sebuah instrumen uji aroma kopi yang mudah digunakan, serba guna, dan relatif lebih murah.

Penelitian ini akan fokus pada diskriminasi aroma kopi robusta Indonesia dari dua asal daerah yang berbeda yaitu pulau Jawa khususnya dari propinsi DIY dan pulau Sumatra yang disangrai (*roasting*) pada suhu 210 °C selama 20 menit, dengan menggunakan *electronic nose*. Kemudian diterapkan dua metode ekstraksi ciri pada sinyal *e-nose* agar

diperoleh varian yang baik pada plot PCA. Hasil diskriminasi aroma dengan *e-nose* kemudian dikorelasikan dengan hasil analisa GCMS, sehingga dapat diperoleh suatu instrumen uji aroma yang cepat dan akurat.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kopi robusta (*coffea canephora* var.*robusta*) mutu/ *grade* satu, sebanyak 2 kg. Satu kilogram biji kopi robusta Sumatera diperoleh dari pihak swasta di Yogyakarta dan satu kilogram diperoleh dari petani kopi di perkebunan Samigaluh, Kulon Progo, DIY. Biji kopi dipilih yang berukuran 7mm atau lebih (*large*).

2.2 *Electronic nose* 8 sensor

Electronic nose yang digunakan pada penelitian ini merupakan instrumen yang dikembangkan oleh Laboratorium Fisika Material Dan Instrumentasi, UGM. *E-nose* ini dilengkapi dengan delapan buah sensor gas berbasis oksida logam (*Metal Oxide Sensors*, MOS), sensor suhu, pemanas, kipas, dan sistem akuisisi data yang terhubung dengan komputer. Kedelapan sensor gas yang digunakan pada *electronic nose* ini, yaitu: TGS 812, TGS 822, TGS 2600, TGS 826, TGS 2611, TGS 2620, TGS 2612, TGS 2602.

2.3 Preparasi sampel

Biji kopi robusta Sumatra dan robusta Jawa, masing-masing disortasi. Biji yang dipilih yaitu biji utuh yang berukuran 7 mm atau lebih. *Roasting* dilakukan pada 210 °C selama 20 menit. Setelah proses *roasting*, biji kopi dihaluskan (*grinding*) hingga menjadi kopi bubuk.

2.4 Pengujian dengan *Electronic Nose*

Biji kopi yang sudah disangrai dan dihaluskan kemudian diuji dengan *E-nose*. *E-nose* dinyalakan dan ditunggu sampai sekitar 30 menit agar tercapai suhu pemanas yang stabil yaitu $50,0 \pm 0,5$ °C untuk mencari nilai *baseline*. Setelah itu perekaman data dilakukan ketika sensor hanya terpapar udara bebas selama 6 menit. Sinyal respon luaran terhadap udara bebas ini digunakan sebagai nilai *baseline*.

Sampel kopi bubuk ditempatkan secukupnya pada wadah sampel kemudian dimasukkan ke ruang sampel pada *e-nose*. Uji pengulangan dilakukan dengan mengambil empat puncak sinyal respon *e-nose* setiap satu sampel. Kipas penghisap aroma sampel dan udara berada pada kecepatan dan lama putaran yang sama. Lama putaran kipas diatur pada satu menit *sampling* dan dua menit *flushing*.

Setelah pengambilan data dilakukan, sensor dibiarkan terpapar udara bebas selama lima belas menit, sebelum dilakukan pengukuran sampel selanjutnya.

2.5 Analisa data

Sinyal respon sensor yang sudah terekam di komputer kemudian diolah dengan menggunakan metode pengenalan pola *Principal Component Analysis* (PCA) dengan menerapkan metode prapemrosesan data agar diperoleh hasil klasifikasi atau klusterisasi yang terbaik. Teknik prapemrosesan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Pemilihan dan ekstraksi ciri (*feature extraction and selection*). Ekstraksi ciri yang akan digunakan pada pengolahan data kali ini adalah dengan gradien dikalikan puncak sampel dan nilai rerata (*average value*), yang dijabarkan oleh persamaan-persamaan berikut :

$$\text{- Gradien. } m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$\text{- Nilai rerata. } AV_M = \frac{a_{M,1} + a_{M,2} + \dots + a_{M,12}}{12}, \text{ dengan } (M = 1, 2, \dots, 8)$$

- b. Hasil ekstraksi ciri kemudian digunakan sebagai masukan pada plot PCA dengan *software* MINITAB 14.

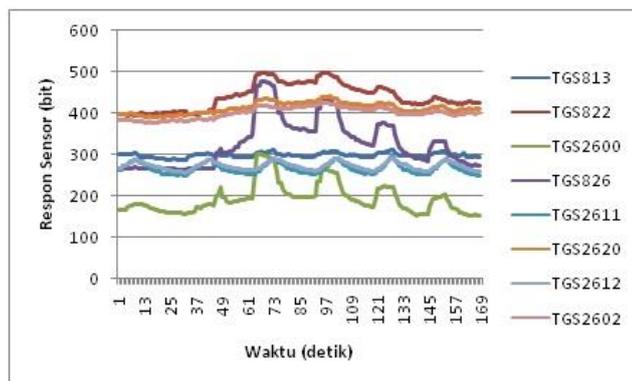
2.6 Korelasi hasil pengujian aroma kopi dengan *e-nose* dan GCMS.

Pengujian dengan GCMS bertujuan untuk mengetahui gugus molekul yang membentuk aroma kopi robusta Sumatera dan robusta Kulon Progo dengan variasi suhu *roasting*. Hasil pengujian dengan GCMS kemudian dikorelasikan dengan hasil pengujian dengan *e-nose*, sehingga diperoleh identifikasi pola aroma kopi, yang baik.

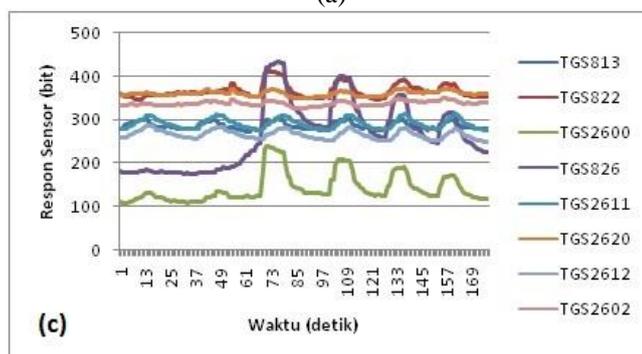
3 HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pemrosesan sinyal dan plot PCA

Sinyal respon dari sensor gas pada *electronic nose* sampel kopi dari pulau Jawa dan dari pulau Sumatera, yang disangrai pada suhu 210° C, masing-masing ditunjukkan oleh Gambar 1a dan 1b. Sinyal respon dari *e-nose* kemudian diproses dengan menerapkan metode ekstraksi ciri gradien dikali puncak sinyal dan nilai rerata. Gradien diambil dengan menarik garis lurus terbaik dari titik-titik data saat sinyal mulai mengalami kenaikan atau saat *e-nose* mulai mengendus aroma sampel kopi yang berada di ruang sampel (*sampling*), hingga batas maksimum linieritas titik data. Pengambilan titik-titik data untuk memperoleh gradien diseragamkan untuk semua sampel, yaitu diambil lima titik data, dimulai dari saat sinyal mulai mengalami kenaikan (saat *sampling*). Lima titik data ini selalu dianggap masih menghasilkan garis linier, sehingga bisa diambil nilai gradiennya.



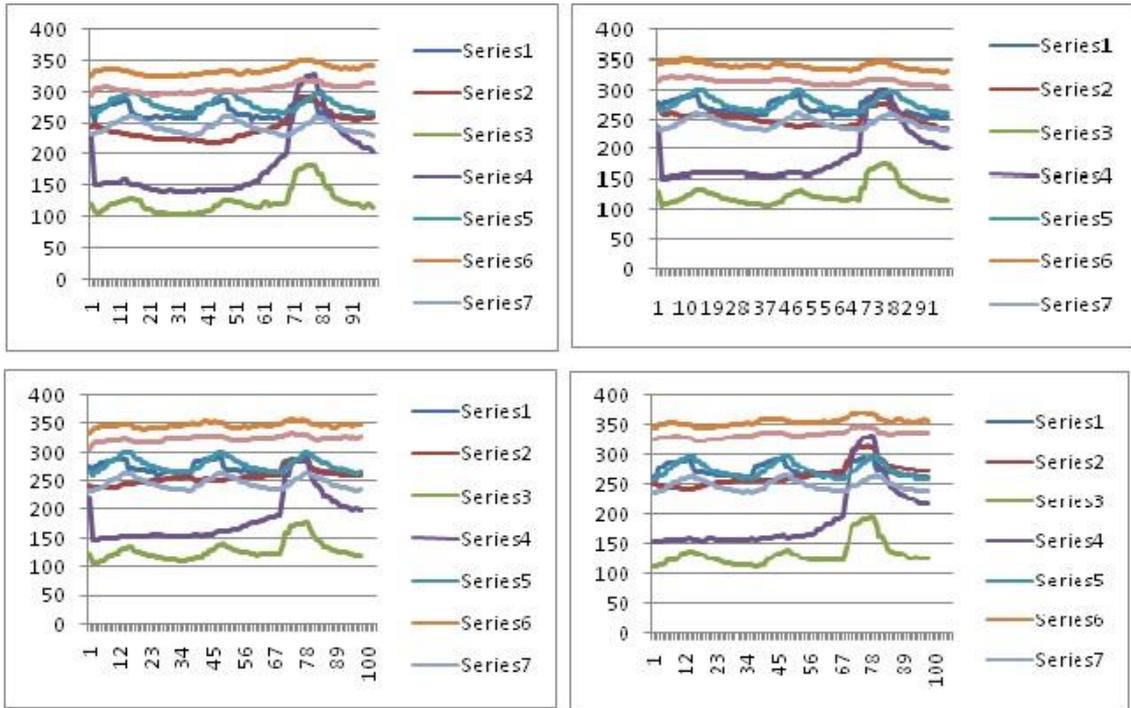
(a)



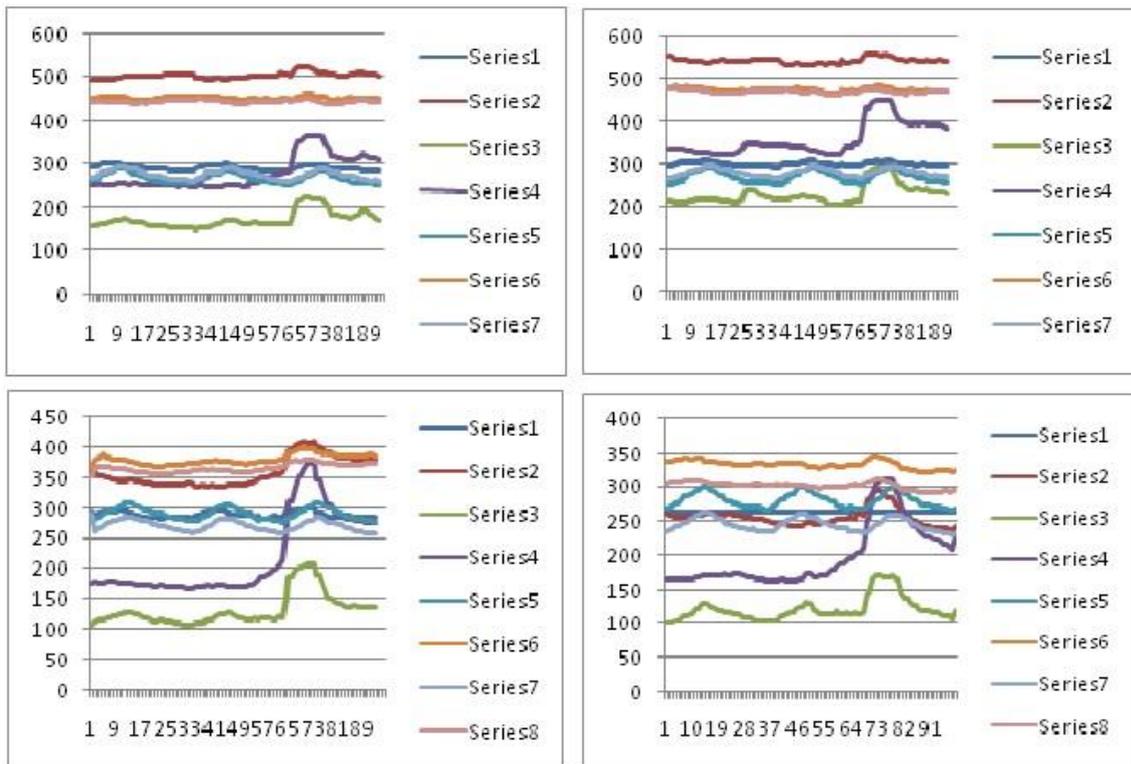
(b)

Gambar 1. Sinyal respon *electronic nose* untuk sample kopi (a) robusta Jawa dan (b) robusta Sumatera

Gambar 1a dan 1b menunjukkan sinyal respon *e-nose* pada sekali proses pengambilan data aroma oleh *e-nose*, empat kali *sampling* dalam satu waktu. Uji pengulangan dilakukan sebanyak empat kali dan hanya satu kali *sampling* pada satu waktu pengambilan data. Uji pengulangan ini ditunjukkan oleh Gambar 2, untuk sampel kopi robusta Sumatera. Sedangkan Gambar 3 menunjukkan uji pengulangan sebanyak empat kali, dengan satu kali *sampling* untuk sampel kopi robusta Jawa.



Gambar 2. Sinyal respon *e-nose*, empat kali pengulangan proses *sampling*, untuk sampel kopi robusta Sumatera

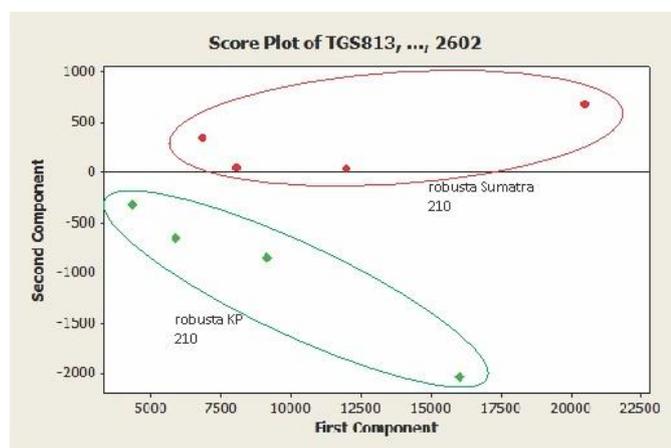


Gambar 3. Sinyal respon *e-nose*, empat kali pengulangan proses *sampling*, untuk sampel kopi robusta Jawa

Proses *sampling*, yaitu saat *e-nose* mulai mendeteksi aroma sampel kopi, ditunjukkan oleh adanya kenaikan respon sensor (dalam bit) yang signifikan. Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, dapat dilihat adanya respon yang baik dan cenderung konstan dari *e-nose* saat proses *sampling* pada empat kali pengulangan. Nilai respon sensor saat *sampling* pada empat kali pengulangan ini kemudian diproses dengan menggunakan metode ekstraksi ciri gradien dikalikan puncak sinyal dan nilai rerata. Setelah proses ekstraksi ciri, data kemudian diolah dengan metode PCA (*Principle Component Analysis*) menggunakan perangkat lunak Minitab 14.

3.2 Gradien dikalikan puncak sinyal

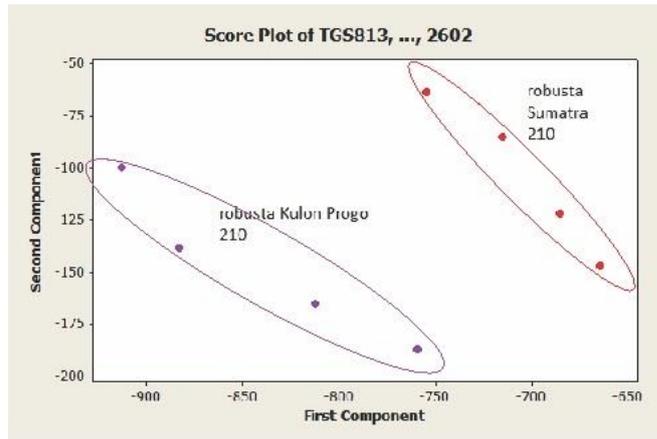
Scoreplot PCA untuk kopi robusta Jawa dan Sumatra yang disangrai pada suhu 210 °C disajikan pada Gambar 4. Grafik *scoreplot* pada PCA dapat digunakan untuk mengetahui adanya pengelompokan, klaster, dan kecenderungan. Pengelompokan data yang nampak pada grafik *scoreplot* menunjukkan adanya dua atau lebih distribusi data. Berdasarkan hasil plot PCA pada Gambar 4, dapat diamati adanya pengelompokan titik data menjadi dua kelompok. Hal ini menunjukkan bahwa data dari *e-nose* dapat terkelompokkan berdasarkan asal (*origin*) biji kopi.



Gambar 4. *Scoreplot* PCA sampel kopi robusta Jawa (KP) dan Sumatra pada suhu penyangraian (*roasting*) 210 °C dengan metode ekstraksi ciri gradien

3.3 Nilai Rerata

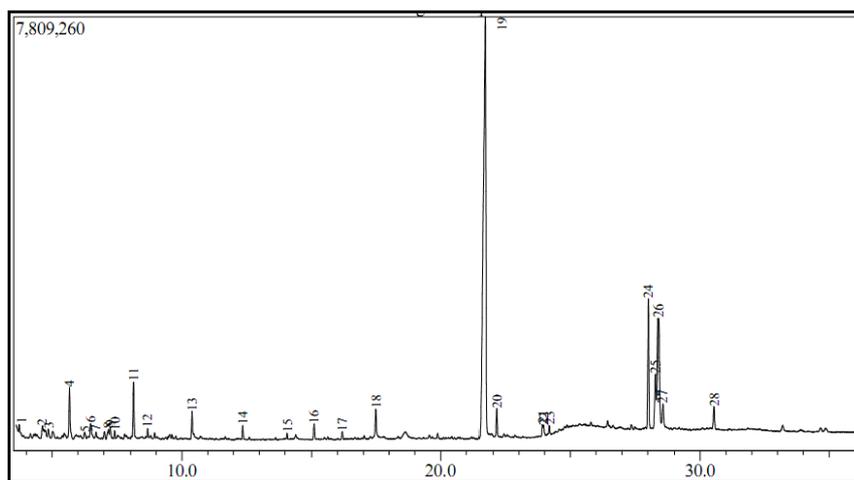
Gambar 5 menunjukkan hasil plot PCA untuk diskriminasi aroma kopi robusta Jawa dan Sumatera yang disangrai pada suhu 210 °C. Nampak adanya pengelompokan titik data, yang berarti bahwa dengan menerapkan metode ekstraksi ciri ini *e-nose* mampu membedakan aroma kopi yang berasal dari dua daerah yang berbeda.



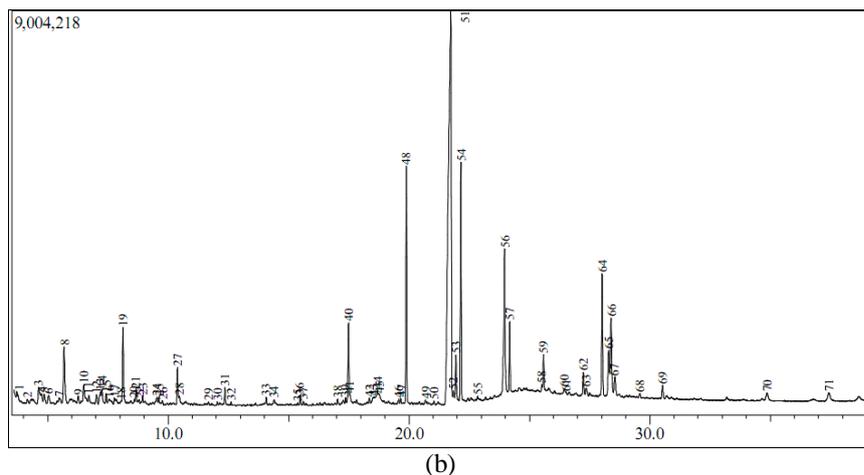
Gambar 5. Scoreplot PCA sampel kopi robusta Jawa (KP) dan Sumatera pada suhu penyangraian (*roasting*) 210 °C dengan metode ekstraksi ciri nilai rerata

3.4 Korelasi Hasil Analisa *Electronic Nose* dengan *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GCMS)

Spektrum GCMS untuk sampel kopi robusta Jawa dan Sumatera dengan suhu *roasting* 210 °C ditunjukkan oleh Gambar 6a dan 6b. Senyawa-senyawa yang mudah menguap pada kopi terdiri dari beberapa kelompok, yaitu: hidrokarbon, alkohol, aldehid, keton, asam karboksilat, ester, pirazin, pirol, piridin, senyawa sulfur, furan, fenol, dan oxazoles (Clarke dan Vitzthum, 2001). Tidak semua senyawa yang terdeteksi oleh GCMS merupakan penentu aroma kopi. Berdasarkan Gambar 6, dapat diamati bahwa terdapat 28 senyawa yang terdeteksi oleh GCMS pada sampel kopi robusta Jawa dan 71 senyawa pada sampel kopi robusta Sumatera. Tabel 3 menyajikan daftar senyawa aromatik dan senyawa dominan pada sampel kopi robusta Jawa. Sedangkan Tabel 4 menyajikan jenis senyawa aromatik dan senyawa dominan yang terdeteksi GCMS pada sampel kopi robusta Sumatera



(a)



Gambar 6. Hasil spektrum GCMS sampel kopi robusta (a) Jawa dan (b) Sumatera dengan suhu *roasting* 210 ± 2 °C selama 20 menit

Tabel 3. Senyawa aromatik dan senyawa dominan yang terdeteksi GCMS pada sampel kopi robusta Jawa dengan suhu *roasting* 210 ± 2 °C selama 20 menit

No.	No. puncak	Senyawa
1	2	furfuryl alcohol*
2	16	2-methoxy-4-(2-propenyl)-, acetate- phenol*
3	18	Myristcin*
4	19	caffeine
5	22	16-octadecenoic acid, methyl ester*

Puncak dominan pada hasil GCMS sampel kopi robusta Jawa dan Sumatera menunjukkan senyawa yang sama, yaitu kafein. Senyawa kafein ditunjukkan oleh puncak spektrum nomor 19 pada sampel kopi robusta Jawa dan puncak nomor 51 pada sampel kopi robusta Sumatera. Meskipun senyawa dominan antara kedua sampel sama, namun konsentrasinya berbeda. Hal ini dapat diamati dari luas area di bawah kurva puncak. Persen area di bawah kurva puncak tertinggi (senyawa kafein) pada sampel kopi Sumatera sebesar 38,29%. Sedangkan persen area di bawah kurva puncak tertinggi pada sampel kopi Jawa sebesar 57,29%. Luas area di bawah puncak berkaitan dengan konsentrasi senyawa pada sampel. Persen area diperoleh dengan cara membagi luas area senyawa tertentu dengan total luas puncak-puncak seluruh senyawa yang terdeteksi. Karena jumlah senyawa yang terdeteksi oleh GCMS pada sampel kopi robusta Sumatera lebih banyak, maka persen areanya lebih kecil. Artinya, sampel kopi robusta Sumatera sebenarnya memiliki konsentrasi senyawa kafein yang lebih tinggi dibandingkan dengan kopi robusta Jawa.

Tabel 4. Senyawa aromatik dan senyawa dominan yang terdeteksi GCMS pada sampel kopi robusta Sumatra dengan suhu *roasting* 210±2 °C selama 20 menit

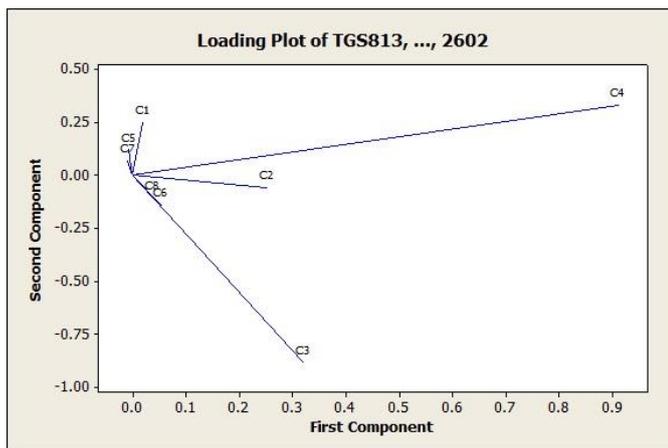
No.	No. puncak	Senyawa
1	3	furfuryl alcohol
2	28	Furaldehyde
3	40	Myristcin
4	43	2,6-dimethoxy-4-allylphenol
5	45	hexanoic acid, butyl ester
6	48	tridecanoic acid, methyl ester
7	49	hexadecanoic acid, ethyl ester
8	50	hexadecanoic acid, methyl ester
9	51	Caffeine
10	54	hexadecanoic acid, methyl ester
11	55	nonadecanoic acid, ethyl ester
12	56	elaidic acid methyl ester
13	61	octanoic acid, furfuryl alcohol ester
14	63	hexadecatrienoic acid, methyl ester
15	68	7-(2,4-dinitrophenoxy)-2,3-dihydro-2,2-dimethyl-benzofuran

Berdasarkan data yang disajikan oleh Tabel 4, muncul senyawa *furfuryl alcohol* pada sampel kopi robusta Sumatra dengan suhu *roasting* 210 °C. Senyawa ini merupakan salah satu senyawa yang menentukan aroma kopi, dengan persen area sebesar 1,03%. Senyawa *furfuryl alcohol* ini memberikan deskripsi aroma *burnt* atau aroma ‘terbakar’ pada biji kopi (Gonzales-Rios, et.al., 2007). Selain *furfuryl alcohol*, juga terdeteksi beberapa senyawa aromatik lain dari kelompok *ester*, dari kelompok *fenol*, serta kelompok *furan*. Sedangkan berdasarkan pada data yang disajikan oleh Tabel 3, terdeteksi juga senyawa *furfuryl alcohol* dengan persen area sebesar 1,71% pada sampel kopi robusta Jawa.

Berdasarkan hasil analisa GCMS untuk kedua sampel kopi yang berasal dari daerah yang berbeda dapat diamati perbedaan jenis maupun konsentrasi senyawa aromatik pada sampel kopi Sumatra dan kopi Jawa. Kondisi tanah, pemeliharaan, dan pemrosesan pascapanen mempunyai pengaruh yang besar pada kualitas aroma kopi setelah proses penyangraian atau *roasting*. Pembersihan getah dari buah kopi pada kondisi basah atau kering juga menyebabkan perbedaan aroma kopi. Pada kondisi basah, deskripsi aroma kopi yang dihasilkan lebih berupa rasa buah (*fruity*), rasa *floral* dan karamel, sedangkan proses kering (pengeringan dengan mengandalkan sinar matahari) memberikan deskripsi aroma kopi yang lebih alami. Komposisi senyawa mudah menguap (*volatile compounds*) pada biji kopi setelah proses *roasting* juga akan berbeda bergantung pada proses pengolahan pascapanen dan derajat *roasting* yang dicapai (Gonzales-Rios, et.al., 2007).

3.5 Interpretasi *Loading Plot* PCA

Loading plot mengidentifikasi variabel yang paling berpengaruh pada komponen PCA. Pada penelitian ini, variabel yang diplot pada *loading plot* yaitu delapan sensor yang digunakan pada *e-nose*. Gambar 7 menunjukkan *loading plot* untuk sampel kopi robusta Jawa dan robusta Sumatera pada suhu *roasting* 210 °C, selama 20 menit.



Gambar 7. Loading plot kopi robusta Jawa dan robusta Sumatra pada suhu roasting 210 °C, selama 20 menit

Nilai *loading* dapat bervariasi antara -1 sampai 1. Variabel dengan nilai loading mendekati 1 atau -1 menunjukkan variabel yang paling berpengaruh pada analisa komponen pada PCA. Sedangkan nilai loading mendekati 0 menunjukkan variabel yang paling kecil pengaruhnya terhadap analisa komponen.

Berdasarkan Gambar 7, variabel dengan nilai loading mendekati 1 merupakan sensor dengan kode C4. Hal ini menunjukkan bahwa variabel C4 sangat mempengaruhi komponen pertama (*first component*). Sedangkan variabel C3 sangat mempengaruhi komponen kedua (*second component*). Sehingga sensor C4 dan C3 merupakan sensor yang paling berpengaruh dalam proses membedakan aroma kopi berdasarkan asal biji kopi. Sensor C4 merupakan sensor TGS 826 yang sensitif terhadap gas amonia dan biasa diaplikasikan untuk deteksi amonia pada ladang pertanian. Sensor C3 merupakan sensor TGS 2600 yang sensitif terhadap gas hidrogen dan karbon monoksida yang biasa terdapat pada asap rokok. Kedua sensor yang berpengaruh terhadap aroma kopi ini sesuai dengan analisa GCMS yang menampilkan senyawa *furfuryl alcohol*, yang memberikan deskripsi aroma *burnt* (terbakar/ gosong) pada kopi robusta.

4 KESIMPULAN

Kondisi tanah, pemeliharaan, dan pemrosesan pascapanen mempunyai pengaruh yang besar pada kualitas aroma kopi setelah proses penyangraian atau *roasting* dan ini artinya juga mempengaruhi senyawa-senyawa aromatik yang terbentuk. Hasil plot titik-titik data sinyal respon *e-nose* pada PCA menunjukkan bahwa *electronic nose* dapat membedakan aroma kopi robusta dengan variasi asal biji kopi, yaitu robusta Jawa dan robusta Sumatera. Hal ini ditunjukkan dengan adanya pengelompokan data pada *scoreplot* PCA. Hasil analisa GCMS menunjukkan bahwa ada perbedaan jenis maupun konsentrasi senyawa aromatik yang terdeteksi pada kopi robusta Jawa dan robusta Sumatera. Hal ini sesuai dengan hasil analisa *e-nose* yang menunjukkan pola aroma yang berbeda pada biji kopi dari asal daerah yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pranata laboratorium dan staf Laboratorium Proses Program Studi Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Universitas Gadjah Mada atas bantuan fasilitas alat dan pengarahan selama proses penyangraian biji kopi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Clarke, R.J., and Vitzthum, O.G., 2001, *Coffee Recent Developments*, Blackwell Science Ltd., Oxford.
2. Gonzales-Rios, O., Suarez-Quiroz, M.L., Boulanger, R., Barel, M., Guyot, B., Guiraud, J.P., and Schorr-Galindo, S., 2007, Impact of "Ecological" Post-Harvest Processing on Coffee Aroma: II. Roasted Coffee, *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 297-307.
3. Marcone, M.F., 2004, Composition and Properties Of Indonesian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak) and Ethiopian Civet Coffee, *Food Research International*, 37, 901-912.
4. Ongo, E., Falasconi, M., Sberveglieri, G., Anonelli, A., Montevercchi, G., Sberveglieri, V., Concina, I., and Sevilla III, F., 2012, Chemometric Discrimination Of Philippine Civet Coffee Using Electronic Nose and Gas Chromatography Mass Spectrometry, *Procedia Engineering*, 47, 977-980.
5. Pardo, M., Niederjaufer, G., Benussi, G., Comini, E., Faglia, G., Sberveglieri, G., Holmberg, M., and Lundstrom, I., 2000, Data Processing Enhance The Classification Of Different Brands Of Espresso Coffee With An Electronic Nose, *Sensor and Actuators B*, 69, 397-403.
6. Qin, Z., Pang, X., Chen, D., Cheng, H., Hu, X., and Wu, J., 2013, Evaluation of chinese tea by electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry: correlation with sensory properties and classification according to grade level, *Food Research International*, 53, 864-874.
7. Yu, H., Wang, J., Zhang, H., Yu, Y., and Yao, C., 2007, Identification of Green Tea Grade Using Electronic Nose Different Feature of Response Signal From E-Nose Sensors, *Sensors and Actuators B*, 128, 445-461.