

Respon dan Akurasi Sensor Gas MOS (MQ-Series Module) Dalam Mengidentifikasi Minyak Nilam (Patchouli Oil)

Response and Accuracy of Mos Gas Sensors (Mq-Series Module) On the Patchouli Oil Identification

Purwoko Hari Kuncoro, Arief Sudarmaji, Susanto Budi Sulisty, Krissandi Wijaya, dan Agus Margiwiyatno

Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman

email: purwoko.kuncoro@unsoed.ac.id

RIWAYAT ARTIKEL

Disubmit 20 Maret 2023

Diterima 30 Maret 2023

Diterbitkan 4 April 2023

KATA KUNCI

Akurasi; minyak nilam; minyak zaitun; sensor gas MOS tipe MQ; sensitivitas

KEYWORDS

Accuracy; patchouli oil; olive oil; MOS gas sensor (MQ-Series Module); sensitivity

ABSTRAK

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian terhadap sensor gas MOS tipe MQ (MQ-2.1, MQ-2.2, MQ-3, MQ-4, MQ-5, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9, dan MQ-135) untuk mendeteksi kemurnian minyak nilam. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan: 1) mempelajari respons sensor gas MOS tipe MQ dalam mengidentifikasi kemurnian minyak nilam, dan 2) mempelajari akurasi sensor gas MOS tipe MQ dalam mengidentifikasi kemurnian minyak nilam. Minyak nilam yang digunakan adalah minyak nilam pada berbagai tingkat pencampuran dengan minyak zaitun. Terdapat 2 jenis perlakuan yang diamati, yaitu: dengan pemanasan dan tanpa pemanasan. Pengukuran dilakukan terhadap nilai Baseline measurement (R_0) dan Atsiri measurement (R_g) guna menentukan nilai sensitivitas sensor (S). Selanjutnya nilai R_g dan S digunakan untuk membuat grafik loading plot berdasarkan metode PCA (Principal Component Analysis) untuk menentukan respon individu setiap sensor. Tingkat akurasi sensor dalam mendeteksi minyak nilam ditentukan berdasarkan identifikasi minyak nilam menggunakan grafik score plot, klasifikasi data menggunakan metode COG (Center of Gravity) dan ED (Euclidean Distance), serta penghitungan akurasi. Dari kesepuluh sensor gas yang diujikan, terdapat 2 sensor yang memberikan respon rendah yaitu MQ-3 dan MQ-7. Sedangkan 8 sensor yang lain memberikan respon yang baik dan relatif stabil, dengan respon tertinggi diperoleh dari sensor MQ-4. Rerata tingkat akurasi sensor yang dihasilkan pada nilai resistensi (R_g) lebih tinggi dibandingkan nilai sensitivitas (S), dan lebih tinggi pada perlakuan tanpa pemanasan dibandingkan perlakuan dengan pemanasan. Pada perlakuan tanpa pemanasan nilai rerata akurasi R_g dan S masing-masing adalah 88,79% dan 79,51%, sedangkan pada perlakuan dengan pemanasan masing-masing adalah 80,84% dan 74,52%.

ABSTRACT

In this study, MOS gas sensors (MQ-series module: MQ-2.1, MQ-2.2, MQ-3, MQ-4, MQ-5, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9, and MQ-135) were examined for detecting the purity of patchouli oil. The study was aimed to: 1) investigating the response of MOS gas sensor used in identifying the purity of patchouli oil, and 2) investigating the

accuracy level of MOS gas sensor used in identifying the purity of patchouli oil. The patchouli oil used was in the term of various adulteration levels with olive oil. To the samples of patchouli oil used, there were two treatments applied: a) with heating process, and b) without heating process. The measurements were conducted on the values of Baseline measurement (R_0) and Atsiri measurement (R_g) as to determining the value of sensor's sensitivity (S). Those values of R_g and S were then used to making loading plot graphs based on the PCA (Principal Component Analysis) method as to determining the response of each individual sensor used. The accuracy level of the sensor used was determined through the following steps: patchouli oil classification using score plot graphs, data classification using COG (Center of Gravity) and ED (Euclidean Distance) methods, and lastly the value of accuracy calculation. Amongst the ten MOS gas sensors examined, two sensors namely MQ-3 and MQ-7 gave the lowest response. While, the rest eight sensors tended to give a good and relatively stable response, of which the highest response was provided by the sensor MQ-4. Average value of the sensors' accuracy rate was found to be higher on the R_g than on the S value. Also, it was recognized to be higher on the samples without heating process applied compared to that of samples with heating process applied. For the sample without heating process applied, the accuracy values on R_g and S were 88.79% and 79.51%, respectively. While, for the sample with heating process applied, the values were 80.84% and 74.52%.

doi <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.03>

1. Pendahuluan

Minyak nilam merupakan minyak atsiri yang dihasilkan melalui proses penyulingan terhadap daun, batang, dan cabang tanaman nilam yang sudah dikeringkan. Penggunaan dan manfaat minyak nilam sangat beragam: a) zat pewangi (*fragrances*), b) zat pengikat aroma dalam parfum (*fixative*), dan c) zat penyedap bahan pangan/minuman (*flavoring agent*) [1]. Kebutuhan pasar dunia terhadap minyak nilam cenderung meningkat dengan kisaran 1200–1400 ton/th, dimana 80-90% dari kebutuhan tersebut dipasok dari Indonesia. Selain itu, harga minyak nilam juga relatif mahal hingga mencapai Rp.750.000.-/kg [2]. Hal tersebut menjadikan minyak nilam sebagai komoditas yang bernilai ekonomis sangat tinggi, sehingga tidak sedikit jumlah pihak yang terdorong untuk melakukan pencampuran minyak nilam dengan bahan lain yang lebih murah guna memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya dari pendistribusian minyak nilam [3]. Bahan-bahan yang sering digunakan diantaranya adalah minyak kelapa, minyak tanah, dan pelarut organik. Kegiatan pencampuran minyak nilam dengan bahan lain tersebut tentunya akan sangat merugikan dan membahayakan konsumen. Oleh karenanya proses pendeteksian tingkat kemurnian minyak nilam menjadi sangat penting.

Namun demikian, penentuan kualitas minyak nilam khususnya pada skala Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) di Indonesia umumnya masih dilakukan secara tradisional menggunakan indera penciuman manusia. Hal tersebut disebabkan karena masih sangat mahalnya harga alat yang sesuai untuk keperluan pengujian tersebut (misal: *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* atau GC-MS). Proses pengujian dengan hanya mengandalkan indera penciuman manusia tentu saja sangat rentan dengan derajat ketidak-pastian (*uncertainty*), ketidak-konsistenan (*inconsistency*), dan subyektifitas (*subjectivity*). Sehingga diperlukan pengembangan teknik pengujian kualitas minyak nilam dengan cara yang mudah, murah, dan efektif. Salah satu yang sudah dikembangkan diantaranya adalah penggunaan metode *front-face fluorescence spectroscopy* dan *chemometric analysis* [4].

Pada sisi lain, penggunaan sensor gas untuk berbagai keperluan pengukuran sudah banyak dilakukan.

doi <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2023.011.01.03>

Diantaranya adalah penggunaan sensor gas oksigen (O_2) untuk penentuan permeabilitas udara dalam tanah [5]-[7] dan penggunaan sensor gas MOS (*Metal-Oxide Semiconductor*) untuk penentuan tingkat penambahan nutrisi dalam tanah [8], [9]. Kemudian [10] juga telah memberikan review tentang penggunaan beberapa jenis sensor gas untuk mendeteksi beberapa gas yang mudah terbakar dan berbahaya. Namun demikian, kajian tentang potensi penggunaan sensor gas untuk mendeteksi tingkat kualitas minyak nilam belum banyak dilakukan.

Penelitian milik [11], dalam penelitiannya telah berhasil mengidentifikasi sedikitnya 33 senyawa volatil yang terdapat dalam minyak nilam, yang diantaranya adalah berupa *patchouli alcohol*, *bulnesene*, dan *alpha guaiene*. Sedangkan [12], dalam studinya terkait deteksi kualitas minyak nilam telah mempelajari potensi penggunaan sensor gas MOS (TGS-2600, TGS-2602, TGS-2620, MQ-3, MQ-135, MQ-137, F-AQ1, F-SB30, dan FIS-12A) dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan. Namun demikian, lebih detail tentang potensi penggunaan berbagai jenis sensor gas MOS tipe MQ (*MQ-Series Module*) yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap karbon monoksida (CO), stabil, dan berumur panjang untuk keperluan yang sama belum banyak dijelaskan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan maksud untuk: 1) mempelajari respons sensor gas MOS tipe MQ dalam mengidentifikasi kemurnian minyak nilam, dan 2) mempelajari tingkat akurasi sensor gas MOS tipe MQ dalam mengidentifikasi kemurnian minyak nilam.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat ukur aroma dan volatil berbasis sensor gas, mikrokontroler, *heater corning* PC-4200, pipet, injektor, gelas beaker, botol vial, kipas angin, *Airflow controller*, termometer *infrared*, laptop, *Microsoft excel*, dan *software* minitab 19. Untuk sensor gas MOS tipe MQ yang digunakan terdiri dari 10 jenis, yaitu: MQ-2.1, MQ-2.2, MQ-3, MQ-4, MQ-5, MQ-6 MQ-7, MQ-8, MQ-9, dan MQ-135. Sedangkan bahan yang digunakan terdiri dari minyak nilam dengan campuran minyak zaitun (**Tabel 1**) dan gas oksigen.

Tabel 1. Jenis minyak nilam dengan zat pencampur minyak zaitun yang digunakan

No.	Jenis minyak	Keterangan
1	Minyak nilam murni UMKM 1	Berasal dari UMKM lokal Kab. Banyumas, kadar 31%
2	Minyak nilam murni UMKM 2	Berasal dari UMKM lokal Kab. Banyumas, kadar 31%
3	Minyak nilam online	Berasal dari toko online
4	Minyak nilam A*: Minyak nilam murni tercampur minyak nilam online	Perbandingan volume 100 : 30
5	Minyak nilam B*: Minyak nilam murni tercampur minyak nilam online	Perbandingan volume 90 : 40
6	Minyak nilam C*: Minyak nilam murni tercampur minyak nilam online	Perbandingan volume 80 : 50
7	Minyak zaitun murni	
8	Minyak nilam murni UMKM 1 tercampur minyak zaitun	Volume minyak zaitun tercampur: 1, 5, 10, 15, dan 20%
9	Minyak nilam murni UMKM 1 tercampur minyak zaitun	Volume minyak zaitun tercampur: 1, 5, 10, 15, dan 20%

*Keterangan: penggunaan jenis minyak nilam A, B, dan C dimaksudkan untuk membedakan antara minyak nilam murni dengan minyak nilam yang terindikasi tidak murni setelah diuji menggunakan metode *Gas Chromatography/Mass Spectrometry*

Pengambilan Sampel

Terhadap sampel minyak nilam yang akan diamati diberikan 2 jenis perlakuan yang berbeda, yaitu: 1) dengan pemanasan (280 °C selama 5 menit) dan 2) tanpa pemanasan. Selanjutnya sampel diambil sebanyak 1 ml menggunakan injektor, untuk kemudian dimasukkan ke dalam botol vial berukuran 15 ml dan didiamkan selama 30 menit. Uap yang terbentuk dalam botol vial kemudian diambil sebanyak 5 ml menggunakan injektor yang lain, dan dimasukkan ke dalam *chamber* alat ukur aroma dan volatile berbasis gas (**Gambar 1**) sebagaimana digunakan dalam [12] (dengan sedikit modifikasi) untuk dilakukan pengukuran, dalam *Chamber* tersebut juga dilengkapi dengan sensor gas MOS tipe MQ yang ditargetkan.

Variabel dan Pengukuran

Selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap nilai *Baseline measurement*, R_o (Ω) dan *Atsiri measurement*, R_g (Ω) guna menentukan nilai sensitivitas sensor, S . Pengukuran tersebut dilakukan dengan jumlah ulangan 10 kali menggunakan sampel yang berbeda. Dalam hal ini, *Baseline measurement* adalah nilai resistansi (hambatan) yang diperoleh dari pengukuran udara kering, sedangkan *Atsiri measurement* adalah nilai resistansi (hambatan) yang diperoleh dari pengukuran udara setelah minyak nilam diinjeksikan ke dalamnya. Penghitungan sensitivitas sensor dapat dilakukan dengan menggunakan **Persamaan 1** [13].

$$S = \frac{R_o}{R_g} \quad (1)$$

S adalah nilai sensitivitas sensor, R_o adalah *Baseline measurement* (Ω), dan R_g adalah *Atsiri measurement* (Ω).



Gambar 1. Alat ukur aroma dan volatile gas yang digunakan

Analisis Data

Berdasarkan nilai resistansi R_g dan nilai sensitivitas S , selanjutnya dibuat grafik *loading plot* menggunakan aplikasi minitab 19 berdasarkan penerapan metode PCA (*Principal Component Analysis*) sebagaimana digunakan dalam [8] guna menentukan respon individu setiap sensor gas MOS tipe MQ yang diamati. Semakin tinggi nilai *loading plot*, maka semakin besar pengaruh sensor dalam mengidentifikasi sampel yang diuji atau sebaliknya. Guna menentukan tingkat akurasi sensor gas yang diamati dalam mendeteksi minyak nilam, maka selanjutnya dilakukan beberapa tahapan berikut: identifikasi minyak nilam menggunakan grafik *score plot* dengan bantuan aplikasi minitab 19, klasifikasi data menggunakan metode COG (*Center of Gravity*) dan ED (*Euclidean Distance*), serta penghitungan akurasi. Untuk pembuatan *score plot* digunakan nilai resistansi R_g dan nilai sensitivitas S dari masing-masing sampel sesuai pengelompokan pengujian yang ditargetkan (**Tabel 2**).

Tabel 2. Jenis pengelompokan tipe pengujian terhadap sampel minyak nilam

Pengujian	Keterangan
A	Identifikasi minyak nilam murni UMKM 1 dan UMKM 2 dengan minyak zaitun murni
B	Identifikasi minyak nilam murni UMKM 1 dengan minyak nilam adulterasi (tercampur minyak nilam A, B, C dan online)
C	Identifikasi minyak nilam murni UMKM 2 dengan minyak nilam adulterasi (tercampur minyak nilam A, B, C dan online)
D	Identifikasi minyak nilam murni UMKM 1 dengan minyak nilam tercampur minyak zaitun (kadar campuran minyak zaitun 1, 5, 10, 15, dan 20%)
E	Identifikasi minyak nilam murni UMKM 2 dengan minyak nilam tercampur minyak zaitun (kadar campuran minyak zaitun 1, 5, 10, 15, dan 20%)
F	Identifikasi minyak nilam murni UMKM 1 dan UMKM 2, minyak adulterasi, dan minyak nilam tercampur minyak zaitun

Pengklasifikasian data menggunakan metode *COG* dan *ED* dilakukan dengan bantuan aplikasi *Microsoft excel* untuk mendapatkan pengelompokan data dengan kelas yang sama, atau pemisahan data dengan kelas yang berbeda, sehingga dapat diketahui tingkat akurasi dari sensor yang digunakan. Dalam hal ini, perhitungan nilai *COG* dapat dilakukan dengan menggunakan **Persamaan 2**.

$$COG = \sum \frac{PC}{N} \quad (2)$$

COG adalah nilai *Center of Gravity* atau titik tengah, *PC* adalah nilai *First component* (sumbu x) atau *Second component* (sumbu Y), dan *N* adalah jumlah data. Sedangkan nilai *ED* dapat ditentukan dengan menggunakan **Persamaan 3**.

$$ED = \sqrt{(PC1 - COG_x)^2 + (PC2 - COG_y)^2} \quad (3)$$

ED adalah nilai *Euclidean distance*, COG_x adalah nilai *First component* pada *COG*, dan COG_y adalah nilai *Second component* pada *COG*. Data sampel minyak yang diamati selanjutnya dapat ditentukan kelas identifikasinya (**Tabel 3**) berdasarkan jarak terdekatnya terhadap *COG*.

Tabel 3. Pembagian kelas identifikasi terhadap pengklasifikasian data

Kelas	Jenis klasifikasi	Kategori
1	Minyak nilam murni	UMKM 1 dan UMKM 2
2	Minyak zaitun murni	Zaitun murni
3	Minyak nilam adulterasi	Nilam A, Nilam B, Nilam C, dan Nilam online
4	Minyak nilam tercampur zaitun	Nilam tercampur zaitun 1, 5, 10, 15, dan 20%

Langkah terakhir penentuan tingkat akurasi selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan **Persamaan 4**.

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah kelas teridentifikasi}}{\text{Jumlah kelas asal}} \times 100\% \quad (4)$$

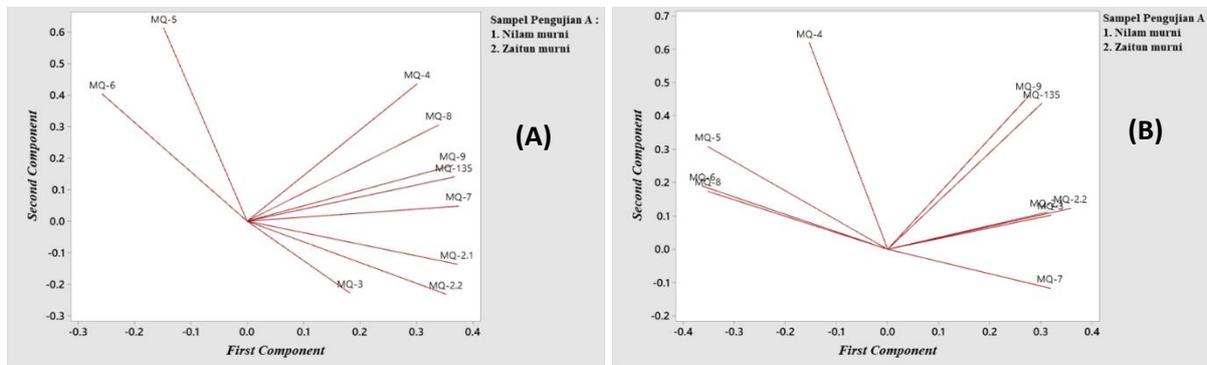
Akurasi adalah nilai tingkat keakuratan sensor (%), Jumlah kelas teridentifikasi adalah jumlah kelas yang benar, dan Jumlah kelas asal adalah jumlah total kelas yang ada.

3. Hasil dan Pembahasan

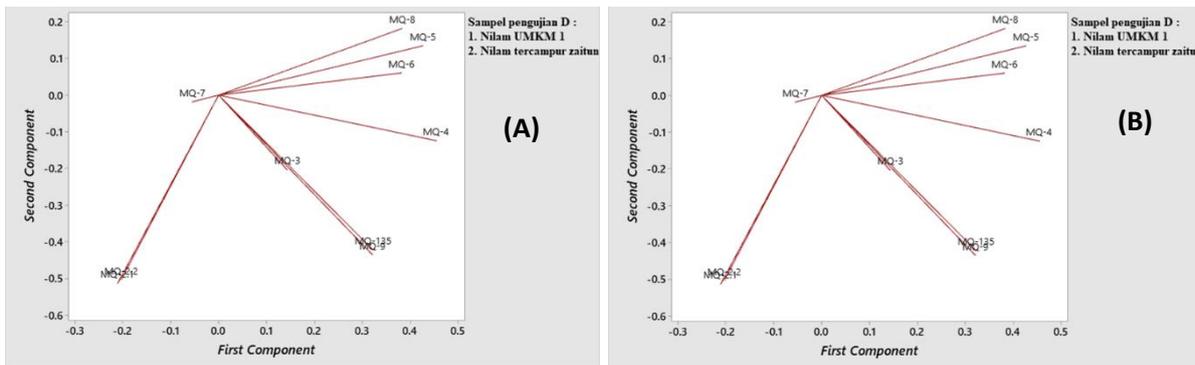
Respon Individu Sensor Gas Mos Tipe MQ dalam Mengidentifikasi Minyak Nilam

Gambar 2-4 merupakan contoh tipikal nilai *loading plot* pada berbagai tipe pengujian untuk nilai resistensi (R_g). Nilai *loading plot* tersebut dapat bervariasi antara 1 hingga -1, dimana nilai yang mendekati 1 atau -1

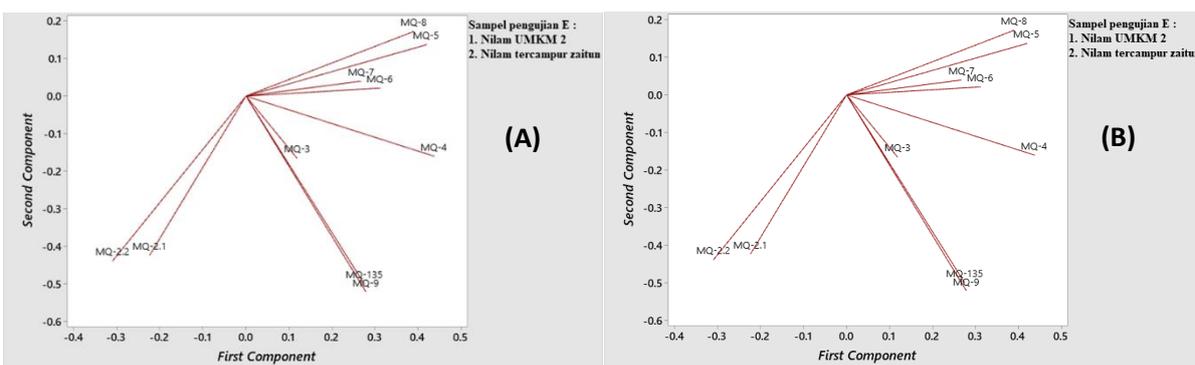
menunjukkan sensor yang lebih responsif, sedangkan nilai yang mendekati 0 menunjukkan sensor yang kurang responsif [14]. Secara umum, **Gambar 2-4** menunjukkan bahwa keseluruhan tipe sensor gas MOS MQ yang diujikan dapat mendeteksi sampel minyak nilam. Tipe sensor yang memberikan respon paling tinggi adalah MQ-4, sedangkan sensor yang agak kurang memberikan respon adalah MQ-7, dan yang terendah adalah MQ-3 sebagaimana ditunjukkan oleh nilai R_g masing-masing yaitu tertinggi, rendah, dan terendah.



Gambar 2. Grafik loading plot nilai resistensi (R_g) pada tipe pengujian A: dengan pemanasan (A), dan tanpa pemanasan (B)



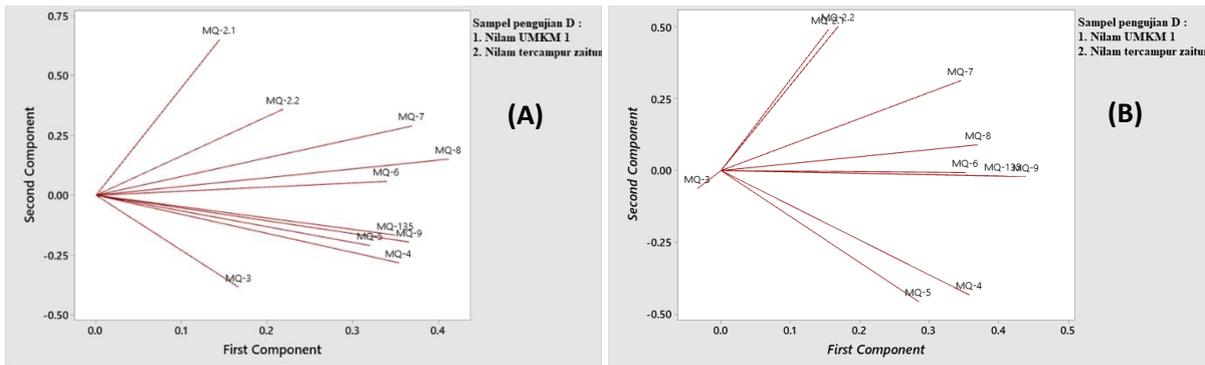
Gambar 3. Grafik loading plot nilai resistensi (R_g) pada tipe pengujian D: dengan pemanasan (A), dan tanpa pemanasan (B)



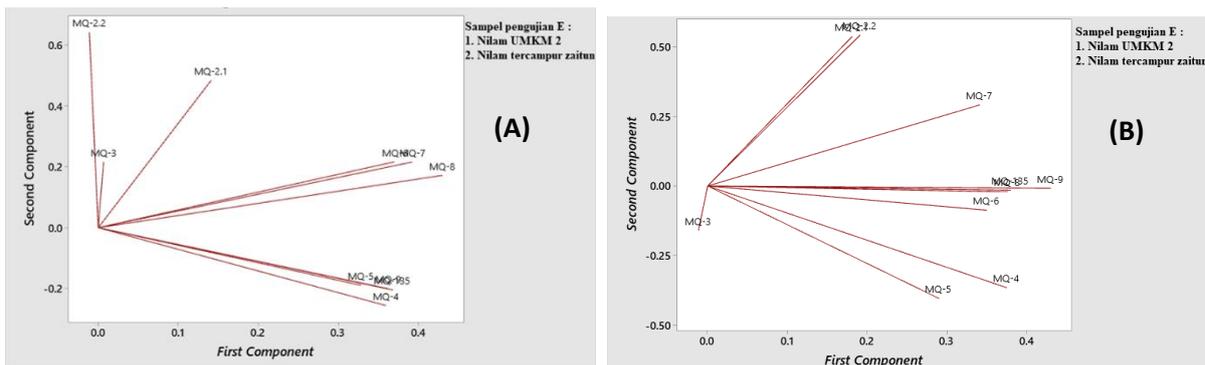
Gambar 4. Grafik loading plot nilai resistensi (R_g) pada tipe pengujian E: dengan pemanasan (A), dan tanpa pemanasan (B)

Dari **Gambar 2-4** juga terlihat bahwa performansi sensor gas MOS relatif lebih tinggi pada perlakuan tanpa pemanasan sampel dibandingkan perlakuan dengan pemanasan sampel. Hal tersebut diduga karena adanya pengaruh suhu tinggi terhadap kadar kandungan minyak nilam maupun materi volatil yang ditambahkan pada sampel gas yang diamati [12]. Suhu yang tinggi diyakini dapat menurunkan kadar/kandungan material atau senyawa tertentu yang tertinggal di dalam gas melalui proses penguapan. Sehingga jumlah kandungan minyak nilam maupun materi volatil pada sampel yang dideteksi sensor gas MOS menjadi lebih sedikit, sehingga menjadikan sensor tersebut terlihat kurang sensitif.

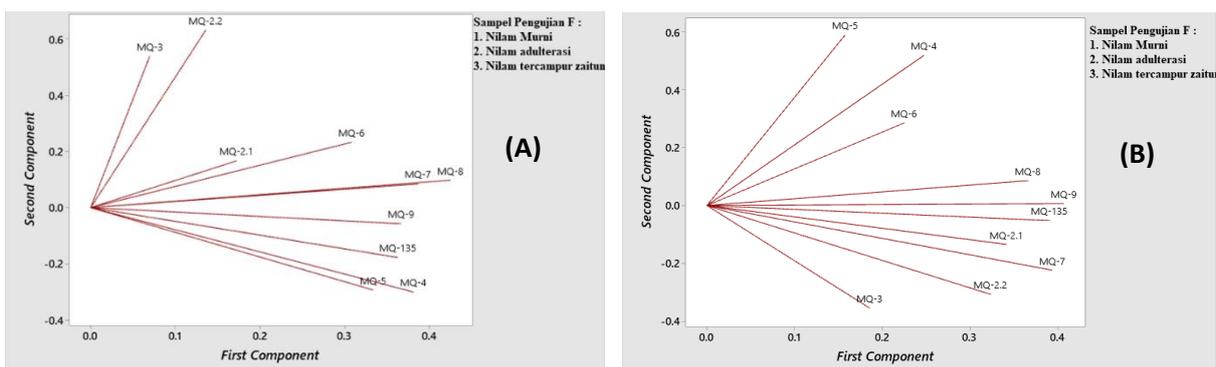
Gambar 5-7 merupakan contoh tipikal nilai *loading plot* pada berbagai tipe pengujian untuk nilai sensitivitas (S). Secara umum terlihat bahwa keseluruhan tipe sensor gas MOS MQ yang diujikan cenderung memiliki sensitivitas yang baik terhadap pendeteksian sampel minyak nilam yang diamati. Namun demikian, tipe sensor yang memiliki sensitivitas paling tinggi adalah MQ-4 dan yang paling rendah adalah MQ-3, seperti yang terjadi pada kasus *loading plot* untuk nilai resistensi (R_g) (Gambar 2-4). Demikian juga halnya untuk perlakuan pemanasan sampel yang dilakukan: perlakuan tanpa pemanasan menghasilkan sensitivitas sensor yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan dengan pemanasan.



Gambar 5. Grafik *loading plot* nilai sensitivitas (S) pada tipe pengujian D: dengan pemanasan (A), dan tanpa pemanasan (B)



Gambar 6. Grafik *loading plot* nilai sensitivitas (S) pada tipe pengujian E: dengan pemanasan (A), dan tanpa pemanasan (B)

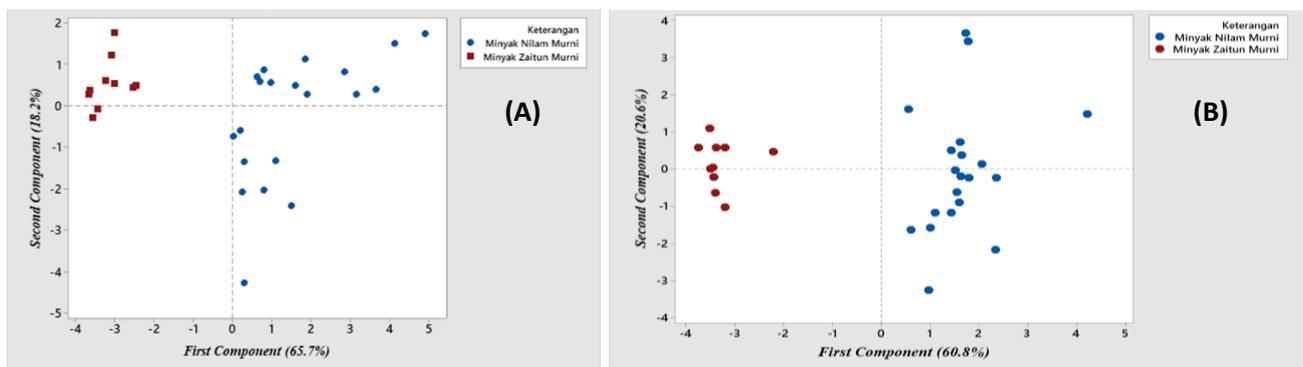


Gambar 7. Grafik *loading plot* nilai sensitivitas (S) pada tipe pengujian F: dengan pemanasan (A), dan tanpa pemanasan (B)

Identifikasi Minyak Nilam Menggunakan Grafik *Score Plot*

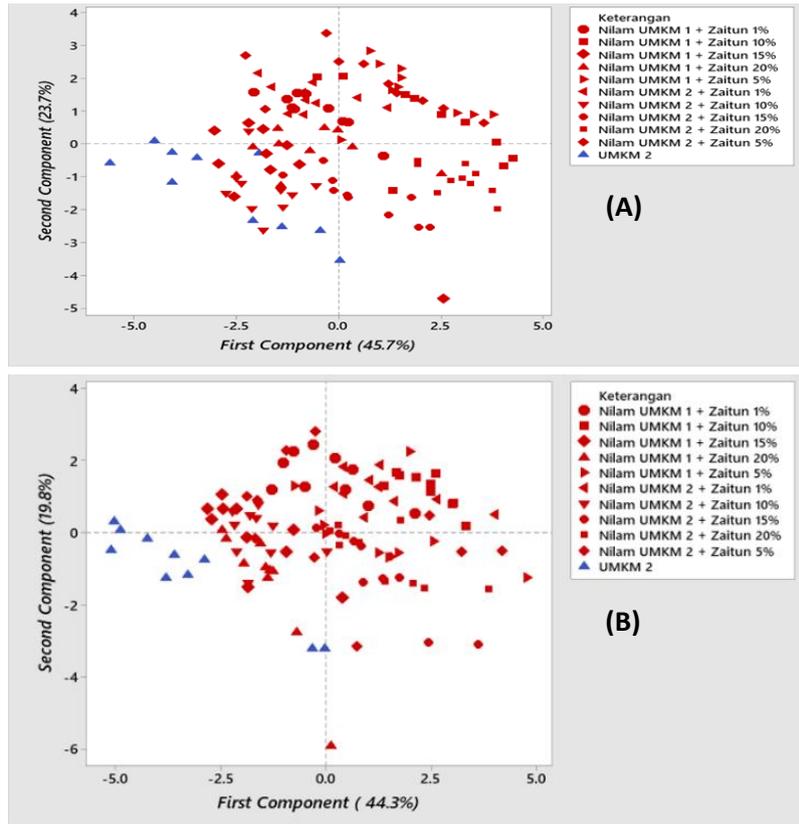
Gambar 8-10 merupakan contoh tipikal nilai *score plot* pada berbagai tipe pengujian untuk nilai resistensi (R_g). Nilai *score plot* menghasilkan 2 komponen yaitu PC₁ dan PC₂ yang digunakan untuk menentukan tingkat keragaman data. Total penjumlahan dari PC₁ dan PC₂ menunjukkan tingkat keragaman data yang ada. Dalam

hal ini keragaman data merupakan ukuran untuk melihat bagaimana kondisi sebuah data menyebar di dalam kelompok data yang dimaksud [15]. **Gambar 8** menunjukkan bahwa keberadaan kumpulan (kelompok) data untuk sampel minyak nilam murni terpisah dari kumpulan (kelompok) data untuk sampel minyak zaitun murni, baik untuk perlakuan dengan pemanasan (A) maupun untuk perlakuan tanpa pemanasan (B). Total variansi untuk nilai resistensi (R_g) pada tipe pengujian A ini masing-masing adalah 83.90% dan 81.40% untuk perlakuan dengan pemanasan dan perlakuan tanpa pemanasan. Nilai total variansi yang diatas 80% ini mengindikasikan bahwa sensor gas MOS mampu menghasilkan keragaman data yang sangat baik pada pengujian terhadap sampel minyak nilam murni dan minyak zaitun murni. Hasil ini sesuai dengan [15] yang menyatakan bahwa nilai total variansi, sebagaimana direpresentasikan oleh nilai persentase komponen utama pada grafik *score plot*, harus mencapai minimal 80% agar hasil keragaman data dapat dikatakan sangat baik.



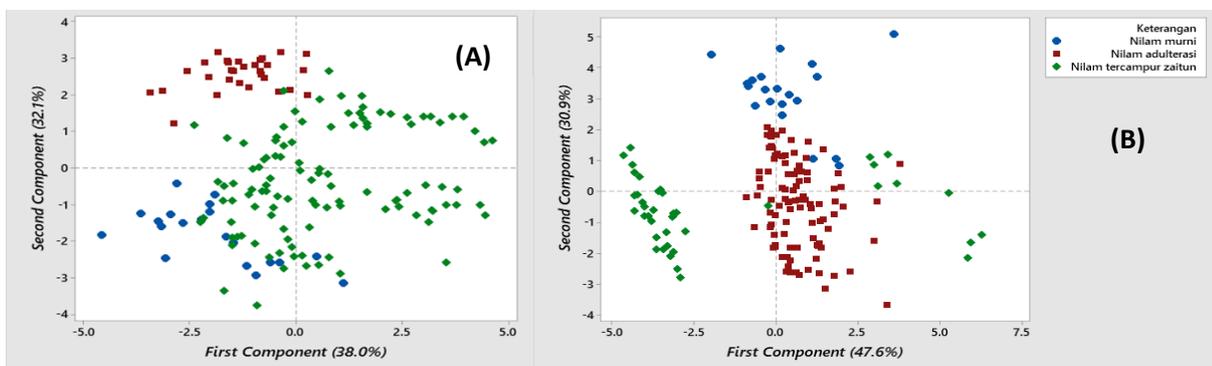
Gambar 8. Grafik *Score plot* nilai resistensi (R_g) pada tipe pengujian A: dengan pemanasan (A), dan tanpa pemanasan (B)

Gambar 9 menunjukkan bahwa keberadaan kumpulan (kelompok) data untuk sampel minyak nilam murni saling tumpang tindih (*overlapping*) dengan kumpulan (kelompok) data untuk sampel minyak nilam tercampur zaitun, baik untuk perlakuan dengan pemanasan (A) maupun untuk perlakuan tanpa pemanasan (B). Total variansi untuk nilai resistensi (R_g) pada tipe pengujian E ini masing-masing adalah 69.40% dan 64.20% untuk perlakuan dengan pemanasan dan perlakuan tanpa pemanasan. Nilai total variansi yang jauh dibawah 80% ini mengindikasikan bahwa sensor gas MOS belum mampu menghasilkan keragaman data yang baik pada pengujian terhadap sampel minyak nilam murni dan minyak nilam tercampur zaitun. Dengan kata lain, sensor yang digunakan belum mampu membedakan kelompok data yang dihasilkan

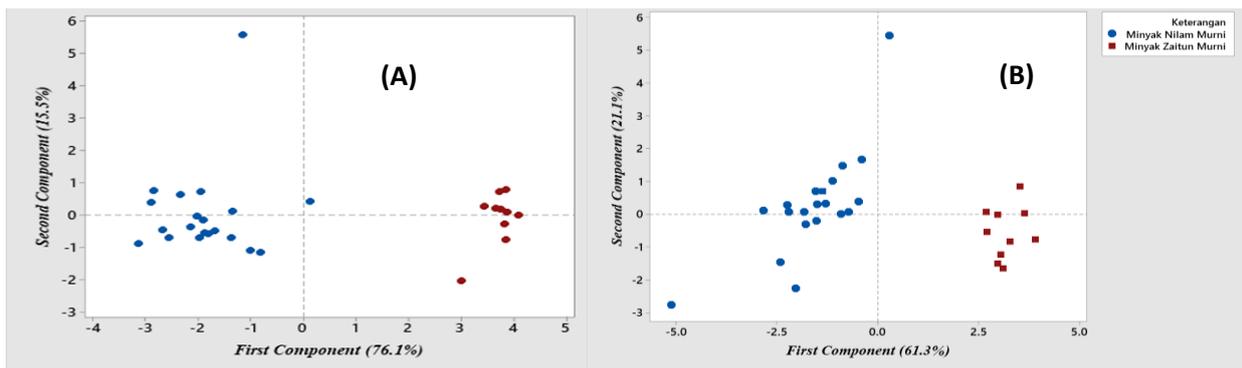


Gambar 9. Grafik Score plot nilai resistensi (R_g) pada tipe pengujian E: dengan pemanasan (A), dan tanpa pemanasan (B)

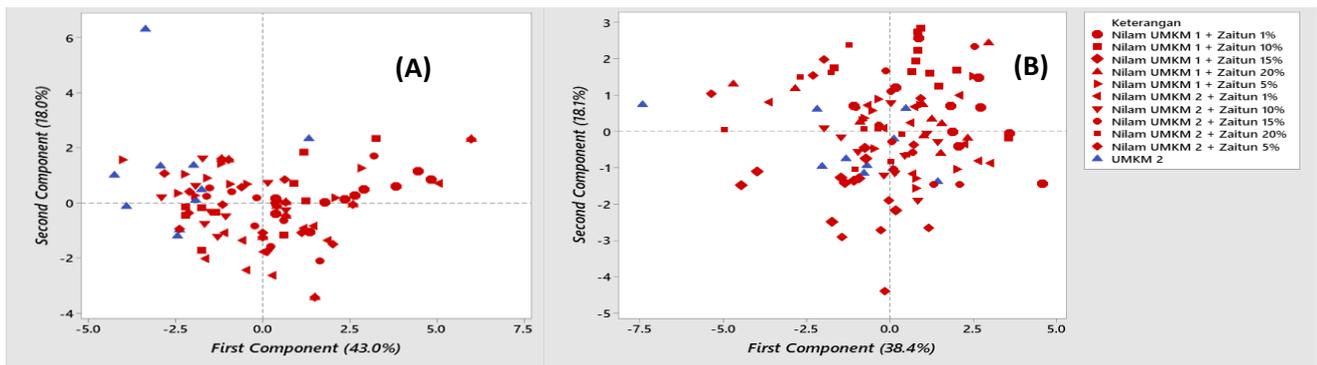
Gambar 10 menunjukkan bahwa keberadaan kumpulan data untuk sampel minyak nilam murni dan minyak adulterasi masing-masing cenderung dapat berkelompok, sedangkan kumpulan data minyak nilam murni cenderung saling tumpang tindih dengan kumpulan data sampel minyak nilam tercampur zaitun, untuk perlakuan dengan pemanasan (A). Hal ini menunjukkan bahwa sensor dapat membedakan minyak nilam murni dari minyak adulterasi, namun kurang mampu membedakan minyak nilam murni dari minyak nilam tercampur zaitun. Terlepas adanya data antar kelompok yang sedikit tumpang tindih, pada perlakuan tanpa pemanasan (B) masing-masing data cenderung dapat berkelompok untuk minyak nilam murni, minyak adulterasi, maupun minyak nilam tercampur zaitun. Gambar 10 mengindikasikan bahwa sensor dapat membedakan beberapa sampel minyak nilam murni, minyak nilam adulterasi, dan juga minyak tercampur zaitun, dengan tingkat akurasi yang kurang. Total variansi untuk nilai resistensi (R_g) pada tipe pengujian F ini masing-masing adalah 70.10% dan 78.50% untuk perlakuan dengan pemanasan dan perlakuan tanpa pemanasan.



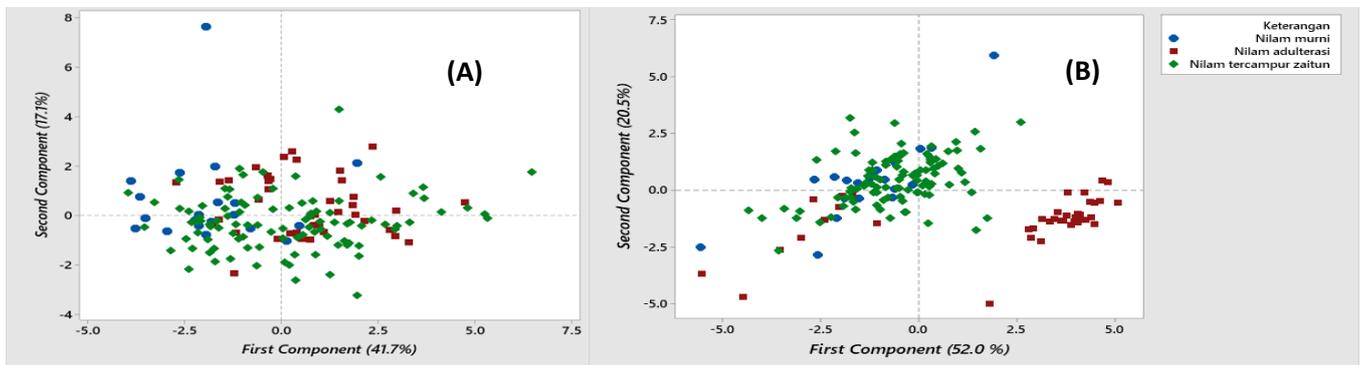
Gambar 10. Grafik Score plot nilai resistensi (R_g) pada tipe pengujian F: dengan pemanasan (A), dan tanpa pemanasan (B)



Gambar 11. Grafik Score plot nilai sensitivitas (S) pada tipe pengujian A: dengan pemanasan (A), dan tanpa pemanasan (B)



Gambar 12. Grafik Score plot nilai sensitivitas (S) pada tipe pengujian E: dengan pemanasan (A), dan tanpa pemanasan (B)



Gambar 13. Grafik Score plot nilai sensitivitas (S) pada tipe pengujian F: dengan pemanasan (A), dan tanpa pemanasan (B)

Gambar 11-13 merupakan contoh tipikal nilai score plot pada berbagai tipe pengujian untuk nilai sensitivitas (S). Gambar 11 menunjukkan bahwa keberadaan kumpulan (kelompok) data untuk sampel minyak nilam murni terpisah dari kumpulan (kelompok) data untuk sampel minyak zaitun murni, baik untuk perlakuan dengan pemanasan (A) maupun untuk perlakuan tanpa pemanasan (B). Total variansi untuk nilai sensitivitas (S) pada tipe pengujian A ini masing-masing adalah 91.60% dan 82.40% untuk perlakuan dengan pemanasan dan perlakuan tanpa pemanasan. Nilai total variansi yang jauh diatas 80% ini mengindikasikan bahwa sensor gas MOS mampu menghasilkan keragaman data yang sangat baik pada pengujian terhadap sampel minyak nilam murni dan minyak zaitun murni. Dengan kata lain sensor gas MOS mampu membedakan dengan baik sampel minyak nilam murni dari sampel minyak zaitun murni dilihat dari nilai sensitivitas (S) yang dihasilkan.

Gambar 12 menunjukkan bahwa keberadaan kumpulan data untuk sampel minyak nilam murni saling tumpang tindih dengan kumpulan data untuk sampel minyak nilam tercampur zaitun, baik untuk perlakuan dengan

pemanasan (A) maupun untuk perlakuan tanpa pemanasan (B). Total variansi untuk nilai sensitivitas (S) pada tipe pengujian E ini masing-masing adalah 61.00% dan 56.50% untuk perlakuan dengan pemanasan dan perlakuan tanpa pemanasan. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor gas MOS belum mampu menghasilkan keragaman data yang baik pada pengujian terhadap sampel minyak nilam murni dan minyak nilam tercampur zaitun, atau dengan kata lain, sensor yang digunakan belum mampu membedakan kelompok data keduanya.

Gambar 10 menunjukkan bahwa keberadaan kumpulan data untuk sampel minyak nilam murni, minyak adulterasi, dan minyak nilam tercampur zaitun saling tumpang tindih satu sama lain, baik pada perlakuan dengan pemanasan (A) maupun pada perlakuan tanpa pemanasan (B). Hal ini mengindikasikan bahwa sensor gas MOS tidak mampu membedakan dengan akurat kelompok data dari sampel minyak nilam murni, minyak adulterasi, dan minyak nilam tercampur zaitun. Hasil ini diperkuat dengan rendahnya total variansi untuk nilai sensitivitas (S) pada tipe pengujian F ini, yang mana masing-masing hanya bernilai 58.80% dan 72.50% untuk perlakuan dengan pemanasan dan perlakuan tanpa pemanasan.

Tabel 4 merupakan tabulasi dari keseluruhan grafik *score plot* yang dihasilkan. Terlihat disini bahwa total variansi (keragaman) nilai resistensi (R_g) lebih tinggi dibandingkan total variansi nilai sensitivitas (S), baik untuk perlakuan dengan pemanasan maupun untuk perlakuan tanpa pemanasan. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor gas MOS tipe MQ yang diujikan mampu menghasilkan keragaman data yang lebih baik pada nilai resistensi (R_g) dibandingkan pada nilai sensitivitas (S). Namun demikian, keragaman data baik untuk keseluruhan nilai R_g maupun S belum dapat dikategorikan “sangat baik” karena nilainya yang masih dibawah 80% sebagaimana disampaikan [15] menyatakan bahwa nilai total variansi harus mencapai minimal 80% agar hasil keragaman data dapat dikatakan sangat baik.

Tabel 4. Total variansi (keragaman) yang dihasilkan dari keseluruhan tipe pengujian

Tipe pengujian	Nilai resistensi (R_g)		Nilai sensitivitas (S)	
	Pemanasan (%)	Tanpa pemanasan (%)	Pemanasan (%)	Tanpa pemanasan (%)
A	83.9	81.4	91.6	82.4
B	77	89.4	65.5	84.5
C	73.2	92.5	69.3	87.1
D	69.2	62.2	60.1	53.4
E	69.4	64.2	61	56.5
F	70.1	78.5	58.8	72.5
Rerata	73.8	78.03	67.72	72.73

Keterangan: keragaman dimaksud adalah keragaman PCA dengan 2 komponen

Hasil akurasi data dari setiap tipe pengujian yang dilakukan berdasarkan jumlah kelas yang telah teridentifikasi dari hasil pengelompokan data menggunakan metode *COG* dan *ED* disajikan pada **Tabel 5**. Dari tabel terlihat bahwa tipe pengujian A menghasilkan tingkat akurasi paling tinggi sebesar 100%, yang mana hal ini mengindikasikan bahwa sensor gas MOS tipe MQ yang digunakan memiliki akurasi yang tinggi dalam membedakan minyak nilam murni dengan minyak zaitun murni. Sementara itu tipe pengujian yang lain menghasilkan nilai akurasi kurang dari 100%, yang mana hal ini mengindikasikan bahwa sensor gas MOS tipe MQ yang diujikan kurang mampu dalam membedakan minyak nilam murni dengan minyak nilam tercampur lainnya.

Tabel 5. Tingkat akurasi resistensi (R_g) dan sensitivitas (S) pada berbagai tipe pengujian

Tipe pengujian	Akurasi resistensi (R_g)		Akurasi sensitivitas (S)		Rerata (%)
	Pemanasan (%)	Tanpa pemanasan (%)	Pemanasan (%)	Tanpa pemanasan (%)	
A	100	100	100	100	100
B	88	94	86	90	89.5
C	84	92	78	90	86
D	77.27	87.27	61.82	63.64	72.5
E	76.36	76.36	68.18	69.06	72.49
F	59.38	83.13	53.13	63.75	64.85
Rerata	80.84	88.79	74.52	79.41	

Lebih jauh, **Tabel 5** menunjukkan bahwa nilai rerata tingkat akurasi sensor lebih tinggi terhadap nilai resistensi (R_g) dibandingkan nilai sensitivitas (S), baik pada perlakuan dengan pemanasan maupun pada perlakuan tanpa pemanasan. Pada perlakuan dengan pemanasan nilai akurasi R_g dan S masing-masing adalah 80.84% dan 74.52%, sedangkan pada perlakuan tanpa pemanasan masing-masing adalah 88.79% dan 79.41%. Hasil ini sesuai dengan [16] yang menyatakan bahwa sensor gas MOS memiliki akurasi yang lebih tinggi pada nilai resistensi dibandingkan nilai sensitivitas. Jika mempertimbangkan faktor perlakuan yang diberikan (dengan pemanasan dan tanpa pemanasan), perlakuan tanpa pemanasan menghasilkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan dengan pemanasan. Hal ini diduga berkaitan erat dengan sifat minyak nilam maupun minyak atsiri lainnya yang mudah menguap, sehingga pemberian panas yang tinggi dapat menyebabkan berkurangnya kandungan material/senyawa penciri minyak dimaksud [12].

Khusus untuk tipe pengujian F, pada perlakuan dengan pemanasan dihasilkan akurasi yang relatif lebih rendah dibandingkan tipe pengujian yang lain dengan nilai R_g dan S masing-masing 59.38% dan 53.13%. Rendahnya tingkat keberhasilan deret sensor dalam mengidentifikasi tersebut dimungkinkan karena tingginya overlap dari luaran masing-masing deret sensor. Namun pada data, terlihat bahwa adanya perlakuan tanpa pemanasan dapat memberikan tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dengan nilai R_g dan S masing-masing 83.13% dan 63.75%. Hal ini menyiratkan bahwa perlakuan tanpa pemanasan dapat memperbaiki tingkat akurasi sensor yang dipakai.

Kesimpulan

Dari kesepuluh sensor gas MOS tipe MQ (MQ-2.1, MQ-2.2, MQ-3, MQ-4, MQ-5, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9, dan MQ-135) yang diujikan untuk mengidentifikasi minyak nilam dengan campuran minyak zaitun, terdapat 2 sensor yang memberikan respon rendah dan kurang stabil yaitu MQ-3 dan MQ-7. Sedangkan 8 sensor yang lain memberikan respon yang baik dan relatif stabil, dengan respon tertinggi diperoleh dari sensor MQ-4. Penggunaan grafik *score plot* untuk identifikasi minyak nilam beserta penggunaan metode *center of gravity (COG)* dan *euclidean distance (ED)* untuk klasifikasi data selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung akurasi sensor gas MOS. Rerata tingkat akurasi sensor yang dihasilkan lebih tinggi pada nilai resistensi (R_g) dibandingkan pada nilai sensitivitas (S), dan lebih tinggi pada perlakuan tanpa pemanasan dibandingkan perlakuan dengan pemanasan. Pada perlakuan tanpa pemanasan nilai akurasi R_g dan S masing-masing adalah 88.79% dan 79.51%, sedangkan pada perlakuan dengan pemanasan adalah 80.84% dan 74.52%.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini sepenuhnya didanai melalui Skim Penelitian Unggulan Terapan BLU Unsoed Tahun 2022. Penghargaan dan ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada Saudara Putra Perdana Haloho atas segala bentuk bantuan baik yang bersifat teknis maupun non-teknis selama proses penelitian berlangsung.

Daftar Pustaka

- [1] Dewan Atsiri Indonesia, "Nilai Impor Produk Hilir Minyak Atsiri Nilam Indonesia," Kantor Pusat Kementerian Pertanian Gedung C, Jakarta, 2018.
- [2] R. Rukmana, "Nilam, Prospek Agribisnis dan Teknik Budi Daya," Yogyakarta: Kanisius, 2014.
- [3] S. Rusli dan Hobir, "Hasil penelitian dan pengembangan tanaman minyak atsiri Indonesia. Simposium I Hasil Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri," Puslitbangtri Bogor, 1990.
- [4] D.F. Al Riza, S. Widodo, Y.A. Purwanto, and N. Kondo, "Authentication of the geographical origin of patchouli oil using front-face fluorescence spectroscopy and chemometric analysis," *Flavour Fragr J.*, vol. 34, pp. 15-20, 2018.
- [5] P.H., Kuncoro, K. Koga, N. Satta, and Y. Muto, "A study on the effect of compaction on transport properties of soil gas and water I: Relative gas diffusivity, air permeability, and saturated hydraulic conductivity," *Soil & Tillage Research*, vol. 143, pp. 172-179, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2014.02.006>
- [6] P.H. Kuncoro, K. Koga, N. Satta, and Y. Muto, "A study on the effect of compaction on transport properties of soil gas and water. II: Soil pore structure indices," *Soil & Tillage Research*, vol. 143, pp. 180-187, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2014.01.008>
- [7] P.H., Kuncoro, K. Koga, M. Kanayama, and Y. Muto, "Anisotropy of Transport Properties of a Remolded, Compacted Andisol," *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 79, pp. 1267-1274, 2015. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2015.01.0015>
- [8] A. Sudarmaji, and A. Kitagawa, "Temperature Modulation with Specified Detection Point on Metal Oxide Semiconductor Gas Sensors for E-Nose Application," *Sensors & Transducers*, vol. 186, no. 3, pp. 93-103, 2015.
- [9] A. Sudarmaji, and A. Kitagawa, "Application of Temperature Modulation-SDP on MOS Gas Sensors: Capturing Soil Gaseous Profile for Discrimination of Soil under Different Nutrient Addition," *Journal of Sensors*, pp. 1-11, 2016. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1035902>
- [10] Z. Yunusa, M.N. Hamidon, A. Kaiser, and Z. Awang, "Gas Sensors: A Review," *Sensors & Transducers*, vol. 168, no. 4, pp. 61-75, 2014.
- [11] E. Riyadi, N. Andarwulan, dan D.N. Faridah, "Profil Senyawa Volatil Identitas Nutmeg Oil, Patchouli Oil dan Fresh Ginger Oil Asal Indonesia," *Jurnal Mutu Pangan*, vol. 1, no. 1, pp. 19-25, 2014.
- [12] M. W. Safitri, "Karakteristik Deret Sensor Gas MOS Dalam Pengukuran Gas Dan Volatile Minyak Nilam dengan Perlakuan Jenis dan Kadar," Thesis Sarjana, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, 2019.
- [13] R. D. Delgado, "Tin Oxide Gas Sensors: An Electrochemical Approach," Magister Thesis, Universitat De Barcelona, Barcelona, 2002.
- [14] M. H. Tamimi, "Deteksi Kerusakan Daging Ayam Berdasarkan Masa Simpan Akibat Terkontaminasi Escherichia Coli Menggunakan Electronic Nose," Thesis Sarjana, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya, 2019.
- [15] H. Artigue, and G. Smith, "The principal problem with principal components regression," *Cogent Mathematics & Statistics*, vol. 6, no. 1, pp. 162-190, 2019.
- [16] Y. Adiyanti, "Karakteristik Deret Sensor Gas MOS Dalam Pengukuran Gas Dan Volatile Virgin Coconut Oil Tercampur Minyak Kelapa Biasa," Thesis Sarjana, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, 2022.