

Analisis Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-135 Untuk Menentukan Persamaan Hubungan Antara ppm dan Rs/Ro

Ari Bangkit Sanjaya Umbu

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia, 85001

Email : aribangkit.sanjaya@gmail.com

Diterima (30 Juni 2023), Direvisi (08 Juli 2023)

Abstract. MQ-135 sensor is a sensor capable of detecting acetone, toluene, alcohol, carbon dioxide, ammonia, and carbon monoxide. This sensor has been widely used as the main component in gas-based research. Analysis of sensor sensitivity characteristics is the first step for researchers that must be done to be able to obtain an equation for the relationship between ppm and Rs/Ro. However, most studies only analyze the gas graph which is the object of their research. This causes other researchers to do their own analyses for different types of gas. Based on this problem, the authors performed a graphical analysis of the sensitivity characteristics of the MQ-135 sensor for acetone, toluene, alcohol, carbon dioxide, ammonia, and carbon monoxide gases. The coordinate points for these gases are obtained using the WebPlotDigitizer application and coordinate data were analyzed using power regression. Based on the analysis results, the relationship equation between ppm and Rs/Ro for acetone, toluene, alcohol, carbon dioxide, ammonia, and carbon monoxide gas is shown in equations 16, 17, 18, 19, 20, and 21 respectively.

Keywords: MQ-135 sensor, sensitivity characteristics, regression, WebPlotDigitizer

Abstrak. Sensor MQ-135 merupakan sensor yang mampu mendeteksi aseton, toluena, alkohol, karbon dioksida, amonia dan karbon monoksida. Sensor ini telah banyak digunakan sebagai komponen utama dalam penelitian-penelitian berbasis gas. Analisis grafik karakteristik sensitivitas sensor merupakan langkah awal bagi peneliti yang harus dilakukan untuk dapat memperoleh persamaan hubungan antara ppm dan Rs/Ro. Namun dalam kebanyakan penelitian hanya menganalisis grafik gas yang menjadi objek penelitiannya saja. Hal ini menyebabkan peneliti lainnya harus melakukan analisis sendiri untuk jenis gas yang berbeda. Berdasarkan hal tersebut sehingga penulis melakukan analisis grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 untuk gas aseton, toluena, alkohol, karbon dioksida, amonia dan karbon monoksida. Titik-titik koordinat untuk beberapa gas tersebut diperoleh dengan menggunakan bantuan aplikasi WebPlotDigitizer dan data dianalisis menggunakan regresi non linear untuk fungsi pangkat. Berdasarkan hasil analisis diperoleh persamaan hubungan antara ppm dan Rs/Ro gas aseton, toluena, alkohol, karbon dioksida, amonia dan karbon monoksida ditunjukkan pada persamaan 16, 17, 18, 19, 20, dan 21 secara berturut-turut.

Kata kunci: sensor MQ-135, karakteristik sensitivitas, regresi, WebPlotDigitizer

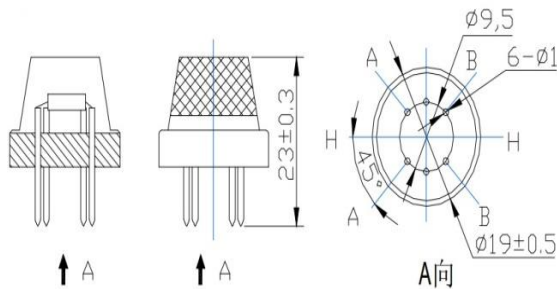
PENDAHULUAN

Sensor MQ-135 merupakan salah satu jenis sensor gas yang banyak digunakan sebagai komponen utama dalam penelitian berbasis gas. Sensor ini memiliki kelebihan yaitu rentang deteksi yang lebar, sensitivitas yang tinggi, respon yang cepat, stabil dan usia penggunaan yang panjang [1][2][3]. Sensor MQ-135 memiliki fungsi dan cakupan penggunaan yang luas dalam mendeteksi kadar gas di udara yang

membahayakan kesehatan dan mencemari lingkungan. Sensor ini mampu mendeteksi gas seperti gas aseton (CH_3COCH_3), toluena ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$), alkohol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), karbon dioksida (CO_2), amonia (NH_3) dan karbon monoksida (CO) [4][5][6][7].

Sensor MQ-135 didesain dengan material utama timah oksida (SnO_2) yang merupakan semikonduktor tipe-n [8][9]. Sehingga respon sensor didasarkan pada interaksi timah oksida dengan gas sekitarnya. Sensor akan memiliki nilai

resistansi yang tinggi ketika mendeteksi udara bersih dan nilai resistansi sensor menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi gas pencemar dalam udara [10][11]. Struktur dan konfigurasi sensor gas MQ-135 ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur dan konfigurasi sensor MQ-135 [18]

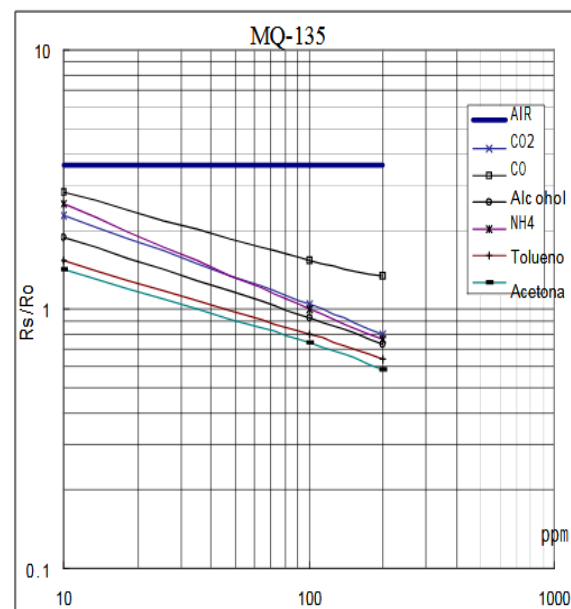
Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa sensor MQ-135 merupakan salah satu jenis sensor gas yang telah banyak digunakan sebagai komponen utama dalam penelitian-penelitian berbasis gas. Beberapa tema penelitian yang memanfaatkan sensor ini seperti pemantauan kualitas udara di dalam maupun di luar ruangan [1][2][3][7][12], deteksi kebocoran gas [13][14][15] dan hidung elektronik [8][16][17].

Analisis grafik karakteristik sensitivitas sensor merupakan langkah awal bagi pengguna/peneliti yang harus dilakukan untuk dapat memperoleh persamaan hubungan antara ppm dan R_s/R_o . Namun dalam kebanyakan penelitian, pengguna/peneliti hanya menganalisis grafik karakteristik gas yang menjadi objek penelitiannya saja. Hal ini menyebabkan pengguna/peneliti lainnya harus melakukan analisis sendiri untuk jenis gas yang berbeda. Selain itu, belum tersedianya tahapan-tahapan analisis terhadap grafik karakteristik gas MQ-135 tentunya menjadi kesulitan tersendiri bagi pengguna/peneliti. Berdasarkan alasan tersebut sehingga penulis melakukan analisis grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135

secara menyeluruh (gas aseton, toluena, alkohol, karbon dioksida, amonia dan karbon monoksida). Tulisan ini bertujuan untuk mempermudah pengguna/peneliti lainnya yang akan menggunakan sensor MQ-135 untuk memperoleh informasi terkait persamaan hubungan antara ppm dan R_s/R_o serta penjelasan secara terperinci terkait cara menemukan persamaan.

METODE PENELITIAN

Pada tahap awal dilakukan penentuan sepuluh titik koordinat dari gambar grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 untuk gas aseton, toluena, alkohol, karbon dioksida, amonia dan karbon monoksida. Titik-titik koordinat untuk beberapa gas tersebut diperoleh dengan menggunakan bantuan aplikasi WebPlotDigitizer. Gambar grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 yang diperoleh dari datasheet ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 untuk beberapa gas [18]

Grafik karakteristik sensitivitas di atas ditampilkan dalam skala logaritmik dengan

sumbu- x adalah ppm dan sumbu- y adalah R_s/R_o . Setelah diperoleh sepuluh titik koordinat dari masing-masing gas selanjutnya dilakukan analisis regresi non-linear untuk fungsi berpangkat. Persamaan regresi non-linear untuk fungsi berpangkat secara umum dinyatakan dengan [19]:

$$y = ax^b \quad (1)$$

Selanjutnya persamaan di atas dilinearkan dengan cara menyatakan kedua ruas dalam log.

$$\log y = \log ax^b \quad (2)$$

Berdasarkan sifat logaritma persamaan tersebut dapat ditulis menjadi:

$$\log y = b \log x + \log a \quad (3)$$

Dengan memisalkan bahwa:

$$Y = \log y \quad (4)$$

$$C = \log a \quad (5)$$

$$m = b \quad (6)$$

$$X = \log x \quad (7)$$

Sehingga persamaan (3) dapat ditulis menjadi bentuk regresi linear.

$$Y = mX + C \quad (8)$$

Slope (m) dan intercept (C) dari persamaan di atas dapat ditentukan dengan persamaan 9 dan 10.

$$m = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (9)$$

$$C = \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (10)$$

Setelah slope (m) dan intercept (C) diperoleh selanjutnya dilakukan inverse untuk memperoleh nilai a dan b .

$$a = 10^C \quad (12)$$

$$b = m \quad (13)$$

Sehingga dengan mensubstitusikan nilai a dan b ke persamaan umum regresi non-linear untuk fungsi berpangkat diperoleh persamaan hubungan ppm (x) dengan R_s/R_o (y). Koefisien korelasi (r) diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$r = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{N \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}} \quad (14)$$

Koefisien determinasi (R^2) diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$R^2 = r^2 \quad (15)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Aseton (CH_3COCH_3)

Hasil penentuan sepuluh titik koordinat dari gambar grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 untuk gas aseton dengan menggunakan aplikasi WebPlotDigitizer ditunjukkan pada Tabel 1.

Data x dan y (kolom 2 dan 3) dilinearkan dengan menggunakan persamaan (4) dan persamaan (7) sehingga diperoleh X dan Y . Hasil perhitungan dan pengolahan data ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil penentuan titik-titik koordinat untuk gas aseton

No.	x	y	X	Y
1.	10	1.4248	1	0.1538
2.	20	1.1698	1.3010	0.0681
3.	30	1.0495	1.4771	0.0210
4.	40	0.9623	1.6021	-0.0167
5.	50	0.9016	1.6990	-0.0450
6.	60	0.8617	1.7782	-0.0646
7.	70	0.8300	1.8451	-0.0809
8.	80	0.7916	1.9031	-0.1015
9.	90	0.7655	1.9542	-0.1161
10.	100	0.7417	2	-0.1298
Σ			16.5598	-0.3117

Tabel 2. Hasil linearisasi dan pengolahan data untuk gas aseton

No.	X.Y	X ²	Y ²
1.	0.1538	1	0.0236
2.	0.0886	1.6927	0.0046
3.	0.0310	2.1819	0.0004
4.	-0.0267	2.5666	0.0003
5.	-0.0764	2.8865	0.0020
6.	-0.1149	3.1618	0.0042
7.	-0.1493	3.4044	0.0065
8.	-0.1932	3.6218	0.0103
9.	-0.2268	3.8191	0.0135
10.	-0.2595	4	0.0168
Σ	-0.7736	28.3347	0.0824

Data pada Tabel 2 digunakan untuk menghitung slope (m) dan intercept (C) dengan menggunakan persamaan 9 dan persamaan 10. Perhitungan slope (m) garis persamaan hubungan ppm dan Rs/Ro untuk gas aseton:

$$m = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$m = \frac{(10)(-0.7736) - (16.5598)(-0.3117)}{(10)(28.3347) - (16.5598)^2}$$

$$m = -0.2822$$

Perhitungan Intercept (C):

$$C = \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$C = \frac{(28.3347)(-0.3117) - (16.5598)(-0.7736)}{(10)(28.3347) - (16.5598)^2}$$

$$C = 0.4361$$

Setelah slope (m) dan intercept (C) diperoleh selanjutnya dilakukan inverse untuk memperoleh nilai a dan b .

$$a = 10^C = 10^{0.4361} = 2.7295$$

$$b = m = -0.2822$$

Nilai a dan b disubstitusikan ke persamaan umum regresi non-linear untuk fungsi berpangkat.

$$y = 2.7295x^{-0.2822}$$

Dengan y adalah ppm dan x adalah Rs/Ro persamaan di atas dapat ditulis.

$$\frac{R_s}{R_o} = 2.7295(ppm)^{-0.2822}$$

Sehingga diperoleh persamaan hubungan ppm dan Rs/Ro untuk gas aseton:

$$ppm = \left[\frac{R_o (2.7295)}{R_s} \right]^{\frac{1}{0.2822}} \quad (16)$$

Koefisien korelasi (r) ppm dan Rs/Ro untuk gas aseton:

$$r = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{N \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}}$$

$$r = \frac{(10)(-0.7736) - (16.5598)(-0.3117)}{\sqrt{9.121103} \sqrt{0.726431}}$$

$$r = -0.9998$$

Koefisien determinasi (R^2):

$$R^2 = r^2 = (-0.9998)^2 = 0.9996$$

B. Toluena (C₆H₅CH₃)

Hasil penentuan sepuluh titik koordinat dari gambar grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 untuk gas toluena dengan menggunakan aplikasi WebPlotDigitizer ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil penentuan titik-titik koordinat untuk gas toluena

No.	x	y	X	Y
1.	10	1.5448	1	0.1889
2.	20	1.2608	1.3010	0.1006
3.	30	1.1290	1.4771	0.0527
4.	40	1.0392	1.6021	0.0167
5.	50	0.9776	1.6990	-0.0098
6.	60	0.9305	1.7782	-0.0313
7.	70	0.8875	1.8451	-0.0518
8.	80	0.8532	1.9031	-0.0689
9.	90	0.8267	1.9542	-0.0827
10.	100	0.8010	2	-0.0964
Σ			16.5598	0.0180

Tabel 4. Hasil linearisasi dan pengolahan data untuk gas toluena

No.	X.Y	X ²	Y ²
1.	0.1889	1	0.0357
2.	0.1309	1.6927	0.0101
3.	0.0778	2.1819	0.0028
4.	0.0268	2.5666	0.0003
5.	-0.0167	2.8865	0.0001
6.	-0.0556	3.1618	0.0010
7.	-0.0956	3.4044	0.0027
8.	-0.1312	3.6218	0.0048
9.	-0.1615	3.8191	0.0068
10.	-0.1927	4	0.0093
Σ	-0.2290	28.3347	0.0735

Data x dan y (kolom 2 dan 3) pada Tabel 3 dilinearkan dengan menggunakan persamaan (4) dan persamaan (7) sehingga diperoleh X dan Y . Hasil pengolahan data ditunjukkan pada Tabel 4 diatas.

Data pada Tabel 4 digunakan untuk menghitung slope (m) dan intercept (C) dengan menggunakan persamaan 9 dan persamaan 10. Perhitungan slope (m) garis persamaan hubungan ppm dan Rs/Ro untuk gas toluena:

$$m = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$m = \frac{(10)(-0.2290) - (16.5598)(0.0180)}{(10)(28.3347) - (16.5598)^2}$$

$$m = -0.2838$$

Perhitungan Intercept (C):

$$C = \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$C = \frac{(28.3347)(0.0180) - (16.5598)(-0.2290)}{(10)(28.3347) - (16.5598)^2}$$

$$C = 0.4717$$

Setelah slope (m) dan intercept (C) diperoleh selanjutnya dilakukan inverse untuk memperoleh nilai a dan b .

$$a = 10^C = 10^{0.4717} = 2.9630$$

$$b = m = -0.2838$$

Nilai a dan b disubstitusikan ke persamaan umum regresi non-linear untuk fungsi berpangkat.

$$y = 2.9630x^{-0.2838}$$

Dengan y adalah ppm dan x adalah Rs/Ro persamaan di atas dapat ditulis.

$$\frac{R_s}{R_o} = 2.9630(ppm)^{-0.2838}$$

Sehingga diperoleh persamaan hubungan ppm dan Rs/Ro untuk gas toluena:

$$ppm = \left[\frac{R_o (2.9630)}{R_s} \right]^{\frac{1}{0.2838}} \quad (17)$$

Koefisien korelasi (r) ppm dan Rs/Ro untuk gas toluena:

$$r = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{N \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}}$$

$$r = \frac{(10)(-0.7736) - (16.5598)(-0.3117)}{\sqrt{9.121103} \sqrt{0.734596}}$$

$$r = -0.9999$$

Koefisien determinasi (R^2):

$$R^2 = r^2 = (-0.9999)^2 = 0.9998$$

C. Alkohol (C₂H₅OH)

Hasil penentuan sepuluh titik koordinat dari gambar grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 untuk gas alkohol dengan menggunakan aplikasi WebPlotDigitizer ditunjukkan pada Tabel 5.

Data x dan y (kolom 2 dan 3) dilinearkan dengan menggunakan persamaan (4) dan persamaan (7) sehingga diperoleh X dan Y . Hasil pengolahan data ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil penentuan titik-titik koordinat untuk gas alkohol

No.	x	y	X	Y
1.	10	1.8890	1	0.2762
2.	20	1.5296	1.3010	0.1846
3.	30	1.3536	1.4771	0.1315
4.	40	1.2411	1.6021	0.0938
5.	50	1.1606	1.6990	0.0647
6.	60	1.0982	1.7782	0.0407
7.	70	1.0433	1.8451	0.0184
8.	80	0.9931	1.9031	-0.0030
9.	90	0.9566	1.9542	-0.0193
10.	100	0.9269	2	-0.0330
Σ			16.5598	0.7546

Tabel 6. Hasil linearisasi dan pengolahan data untuk gas alkohol

No.	X.Y	X ²	Y ²
1.	0.2762	1	0.0763
2.	0.2401	1.6927	0.0341
3.	0.1942	2.1819	0.0173
4.	0.1503	2.5666	0.0088
5.	0.1099	2.8865	0.0042
6.	0.0723	3.1618	0.0017
7.	0.0340	3.4044	0.0003
8.	-0.0057	3.6218	0.0000
9.	-0.0377	3.8191	0.0004
10.	-0.0659	4	0.0011
Σ	0.9678	28.3347	0.1441

Data pada Tabel 6 digunakan untuk menghitung slope (m) dan intercept (C) dengan menggunakan persamaan 9 dan persamaan 10. Perhitungan slope (m) garis persamaan hubungan ppm dan Rs/Ro untuk gas alkohol:

$$m = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$m = \frac{(10)(0.9678) - (16.5598)(0.7546)}{(10)(28.3347) - (16.5598)^2}$$

$$m = -0.3091$$

Perhitungan Intercept (C):

$$C = \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$C = \frac{(28.3347)(0.7546) - (16.5598)(0.9678)}{(10)(28.3347) - (16.5598)^2}$$

$$C = 0.5873$$

Setelah slope (m) dan intercept (C) diperoleh selanjutnya dilakukan inverse untuk memperoleh nilai a dan b .

$$a = 10^C = 10^{0.5873} = 3.8659$$

$$b = m = -0.3091$$

Nilai a dan b disubstitusikan ke persamaan umum regresi non-linear untuk fungsi berpangkat.

$$y = 3.8659x^{-0.3091}$$

Dengan y adalah ppm dan x adalah Rs/Ro persamaan di atas dapat ditulis.

$$\frac{R_s}{R_o} = 3.8659(ppm)^{-0.3091}$$

Sehingga diperoleh persamaan hubungan ppm dan Rs/Ro untuk gas alkohol :

$$ppm = \left[\frac{R_o (3.8659)}{R_s} \right]^{\frac{1}{0.3091}} \quad (18)$$

Koefisien korelasi (r) ppm dan Rs/Ro untuk gas alkohol:

$$r = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{N \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}}$$

$$r = \frac{(10)(0.9678) - (16.5598)(0.7546)}{\sqrt{9.121103} \sqrt{0.871598}}$$

$$r = -0.9998$$

Dan koefisien determinasi (R^2) :

$$R^2 = r^2 = (-0.9998)^2 = 0.9996$$

D. Karbon dioksida (CO₂)

Hasil penentuan sepuluh titik koordinat dari gambar grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 untuk gas karbon dioksida dengan menggunakan aplikasi

WebPlotDigitizer ditunjukkan pada Tabel 7.

Data x dan y (kolom 2 dan 3) pada Tabel 7 dilinearkan dengan menggunakan persamaan (4) dan persamaan (7) sehingga diperoleh X dan Y . Hasil pengolahan data ditunjukkan pada Tabel 8.

Data pada Tabel 8 digunakan untuk menghitung slope (m) dan intercept (C) dengan menggunakan persamaan 9 dan persamaan 10. Perhitungan slope (m) garis persamaan hubungan ppm dan R_s/R_o untuk gas karbon dioksida:

$$m = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$m = \frac{(10)(1.9776) - (16.5598)(1.3808)}{(10)(28.3347) - (16.5598)^2}$$

$$m = -0.3387$$

Tabel 7. Hasil penentuan titik-titik koordinat untuk gas karbon dioksida

No.	x	y	X	Y
1.	10	2.2918	1	0.3602
2.	20	1.8124	1.3010	0.2583
3.	30	1.5880	1.4771	0.2009
4.	40	1.4220	1.6021	0.1529
5.	50	1.3245	1.6990	0.1221
6.	60	1.2534	1.7782	0.0981
7.	70	1.1931	1.8451	0.0767
8.	80	1.1357	1.9031	0.0553
9.	90	1.0874	1.9542	0.0364
10.	100	1.0474	2	0.0201
Σ			16.5598	1.3808

Tabel 8. Hasil linearisasi dan pengolahan data untuk gas karbon dioksida

No.	X.Y	X ²	Y ²
1.	0.3602	1	0.1297
2.	0.3360	1.6927	0.0667
3.	0.2967	2.1819	0.0403
4.	0.2450	2.5666	0.0234
5.	0.2074	2.8865	0.0149
6.	0.1744	3.1618	0.0096
7.	0.1415	3.4044	0.0059
8.	0.1052	3.6218	0.0031
9.	0.0711	3.8191	0.0013
10.	0.0402	4	0.0004
Σ	1.9776	28.3347	0.2953

Perhitungan Intercept (C):

$$C = \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$C = \frac{(28.3347)(1.3808) - (16.5598)(1.9776)}{(10)(28.3347) - (16.5598)^2}$$

$$C = 0.6990$$

Setelah slope (m) dan intercept (C) diperoleh selanjutnya dilakukan inverse untuk memperoleh nilai a dan b .

$$a = 10^C = 10^{0.6990} = 4.9999$$

$$b = m = -0.3387$$

Nilai a dan b disubstitusikan ke persamaan umum regresi non-linear untuk fungsi berpangkat.

$$y = 4.9999x^{-0.3387}$$

Dengan y adalah ppm dan x adalah R_s/R_o persamaan di atas dapat ditulis.

$$\frac{R_s}{R_o} = 4.9999(ppm)^{-0.3387}$$

Sehingga diperoleh persamaan hubungan ppm dan R_s/R_o untuk gas karbon dioksida :

$$ppm = \left[\frac{R_o(4.9999)}{R_s} \right]^{\frac{1}{0.3387}} \quad (19)$$

Koefisien korelasi (r) ppm dan R_s/R_o untuk gas karbon dioksida:

$$r = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{N \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}}$$

$$r = \frac{(10)(1.9776) - (16.5598)(1.3808)}{\sqrt{9.121103} \sqrt{1.046708}}$$

$$r = -0.9999$$

Dan koefisien determinasi (R^2) :

$$R^2 = r^2 = (-0.9999)^2 = 0.9998$$

E. Amonia (NH₃)

Hasil penentuan sepuluh titik koordinat dari gambar grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 untuk gas amonia dengan menggunakan aplikasi WebPlotDigitizer ditunjukkan pada Tabel 9.

Data x dan y (kolom 2 dan 3) pada Tabel 9 dilinearkan dengan menggunakan persamaan (4) dan persamaan (7) sehingga diperoleh X dan Y. Hasil pengolahan data ditunjukkan pada Tabel 10.

Data pada Tabel 10 digunakan untuk menghitung slope (m) dan intercept (C) dengan menggunakan persamaan 9 dan persamaan 10.

Tabel 9. Hasil penentuan titik-titik koordinat untuk gas amonia

No.	x	y	X	Y
1.	10	2.5594	1	0.4081
2.	20	1.9115	1.3010	0.2814
3.	30	1.6325	1.4771	0.2129
4.	40	1.4532	1.6021	0.1623
5.	50	1.3089	1.6990	0.1169
6.	60	1.2265	1.7782	0.0887
7.	70	1.1583	1.8451	0.0638
8.	80	1.0960	1.9031	0.0398
9.	90	1.0516	1.9542	0.0219
10.	100	0.9990	2	-0.0004
Σ			16.5598	1.3953

Tabel 10. Hasil linearisasi dan pengolahan data untuk gas amonia

No.	X.Y	X ²	Y ²
1.	0.4081	1	0.1666
2.	0.3661	1.6927	0.0792
3.	0.3144	2.1819	0.0453
4.	0.2601	2.5666	0.0263
5.	0.1986	2.8865	0.0137
6.	0.1577	3.1618	0.0079
7.	0.1178	3.4044	0.0041
8.	0.0758	3.6218	0.0016
9.	0.0427	3.8191	0.0005
10.	-0.0009	4	0.00000019
Σ	1.9403	28.3347	0.3451

Perhitungan slope (m) garis persamaan hubungan ppm dan Rs/Ro untuk gas amonia:

$$m = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$m = \frac{(10)(1.9403) - (16.5598)(1.3953)}{(10)(28.3347) - (16.5598)^2}$$

$$m = -0.4060$$

Perhitungan Intercept (C):

$$C = \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$C = \frac{(28.3347)(1.3953) - (16.5598)(1.9403)}{(10)(28.3347) - (16.5598)^2}$$

$$C = 0.8118$$

Setelah slope (m) dan intercept (C) diperoleh selanjutnya dilakukan inverse untuk memperoleh nilai a dan b.

$$a = 10^C = 10^{0.8118} = 6.4835$$

$$b = m = -0.4060$$

Nilai a dan b disubstitusikan ke persamaan umum regresi non-linear untuk fungsi berpangkat.

$$y = 6.4835 x^{-0.4060}$$

Dengan y adalah ppm dan x adalah Rs/Ro persamaan di atas dapat ditulis.

$$\frac{R_s}{R_o} = 6.4835 (ppm)^{-0.4060}$$

Sehingga diperoleh persamaan hubungan ppm dan Rs/Ro untuk gas amonia:

$$ppm = \left[\frac{R_o (6.4835)}{R_s} \right]^{\frac{1}{0.4060}} \quad (20)$$

Koefisien korelasi (r) ppm dan Rs/Ro untuk gas amonia:

$$r = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{N \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}}$$

$$r = \frac{(10)(1.9403) - (16.5598)(1.3953)}{\sqrt{9.121103} \sqrt{1.503792}}$$

$$r = -0.9998$$

Dan koefisien determinasi (R^2) :

$$R^2 = r^2 = (-0.9998)^2 = 0.9996$$

F. Karbon monoksida (CO)

Hasil penentuan sepuluh titik koordinat dari gambar grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 untuk gas monoksida dengan menggunakan aplikasi WebPlotDigitizer ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil penentuan titik-titik koordinat untuk gas karbon monoksida

No.	x	y	X	Y
1.	10	2.8583	1	0.4561
2.	20	2.3513	1.3010	0.3713
3.	30	2.1347	1.4771	0.3293
4.	40	1.9689	1.6021	0.2942
5.	50	1.8339	1.6990	0.2634
6.	60	1.7630	1.7782	0.2463
7.	70	1.6982	1.8451	0.2300
8.	80	1.6422	1.9031	0.2154
9.	90	1.5912	1.9542	0.2017
10.	100	1.5357	2	0.1863
Σ			16.5598	2.7941

Tabel 12. Hasil linearisasi dan pengolahan data untuk gas karbon monoksida

No.	X.Y	X ²	Y ²
1.	0.4561	1	0.2080
2.	0.4831	1.6927	0.1379
3.	0.4865	2.1819	0.1085
4.	0.4714	2.5666	0.0866
5.	0.4475	2.8865	0.0694
6.	0.4379	3.1618	0.0606
7.	0.4244	3.4044	0.0529
8.	0.4100	3.6218	0.0464
9.	0.3942	3.8191	0.0407
10.	0.3726	4	0.0347
Σ	4.3835	28.3347	0.8456

Data x dan y (kolom 2 dan 3) pada Tabel 11 dilinearkan dengan menggunakan persamaan (4) dan persamaan (7) sehingga diperoleh X dan Y . Hasil pengolahan data ditunjukkan pada Tabel 12.

Data pada Tabel 12 digunakan untuk menghitung slope (m) dan intercept (C) dengan menggunakan persamaan 9 dan persamaan 10. Perhitungan slope (m) garis persamaan hubungan ppm dan Rs/Ro untuk gas karbon monoksida:

$$m = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$m = \frac{(10)(4.3835) - (16.5598)(2.7941)}{(10)(28.3347) - (16.5598)^2}$$

$$m = -0.2668$$

Perhitungan Intercept (C):

$$C = \frac{\sum X_i^2 \sum Y_i - \sum X_i \sum X_i Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$C = \frac{(28.3347)(2.7941) - (16.5598)(4.3835)}{(10)(28.3347) - (16.5598)^2}$$

$$C = 0.7212$$

Setelah slope (m) dan intercept (C) diperoleh selanjutnya dilakukan inverse untuk memperoleh nilai a dan b .

$$a = 10^C = 10^{0.7212} = 5.2629$$

$$b = m = -0.2668$$

Nilai a dan b disubstitusikan ke persamaan umum regresi non-linear untuk fungsi berpangkat.

$$y = 5.2629x^{-0.2668}$$

Dengan y adalah ppm dan x adalah Rs/Ro persamaan di atas dapat ditulis.

$$\frac{R_s}{R_o} = 5.2629(ppm)^{-0.2668}$$

Sehingga diperoleh persamaan hubungan ppm dan Rs/Ro untuk gas karbon monoksida :

$$ppm = \left[\frac{R_o(5.2629)}{R_s} \right]^{\frac{1}{0.2668}} \quad (21)$$

Koefisien korelasi (r) ppm dan Rs/Ro untuk gas karbon monoksida:

$$r = \frac{N \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \sqrt{N \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2}}$$

$$r = \frac{(10)(4.3835) - (16.5598)(2.7941)}{\sqrt{9.121103} \sqrt{0.649757}}$$

$$r = -0.9996$$

Dan koefisien determinasi (R^2) :

$$R^2 = r^2 = (-0.9996)^2 = 0.9992$$

Dari hasil perhitungan slope (m) dan koefisien korelasi (r) untuk persamaan garis kelima gas diperoleh nilai negatif. Hal ini bermakna bahwa hubungan antara ppm dan Rs/Ro berbanding terbalik untuk kelima gas. Peningkatan nilai ppm menyebabkan penurunan nilai perbandingan Rs/Ro. Hasil perhitungan ini terkonfirmasi secara langsung dari gambar grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Berdasarkan persamaan (8) dengan mengambil nilai $X = 0$ maka nilai $Y = C$ sehingga nilai $y = 10^Y = 10^C$. Nilai $X = 0$ terpenuhi bila $x = 1$ (Persamaan (7)). Hal tersebut berarti saat ppm (x) bernilai 1 maka perbandingan Rs/Ro (y) bernilai $10^{0.4361} = 2.7295$ untuk gas aseton, $10^{0.4717} = 2.9630$ untuk gas toluena, $10^{0.5873} = 3.8659$ untuk gas alkohol, $10^{0.6990} = 4.9999$ untuk gas karbon dioksida, $10^{0.8118} = 6.4835$ untuk gas amonia dan $10^{0.7212} = 5.2629$ untuk gas karbon monoksida. Hasil ini perlu memperhatikan kembali nilai ppm minimum yang mampu diukur sensor MQ-135 untuk masing-masing gas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis gambar grafik karakteristik sensitivitas sensor MQ-135 diperoleh persamaan hubungan ppm dan Rs/Ro : persamaan (16) untuk gas aseton, persamaan (17) untuk gas toluena, persamaan (18) untuk gas alkohol, Persamaan (19) untuk gas karbon dioksida, persamaan (20) untuk gas amonia dan persamaan (21) untuk karbon monoksida. Namun, dalam penggunaan sensor MQ-135 sangat diperlukan proses kalibrasi. Proses kalibrasi dapat dilakukan dengan menggunakan alat ukur kadar gas standar yang kemudian hasilnya dianalisis lebih lanjut untuk memperoleh hasil pengukuran yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Biswal, J. Subhashini, and A. K. Pasayat, "Air quality monitoring system for indoor environments using IoT," presented at the THE 11TH NATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICAL TECHNIQUES AND APPLICATIONS, Chennai, India, 2019, p. 020180.
- [2] G. M. Hp, "Air Quality Monitoring and Alert System Using MQ135 Gas Sensor with Arduino Controller," vol. 3, no. 10, 2022.
- [3] A. K. Saha, "A raspberry Pi controlled cloud based air and sound pollution monitoring system with temperature and humidity sensing," in *2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, Las Vegas, NV, Jan. 2018, pp. 607–611.
- [4] F. N. Abbas, Mis. I. Mohsin Saadoon, Z. K. Abdalrdha, and E. N. Abud, "Capable of Gas Sensor MQ-135 to Monitor the Air Quality with Arduino uno," *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 13, no. 10, p. 2955, Oct. 2020.
- [5] D. N. Rao and K. K. Modi, "Multi - Conditional Analysis of Indian Ambient Air

- Quality Using MQ - 135 Sensor,” vol. 10, no. 8, 2020.
- [6] E. NavjotKaur, G. Singh, and E. Kajal, “IoT Based Enhanced Air Quality Monitoring System Using MQ135 and ESP8266-12 with ThingSpeak Cloud Server,” vol. 4, no. 9, 2022.
- [7] R. S. AbdulWahhab, A. A. Al-Fazari, and M. S. Al-Risi, “Monitoring Air Quality: Toward an IoT-Based System for Monitoring Warehouses,” vol. 2, no. 1.
- [8] M. S. Kasbe, S. L. Deshmukh, T. H. Mujawar, V. D. Bachuwar, L. P. Deshmukh, and A. D. Shaligram, “An Electronic nose with LabVIEW using SnO₂ Based Gas Sensors: Application to test freshness of the fruits,” vol. 6, no. 4, 2015.
- [9] S. U. Rani, S. Rajarajeswari, and J. G. Jaimon, “REAL-TIME AIR QUALITY MONITORING SYSTEM USING MQ135 AND THINGSBOARD,” *J. Crit. Rev.*, vol. 7, no. 18, 2020.
- [10] S. Widodo, M. M. Amin, and A. Supani, “Design of Indoor Room Gas CO and SO₂ Detection Based on Microcontroller Using Fuzzy Logic,” *E3S Web Conf.*, vol. 125, p. 23013, 2019.
- [11] F. Hidayanti, “Implementation of Blynk Internet of Things Platform for Benzene Gas Monitoring System on Density Laboratory,” *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, vol. 9, no. 4, pp. 1090–1094, Feb. 2020.
- [12] K. B. Kumar Sai, S. Mukherjee, and H. Parveen Sultana, “Low Cost IoT Based Air Quality Monitoring Setup Using Arduino and MQ Series Sensors With Dataset Analysis,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 165, pp. 322–327, 2019.
- [13] M. F. Woishe, N. Sultana, T. Z. Bristy, N. A. Khan, and MD. T. Ahad, “A Secured Model of IoT-based Smart Gas Detecting and Automatic Alarm System,” *Int. J. Comput. Inf. Syst. IJCIS*, vol. 3, no. 2, pp. 45–50, Apr. 2022.
- [14] A. S. Nadaf, “Gas leakage detector using Arduino with SMS Alert,” vol. 3, no. 5, 2022.
- [15] P. Joglekar, P. Kokane, S. Kokse, and H. Malani, “GAS LEAKAGE DETECTOR,” vol. 09, no. 12, 2022.
- [16] T. C. Miller, S. D. Morgera, S. E. Sadow, A. Takshi, and M. Palm, “Electronic Nose With Detection Method for Alcohol, Acetone, and Carbon Monoxide in Coronavirus Disease 2019 Breath Simulation Model,” *IEEE Sens. J.*, vol. 21, no. 14, pp. 15935–15943, Jul. 2021.
- [17] Q. Ding, D. Zhao, J. liu, and Z. Yang, “Detection of fruits in warehouse using Electronic nose,” *MATEC Web Conf.*, vol. 232, p. 04035, 2018.
- [18] HANWEI ELECTRONICS CO.,LTD, “TECHNICAL DATA MQ-135 GAS SENSOR.” [Online]. Available: <http://www.hwsensor.com>
- [19] Triadmodjo B, *Metode Numerik*. Beta Offset, 2002.

Ari: Analisis Grafik Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-135 untuk Menentukan Persamaan Hubungan antara ppm dan R_s/R_o