

A CHARACTERISTICS OF LINEARITY AND SENSITIVITY IN MEASURING THE MQ-4 SENSOR ON GAS LINE LEAKAGE

Arif Harjanto¹, Fatkhul Hani Rumawan², Didit Suprihanto³, Haviluddin*⁴, Bangkit Bekti Nurdianto⁵

^{1,2,3,5}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Indonesia

⁴Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Indonesia

Email: ¹arif.harjanto@ft.unmul.ac.id, ²f_hani_r@ft.unmul.ac.id, ³didit.suprihanto@ft.unmul.ac.id,
⁴haviluddin@unmul.ac.id, ⁵bangkitbn@gmail.com

(Naskah masuk: 18 Maret 2022, Revisi : 30 Maret 2022, diterbitkan: 25 April 2022)

Abstract

A natural gas utilization with a domestic house-gas pipeline is essential. However, the house-gas installation pipe can cause a dangerous leak, so the house-gas leak detector is requires. This study aims to build and analyze a leak detector for natural gas flow on the stove using the MQ-4 gas sensor based on the house-gas linearity and sensitivity characteristics levels in the air with a threshold of 1000 ppm. Based on experimental, the sensor linearity value for the detected house-gas has been obtained in a correlation coefficient of 0.99 which indicates the sensor is quite sensitive in order to the house-gas detected. Then, the sensor sensitivity value has been acquired with the regression equation $Y = -0.00449 + (0.000481)X$ which means the voltage value at 0 ppm is around -0.00449 volts and increase at each ppm are 0.000481 volts with a value of 0.000481 volts with the effectiveness of the tools reaches 100%. Therefore, the study shown that the detection tools and systems can work properly.

Keywords: House-gas Pipeline, Linearity, Sensitivity, MQ-4 Sensor, Natural Gas.

PENGUKURAN KEPEKAAN SENSOR GAS MQ-4 TERHADAP KEBOCORAN ALIRAN GAS BERDASARKAN KARAKTERISTIK LINEARITAS DAN SENSITIVITAS

Abstrak

Pemanfaatan gas alam dengan penggunaan jaringan gas rumah sangat diperlukan. Namun demikian instalasi jaringan gas rumah yang dapat mengakibatkan kebocoran gas yang membahayakan sehingga memerlukan sebuah alat pendeteksi kebocoran gas. Penelitian ini bertujuan membangun dan menganalisa alat pendeteksi kebocoran aliran gas alam pada kompor dengan menggunakan sensor gas MQ-4 berdasarkan karakteristik linearitas dan sensitivitas kadar gas di udara dengan ambang batas 1000 ppm. Berdasarkan hasil pengujian telah didapatkan nilai linearitas sensor terhadap gas yang terdeteksi dalam bentuk koefisien korelasi sebesar 0,99 yang menandakan sensor cukup peka terhadap gas terdeteksi, dan nilai sensitivitas sensor dengan persamaan regresi $Y = -0,00449 + (0,000481)X$ yang berarti nilai tegangan pada 0 ppm sekitar -0,00449 volt dan kenaikan tegangan pada setiap ppm adalah sebesar 0,000481 volt dengan nilai efektifitas alat mencapai 100%. Hasil penelitian memperlihatkan alat dan sistem deteksi dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci: Gas Alam, Jaringan Gas Rumah, Linearitas, Sensitivitas, Sensor MQ-4.

1. PENDAHULUAN

Hampir seluruh pulau di Indonesia memiliki kekayaan persediaan sumber daya alam (SDA) berupa gas cukup melimpah. Gas alam merupakan salah satu bahan bakar fosil tidak terbarukan yang berasal dari pelapukan tanaman, hewan, dan mikroorganisme yang terpendam di kerak bumi selama jutaan tahun dari dalam perut bumi. Dimana, unsur pembentuk gas alam yang sangat dominan adalah CH₄ (*Metana*). Sehingga, pemanfaatan gas

alam sebagai pengganti konsumsi bahan bakar minyak (BBM) sangat diperlukan (Ajiboye et al., 2021; Carrillo-Amado et al., 2020). Berdasarkan siaran pers dari Kementerian Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 028.Pers/04/SJI/2021 tertanggal 19 Januari 2021 telah dinyatakan bahwa cadangan gas alam sebesar 19,9 tahun. Hal ini menegaskan bahwa gas alam merupakan salah satu potensi yang dapat dimanfaatkan oleh negara dan masyarakat Indonesia [1].

Provinsi Kalimantan Timur merupakan salah satu wilayah penghasil gas alam terbesar di Indonesia. Dimana, terdapat empat wilayah kota dan kabupaten terdiri dari Kota Samarinda, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kabupaten Penajam Paser Utara, dan yang terbesar di Kota Bontang. Sumber gas alam tersebut terpusat dalam Blok Mahakam yang dikelola oleh Pertamina, Badak NGL, Pupuk Kaltim, dan Indominco Mandiri. Sedangkan, di Kota Bontang terdapat salah satu kilang gas alam berbentuk *Liquified Natural Gas* (LNG) terbesar di dunia. Lebih lanjut, produksi Gas Bumi dari tahun 2018-2020 sebesar 693.955,19 dalam ribu *Million British Thermal Unit* atau MMBTU [2]. Sehingga di beberapa kota dan kabupaten gas alam tersebut dimanfaatkan dan disalurkan melalui pipa-pipa distribusi ke rumah-rumah masyarakat.

Di Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur telah terpasang sekitar 3.750 sambungan pipa ke rumah-rumah penduduk melalui saluran pipa utama yang tersambung dengan meteran gas dan kompor. Saluran pipa yang tersambung dengan kompor dihubungkan oleh sebuah selang karet yang biasa digunakan untuk menyambungkan kompor gas dengan gas tabung.

Oleh karena itu, perawatan terhadap saluran gas tersebut sangat diperlukan untuk mencegah terjadinya kebocoran seperti putus sambungan pipa yang berakibat gas terbuang dan menyengat jika tercium bahkan beracun, meledak serta kebakaran. Hal ini disebabkan oleh sifat gas alam berupa *Metana* dalam sebuah ruangan 5%-15% atau lebih sangat berbahaya [3].

Saat ini, alat pendeteksi kebocoran gas yang telah ada menggunakan beberapa sensor gas sebagai pendeteksi kebocoran gas di udara. Sensor yang sering digunakan sebagai pendeteksi kebocoran gas salah satunya adalah keluarga sensor gas MQ untuk mendeteksi sesuatu unsur gas yang berada bebas di udara.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun sebuah alat pendeteksi kebocoran aliran gas alam yang disalurkan pada rumah warga serta melakukan pengukuran alat tersebut. Hal ini diharapkan agar warga dapat merasa aman dalam menggunakan jaringan gas dalam aktivitas sehari-hari. Artikel ini terdiri dari empat bagian. Bagian pertama, motivasi penulisan ini. Bagian kedua adalah menjelaskan metodologi yang digunakan. Bagian ketiga adalah menjelaskan hasil percobaan. Bagian terakhir adalah kesimpulan dan saran dari percobaan dan rencana penelitian selanjutnya.

2. METODE PENELITIAN

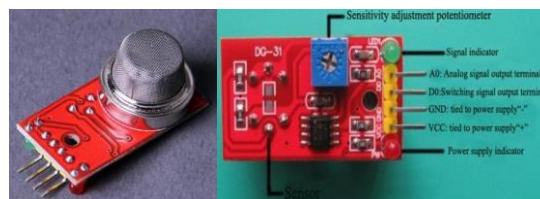
2.1. Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, alat pendeteksi kebocoran aliran gas alam pada kompor telah ditetapkan yang terdiri dari (a) 1 unit mikrokontroler Arduino Nano; (b) 1 unit sensor MQ-4; (c) 1 unit modul relai 5 V

DC; (d) 1 unit LCD 1602; (e) 1 unit modul I2C; (f) 1 unit *motor servo* MG366R; (g) 1 unit *exhaust fan* ukuran 20 cm x 20 cm; (h) 8 buah led 3 mm; (i) 8 buah *resistor* 1 KOhm; (j) 1 unit *buzzer* aktif; (k) kabel *jumper male-female*; (l) kabel diameter 2 mm; (m) 4 buah baterai AA; (n) 1 buah kotak baterai AA 4 pin; (o) 1 buah baterai aki 6V; (p) 1 buah saklar on/off; (q) 1 buah kayu triplek ukuran 1 m x 1 m; (r) 1 buah besi alumunium 20 cm x 1,5 cm x 1 cm; (s) 1 buah kayu balok ukuran 60 cm x 3 cm x 3 cm; (t) timah *solder*; dan (u) *loftet/pasta solder*.

2.2. Sensor MQ-4

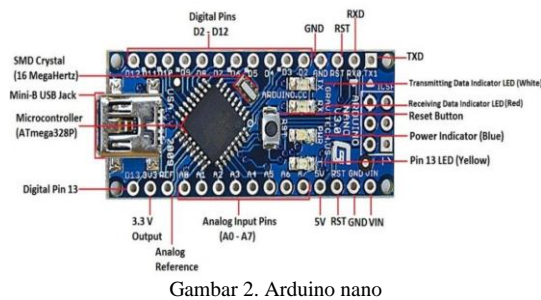
Sensor gas adalah sesuatu komponen elektronika yang berfungsi untuk mendeteksi jumlah gas pada sesuatu kondisi. Sensor gas terbagi menjadi dua jenis yaitu berdasarkan komponen dan kepekaan. Salah satu sensor gas adalah sensor gas seri MQ menggunakan sebuah komponen pemanas kecil di dalamnya dengan sensor elektro-kimia sebagai pengukur berbagai jenis kombinasi gas [4]–[6]. Dalam penelitian ini, sensor MQ-4 telah digunakan sebagai sensor pendeteksi gas *Metana* adalah SnO₂ selain itu juga untuk *Propane* dan *Butana*. Sensor MQ-4 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sensor MQ-4

2.3. Mikrokontroler Arduino Nano

Mikrokontroler adalah sebuah sistem mikroprosesor di dalamnya terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, *clock* dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi dengan baik dan dikemas dalam satu *chip* yang siap pakai. Salah satu mikrokontroler adalah Arduino yang merupakan sebuah alat elektronik yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Menurut Massimo Banzi pada tahun 2012 salah satu pendiri dan pembuat Arduino merupakan sebuah *platform hardware opensource* yang memiliki I/O yang sederhana. Secara umum, Arduino dibagi menjadi dua bagian utama yaitu *hardware* merupakan papan yang berisi I/O dan *software* yang meliputi *Integrated Development Environment* (IDE) untuk menuliskan program yang diunggah ke dalam *board* Arduino [7]–[11]. Bentuk Arduino nano dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Arduino nano

2.4. Liquid Crystal Display (LCD) dan I2C

Liquid Crystal Display atau LCD adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan sebuah data, baik karakter, huruf ataupun grafik pada sebuah layar tampilan. LCD tersedia dalam bentuk modul yang terdiri dari tampilan LCD beserta rangkaian pendukung termasuk ROM dan lainnya. LCD mempunyai pin data, kontrol catu daya dan pengaturan kontras tampilan yang dipasangkan pada mikrokontroler.

Sedangkan, *Inter Integrated Circuit* atau I2C adalah sebuah standar komunikasi serial dua arah yang menggunakan dua buah saluran utama yaitu *Serial Clock (SCL)* dan *Serial Data (SDA)* untuk menerima atau mengirim data. Modul I2C bekerja pada tegangan 2,5 sampai 6 volt dengan arus sebesar kurang dari 10µA. Fungsi utama dari modul I2C adalah sebagai *expander* atau pemekar yang berguna untuk mengurangi pemakaian pin pada mikrokontroler [7], [12]–[14]. LCD dan I2C dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. LCD dan I2C

2.5. Teknik Linearitas

Dalam penelitian ini, teknik karakteristik linieritas sensor yang merupakan hubungan antara masukan dan keluaran berupa garis lurus yang kontinu telah diterapkan. Dalam mengukur linearitas dan hubungan antara variabel bebas x (gas) dengan variabel terikat y (tegangan) untuk mengetahui koefisien korelasinya [15]. Teknik linearitas menggunakan Persamaan (1).

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{(\sum_{i=1}^n x_i^2)(\sum_{i=1}^n y_i^2)} \quad (1)$$

Dimana, r adalah koefisien korelasi; x adalah variabel x (kadar gas dalam PPM); y adalah variabel y (tegangan dalam volt).

Dalam penelitian ini, aturan hubungan variabel berdasarkan koefisien korelasi yang telah diterapkan terdiri dari $r_{xy} = 0,00$ adalah tidak ada hubungan;

$0,00 < r_{xy} \leq 0,20$ adalah sangat rendah; $0,20 < r_{xy} \leq 0,40$ adalah rendah; $0,40 < r_{xy} \leq 0,70$ adalah cukup; $0,70 < r_{xy} \leq 0,90$ adalah tinggi; $0,90 < r_{xy} \leq 1,00$ adalah sangat tinggi; r_{xy} adalah sempurna.

2.6. Teknik Sensitivitas

Dalam penelitian ini, teknik sensitivitas sensor untuk menunjukkan kepekaan sensor terhadap setiap kenaikan parameter yang diukur. Hal tersebut ditunjukkan saat tanggapan sensor linear maka untuk setiap kenaikan tersebut akan memiliki sensitivitas yang sama [16], [17]. Teknik pengujian sensitivitas sensor menggunakan Persamaan (2).

$$y = a + b_x$$

$$b = \frac{\sum(x.y)}{\sum(x^2)} \quad (2)$$

$$a = Y_{rata} - b.X_{rata}$$

Dimana, y adalah tegangan (volt); a adalah ordinat pada $x = 0$; b adalah kemiringan garis regresi.

2.7. Pengukuran Akurasi

Dalam penelitian ini, pengukuran akurasi teknik linearitas dan sensitivitas telah menggunakan metode kesalahan. Akurasi teknik linearitas dan sensitivitas menggunakan Persamaan (3).

$$error = \frac{\text{nilai asli} - \text{nilai uji}}{\text{nilai asli}} \times 100\% \quad (3)$$

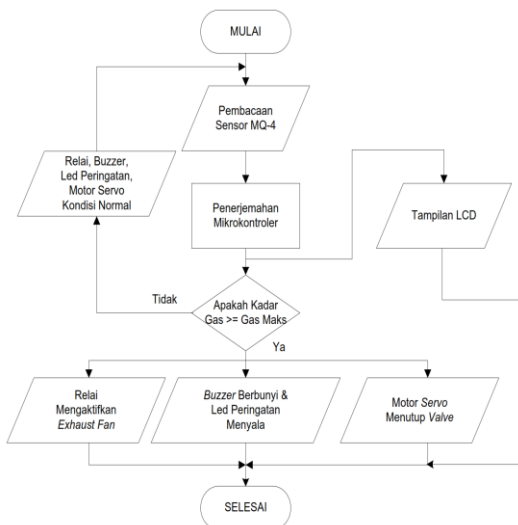
Dimana, nilai selisih tegangan hitung (nilai asli) dan ukur (nilai uji).

Dalam penelitian ini, prinsip kerja alat dimulai dengan pembacaan sensor MQ-4 terhadap udara di sekitar sensor. Ketika udara di sekitar sensor terdapat kandungan gas metana, sensor kemudian bereaksi dengan meningkatkan nilai resistansi pemanas kimia dan mempengaruhi tegangan keluaran (VRL). Kemudian, tegangan diubah sebagai sinyal input untuk mikrokontroler Arduino Nano menjadi sinyal ADC yang dikonversi menjadi besaran satuan jumlah *Part Per Million (ppm)*. Lebih lanjut, nilai kadar gas yang diperoleh, dibandingkan dengan nilai kadar gas maksimum yang sebelumnya telah diprogramkan ke dalam mikrokontroler yaitu 1000 ppm. Nilai tersebut digunakan berdasarkan nilai ambang batas bahaya kadar *Metana* diudara bebas adalah sebesar 15% atau lebih. Nilai 1000 ppm setara dengan sekitar 13% kadar *Metana* diudara, sehingga alat bekerja sebelum kondisi berbahaya terjadi untuk mengantisipasi terjadinya ledakan.

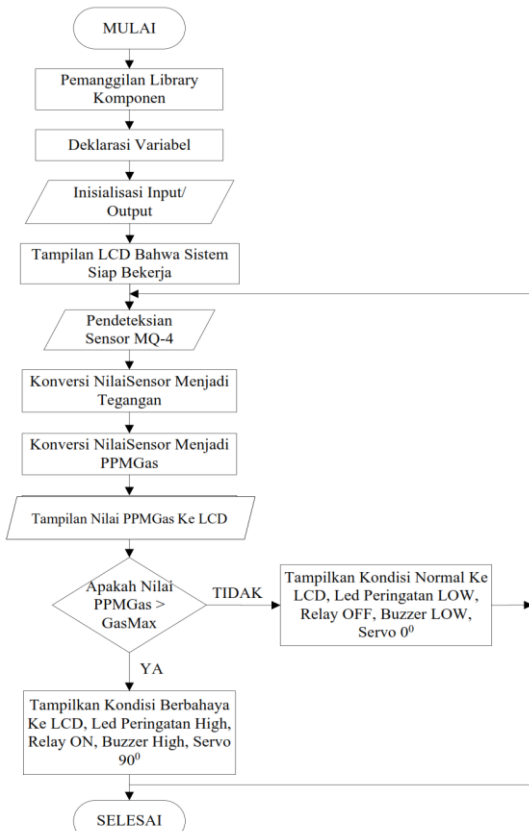
Ketika kondisi nilai kadar gas \geq nilai kadar gas maksimum, maka mikrokontroler kemudian memberikan sinyal *high* terhadap *output* dan tanda kondisi bahaya pada tampilan LCD. Sehingga

mengaktifkan *fan exhaust*, *buzzer* berbunyi, LED menyala, dan motor *servo* berputar menutup *valve* pipa gas. Sedangkan, ketika kondisi nilai kadar gas \leq nilai kadar gas maksimum maka mikrokontroler memberikan sinyal *low* terhadap *output* dan tanda kondisi normal pada tampilan LCD serta sistem kembali menuju pembacaan sensor MQ-4. Oleh karena itu, sistem selalu dalam keadaan *standby* selama terdapat sumber tegangan ke sistem alat pendeteksi kebocoran gas.

Adapun, alur kerja alat deteksi kebocoran gas yang telah diterapkan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur kerja alat deteksi kebocoran gas



Gambar 5. Alur kerja sistem deteksi kebocoran gas

Secara prinsip, *software* Arduino IDE sebagai media pemrograman Arduino Nano telah digunakan. Dalam penelitian ini, pemrograman telah menggunakan library LCD, I2C, dan *motor servo* untuk menginisialisasi pin-pin komponen yang terhubung dengan mikrokontroler terdiri dari pin sensor, pin LED, pin *buzzer*, pin relai, dan pin *servo*. Adapun, variabel inisialisasi yang telah digunakan terdiri dari variabel PPMGas, GasMax, Tegangan, NilaiSensor, dan pendefinisian kondisi relai. Kemudian, perhitungan akurasi telah dilakukan dengan perhitungan konversi input sensor menjadi besaran lain seperti tegangan, kadar gas, dan hasil perhitungan ADC. Sehingga nilai tegangan dan kadar gas (ppm) diperoleh. Adapun, alur kerja sistem kebocoran gas dapat dilihat pada Gambar 5.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini menerangkan hasil rancangan alat dan model penerapan serta pengukuran sensor MQ-4. Dalam percobaan ini, alat pendeteksi kebocoran aliran gas alam pada kompor yang dirancang terdiri dari beberapa komponen yaitu mikrokontroler Arduino Nano, sensor MQ-4, relai 1 *channel*, LCD 16 x 2 dengan I2C, *buzzer*, *fan exhaust* DC, *motor servo*, LED peringatan, dan baterai telah diimplementasikan, Gambar 6. Dimana, sensor MQ-4 disuplai dengan tegangan stabil 5V DC dan arus minimal 150 mA agar dapat bekerja dengan optimal juga telah diimplementasikan. Dalam percobaan ini, sensor MQ-4 dijalankan dengan waktu pemanasan elemen sensor selama 1-2 menit hingga 48 jam untuk mendapatkan hasil pengukuran yang stabil telah dilakukan.

Dalam percobaan ini, hasil pengolahan masukkan pada mikrokontroler pada LCD 16 x 2 yang berisikan informasi kadar gas dan kondisi terdeteksi telah ditampilkan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Skema penerapan sensor deteksi kebocoran gas



Gambar 7. Pengujian sensor MQ-4

Selanjutnya, untuk memastikan sensor MQ-4 bekerja pada beberapa kondisi dengan baik telah dilakukan pengukuran. Berdasarkan percobaan, bahwa nilai kadar gas dipengaruhi oleh jarak sensor dan kondisi gas yang berada di udara dan mempengaruhi tegangan sebesar 2187 ppm telah diperoleh. Sedangkan, nilai kadar gas dan tegangan terkecil terjadi pada jarak 5 cm dan putaran pemantik 10° dengan nilai kadar gas sebesar 405 ppm. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian sensor MQ-4

Percobaan Ke -	Jarak (cm)	Pemantik (°)	Kadar gas (ppm)	Nilai ADC	volt
1	0	10	1.775	195	0,85
2	0	30	1.854	206	0,92
3	0	50	2.115	235	1,04
4	0	70	2.133	237	1,02
5	0	90	2.151	239	1,03
6	0	110	2.187	243	1,05
7	1	10	729	81	0,31
8	1	30	810	90	0,35
9	1	50	828	92	0,37
10	1	70	945	105	0,38
11	1	90	1.125	125	0,51
12	1	110	1.305	145	0,64
13	2	10	450	50	0,24
14	2	30	486	54	0,23
15	2	50	522	58	0,25
16	2	70	558	62	0,24
17	2	90	621	69	0,27
18	2	110	675	75	0,33
19	3	10	513	57	0,22
20	3	30	594	66	0,26
21	3	50	666	74	0,29

Percobaan Ke -	Jarak (cm)	Pemantik (°)	Kadar gas (ppm)	Nilai ADC	volt
22	3	70	693	77	0,30
23	3	90	711	79	0,32
24	3	110	801	89	0,29
25	4	10	495	55	0,24
26	4	30	504	56	0,23
27	4	50	630	70	0,31
28	4	70	657	73	0,30
29	4	90	693	77	0,30
30	4	110	792	88	0,33
31	5	10	405	45	0,19
32	5	30	432	48	0,20
33	5	50	441	49	0,21
34	5	70	459	51	0,22
35	5	90	477	53	0,22
36	5	110	486	54	0,22

Kemudian, pengujian respons dan kondisi sensor gas MQ-4 untuk mencari selisih antara rata-rata tegangan ukur dan hitung juga telah diterapkan. Dimana, pengukuran tegangan keluaran sensor gas dengan multimeter telah diperoleh. Sedangkan, tegangan hitung telah diperoleh berdasarkan nilai ADC dari (Tabel 1). Berdasarkan percobaan, semakin besar nilai ADC maka nilai konsentrasi gas semakin besar. Sedangkan, kondisi sensor berdasarkan selisih nilai rata-rata tegangan hitung dan ukur sebesar sebesar 2,4% telah diperoleh. Hal ini berarti bahwa respon sensor telah sesuai dengan rancangan. Hasil pengujian respon dan kondisi sensor gas MQ-4 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian respon dan kondisi sensor MQ-4

Percobaan Ke -	Jarak (cm)	Pemantik (°)	Kadar gas (ppm)	Nilai ADC	Tegangan Ukur (volt)	Tegangan Hitung (volt)
1	0	10	1.755	195	0,85	0,84
2	0	30	1.854	206	0,92	0,89
3	0	50	2.115	235	1,04	1,01
4	0	70	2.133	237	1,02	1,02
5	0	90	2.151	239	1,03	1,03
6	0	110	2.187	243	1,05	1,05
7	1	10	729	81	0,31	0,35
8	1	30	810	90	0,35	0,39
9	1	50	828	92	0,37	0,40
10	1	70	945	105	0,38	0,45
11	1	90	1.125	125	0,51	0,54
12	1	110	1.305	145	0,64	0,62
13	2	10	450	50	0,24	0,22
14	2	30	486	54	0,23	0,23
15	2	50	522	58	0,25	0,25
16	2	70	558	62	0,24	0,27
17	2	90	621	69	0,27	0,30
18	2	110	675	75	0,33	0,32
19	3	10	513	57	0,22	0,24
20	3	30	594	66	0,26	0,28
21	3	50	666	74	0,29	0,31
22	3	70	693	77	0,30	0,32
23	3	90	711	79	0,32	0,33
24	3	110	801	89	0,29	0,37
25	4	10	495	55	0,24	0,23
26	4	30	504	56	0,23	0,24
27	4	50	630	70	0,31	0,29
28	4	70	657	73	0,30	0,31
29	4	90	693	77	0,30	0,32
30	4	110	792	88	0,33	0,37
31	5	10	405	45	0,19	0,19
32	5	30	432	48	0,20	0,20
33	5	50	441	49	0,21	0,21

34	5	70	459	51	0,22	0,21
35	5	90	477	53	0,22	0,22
36	5	110	486	54	0,22	0,23
Rata-rata			881	98	0,41	0,42

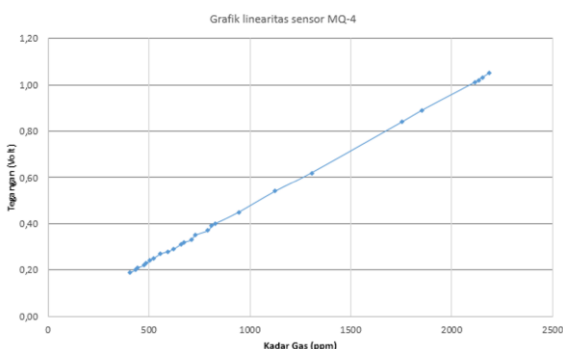
Kemudian, pengujian berbasis linearitas dan sensitivitas terhadap sensor gas MQ-4 juga telah dilakukan. Dalam percobaan ini, pengujian karakteristik sensor telah dilakukan untuk mencari nilai kadar gas rata-rata (X_{rata}), nilai tegangan rata-rata (Y_{rata}), nilai simpangan kadar gas terhadap kadar gas rata-rata ($x=(X-X_{rata})$), nilai simpangan tegangan

terhadap tegangan rata-rata ($y=(Y-Y_{rata})$), nilai simpangan ppm kuadrat (x^2), nilai simpangan tegangan kuadrat (y^2), dan nilai perkalian simpangan kadar gas dan simpangan tegangan (x_y). Hasil pengujian karakteristik sensor MQ-4 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik sensor MQ-4

Percobaan Ke -	X (ppm)	Y (volt)	$x=(X-X_{rata})$	$y=(Y-Y_{rata})$	x^2	y^2	x_y
1	405	0,19	-604	-0,29	364.816	0,0841	175,16
2	432	0,20	-577	-0,28	332.929	0,0784	161,56
3	441	0,21	-568	-0,27	322.624	0,0729	153,36
4	477	0,22	-532	-0,26	283.024	0,0676	138,32
5	486	0,23	-523	-0,25	273.529	0,0625	130,75
6	504	0,24	-505	-0,24	255.025	0,0576	121,2
7	522	0,25	-487	-0,23	237.169	0,0529	112,01
8	558	0,27	-451	-0,21	203.401	0,0441	94,71
9	594	0,28	-415	-0,20	172.225	0,04	83
10	621	0,29	-388	-0,19	150.544	0,0361	73,72
11	657	0,31	-352	-0,17	123.904	0,0289	59,84
12	675	0,32	-334	-0,16	111.556	0,0256	53,44
13	711	0,33	-298	-0,15	88.804	0,0225	44,7
14	729	0,35	-280	-0,13	78.400	0,0169	36,4
15	792	0,37	-217	-0,11	47.089	0,0121	23,87
16	810	0,39	-199	-0,09	39.601	0,0081	17,91
17	828	0,40	-181	-0,08	32.761	0,0064	14,48
18	945	0,45	-64	-0,03	4.096	0,0009	1,92
19	1.125	0,54	116	0,06	13.456	0,0036	6,96
20	1.305	0,62	296	0,14	87.616	0,0196	41,44
21	1.755	0,84	746	0,36	556.516	0,1296	268,56
22	1.854	0,89	845	0,41	714.025	0,1681	346,45
23	2.115	1,01	1.106	0,53	1.223.236	0,2809	586,18
24	2.133	1,02	1.124	0,54	1.263.376	0,2916	606,96
25	2.151	1,03	1.142	0,55	1.304.164	0,3025	628,1
26	2.187	1,05	1.178	0,57	1.387.684	0,3249	671,46
Jumlah	25.812	12,3	-422	-0,18	9.671.570	2,2384	4.652,46
Rata-rata	992,769	0,47	-16,23	-0,01			

Selanjutnya, pengujian linearitas hubungan kadar gas dan tegangan sensor telah dilakukan menggunakan persamaan regresi linier. Dalam percobaan ini, kadar gas dan tegangan bernilai besar begitupun sebaliknya telah dihasilkan. Hal ini berarti kedua variabel telah memiliki korelasi kuat sekali dengan nilai koefisien sebesar 0,9999 telah diperoleh. Pola hubungan antara kadar gas dan tegangan sensor dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil pola kadar gas dan tegangan sensor

Lebih lanjut, sensitivitas kepekaan sensor terhadap kadar gas di udara telah diuji. Berdasarkan percobaan, nilai *zero of set* dari tegangan sebesar 0,00449 volt dengan rentang pengukuran sensor MQ-4 300 ppm hingga 10.000 ppm telah diperoleh. Sedangkan, nilai sensitivitas sensor sebesar 0,000481 ppm/volt telah didapatkan. Hal ini berarti bahwa setiap kenaikan 1 ppm telah terjadi kenaikan sebesar 0,000481 volt pada tegangan sensor.

Dalam percobaan ini, pengujian relai melalui indikator LED (menyala dan tidak) masing-masing selama 5 detik berdasarkan input (W_0) dan ($\Delta W1$) juga telah dikerjakan. Hasil pengujian relay dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 9.

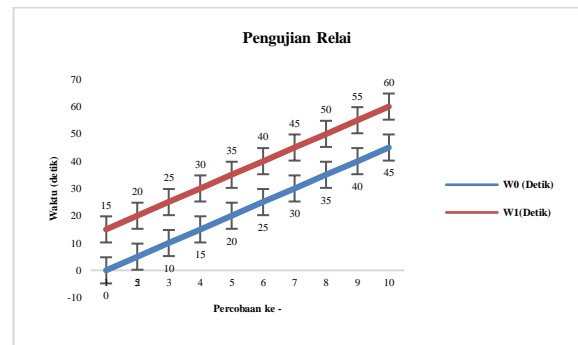
Dalam percobaan ini, pengujian kinerja keseluruhan alat dengan observasi langsung telah dilakukan. Pengujian dilakukan dengan kondisi fisik dan respons telah dikerjakan.

Dimana, penempatan kondisi alat telah sesuai kemudian saat kadar gas ≤ 1000 ppm maka kondisi sistem normal (tidak berbahaya) telah didapatkan. Sedangkan, saat kadar gas ≥ 1000 ppm maka kondisi

sistem bahaya sehingga sistem alat akan merespon dengan mengaktifkan *buzzer*, LED peringatan, *fan exhaust*, dan *motor servo* akan menutup *valve* telah terbukti.

Tabel 4. Hasil pengujian relay

Percobaan Ke-	W ₀ (Detik)	Kondisi LED	W ₁ (Detik)
1	0	Tidak Aktif	15
2	5	Aktif	20
3	10	Tidak Aktif	25
4	15	Aktif	30
5	20	Tidak Aktif	35
6	25	Aktif	40
7	30	Tidak Aktif	45
8	35	Aktif	50
9	40	Tidak Aktif	55
10	45	Aktif	60



Gambar 9. Grafik hasil pengujian relay

Tabel 5. Hasil pengujian keseluruhan alat

Percobaan Ke-	Kadar Gas (ppm)	Tampilan LCD	Buzzer	Relai	LED Peringatan
1	432	Normal	Tidak Aktif	Tertutup	Tidak Aktif
2	855	Normal	Tidak Aktif	Tertutup	Tidak Aktif
3	1260	Bahaya	Aktif	Terbuka	Aktif
4	2142	Bahaya	Aktif	Terbuka	Aktif

4. KESIMPULAN

Penerapan sensor MQ-4 dalam mendeteksi kebocoran aliran gas berdasarkan karakteristik linearitas dan sensitivitas telah diimplementasikan. Dimana, alat pendeteksi utama kebocoran aliran gas alam pada kompor yang telah ditetapkan terdiri dari mikrokontroler Arduino nano, sensor MQ-4, modul relay 5 V DC, LCD 1602, modul I2C, *motor servo* MG366R, *exhaust fan* ukuran 20 cm x 20 cm, dan LED 3 mm.

Adapun skema penelitian yang telah ditetapkan terdiri dari menentukan komponen dan prinsip kerja alat dengan kondisi GasMaks yaitu 1000 ppm (13%) kadar gas udara, perangkaian komponen-komponen elektronika dan program, dan terakhir adalah melakukan pengujian.

Berdasarkan percobaan, nilai *error* 2,4% antara data nilai tegangan hitung dan ukur sensor MQ-4 telah diperoleh. Sedangkan, nilai linearitas sensor berdasarkan koefisien korelasi (r_{xy}) sebesar 0,9999 juga telah diperoleh. Hal ini berarti bahwa hubungan antara nilai kadar gas terdeteksi sensor dengan nilai tegangan sensor adalah sangat erat dan berbanding lurus (linear). Sedangkan, nilai sensitivitas sensor memiliki pola regresi *Pearson* $Y = -0,00449 + 0,000481X$ telah didapatkan. Hal juga berarti bahwa sensor memiliki tegangan *zero of set* sebesar -0,00449 volt dan memiliki sensitivitas sebesar 0,000481 volt pada setiap kenaikan sebesar 1 ppm, sehingga sensor MQ-4 sesuai digunakan sebagai pendeteksi kebocoran gas yang disalurkan pada jaringan gas rumah.

Lebih lanjut, efektivitas kerja alat telah dilakukan 4 kali pengujian berdasarkan kadar kebocoran gas yang berbeda dengan nilai *error*

sebesar 0% (100%) telah diperoleh. Hal ini membuktikan bahwa alat memiliki tingkat keberhasilan baik berdasarkan respon output terhadap input masukan. Penerapan metode kecerdasan buatan untuk mengukur kinerja dan akurasi deteksi sensor MQ-4 merupakan target penelitian selanjutnya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ESDM, “Siaran Pers Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral No: 028.Pers/04/SJI/2021 Tanggal: 19 Januari 2021 - Menteri ESDM: Cadangan Minyak Indonesia Tersedia untuk 9,5 Tahun dan Cadangan Gas 19,9 Tahun,” 2021. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/menteri-esdm-cadangan-minyak-indonesia-tersedia-untuk-95-tahun-dan-cadangan-gas-199-tahun>.
- [2] BPS Kota Samarinda, “Indikator Kesejahteraan Rakyat Kota Samarinda 2019_2020,” pp. 99–117.
- [3] H. Lu, T. Iseley, S. Behbahani, and L. Fu, “Leakage detection techniques for oil and gas pipelines: State-of-the-art,” *Tunnelling and Underground Space Technology*, vol. 98. 2020, doi: 10.1016/j.tust.2019.103249.
- [4] I. S. P. Nagahage, E. A. A. D. Nagahage, and T. Fujino, “Assessment of the applicability of a low-cost sensor-based methane monitoring system for continuous multi-channel sampling,” *Environ. Monit. Assess.*, vol. 193, no. 8, 2021, doi: 10.1007/s10661-021-09290-w.
- [5] J. T. Sese *et al.*, “Effects of different adsorbent on methane reduction on a

- garbage bin using MQ4 Gas Sensor,” 2017, doi: 10.1109/ICCSCE.2016.7893617.
- [6] Y. Qi *et al.*, “Characterisation of the products of low temperature pyrolysis of Victorian brown coal in a semi-continuous/flow through system,” *Fuel*, vol. 234, pp. 1422–1430, 2018, doi: 10.1016/j.fuel.2018.07.109.
- [7] M. McRoberts, *Beginning Arduino*. 2013.
- [8] S. Ushasukhanya and S. Jothilakshmi, “Real-time human detection for electricity conservation using pruned-SSD and arduino,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 11, no. 2, pp. 1510–1520, 2021, doi: 10.11591/ijece.v11i2.pp1510-1520.
- [9] L. M. Silalahi, I. Kampono, A. D. Rochendi, M. Husni, R. Sutiadi, and D. P. P. Mbarep, “Pemantau Gas Metana, Suhu, dan Kelembaban sebagai Penyebab Efek Rumah Kaca Dipadang Lamun Berbasis Internet Of Things,” *KILAT*, vol. 10, no. 2, 2021, doi: 10.33322/kilat.v10i2.1349.
- [10] S. Rahman, “Use of closed loop system using arduino for different parameters in farming,” *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 9, no. 4, pp. 1373–1378, 2020, doi: 10.11591/eei.v9i4.2037.
- [11] B. Septian, M. Misbahuddin, and F. Arkan, “Freertos Based Air Quality Monitoring System Using Secure Internet of Things,” *J. Tek. Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 147–153, 2022, doi: 10.20884/1.jutif.2022.3.1.172.
- [12] O. O. Akinwale and T. T. Oladimeji, “Design and Implementation of Arduino Microcontroller Based Automatic Lighting Control with I2C LCD Display,” *J. Electr. Electron. Syst.*, vol. 07, no. 02, 2018, doi: 10.4172/2332-0796.1000258.
- [13] A. Arisudin, M. Yahya, and D. Erwanto, “Klasifikasi Aroma Teh Dengan Menggunakan Sensor Gas Berbasis Arduino Uno,” *JASEE J. Appl. Sci. Electr. Eng.*, vol. 2, no. 02, 2021, doi: 10.31328/jasee.v2i02.198.
- [14] Dickson Kho, “Pengertian LCD (Liquid Crystal Display) dan Prinsip Kerja LCD,” *Teknik Elektronika*, 2021. .
- [15] F. M. Saimi, F. M. Hamzah, M. E. Toriman, O. Jaafar, and H. Tajudin, “Trend and linearity analysis of meteorological parameters in peninsular Malaysia,” *Sustain.*, vol. 12, no. 22, 2020, doi: 10.3390/su12229533.
- [16] C. U. Greven *et al.*, “Sensory Processing Sensitivity in the context of Environmental Sensitivity: A critical review and development of research agenda,” *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, vol. 98, 2019, doi: 10.1016/j.neubiorev.2019.01.009.
- [17] F. Pianosi, F. Sarrazin, and T. Wagener, “A Matlab toolbox for Global Sensitivity Analysis,” *Environ. Model. Softw.*, vol. 70, 2015, doi: 10.1016/j.envsoft.2015.04.009.