

Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis *Internet of Things*

Toni Nur Hakim¹, Moh. Farid Susanto²

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : toni.nur.tcom416@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : mfarids@polban.ac.id

ABSTRAK

Bersumber dari RPJMD (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah) Kota Bandung tahun 2018-2023, permasalahan dan isu-isu daerah tentang lingkungan hidup sehat menyatakan bahwa ada permasalahan terkait kualitas air dan udara. Penyumbang polusi udara terbanyak adalah dari asap kendaraan bermotor dengan pertumbuhan kendaraan di Kota Bandung mengalami peningkatan rata-rata 11% setiap tahunnya. Untuk membantu pengawasan permasalahan tersebut dibutuhkan sebuah alat yang dapat memantau kualitas udara. Sebagai penerapan dari *Internet Of Things*, target yang dicapai sistem monitoring kualitas udara yang dibuat telah dapat menjadi prototipe pemantau dari permasalahan isu lingkungan hidup sehat tentang kualitas udara di Kota Bandung. Pemantauan dilakukan secara online melalui platform IoT Thingspeak. Alat ini menerapkan teori hukum ohm pada perhitungan konversi pembacaan data, dengan sensor MQ sebagai detektor gas CO, NO, O₃. DHT22 sebagai sensor suhu dan kelembaban, dan ATmega328 sebagai mikrokontroler. Menggunakan teknologi GPRS (*General Packet Radio Service*) sebagai media komunikasi yang memiliki konsumsi daya dan data cukup kecil. Alat ini dapat diterapkan sebagai purwarupa untuk pemantauan di daerah jalan yang memiliki intensitas kendaraan cukup banyak.

Kata Kunci

ATmega328P, GPRS, Hukum Ohm, Internet Of Things, Sistem Monitoring Kualitas Udara.

1. PENDAHULUAN

Wakil Gubernur Jawa Barat Uu Ruzhanul Ulum mengatakan bahwa penyumbang polusi udara terbesar di Jawa Barat adalah kendaraan bermotor yang kini jumlahnya mencapai belasan juta unit [1].

Menurut data Dinas Perhubungan Kota Bandung, saat ini kendaraan roda dua di Kota Bandung sebanyak 1.251.080 unit. Sedangkan roda empat berjumlah 536.973 unit [2].

Bersumber dari RPJMD (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah) Kota Bandung tahun 2018 – 2023, permasalahan dan isu – isu tentang lingkungan hidup sehat menyatakan bahwa selain yang berkenaan dengan sampah, juga ada permasalahan terkait kualitas air dan udara [3].

Informasi monitoring kualitas udara pada suatu wilayah dapat diperoleh melalui sensor-sensor yang nilainya diolah menggunakan program pada suatu mikrokontroler dan dikirimkan ke web untuk disimpan menjadi suatu data. Data tersebut dapat diolah sebagai prediksi / perkiraan permasalahan yang lebih spesifik terkait isu yang melatarbelakangi dibuatnya sistem monitoring ini. Data sensor tersebut ditransmisikan langsung ke web melalui media tanpa kabel (*wireless*) menggunakan modul GPRS (*General Packet Radio Service*). Seluruh sensor dan modul komunikasi diintegrasikan dan

dikendalikan oleh mikrokontroler jenis ATmega 328P.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hukum Ohm

Hukum Ohm merupakan hukum yang mungkin paling terkenal dari semua hukum, teori, dan prinsip-prinsip ilmu kelistrikan. Hukum Ohm membentuk titik awal dalam studi tentang rangkaian listrik, yang ditemukan oleh George Simon Ohm (1789-1854) dan telah menjadi suatu kehormatan miliknya dalam sejarah ilmu pengetahuan [4]. Hukum Ohm menyatakan bahwa arus (I) yang mengalir melalui konduktor sebanding dengan tegangan (V) yang diterapkan di atasnya:

$$I = V/R \quad (1)$$

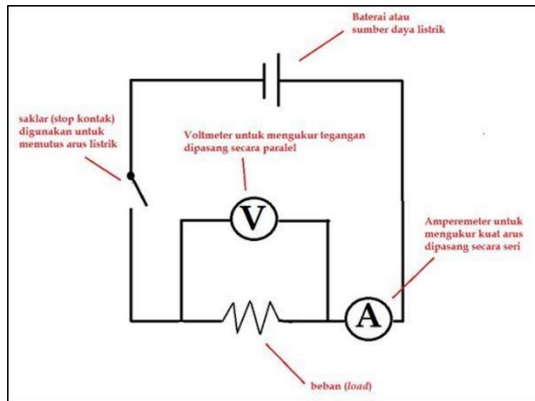
Persis seperti bunyi dari Hukum Ohm yang banyak diketahui, yaitu “Kuat arus dalam suatu rangkaian berbanding lurus dengan tegangan pada ujung-ujung rangkaian dan berbanding terbalik dengan hambatan rangkaian”.

Untuk menghitung besar tegangan listrik, rumus (1) digunakan menjadi :

$$V = I \times R \quad (2)$$

Untuk menghitung besar hambatan konduktor, rumus (2) digunakan menjadi :

$$R = V/I \quad (3)$$



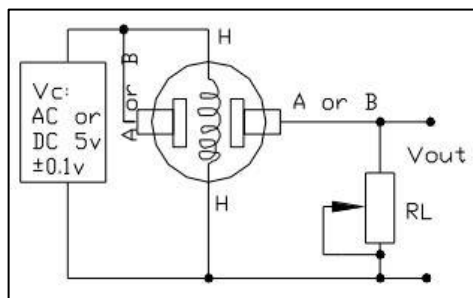
Gambar 1. Rangkaian listrik.

Gambar 1 menunjukkan posisi untuk mengukur tegangan dan arus pada sebuah rangkaian listrik menggunakan alat ukur kelistrikan voltmeter dan amperemeter. Dari Gambar 1, dapat diasumsikan jika arus yang mengalir pada rangkaian terlalu besar untuk dapat diterima beban, maka berdasarkan hukum Ohm digunakan satu komponen listrik yang bernama resistor. Resistor merupakan salah satu komponen kelistrikan yang berfungsi sebagai penghambat arus pada suatu rangkaian listrik yang menyebabkan arus listrik mengalir lebih kecil.

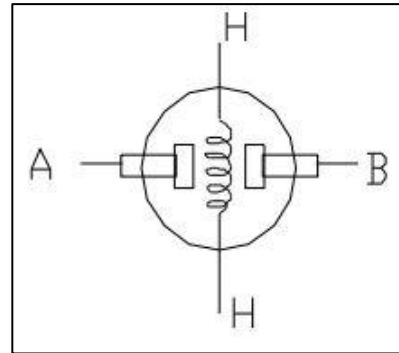
2.2 Teknologi Pendukung

2.2.1 Sensor Gas MQ

Sensor gas berfungsi untuk mengukur konsentrasi gas di suatu lingkungan. Ada berbagai jenis sensor, tergantung pada gas apa yang ingin diukur. Sensor MQ memiliki resistor variabel bawaan yang mengubah nilainya sesuai dengan konsentrasi gas. Jika konsentrasinya tinggi, resistensi menurun. Jika konsentrasi rendah, resistensi meningkat. Selain resistor bawaan, diperlukan resistor beban yang berfungsi untuk menyesuaikan sensitivitas dan akurasi sensor. Nilainya dapat berkisar dari 2k Ohm hingga 47k Terakhir, ada resistor bawaan lain yang digunakan untuk heater sensor. Heater digunakan untuk mengatur suhu yang dibutuhkan sensor agar bekerja dengan baik.



Gambar 2. Skematik MQ Sensor.



Gambar 3. Pinout MQ Sensor.

Gambar 2 merupakan skema rangkaian dasar dari sebuah sensor MQ. MQ sensor hanya memiliki empat koneksi seperti pada Gambar 3.

2.2.2 DHT Sensor

DHT adalah sebuah sensor buatan AOSONG Corporation yang berfungsi untuk mendeteksi suhu dan kelembaban. Sensor ini telah terkalibrasi tanpa membutuhkan komponen lain untuk pengukuran [6]. DHT memiliki 2 versi sensor. Keduanya terlihat sama dan memiliki jumlah pin yang sama yaitu 4 pin, namun memiliki karakteristik yang berbeda. Perbedaan karakteristik kedua versi sensor DHT ini terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan sensor DHT seri 11 dan 22.

DHT	11	22
Operating Voltage	3 to 5V	3 to 5V
Max Operating Current	2.5mA max	2.5mA max
Humidity Range	20-80% / 5%	0-100% / 2-5%
Temperature Range	0-50°C / ± 2°C	-40 to 80°C / ± 0.5°C
Sampling Rate	1 Hz (reading every second)	0.5 Hz (reading every 2 seconds)
Body size	15.5mm x 12mm x 5.5mm	15.1mm x 25mm x 7.7mm
Advantage	Ultra low cost	More Accurate

2.2.3 ATMEGA328

ATMega328 adalah Mikrokontroler AVR 8-bit 28 Pin, yang diproduksi oleh Microchip, mengikuti RISC Architecture dan memiliki memori program jenis flash 32KB. Memiliki memori EEPROM 1KB dan memori SRAM-nya adalah 2KB, 8 pin untuk operasi ADC yang semuanya tergabung dalam satu port, yaitu PortA (PA0 - PA7). Memiliki 3 timer built-in, dua di antaranya adalah timer 8 bit

sedangkan yang ketiga adalah *timer 16 Bit*. Beroperasi mulai dari 3.3V hingga 5.5V tetapi kebanyakan pengguna menggunakan 5V sebagai standar [7]. Fitur unggulannya adalah efisiensi biaya, disipasi daya rendah, kunci pemrograman untuk tujuan keamanan, *real time counter* dengan osilator terpisah. ATmega328 biasanya digunakan dalam sebuah *embedded* sistem, salah satunya adalah Arduino UNO.

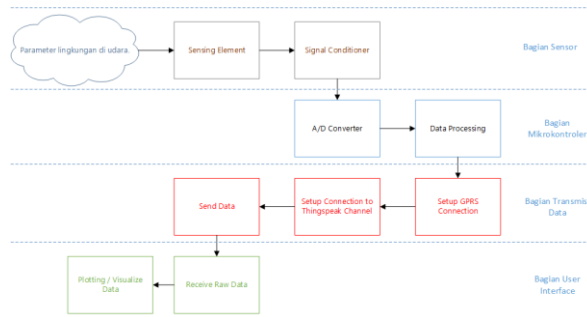
2.2.4 GPRS

GPRS adalah sebuah teknologi komunikasi seluler / bergerak generasi 2.5 setelah generasi kedua yaitu *GSM (General Sistem for Mobile)*. *GPRS* merupakan sistem transmisi berbasis paket untuk *GSM* yang menggunakan prinsip '*tunnelling*' dengan modulasi *GMSK (Gaussian Modulation Shift Keying)*. *GPRS* menawarkan laju data yang lebih tinggi mencapai 160 kbps dibandingkan *GSM* dengan 9,6 kbps. Kanal-kanal radio ganda dialokasikan untuk seorang pengguna. Kanal yang sama dapat pula digunakan dengan berbagi antar pengguna sehingga menjadi sangat efisien. Dari segi biaya, harga mengacu pada volume penggunaan. Penggunanya ditarik biaya dalam kaitannya dengan banyaknya *byte* yang dikirim atau diterima, tanpa memperdulikan panggilan [8].

3. PERANCANGAN

3.1 Blok Diagram Sistem

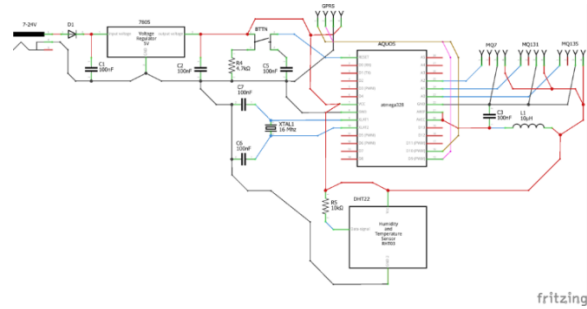
Diagram blok sistem pengukur kualitas udara ini merupakan gambaran cara kerja sistem tersebut. Diagram blok sistem tersebut tergambar pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Blok Sistem.

3.2 Skema Elektronik Sistem

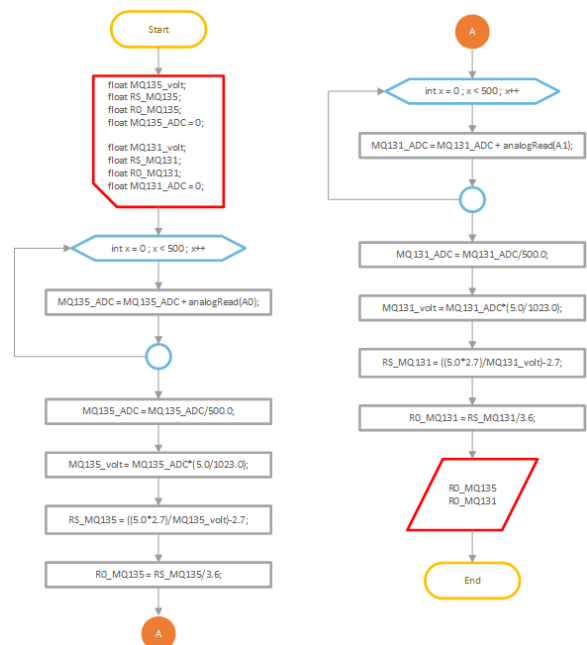
Diagram blok Gambar 4 dikembangkan menjadi skema perancangan sistem, khususnya pada bagian kendali / mikrokontroler yaitu merancang modul minsys ATmega328P.



Gambar 5. Skema Elektronik Sistem.

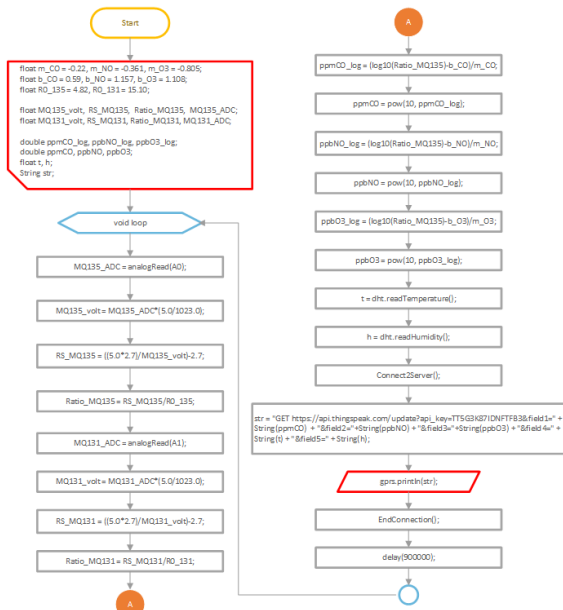
Setelah merangkai skema pada Gambar 5, rangkaian diintegrasikan dengan modul *GSM* untuk mengirimkan data ke *Thingspeak*.

3.3 FLOW CHART PROGRAM



Gambar 6. Diagram alir kalibrasi MQ sensor.

Gambar 6 merupakan diagram alir untuk menghitung nilai R_0 pada sensor MQ131 dan MQ135. Nilai R_0 ini diperlukan sebagai pembanding untuk mengukur konsentrasi gas pada lingkungan yang berbeda, yaitu lingkungan yang memiliki konsentrasi gas yang diukur cukup tinggi atau kondisi udara yang kurang bersih.

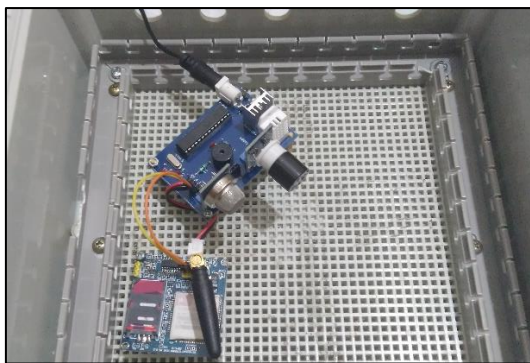


Gambar 7. Diagram alir sistem.

Gambar 7 merupakan diagram alir dari inti program yang mengendalikan proses pengukuran. Mulai dari deteksi, perhitungan konversi nilai gas, perhitungan konsentrasi gas, hingga pengiriman seluruh data pengukuran gas, suhu dan kelembaban. Gas yang diukur hanya 3 jenis saja yaitu CO (karbon monoksida), NO (nitrogen monoksida), dan O3 (ozon). Karena pada sensor MQ135 hanya terdapat CO yang merupakan salah satu gas dari daftar ISPU (Indeks Standar Pencemaran Udara). NO dan O3 pada sensor MQ131 yang merupakan 2 gas dari daftar ISPU.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Sistem



Gambar 8. Realisasi Sistem Monitoring Kualitas Udara.

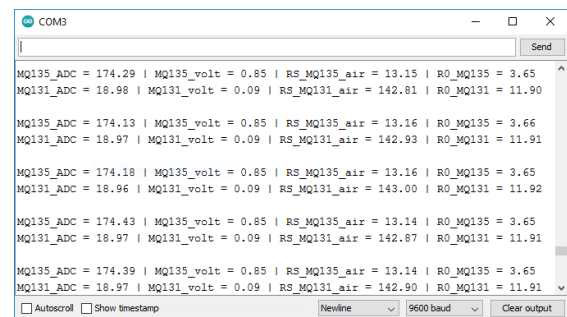
Gambar 8 menampilkan bentuk realisasi sistem yang dirancang. Untuk modul komunikasi GPRS memang sudah terpisah dikarenakan modul GPRS merupakan komponen embedded modul eksternal.

4.2 HASIL PENGUKURAN



Gambar 9. Hasil Pengukuran setelah modul direalisasi.

Hasil pengukuran gas menggunakan sistem yang direalisasi pada Gambar 9 merupakan nilai gas yang telah di konversi dari nilai ADC (*Analog to Digital Converted*) ke dalam satuan ppm (*part per million*) dan ppb (*part per billion*). Satuan ppm digunakan untuk gas CO mengacu pada *datasheet* dari MQ135 sendiri. Sedangkan satuan ppb digunakan untuk gas NO dan O3 mengacu pada *datasheet* dari MQ131 yang menggunakan ppb sebagai satuan dari gas yang terdapat dari MQ131 sendiri.



Gambar 10. Output kalibrasi.

Gambar 10 menampilkan keluaran dari program / *script code* bagian kalibrasi MQ Sensor. Keluaran ini ditampilkan pada *serial monitor* arduino IDE. Nilai R0 yang didapatkan untuk masing – masing sensor adalah sebagai berikut.

R0 (MQ135) = 3,65 kΩ
R0 (MQ131) = 11,91 kΩ

Nilai dari kedua R0 ini didapatkan setelah dilakukan 26 jam pre-heat. Hal ini dilakukan untuk memastikan sensor gas berfungsi lebih baik. Sebagaimana yang tertera pada *datasheet* yang menyarankan untuk melakukan *pre-heat over 24 hours*.

Tabel 2 Hasil pengukuran kualitas udara, suhu dan kelembaban.

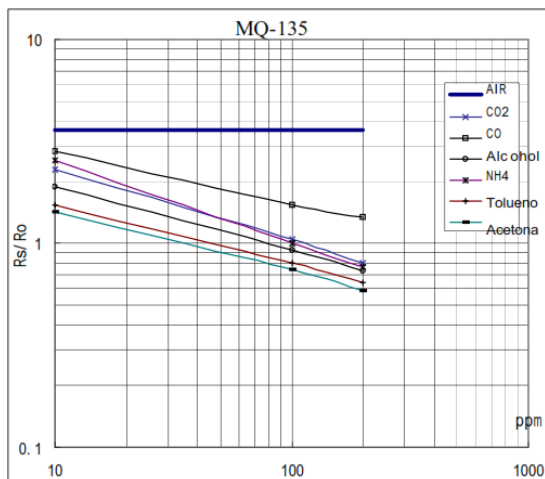
Entry id	CO (ppm)	NO (ppb)	O3 (ppb)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	1.18	41.24	4.61	28.3	64
2	1.19	41.26	4.61	28.3	63.1
3	1.17	41	4.6	28.2	63.4
4	1.09	39.3	4.51	28.1	63.6

Entry id	CO (ppm)	NO (ppb)	O3 (ppb)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
5	1.09	39.3	4.51	27.8	63.9
6	1.06	38.45	4.47	27.7	64.1
7	1.05	38.41	4.46	27.7	64.4
8	1.01	37.43	4.41	27.6	64.3
9	1.14	40.26	4.56	27.5	64.4
10	1.14	40.27	4.56	27.4	64.7

Tabel 2 menampilkan sebagian dari nilai – nilai hasil pengukuran gas CO, NO, O3, suhu, dan kelembaban menggunakan modul/sistem yang dibuat ini. Nilai – nilai gas tersebut dikonversi dari nilai ADC (*Analog to Digital Converted*) ke satuan dari masing-masing sensor, yaitu ppm (*part per million*) untuk MQ135 dan ppb (*part per billion*) untuk MQ131.

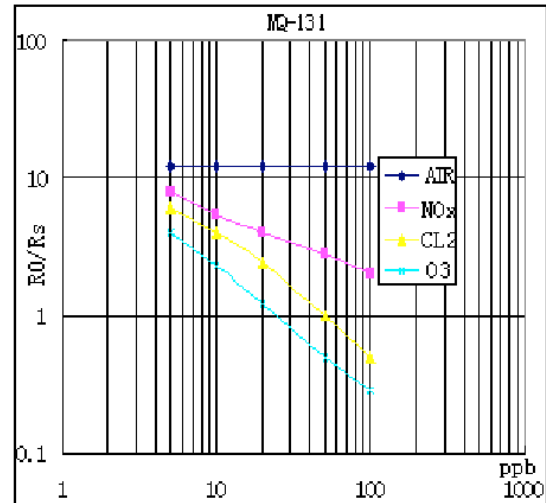
4.3 Pembahasan Rumus

Gambar 12 menampilkan hubungan konsentrasi gas dalam satuan *part per million* (ppm) dengan rasio resistansi sensor (R_S / R_0) MQ135. Sedangkan Gambar 13 menampilkan hubungan konsentrasi gas dalam *part per billion* (ppb) dengan rasio resistansi sensor (R_S / R_0) MQ131. R_S adalah resistansi sensor yang berubah sesuai konsentrasi gas yang diukur, dan R_0 adalah resistansi sensor pada konsentrasi yang diketahui tanpa kehadiran gas lain, atau di ruang hampa.

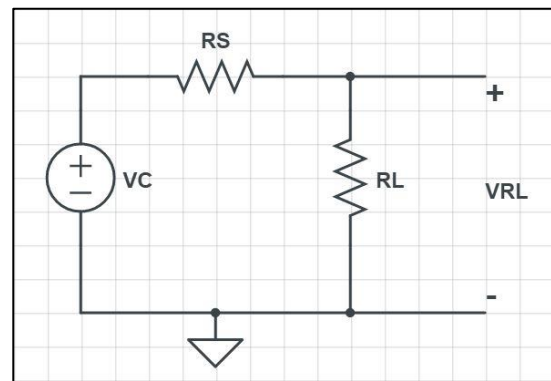


Gambar 11. Karakteristik gas dari sensor MQ135.

Rumus untuk menemukan R_S dapat diperoleh menggunakan Hukum Ohm $V = I \times R$. Di mana V adalah tegangan, I adalah arus, dan R adalah resistansi. Jika dilihat pada rangkaian dari Gambar 3, bahwa hubungan R_S yang merupakan resistor antara pin A dan B, dengan R_L adalah seri. Jika disederhanakan, rangkaian pada Gambar 3 menjadi rangkaian seperti yang ditunjukkan Gambar 13.



Gambar 12. Karakteristik gas pada sensor MQ131.



Gambar 13. Sirkuit sederhana sensor MQ.

Untuk menghitung I pada rangkaian Gambar 14, maka :

$$I = VC / (RS + RL) \quad (4)$$

Tegangan *output* pada resistor beban (V_{RL}) menggunakan nilai yang diperoleh dari persamaan I (4) dan hukum Ohm.

$$V = I \times R$$

$$V_{RL} = [VC / (RS + RL)] \times RL$$

$$V_{RL} = (VC \times RL) / (RS + RL) \quad (5)$$

Dengan persamaan V_{RL} (5), maka untuk mendapatkan R_S dapat dihitung:

$$V_{RL} \times (RS + RL) = VC \times RL$$

$$(V_{RL} \times RS) + (V_{RL} \times RL) = VC \times RL$$

$$(V_{RL} \times RS) = (VC \times RL) - (V_{RL} \times RL)$$

$$RS = [(VC \times RL) - (V_{RL} \times RL)] / V_{RL}$$

$$RS = [(VC \times RL) / V_{RL}] - RL \quad (6)$$

Rumus R_S (IV.5) akan membantu menemukan nilai resistansi sensor untuk gas pada kondisi yang berbeda / berubah.

Dari grafik pada Gambar 11 dan Gambar 12, dapat dilihat bahwa rasio tahanan dari masing – masing sensor MQ135 dan MQ131 di ruang hampa adalah konstan, yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}RS / R0 (MQ135) &= 3.6 \text{ ppm} \\RS / R0 (MQ131) &= 12 \text{ ppb}\end{aligned}$$

Maka untuk menghitung R0 diperlukan nilai RS di ruang hampa, yaitu dengan mengambil pembacaan rata-rata analog (nilai ADC) dari sensor dan mengubahnya menjadi tegangan. Kemudian menggunakan rumus RS untuk menemukan R0.

Meskipun hubungan antara rasio resistansi dan konsentrasi gas mungkin tampak linier, namun pada kenyataannya tidak demikian. Karena, jika garis diasumsikan seolah-olah linier, dapat digunakan suatu rumus yang secara linier menghubungkan rasio dan konsentrasi. Dengan demikian, dapat ditemukan konsentrasi gas pada nilai rasio apa pun bahkan di luar batas grafik. Rumus yang akan digunakan adalah persamaan sebuah garis, yaitu:

$$y = mx + b \quad (7)$$

Dimana:

y : nilai Y
x : nilai X
m : Slope garis
b : Y intercept

Untuk skala log-log dengan log adalah basis 10, rumusnya seperti ini:

$$\log(y) = m * \log(x) + b \quad (8)$$

Dalam menemukan slope, diperlukan untuk memilih 2 poin dari grafik karakteristik. Dalam kasus ini, dipilih poin (10, 2.9) dan (200, 1.5) dari jalur CO pada Gambar 12. Sedangkan untuk NO dipilih poin (4, 8) dan (100, 2.5), dan O3 dipilih poin (4,4) dan (100, 0.3) pada Gambar 13. Rumus untuk menghitung m (slope) adalah sebagai berikut :

$$m = [\log(y) - \log(y_0)] / [\log(x) - \log(x_0)] \quad (9)$$

Jika diterapkan aturan logaritmik *quotient*, yaitu logaritmik yang hasil antara $x^{\frac{a}{b}} = x^{a-b}$. Bentuk persamaan dapat diubah menjadi sebagai berikut.

$$m = \log(y/y_0) / \log(x/x_0) \quad (10)$$

Selanjutnya nilai untuk x, x0, y, dan y0 diisi berdasarkan titik / poin dari masing – masing gas yang diambil :

$$\begin{aligned}m(CO) &= \log(1.5/2.9) / \log(200/10) \\m(CO) &= -0.22 \\m(NO) &= \log(2.5/8) / \log(100/4) \\m(NO) &= -0.361 \\m(O3) &= \log(0.3/4) / \log(100/4) \\m(O3) &= -0.805\end{aligned}$$

Setelah mendapat nilai m, menghitung nilai intersep y (b). Untuk menghitungnya, diperlukan untuk memilih satu titik lagi dari masing – masing grafik MQ135 untuk CO, MQ131 untuk NO dan O3. Dalam kasus ini, dipilih titik (100, 1.4) untuk CO,

titik (50, 3.5) untuk NO, dan titik (50, 0.55) untuk O3. Nilai – nilai tersebut diterapkan pada persamaan 8, yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\log(y) &= m * \log(x) + b \\b &= \log(y) - m * \log(x) \\b(CO) &= \log(1.4) - (-0.22) * \log(100) \\b(CO) &= 0.59 \\b(NO) &= \log(3.5) - (-0.361) * \log(50) \\b(NO) &= 1.157 \\b(O3) &= \log(0.55) - (-0.805) * \log(50) \\b(O3) &= 1.108\end{aligned}$$

Setelah memiliki m dan b, nilai konsentrasi gas untuk setiap rasio dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\log(x) = [\log(y) - b] / m \quad (11)$$

Namun, untuk mendapatkan nilai sebenarnya dari konsentrasi gas sesuai dengan plot log-log, diperlukan untuk menemukan *inverse* dari log x yaitu :

$$x = 10 ^{\{[\log(y) - b] / m\}} \quad (12)$$

Perhitungan ini terinspirasi dari tim dari *Jaycon System* yang meneliti cara kerja dari MQ gas sensor [5].

5. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, dan pengujian hasil realisasi Sistem Monitoring Kualitas Udara ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem monitoring kualitas udara yang dibuat terealisasi 100% sesuai dengan rancangan yang dibuat. Sensor MQ135, MQ131, dan DHT22 dapat mengukur setiap parameter udara yang telah ditentukan, yaitu CO, NO, O3, suhu, dan kelembaban.
2. Integrasi sistem monitoring kualitas udara dengan SIM900A sebagai alat komunikasi data secara machine to machine dapat direalisasikan. Thingspeak channel yang digunakan dapat menampilkan data yang diukur.
3. Penerapan Hukum Ohm pada perhitungan konversi nilai analog sensor MQ135 dan MQ131 dapat diterapkan. Dengan menerapkan hukum Ohm, didapatkan nilai tahanan beban sensor (RS), tahanan awal beban pada kondisi udara bersih atau ruang hampa (R0), rasio tahanan RS/R0.
4. Sistem monitoring kualitas udara ini dapat digunakan sebagai prototype (purwarupa) pemantau kualitas udara di daerah jalan yang terdapat lalu lintas cukup ramai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. P. L. H. K. Bandung, 2016. [Online]. Available:

- <http://aqms.bandung.go.id/portal/faq#apaituispu>.
- [2] A. Lukihardianti and C. , Juli 2019. [Online]. Available: <https://www.republika.co.id/berita/nasional/daerah/19/07/26/pv8eji459-kendaraan-bermotor-disebut-sumbang-polusi-terbesar-di-jabar>.
- [3] H. B. JABAR, "Raperda RPJMD Kota Bandung 2018-2023," 6 Maret 2019. [Online]. Available: <http://bappeda.jabarprov.go.id/documents/raperda-rpjmd-kota-bandung-2018-2023/>.
- [4] M. S. Gupta, "Georg Simon Ohm and Ohm's Law," IEEE Transactions On Education, 1980, pp. 156-162.
- [5] M. A. Califa, Y. Carrillo, G. Contreras and M. Rodriguez, "Understanding A Gas Sensor," Jaycon System, 1 Mei 2019. [Online]. Available: <https://jayconsystems.com/blog/understanding-a-gas-sensor>. [Accessed 17 Juli 2020].
- [6] S. DHT, 2019. [Online]. Available: <https://lastminuteengineers.com/dht11-dht22-arduino-tutorial/>.
- [7] S. Z. Nasyir, Agustus 2017. [Online]. Available: <https://www.theengineeringprojects.com/2017/08/introduction-to-atmega328.html>.
- [8] A. Kadir and T. Terra Ch, Pengenalan Teknologi, Yogyakarta: Andi, 2003.
- [9] D. Andriyawan, "Pertumbuhan Kendaraan di Bandung 11% Per Tahun," 02 Oktober 2018. [Online]. Available: <https://bandung.bisnis.com/read/20181002/549/1114194/pertumbuhan-kendaraan-di-bandung-11-per-tahun>.