



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| ISSN : 2460 – 5263 (online) | ISSN : 2443 – 4167 (print)

Peningkatan Akurasi Pengukuran Kadar Gas CO pada Node Sensor Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Kompensasi Kesalahan

Heri Subagiyo¹, Welliya Randa², Retno Tri Wahyuni³ dan Memen Akbar⁴

¹Politeknik Caltex Riau, Program Studi Teknik Elektronika, email: heri@pcr.ac.id

²Politeknik Caltex Riau, Program Studi Teknik Elektronika, email: welliyaranda@alumni.pcr.ac.id

³Politeknik Caltex Riau, Program Studi Teknik Elektronika, email: retnotri@pcr.ac.id

⁴Politeknik Caltex Riau, Program Studi Teknik Komputer, email: memen@pcr.ac.id

[1] Abstrak

Selama dua dekade terakhir, telah terjadi perubahan kualitas udara di Indonesia, dari salah satu negara paling bersih menjadi salah satu dari dua puluh negara paling berpolusi. Untuk memantau kualitas udara tersebut, suatu sistem monitoring kualitas udara multi node sensor telah dikembangkan. Namun demikian, makalah yang membahas bagaimana metode peningkatan akurasi pengukuran parameter kualitas udara belum banyak ditemukan. Padahal akurasi sangat penting dalam pengukuran. Makalah ini membahas peningkatan akurasi node sensor MQ-7 pada sistem monitoring kualitas udara untuk mendapatkan akurasi pengukuran kadar gas Karbon Monoksida (CO) yang lebih baik. Tahapan peningkatan akurasi ini dimulai dengan melakukan pengujian komparasi data, antara alat ukur yang dirancang dengan alat standar operasional BMKG Pekanbaru yang digunakan sebagai tolak ukur. Tujuan dari proses ini untuk mendapatkan nilai koreksi dari hasil keluaran alat, yang nantinya digunakan sebagai nilai kompensasi kesalahan. Pada penelitian ini terjadi peningkatan akurasi alat ukur sebesar 79,86% dari penelitian sebelumnya, yaitu dari 19,74% menjadi 99,60%. Dengan demikian peningkatan akurasi pengukuran kadar gas Karbon Monoksida (CO) pada sistem monitoring kualitas udara telah menunjukkan hasil yang lebih baik dari penelitian sebelumnya.

Kata kunci: Akurasi, Pengukuran, Kompensasi, Karbon Monoksida, Sensor MQ-7

[2] Abstract

Over the past two decades, there has been a change in air quality in Indonesia, from one of the cleanest countries to one of the twenty most polluting countries. To monitor the air quality, an air quality monitoring system has been developed. However, there are not many papers that discuss how to improve the accuracy of measuring air quality parameters. Though accuracy is very important in measurement. This paper discusses improving the accuracy of the MQ-7 sensor in the air quality monitoring system to get a better measurement accuracy of Carbon Monoxide (CO) gas levels. The stage of increasing this accuracy begins with testing the comparison of data between the measuring instruments designed and the standard operational equipment of the BMKG Pekanbaru which is used as a benchmark. The purpose of this process is to get the correction value, which will be used as an error compensation value. In this study, there was an increase in the accuracy of measuring instruments by 79.86% from the previous study, from

19.74% to 99.60%. Thus, the increase in the accuracy of the measurement of carbon monoxide (CO) gas levels in the air quality monitoring system has shown better results than previous research.

Keywords: Accuracy, Measurement, Compensation, Carbon Monoxide, MQ-7 Sensor

1. Pendahuluan

Udara adalah salah satu komponen lingkungan yang merupakan kebutuhan paling mendasar bagi seluruh umat manusia dan makhluk hidup lain. Udara bersih dapat meningkatkan kesehatan, vitalitas, daya tahan tubuh, dan dapat memperpanjang harapan hidup seseorang. Sebaliknya udara yang tercemar dapat menimbulkan gangguan kesehatan sampai dengan kematian [1].

Dalam World Air Quality Report 2019 dilaporkan bahwa data terbaru yang dikumpulkan oleh IQAir mengungkap peringkat kota-kota di dunia yang paling tercemar di seluruh dunia sepanjang 2019. Dalam laporan global itu, IQAir menyoroti bahwa tingkat polusi udara meningkat sepanjang tahun 2019 sebagai akibat dari perubahan iklim seperti badai pasir, kebakaran hutan, dan polusi akibat urbanisasi kota yang sangat cepat seperti yang terjadi di wilayah Asia Tenggara [2]. Selama dua dekade terakhir, Indonesia telah memperlihatkan perubahan yang dramatis pada kualitas udaranya. Dari tahun 1998 hingga 2016, Indonesia beralih dari salah satu negara paling bersih di dunia menjadi salah satu dari dua puluh negara paling berpolusi, karena konsentrasi polusi partikulat udaranya meningkat 171 persen [3].

Pengembangan sistem monitoring kualitas udara menggunakan multi node sensor telah dikembangkan di Politeknik Caltex Riau. Namun demikian, akurasi hasil pengukuran tiap parameter udara belum mendapatkan perhatian. Padahal akurasi sangat penting dalam setiap sistem pengukuran. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang akurasi sistem pengukuran yang telah dikembangkan dan bagaimana cara untuk meningkatkannya.

Penelitian tentang monitoring kualitas udara terutama untuk daerah perkotaan telah dilakukan oleh beberapa peneliti, di antaranya [4] dan [5]. Penelitian tentang monitoring kualitas udara juga telah dilakukan di Politeknik Caltex Riau, diantaranya adalah [6], dan [7]. Jenis parameter kualitas udara yang diukur pada beberapa penelitian tersebut pada umumnya belum lengkap seperti standar parameter udara yang ditetapkan dalam ISPU, yaitu karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), oksidan dalam bentuk ozon (O₃), nitrogen dioksida (NO₂), dan partikulat berukuran 10 µm (PM₁₀).

Penelitian node sensor untuk sistem monitoring kualitas udara secara lengkap telah dikembangkan oleh [8]. Namun demikian, akurasi hasil pengukuran belum mendapatkan perhatian utama dalam beberapa penelitian diatas. Fokus penelitian terutama berkisar pada bagaimana keseluruhan data parameter berhasil dikirimkan dan visualisasi data dilakukan.

Penelitian sistem pengukuran kualitas udara yang membahas akurasi sepanjang penulis ketahui belum banyak. Diantara yang ada adalah [9]. Namun demikian, jumlah parameter yang diukur hanya dua buah. Pembahasan akurasi hasil pengukuran dalam penelitian tersebut juga hanya pada satu parameter dan tidak dibahas tentang bagaimana upaya peningkatan akurasi yang telah dilakukan.

Oleh karena itu, pada makalah ini dipaparkan tentang bagaimana peningkatan akurasi alat ukur parameter kualitas udara. Kontribusi utama makalah ini adalah mengisi ruang pembahasan tentang bagaimana metode peningkatan akurasi pengukuran kualitas udara yang belum banyak ditemui pada makalah lain. Pada makalah ini, peningkatan akurasi sensor difokuskan pada satu parameter terlebih dahulu, yaitu gas CO. Parameter ini dipilih karena gas CO merupakan salah

satu kandungan emisi gas buang kendaraan bermotor yang dekat dengan kehidupan masyarakat terutama di daerah perkotaan [10].

2. Metode Penelitian

Tahapan peningkatan akurasi pada penelitian ini dilakukan dalam 3 (tiga) tahap, yaitu penggunaan *Web Plot Digitizer* sebagai alat bantu digital untuk memperoleh model awal persamaan karakteristik sensor, kalibrasi menggunakan alat ukur acuan, dan penambahan kompensasi pada model awal.

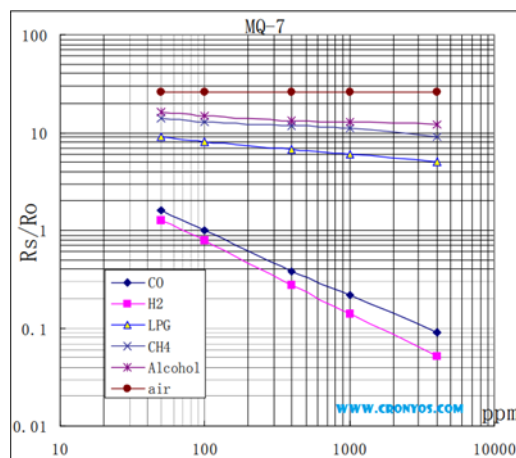
Apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [8] maka terdapat tiga perbedaan, yaitu penggunaan *Web Plot Digitizer*, kalibrasi menggunakan alat ukur, dan penambahan kompensasi. Ketiga hal tersebut belum dilakukan pada penelitian sebelumnya.

2.1 Pemodelan Awal Sensor

Persamaan matematik dituliskan menggunakan indent 1.2 cm, dengan penomoran yang berurutan dimulai dari 1. Nomor diposisikan sejajar margin kanan.

Peningkatan akurasi tahap pertama adalah mengubah metode pemodelan sensor. Pada penelitian sebelumnya [8], digunakan cara manual dalam mencari persamaan garis antara ppm dan R_s/R_o .

Hubungan antara ppm dan R_s/R_o yang digambarkan dalam datasheet karakteristik sensor MQ-7 (Gambar 1) adalah non-linier. Hal ini tampak pada kedua sumbu grafik yang merupakan fungsi logaritmis.



Gambar 1. Grafik Karakteristik Sensor MQ 7

Dalam penelitian sebelumnya, digunakan metode manual dalam menentukan titik perpotongan antara ppm dan R_s/R_o . Selain itu, hanya digunakan lima buah titik saja untuk menggambar karakteristik tersebut. Pada penelitian ini akan digunakan metode otomatis dalam menentukan titik perpotongan antara ppm dan R_s/R_o . Dimana dalam penentuan titik perpotongan tersebut mengarah pada grafik karakteristik berdasarkan data sheet sensor MQ-7.

Berdasarkan Gambar 1 dapat dicari persamaan garis $y = a \cdot x^b$ sedangkan untuk mencari ppm dapat digunakan persamaan $\text{ppm} = a \cdot (R_s/R_o)^b$. Persamaan yang menunjukkan hubungan ppm dan R_s/R_o ini merupakan model matematis dari sensor.

Pada metode ini, pertama menggunakan alat bantu *Web Plot Digitizer* untuk mencari titik perpotongan antara ppm dengan R_s/R_o . Penentuan titik perpotongan ini dilakukan dengan cara

mengklik pada titik yang dilalui grafik MQ-7. Kemudian nilai pada titik perpotongannya akan didapatkan secara otomatis.

Setelah nilai perpotongan antara ppm dengan R_s/R_o didapatkan maka selanjutnya adalah mencari nilai koefisien a dan b menggunakan *Power Regression Calculator*.

Persamaan model sensor yang diperoleh dengan cara diatas merupakan persamaan konversi nilai R_s/R_o menjadi ppm, yaitu

$$PPM_{CO} = 97,741 \times (R_s/R_o)^{-1,529} \quad (1)$$

dimana PPM_{CO} adalah kadar gas CO dalam satuan ppm, R_s adalah resistansi sensor MQ-7 pada saat pengukuran dengan kondisi udara yang berbeda-beda, dan R_o adalah resistansi sensor MQ-7 pada kondisi udara bersih (830 Ω).

Resistansi sensor pada saat pengukuran (R_s) diperoleh menggunakan persamaan

$$R_s = ((V_c/V_{RL}) - 1)R_L \quad (2)$$

dimana V_c , V_{RL} , dan R_L masing-masing adalah tegangan rangkaian sensor (5 V), tegangan keluaran modul sensor, dan resistansi rangkaian modul sensor (1000 Ω).

Pembacaan tegangan keluaran modul sensor dilakukan melalui ADC internal mikrokontroler Arduino. Resolusi ADC internal ini adalah 10bit dengan tegangan referensi 5V. Sehingga untuk mendapatkan tegangan keluaran sensor (V_{RL}) dapat digunakan persamaan

$$V_{RL} = \left(\frac{Sensorvalue}{1024} \right) \times 5 \quad (3)$$

dimana *Sensorvalue* adalah nilai data digital hasil pembacaan keluaran sensor oleh mikrokontroler melalui ADC internal.

Persamaan (1) yang diperoleh kemudian digunakan untuk membuat ulang perhitungan konsentrasi gas (dalam satuan ppm) pada program mikrokontroler arduino pada penelitian [8] sebelumnya.

2.2 Pengujian Akurasi (Kalibrasi)

Tahap kedua dalam peningkatan akurasi sistem pengukuran yang dibuat adalah melakukan pengujian akurasi terhadap hasil pengukuran pada node sensor yang menggunakan model awal sensor. Model awal diperoleh dari tahap pertama. Dalam tahap ini hasil pengukuran sensor CO yang dibuat dibandingkan dengan alat uji acuan, yaitu alat ukur CO yang digunakan di Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Pekanbaru yang berlokasi di halaman perkantoran Gubernur Riau.



Gambar 2. Pengujian akurasi model awal sensor dengan alat ukur acuan

Pengukuran dilakukan pada tanggal 24 Agustus 2021 (Gambar 2). Data hasil pengukuran alat yang dibuat dalam penelitian ini dibandingkan dengan alat ukur acuan. Dari tahap ini diperoleh nilai rata-rata prosentase kesalahan atau *error*. Rata-rata persentase kesalahan ini kemudian digunakan sebagai kompensasi dalam tahap peningkatan akurasi berikutnya.

2.3 Penambahan Kompensasi Kesalahan

Tahap ketiga dalam peningkatan akurasi sistem pengukuran yang dibuat adalah menambahkan kompensasi kesalahan (*error compensation*) terhadap model awal sensor. Kompensasi selisih yang dimaksud adalah rata-rata prosentase selisih yang diperoleh dari tahap kedua. Dengan penambahan ini, diperoleh persamaan model sensor yang baru sebagai pengganti persamaan (1), sebagai berikut

$$PPM_{CO} = 97,741 \times (R_s/R_o)^{-1,529} + \%Error \quad (4)$$

Persamaan (4) yang merupakan persamaan model sensor terkompensasi kemudian digunakan pada program mikrokontroler untuk perhitungan konsentrasi gas (ppm).

2.4 Pengujian Akurasi Akhir

Sebagai tahap akhir dalam penelitian ini adalah melakukan pengujian akhir terhadap alat ukur gas CO pada node sensor yang dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat akurasi akhir dari node sensor MQ-7 yang dibuat pada penelitian ini. Pengujian dilakukan dengan metode komparasi data dengan alat standar operasional BMKG Pekanbaru. Pengujian juga dilakukan pada sistem yang dirancang pada penelitian sebelumnya untuk melihat perbandingan akurasi kedua node sensor.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Akurasi Model Awal

Berikut ini disajikan hasil pengujian akurasi model awal sensor. Dari data yang diperoleh dihitung persentase selisih (*error*) dan dicari nilai rata-ratanya.

Tabel 1. Hasil pengujian akurasi model awal sensor

NO	Tanggal & Waktu	Hasil Pengujian (PPM)		% Error
		Alat ukur acuan (BMKG)	Node Sensor (MQ 7)	
1	24/08/2021 11:20	323	286	11,60
2	24/08/2021 11:21	325	277	14,90
2	24/08/2021 11:22	318	250	21,24
3	24/08/2021 11:23	308	238	22,77
4	24/08/2021 11:24	303	230	24,20
5	24/08/2021 11:25	318	234	26,49
6	24/08/2021 11:26	348	238	31,64
7	24/08/2021 11:27	375	222	40,91
8	24/08/2021 11:28	383	222	42,15
9	24/08/2021 11:29	380	214	43,78
10	24/08/2021 11:30	371	210	43,48
Rata - rata				29,38

Dari data Tabel 1, diperoleh rata-rata kesalahan (*error*) sebesar 29,38%. Nilai inilah yang digunakan sebagai kompensasi kesalahan (*error compansation*) dan menjadi nilai variabel %Error pada persamaan model sensor terkompensasi di persamaan (4).

3.2 Hasil Pengujian Akurasi Model Sensor Terkompensasi

Berikut hasil pengujian akurasi alat ukur yang dibuat setelah persamaan model sensor diganti dengan model yang sudah ditambahkan kompensasi (model sensor terkompensasi pada persamaan (4)).

Tabel 2. Hasil pengujian akurasi model sensor terkompensasi

NO	Tanggal & Waktu	Hasil Pengujian (PPM)		% Error
		Alat ukur acuan (BMKG)	Node Sensor (MQ 7)	
1	24/08/2021 12:10	275	314,67	14,43
2	24/08/2021 12:11	275	277,71	0,99
2	24/08/2021 12:12	273	277,71	1,73
3	24/08/2021 12:13	270	288,05	6,69
4	24/08/2021 12:14	270	298,57	10,58
5	24/08/2021 12:15	276	277,71	0,62
6	24/08/2021 12:16	285	272,62	4,34
7	24/08/2021 12:17	300	282,86	5,71
8	24/08/2021 12:18	323	288,05	10,82
9	24/08/2021 12:19	341	282,86	17,05
10	24/08/2021 12:20	342	282,86	17,29
Rata - rata				8,20

Data hasil komparasi (Tabel 2) dari nilai kadar Carbon Monoksida (CO) alat ukur yang dibuat dalam penelitian ini dengan alat ukur acuan. Terlihat bahwa alat rancangan sudah dapat membaca nilai CO yang ada dengan baik. Nilai kadar CO yang terbaca oleh alat rancangan juga sudah mendekati kadar nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur acuan, dimana rata-rata persentase selisih sebesar 8,20%.

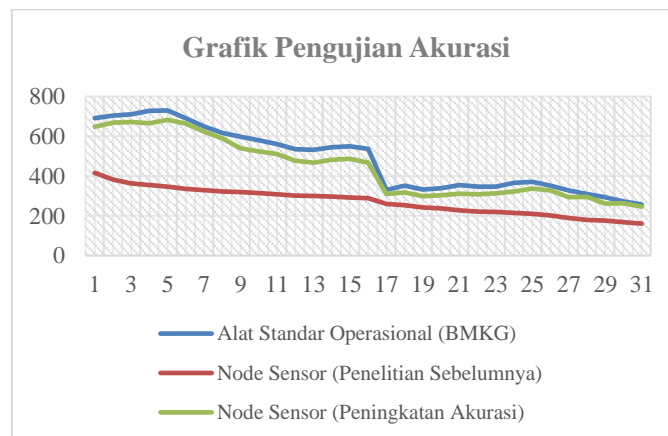
3.3 Hasil Pengujian Akurasi Akhir

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hasil akhir tingkat akurasi node sensor MQ 7 yang dirancang pada penelitian ini. Sama dengan sebelumnya, pengujian dilakukan dengan metode komparasi data dengan alat ukur yang dijadikan acuan yaitu alat standar operasional BMKG Pekanbaru (Gambar 3). Selain pengujian akurasi terhadap alat ukur hasil penelitian ini, pengujian juga dilakukan pada sistem yang dirancang pada penelitian sebelumnya untuk melihat perbandingan akurasi kedua node sensor.



Gambar 3: Pengujian akurasi akhir dengan alat ukur acuan

Pengujian dilakukan selama 2 hari, yaitu tanggal 2 – 3 September 2021. Hasil pengujian akurasi akhir ditampilkan dalam bentuk grafik seperti diperlihatkan Gambar 4.



Gambar 4: Grafik hasil pengujian akurasi akhir dengan alat ukur acuan BMKG

Pada Gambar 4 terlihat bahwa hasil pengukuran kadar gas CO pada node sensor yang dibuat dalam penelitian ini memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan hasil pengukuran kadar gas CO pada node sensor penelitian sebelumnya. Hal ini ditunjukkan dengan garis grafik hasil pengukuran yang lebih dekat dengan alat ukur yang digunakan sebagai acuan, yaitu alat operasional BMKG.

Perhitungan akurasi pada data pengujian selama 2 hari tersebut menunjukkan hasil tingkat akurasi pengukuran CO pada node sensor penelitian sebelumnya adalah 19,74%. Sedangkan tingkat akurasi pada node sensor penelitian ini (Peningkatan Akurasi) adalah sebesar 99,60%. Artinya terjadi peningkatan akurasi sebesar 79,86% jika dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya.

4. Kesimpulan

Peningkatan akurasi pengukuran kadar gas CO pada node sensor sistem monitoring kualitas udara dalam makalah ini dilakukan melalui tiga tahap, yaitu penggunaan *Web Plot Digitizer* untuk memperoleh model awal sensor dari grafik karakteristik sensor, pengujian dengan alat ukur acuan untuk mendapatkan nilai kompensasi kesalahan, dan penambahan kompensasi terhadap model awal. Keseluruhan sistem yang dibangun pada alat telah berjalan dengan baik sehingga dapat menampilkan nilai pembacaan sekaligus menyimpan data. Hasil pengujian akurasi akhir

menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan akurasi pengukuran kadar gas CO pada alat dengan model terkompensasi sebesar 79,86% jika dibandingkan dengan tanpa kompensasi kesalahan, yaitu dari 19,74% menjadi 99,60%. Di masa mendatang, metode kompensasi kesalahan ini dapat digunakan untuk peningkatan akurasi parameter kualitas udara lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] I. S. Arty, "Peran Udara Dalam Kehidupan Kaitannya Dengan Pandangan Hidup Masyarakat Indonesia," in *Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan & Penerapan MIPA*, Yogyakarta, 2005.
- [2] IQAir, "2019 World Air Quality Report," IQAir, Staad, Switzerland, 2020.
- [3] M. Greenstone and Q. (. Fan, "Kualitas Udara Indonesia yang Memburuk dan Dampaknya terhadap Harapan Hidup," Energy Policy Institute at the University of Chicago (EPIC), Chicago, 2019.
- [4] N. Suwedi, A. Rifa'i and C. Sujana, "Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Perkotaan," in *Prosiding Seminar Nasional dan Konsultasi Teknologi Lingkungan*, Jakarta, 2018.
- [5] H. Gupta, D. Bhardwaj, H. Agrawal, V. Tikkiwal and A. Kumar, "An IoT Based Air Pollution Monitoring System for Smart Cities," in *IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies and Systems (ICSETS)*, Bhubaneswar, India, 2019.
- [6] J. A. Timisela, Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Komunikasi Wireless YS-1020, Pekanbaru: Pustaka Politeknik Caltex Riau, 2011.
- [7] W. M. Savitri, Sistem Monitoring Kandungan Partikulat PM2.5 Untuk Mendeteksi Kualitas Udara, Pekanbaru: Pustaka Politeknik Caltex Riau, 2016.
- [8] H. Subagiyo, R. T. Wahyuni, M. Akbar and F. Ulfa, "Rancang Bangun Sensor Node untuk Pemantauan Kualitas Udara," *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 18, no. 1, pp. 72-79, December 2020.
- [9] M. S. Amli, B. Yuliarto and N. Nugraha, "Desain dan Pembuatan Sistem Pengukuran Kualitas Udara Menggunakan Mikrokontroler," *JOKI: Jurnal Otomasi, Kontrol, dan Instrumentasi*, pp. 1-8, 2015.
- [10] D. Muziansyah, R. Sulistyorini and S. Sebayang, "Model Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung)," *Journal Rekayasa Sipil Dan Desain (JRSDD)*, vol. 3, no. 11, pp. 57-70, 2015.