

Penurunan kualitas udara dalam ruangan semakin mengkhawatirkan dan berdampak pada kesehatan serta produktivitas. Konsentrasi karbon dioksida (CO₂) adalah indikator penting dalam menilai kualitas udara sehingga pemantauan CO₂ menjadi sangat krusial. Penelitian ini berfokus pada pengembangan *firmware* untuk prototipe sistem pemantauan CO₂ di Universitas Gadjah Mada, menggunakan sensor SCD41 dan protokol I2C.

Penelitian menekankan pentingnya pemantauan kualitas udara yang berkelanjutan demi kepatuhan terhadap standar kesehatan, kenyamanan, dan produktivitas. Untuk menciptakan sistem pemantauan yang efektif, penelitian ini membandingkan kinerja sensor SCD41 dengan MQ135, serta mengoptimalkan interval pengukuran berdasarkan keseimbangan antara akurasi dan efisiensi daya. Dalam pengembangannya, analisis terhadap protokol I2C antara sensor dan *microcontroller* menjadi dasar bagi pengembangan *firmware*. *Firmware* ini dirancang dengan mengelompokkan jenis perintah yang tersedia pada sensor dan membuat fungsi sesuai setiap kategori.

Hasil menunjukkan bahwa *firmware* berhasil memfasilitasi komunikasi I2C dan kompatibel untuk berbagai sensor dan *microcontroller*, dengan protokol I2C sesuai standar. Interval 150 detik memberikan keseimbangan optimal dengan konsumsi daya 0,1771 mWh dan MAE CO₂ 23,71 ppm. MQ135 tidak dapat menggantikan SCD41, tetapi efektif untuk pemantauan umum. *Firmware* diuji di ruang sekretariat e-Sports, *co-working*, dan laboratorium. Ruang sekretariat e-Sports memiliki kualitas udara terburuk, dengan rata-rata CO₂ 1.037 ppm, melebihi batas Menteri Kesehatan RI (1.000 ppm) akibat minimnya ventilasi dan tingginya kepadatan penghuni. Sebaliknya, laboratorium dan ruang *co-working* memiliki kualitas udara terbaik, dengan rata-rata CO₂ maksimal 981 ppm dan 602 ppm, sesuai standar Menteri Kesehatan RI, berkat ventilasi efektif dan kepadatan penghuni yang lebih rendah.

Kata kunci : I2C, pengembangan *firmware*, konsentrasi CO₂, kualitas udara dalam ruangan, Sensirion SCD41

ABSTRACT

Indoor air quality deterioration continues to worsen, posing significant risks to health and productivity. Carbon dioxide (CO₂) concentration serves as a key metric for assessing air quality, highlighting the importance of continuous CO₂ monitoring. This study focuses on developing firmware for a CO₂ monitoring system prototype at Universitas Gadjah Mada, using the SCD41 sensor and I2C communication protocol.

The research underscores the importance of continuous air quality monitoring to comply with health standards, enhance comfort, and boost productivity. To create an effective monitoring system, this study compares the performance of the SCD41 sensor with the MQ135 and optimizes measurement intervals to balance accuracy and power efficiency. During development, an analysis of the I2C protocol between the sensor and microcontroller forms the foundation for firmware development. The firmware was designed by categorizing sensor command types and developing corresponding functions for each category.

Results show that the firmware successfully facilitates I2C communication, is compatible with various sensors and microcontrollers, and adheres to I2C standards. A 150-second interval provides an optimal balance, with power consumption at 0.1771 mWh and a CO₂ Mean Absolute Error (MAE) of 23.71 ppm. Although the MQ135 cannot fully replace the SCD41, it is effective for general monitoring. The firmware was tested in an e-Sports club room, a co-working space, and a laboratory. The e-Sports club room has the poorest air quality, with an average CO₂ concentration of 1,037 ppm, exceeding the Ministry of Health of the Republic of Indonesia's standard of 1,000 ppm due to limited ventilation and high occupant density. In contrast, the laboratory and co-working space have the best air quality, with maximum CO₂ levels of 981 ppm and 602 ppm, respectively, meeting Ministry of Health standards due to effective ventilation and lower occupant density.

Keywords: *I2C, firmware development, CO₂ concentration, indoor air quality, Sensirion SCD41*