

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perakitan, pemrograman, uji kinerja, serta pengujian Alat Ukur Emisi Gas Buang Dengan Metode *Real Driving Emission Test* Berbasis *Internet of Things*, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Perancangan alat dengan menghubungkan sensor MICS-6814, MQ-8, PMS5003, Beitian BN-220 GPS, dan Thermocouple Type-K dalam satu sistem berbasis mikrokontroler ESP32 berhasil dirakit. Sistem ini telah terintegrasi dengan aplikasi Blynk dan Google Spreadsheet untuk melakukan pemantauan serta pencatatan data secara *real-time*. Pemrograman ESP32 melalui Arduino IDE berhasil dijalankan, dengan setiap sensor dikonfigurasi untuk membaca data secara berkala, lalu secara otomatis menampilkan data tersebut ke Blynk dan mengirimkan data ke Spreadsheet setiap 10 detik selama durasi 10 menit.
2. Uji kinerja sensor gas dilakukan secara statis dengan Analyzer ACTIA/AT505. Nilai error sensor menunjukkan hasil yang baik dan terdapat potensi peningkatan khususnya untuk NOx dan PM. Uji kinerja alat menunjukkan nilai error atau kesalahan pada tiap sensor yaitu
 - a. Sensor MICS-6814 8,99% untuk CO, sedangkan untuk NOx belum dapat diukur tingkat errornya karena terdapat kesulitan untuk menemukan alat pembanding yang tersedia
 - b. sensor MQ-8 1,35% untuk HC
 - c. Sensor PMS5003 untuk PM 2.5 belum dapat diukur tingkat errornya karena terdapat kesulitan untuk menemukan alat pembanding yang tersedia
 - d. Sensor Beitian BN-220 GPS memiliki tingkat kesalahan 2,67%
 - e. Sensor Thermocouple Type-K yaitu 1,73%

Rata-rata waktu respon sensor adalah 4,275 detik, yang mana hasil ini berhasil untuk mendeteksi perubahan emisi secara *real-time* saat kendaraan bergerak. Alat menunjukkan kinerja yang baik dalam uji jalan (*Real Driving Emission Test*), dilihat dari tidak adanya kendala saat uji kinerja alat secara dinamis. Hal ini menunjukkan bahwa alat mampu

merekam dinamika emisi gas buang kendaraan secara *real-time* dan menggambarkan pola emisi sesuai dengan kondisi operasional yang menunjukkan bahwa alat dapat dikatakan *feasible* atau layak dan memungkinkan untuk pengukuran emisi gas buang.

V.2 Saran

Penelitian ini masih membutuhkan pengembangan dan penyempurnaan yang lebih lanjut. Berikut merupakan saran untuk penyempurnaan penelitian selanjutnya:

1. Dalam proses kalibrasi, disarankan untuk melakukan kalibrasi sensor secara berkala dengan menggunakan gas analyzer standar yang telah tersertifikasi guna menjaga akurasi data sensor
2. Perlu dilakukan pembuatan desain khusus pada desain box alat agar gas buang tidak tertahan di dalam box yang dapat menyebabkan pembacaan sensor menjadi berlebih.
3. Disarankan untuk melakukan perhitungan khusus terhadap penempatan sensor didalam box alat untuk mencegah kesalahan pada pembacaan sensor
4. Untuk meningkatkan sistem pemantauan, pengembangan system penyimpanan data secara local (*SD Card*) maupun *cloud* dengan visualisasi grafik waktu nyata (*real-time*) perlu dipertimbangkan agar pemantauan emisi bisa dilakukan lebih fleksibel.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrizal, Lifwarda, Yudanur, A., Chadry, R., & Hendrick. (2021). A Portable Device of Air Pollution Measurement Due to Highway Exhaust Emissions Using LabVIEW Programming. *International Journal on Informatics Visualization*, 5(4), 422–429. <https://doi.org/10.30630/JOIV.5.4.697>
- BEITIAN.CO. (2015). *BN-220 GPS Module + Antenna DataSheet* (5.0). <http://www.sz-beitian.com/>
- Bohm, M., Stetina, J., & Svida, D. (2022). Exhaust Gas Temperature Pulsations of a Gasoline Engine and Its Stabilization Using Thermal Energy Storage System to Reduce Emissions. *Energies*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/en15072365>
- Briyartendra, widi widayat. (2019). *Jurnal Inovasi Mesin*. 4(2), 2–7.
- Fauzian, H., & Hidayat, R. (2023). Sistem Monitoring Air Quality (Si Montoq) Menggunakan Sensor Mics-6814 dan DHT-11 Berbasis Internet of Things. *Jurnal Komputer Dan Elektro Sains*, 2(1), 6–9. <https://doi.org/10.58291/komets.v2i1.143>
- Fawwazi, M. M., Fauzan, A., & Rusdi, M. (2022). Implementasi Dan Rancang Bangun Sistem Komunikasi Long Range (LoRa) Pada Sistem Pemantau Polusi Udara Menggunakan Sensor MICS 6814 Berbasis Internet Of Thungs. *Prosiding Konferensi Nasional Sosial Dan Engineering Politeknik Negeri Medan Tahun 2022*, 3, 703–708. <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/KONSEP2021/article/download/980/482>
- Ferdnian, M. (2016). Analisis Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Lingkungan di Kota Balikpapan (Kal-Tim). *Transmisi Ed.1*, 12, 1–10.
- Fernandez, D. (2014). Pengaruh Putaran Mesin terhadap Emisi Gas Buang Hidrokarbon (HC) dan Karbon Monoksida (CO). *Jurnal Sainstek UNP*, 12(1), 1–4.
- Hakkarainen, H., Järvinen, A., Lepistö, T., Kuittinen, N., Markkula, L., Ihantola, T., Yang, M., Martikainen, M. V., Mikkonen, S., Timonen, H., Aurela, M., Barreira, L., Ihalainen, M., Saarikoski, S., Rönkkö, T., Aakko-Saksa, P., & Jalava, P. (2024). Effects of fuel composition and vehicle operating temperature on in vitro toxicity of exhaust emissions. *Environmental Science: Atmospheres*,

- 4(4), 455–467. <https://doi.org/10.1039/d3ea00136a>
- Hanwei Electronics. (2014). Mq-8 Gas Sensor. *Hanwei Eletronics Co.,Ltd.*
- Helman, Z. (2021). Prototype Sistem Pemantau Kualitas Udara Berbasis Raspberry Pi. *Spektral*, 2(2), 58–63. <https://doi.org/10.32722/spektral.v2i2.4127>
- Huang, Y., Surawski, N. C., Organ, B., Zhou, J. L., Tang, O. H. H., & Chan, E. F. C. (2019). Fuel consumption and emissions performance under real driving: Comparison between hybrid and conventional vehicles. *Science of the Total Environment*, 659, 275–282. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.349>
- Ismiyati, I., Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)*, 1(3), 241. <https://doi.org/10.54324/j.mtl.v1i3.23>
- Kurnia, Al. (2021). 4518-Article Text-16101-1-10-20211209. *GRAVITASI Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 4, 1–9.
- Liu, H., Barth, M., Scora, G., Davis, N., & Lents, J. (2010). Using portable emission measurement systems for transportation emissions studies: Comparison with laboratory methods. *Transportation Research Record*, 2158, 54–60. <https://doi.org/10.3141/2158-07>
- Lutfie, M., Kadir Muhammad, A., KHA Dahlan No, J., Teknik Mesin, J., Teknik, F., & Negeri Ujung Pandang Jalan Perintis Kemerdekaan KM-, P. (2023). Pengembangan sistem pengukuran emisi mobile pada kendaraan bermotor berbasis mikrokontroler. *Sultra Journal of Mechanical Engineering (SJME)*, 2(2), 63–72.
- Mahalana, A., Yang, L., Dallmann, T., Lestari, P., Maulana, K., & Kusuma, N. (2022). Pengukuran emisi kendaraan bermotor real-world di Jakarta, Indonesia. *International Council on Clean Transportation*, November. <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/11/true-jakarta-remote-sensing-in-nov22.pdf>
- Pratama, A., Bahri, S., & Suhardi. (2022). *Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi Jurusan Rekayasa Sistem Komputer , Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura Jalan Prof Dr . H . Hadari Nawawi Pontianak Telp / Fax .: (0561) 577963 Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi Biofilter yang digunakan pada pe. 10(02)*, 298–309.
- Pratama, S. D., Lasimin, L., & Dadaprawira, M. N. (2023). Pengujian Black Box Testing Pada Aplikasi Edu Digital Berbasis Website Menggunakan Metode

- Equivalence Dan Boundary Value. *J-SISKO TECH (Jurnal Teknologi Sistem Informasi Dan Sistem Komputer TGD)*, 6(2), 560.
<https://doi.org/10.53513/jsk.v6i2.8166>
- Purba, A. M., & Siregar, E. P. (2023). Rancang Bangun Alat Ukur Uji Emisi Kendaraan Gas Karbon Monoksida (CO), Karbondioksida (CO₂), dan Hidrokarbon (HC) Berbasis IoT. *Teknik Elektro*, 3, 0–5.
- Rajagukguk, J., & Pratiwi, R. A. (2018). Emission Gas Detector (EGD) for Detecting Vehicle Exhaust Based on Combined Gas Sensors. *Journal of Physics: Conference Series*, 1120(1), 0–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1120/1/012020>
- Riantono, A., Teguh, B., & Koestoer, A. (2022). Kalibrasi Sensor Temperatur Termokopel Tipe K dan DS18B20 Pada Temperatur Es Mencair dan Air Mendidih Sistem Dengan Akuisisi Data (DAQ) Berbasis Arduino. *Prosiding SNTTM XVII*, 9(10), 1–7.
<https://www.researchgate.net/publication/363053101%0D>
- Riza, S., Desreza, N., Asnawati, Sudiyanto, H., Andrio, Osuke Komazawa, Ni Wayan Suriastini, Endra Dwi Mulyanto, Ika Yulia Wijayanti, Maliki, D. D. K., Statistik, B. P., Muszalik, M., Dijkstra, A., Kdziora-Kornatowska, K., Zielińska-Wiczowska, H., Kornatowski, T., Ritonga, N. L., Marlita, L., Saputra, R., Yamin, M., Susyanti, S., Nurhakim, D. L., Syamsidar, ... Indrawati, L. (2019). PERANCANGAN INSTRUMENT PENGUKURAN KONSENTRASI GAS HIDROGEN PADA REAKTOR BIOGAS BAGIAN ANAEROBIC DIGESTER. *BMC Public Health*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-12260-z%0Ahttps://doi.org/10.1186/s12889-022-13062-7%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.cegh.2021.100907%0Ahttp://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jnursing%0Ahttps://ejurnal.poltekkes-tjk.ac.id/index.php/JKEP/article/view/355%0Ahttp://p>
- Saputra, R., & Yulianti, B. (2021). Alat Pendeteksi Originalitas Baterai Tipe 18650 Berbasis Arduino Nano. *Jurnal ...*, 2–6.
<https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jti/article/view/776%0Ahttps://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jti/article/viewFile/776/751>
- Satria, M. N. D., Saputra, F., & Pasha, D. (2020). Mit App Invertor Pada Aplikasi Score Board Untuk Pertandingan Olahraga Berbasis Android. *Jurnal*

- Teknoinfo*, 14(2), 81. <https://doi.org/10.33365/jti.v14i2.665>
- SGX Sensortech. (2017). *MiCS-6814 Data Sheet (1143 rev 8)*. 1–5.
- Shao, Z., Miller, J., & Jin, L. (2020). Soot-free road transport in Indonesia : A cost-benefit analysis and implications for fuel policy. *Icct, February*, 1–16.
- Sharma, M. P., & Parveen Kantha, M. (2020). Blynk Cloud Server based Monitoring and Control using NodeMCU. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 7(10), 1362–1366. www.irjet.net
- Sudarti, Yushardi, N. K. (2022). Analisis Potensi Emisi CO 2 Oleh Berbagai Jenis Kendaraan Bermotor di Jalan Raya Kemantren Kabupaten Sidoarjo Analysis of Potential CO2 Emissions by Various Types of Motorized Vehicles on Highway Kemantren Sidoarjo Regency. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 9(2), 70–75.
- Suhadi, D. R., & Febrina, A. S. (2013). Pedoman Teknis Penyusunan Inventarisasi Emisi Pencemar Udara di Perkotaan. In *KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP*. [https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/609/190710181542PEDOMAN](https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/609/190710181542PEDOMAN%20TEKNIS%20PENYUSUNAN%20INVENTARISASI%20EMISI.pdf)
- Sulaeman, W., Alimudin, E., & Sumardiono, A. (2022). Sistem Pengaman Loker dengan Menggunakan Deteksi Wajah. *Journal of Energy and Electrical Engineering*, 03(02), 117–122.
- Suwardoyo, U., Yunus, M., & Tadjoo, S. (2023). Sistem Keamanan Mobil Menggunakan GPS dan Penyadap Suara. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Informatika (SNTEI)*, 9(1), 104–108.
- Syafrizal, M., Despa, D., Widyawati, R., & Yoga, A. (2023). *Prosiding Seminar Nasional Keinsinyuran (SNIP) IV Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP) Analisis Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Menggunakan Standar Euro 2 dan Euro 4: Studi Kasus ada Pengujian Tipe/Type Approval di Indonesia*. 2–5. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7044178/>
- Varella, R. A., Giechaskiel, B., Sousa, L., & Duarte, G. (2018). Comparison of portable emissions measurement systems (PEMS) with laboratory grade equipment. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(9), 1–12. <https://doi.org/10.3390/app8091633>
- Vojtisek-Lom, M., Zardini, A. A., Pechout, M., Dittrich, L., Forni, F., Montigny, F., Carriero, M., Giechaskiel, B., & Martini, G. (2020). A miniature Portable Emissions Measurement System (PEMS) for real-driving monitoring of

- motorcycles. *Atmospheric Measurement Techniques*, 13(11), 5827–5843.
<https://doi.org/10.5194/amt-13-5827-2020>
- Wibowo, H., Pratama, M. Y., Humami, F., & Pranoto, E. (2024). Rancang Bangun Alat Sistem Rekam Data Pada Kendaraan Bermotor. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 29(2), 182–200.
<https://doi.org/10.35760/tr.2024.v29i2.11805>
- Widagda, M. E. P. (2012). *Studi Kasus Alat Uji Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (co) Pada Mobil Berbahan Bakar Bensin dan Mobil Berbahan Bakar Solar*. 1–6.
- Wiguna, A. R., Toha, T., Nadhiroh, N., Kusumastuti, S. L., & Dwiyaniti, M. (2021). Rancang Bangun Dan Pengujian Battery Pack Lithium Ion. *Electrices*, 3(1), 28–33. <https://doi.org/10.32722/ees.v3i1.4030>
- Yong, Z. (2016). *Plantower PMS5003 Data Manual*. 3.
http://www.aqmd.gov/docs/default-source/aq-spec/resources-page/plantower-pms5003-manual_v2-3.pdf
- Yushananta, P. (2023). Very Low-Cost, Internet of Things (IoT) Air Quality Monitoring Platform. *Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 8(2), 441–446.
<https://doi.org/10.30604/jika.v8i2.1919>
- Yusrianti. (2018). *Studi Literatur Tentang Pencemaran Udara Akibat Kendaraan di Kota Surabaya*. 1(1), 11.
<http://www.jawapos.com/baca/artikel/9796/kendaraan-di->