



PROTOTIPE PEMANTAU EMISI GAS CO, OZON, PARTIKULAT PM2.5 DAN PM10 UNTUK BENGKEL LAS PPNS

Alma Vita Sophia¹, Denny Dermawan¹, Aryabima Dwian Nugroho¹

¹D4 Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jl. Teknik Kimia ITS, Surabaya

Abstrak. Bengkel las punya potensi menghasilkan emisi gas dan partikulat dari kegiatan praktek perkuliahan oleh dosen dan mahasiswa yang bisa mencemari udara di lingkungan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS). Parameter emisi tersebut perlu diukur dan dipantau supaya kualitas udara tetap baik dan tidak membahayakan manusia yang sedang beraktivitas di sekitarnya. Prototipe pemantau yang dibuat akan mengukur dan memantau emisi yang sering dijumpai di lingkungan kerja pengelasan, yaitu gas CO, ozon, partikulat PM 2.5 dan PM10 secara real-time dan memberi penilaian kualitas udara ambien, dalam bentuk prototipe memakai low-cost sensor dan mikrokontroler ESP32 dengan biaya terjangkau, sedikit perawatan dan mudah digunakan..

Katakunci: Bengkel, Emisi, IoT, ISPU, Partikulat

Abstract. Welding workshop have potency to yield gas emission and particulate from laboratory practice activity by student and lecturer which can pollute air in environment of Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS). This emission parameter need to be measured and monitored in order to maintain good air quality so it will not harm people who work surrounding. Monitoring prototype to be made will measure and monitor emission which show up oftenly in welding working environment, i.e CO and ozone gas, , as well as PM 2.5 and PM10 particulate in real-time and give ambience air quality value. It is prototype using low-cost sensor and ESP32 microcontroller for affordable cost, low maintenance and easy to use.

Keywords: AQI, Emission, IoT, Particulate, Workshop

Pendahuluan

Kegiatan proses produksi bengkel las di PPNS berpotensi menghasilkan emisi dan partikulat yang dapat menyebabkan pencemaran udara. Situasi tersebut dapat membahayakan manusia yang menghirup udara di kawasan terkait sehingga diperlukan pengendalian seperti pengukuran emisi dan partikulat secara realtime. Selain itu, diperlukan sarana informasi dan peringatan kepada pekerja mengenai kualitas udara pada kawasan tersebut. Prototipe pemantau kualitas udara dibuat untuk mengukur kadar pencemar udara dan memberikan

informasi serta peringatan kepada pekerja mengenai kualitas udara yang dihirup. Alat tersebut menggunakan low-cost sensor dan informasi mengenai kualitas udara yang diperoleh diklasifikasi dengan Air Quality Index. Sistem ini diharapkan mempermudah pekerja sekaligus user dalam melakukan pemantauan dan mendapatkan informasi kualitas udara yang diberikan dengan biaya yang murah dan mudah digunakan.

Karbon monoksida, ozon dan partikulat pada pengelasan dipantau lewat berbagai metode untuk menjamin keselamatan pekerja. Studi menunjukkan bahwa gas seperti karbon monoksida, ozon dan oksida nitrogen terbentuk saat pengelasan (Zeverdegani et al., 2017). Pemantauan karbon monoksida khususnya di lingkungan pengelasan dilakukan lewat riset dengan fokus pada dinamika terbentuknya CO saat pengelasan gas (Berezutskyi et al., 2021). Sebagai tambahan, laju terbentuknya CO dari CO₂ diteliti untuk memahami konsentrasi yang dilepaskan (Ojima, 2013). Lebih jauh, ditegaskan bahwa CO dihasilkan selama pengelasan khususnya pada proses las memakai gas logam yang melepaskan CO₂ dan CO (Mert et al., 2018).

Studi lainnya menilai resiko terkait pemaparan ke ozon saat pengelasan, yang mengindikasikan rating risiko tinggi bagi ozon pada berbagai jenis las (Mehrifar et al., 2018). Selanjutnya, kehadiran partikulat halus dan sangat halus di lingkungan kerja saat pengelasan sudah diteliti untuk evaluasi risiko kesehatan potensial bagi pekerja yang terpapar partikel ini (Adamec et al., 2020). Ditemukan bahwa operasi las menghasilkan gas berbahaya dan partikulat yang mengarah pada terganggunya kesehatan saat dihirup (Lin et al., 2015).

Pemantauan CO, O₃, PM_{2.5} dan PM₁₀ memakai sensor dan mikrokontroler ini merupakan penelitian yang belum banyak dilakukan di Indonesia, terutama di bengkel las dalam lingkungan pendidikan vokasi. Masalah yang akan diselesaikan lewat penelitian ini adalah bagaimana memantau kualitas udara di lingkungan PPNS. Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah membuat prototipe pemantau kualitas udara yang mengukur dan memantau gas CO, ozon, partikulat PM 2.5 dan PM₁₀ secara real-time memakai low-cost sensor dan mikrokontroler ESP32.

2. Tinjauan Pustaka

PP No. 22 Tahun 2021 menyebutkan bahwa pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan. Sedangkan sumber pencemar udara adalah setiap kegiatan manusia yang mengeluarkan pencemar udara ke dalam udara ambien. Bahan pencemar yang dihasilkan dari proses produksi industri biasanya berupa gas CO, CO₂, NO, NO₂, SO, SO₂, dan partikulat, sehingga apabila manusia terpapar oleh zat tersebut secara tinggi dapat menyebabkan dampak kesehatan yang buruk.

Udara ambien dapat mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya sehingga Pemerintah melakukan pengendalian dengan menetapkan baku mutu udara ambien. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Pasal 1 Ayat 50 menyebutkan bahwa baku mutu udara ambien adalah nilai pencemar udara yang ditentang keberadaannya dalam udara ambien. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. P.14/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara Pasal 2 ayat 2, indeks standar pencemar udara meliputi parameter partikulat (PM 10), partikulat (PM 2.5), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), ozon (O₃), dan hidrokarbon.

Polusi udara bukan hanya berupa gas dari kendaraan bermotor, industri, atau pembakaran sampah rumah tangga, tetapi juga partikel debu yang berukuran sangat kecil (ukuran mikron) yang melayang-layang di udara. Debu yang melayang-layang di udara dapat berasal dari permukaan jalan yang terkena hembusan angin atau berasal pembakaran bahan bakar oleh mesin kendaraan bermotor (Jumingin, 2019). Partikel debu merupakan campuran yang sangat rumit dari berbagai senyawa organik dan anorganik yang tersebar di udara dengan diameter yang sangat kecil, mulai berukuran kurang dari 1 mikron sampai dengan maksimal 500 mikron. Penelitian yang dilakukan di Kanada menemukan bahwa paparan partikulat secara jangka panjang dapat menyebabkan kardiopulmoner, kanker paru-paru hingga kematian (Pope dkk., 2019). Selain berdampak pada kesehatan, partikulat juga menimbulkan dampak pada lingkungan dan perubahan iklim.

Parameter yang dipantau pada pengelasan yaitu karbon monoksida, ozon, partikulat 2.5 dan 10 mikron. Gas karbon monoksida yang terbentuk saat pengelasan akan mengakibatkan pusing, kelelahan atau lemah otot jika terserap dalam aliran darah. Sementara gas ozon akan mengakibatkan efek akut termasuk cairan di paru-paru dan pecahnya pembuluh darah. Pada dosis yang sangat rendah (misal, 1 ppm), ozon dapat mengakibatkan pusing dan mata kering. Efek kronis dari ozon bisa berupa perubahan fungsi paru-paru.

Debu las adalah campuran kompleks dari oksida logam, silikat dan fluorida. Debu terbentuk saat logam dipanaskan melebihi titik didih dan uapnya terkondensasi jadi partikel yang sangat halus atau partikulat padat. Debu las umumnya mengandung partikel dari elektroda dan bahan yang dilas, sehingga partikulat 2,5 dan 10 mikronnya perlu dipantau. (CCOHS, 2024)

3. Metode

Penelitian dimulai dengan tahap pengidentifikasian masalah yang terdapat di tempat penelitian. Selanjutnya melakukan studi literatur sebagai upaya dalam pemahaman materi terhadap masalah yang teridentifikasi dengan menemukan solusi yang tepat. Kemudian melakukan analisis terhadap penerapan teknologi yang dapat menunjang sistem dan komponen mekanik yang dapat digunakan dalam penelitian ini. Hasil dari analisis tersebut digunakan sebagai landasan dalam pembuatan desain dan perancangan sistem.

Tahap berikutnya melakukan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak dari hasil pembuatan desain dan perancangan sistem. Setelah perancangan selesai, maka tahap realisasi dilakukan dengan cara sinkronisasi perangkat keras dan perangkat lunak dilanjutkan tahap pengujian sistem. Pengujian dilakukan dengan memberikan input berupa asap kendaraan dan gas atau partikulat yang sesuai.

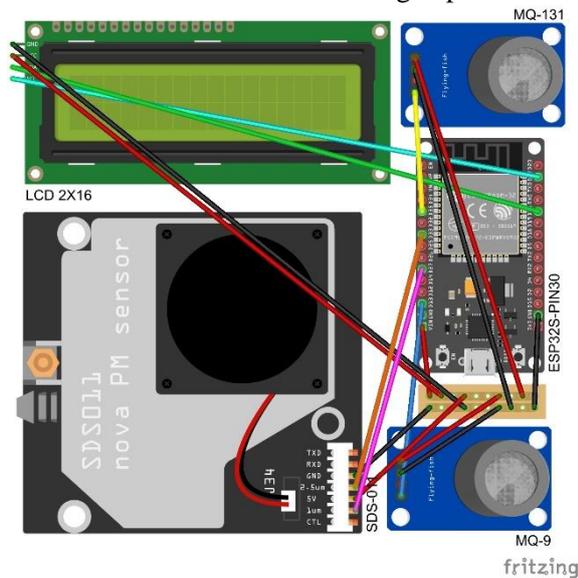
4. Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini memiliki tujuan untuk mengetahui kebutuhan apa saja dalam menentukan spesifikasi kebutuhan sistem, mulai dari sistem tersebut dibangun hingga mampu diimplementasikan atau digunakan. Spesifikasi tersebut meliputi komponen atau elemen yang dapat menunjang perancangan sistem. Berikut ini merupakan kebutuhan sistem prototype yang akan dibangun:

1. Sensor SDS-011 sebagai pengukur parameter PM_{2.5} dan PM₁₀.
2. Sensor MQ-9 sebagai pengukur parameter CO.
3. Sensor MQ-131 sebagai pengukur parameter O₃.
4. Mikrokontroler ESP32 sebagai pengontrol atau pengendali rangkaian elektronik.
5. Lampu LED Diode sebagai indikator hasil klasifikasi AQI atau ISPU.
6. LCD I2C 2x16 sebagai tampilan dari hasil pengukuran.
7. Power Bank 5V sebagai penyuplai arus listrik.
8. Kabel jumper sebagai penghubung komponen elektronika.

Setelah melakukan identifikasi masalah dan menganalisis kebutuhan sistem, maka akan didapatkan landasan dalam perancangan sistem. Perancangan sistem merupakan tahap merancang suatu sistem yang baik dengan berisikan langkah-langkah operasi dalam proses pengolahan data dan prosedur untuk mendukung operasi sistem. Selain itu, tahap perancangan sistem akan dibagi 2, yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.

Modul sensor MQ-9 yang dipakai untuk mengukur kadar emisi gas karbon monoksida (CO) punya 4 pin. Masing-masing pin terhubung ke developer kit board mikrokontroler ESP32 dengan 30 pin. Pin VCC dihubungkan ke 5V dan GND dihubungkan ke GND dan ini berlaku untuk modul sensor lainnya. Pin Analog Output (AO) yang dihubungkan ke GPIO13 akan memberikan nilai analog dari kadar gas. Pin Digital Output (DO) akan memberikan sinyal HIGH jika kadar gas melebihi nilai tertentu, yang mana bisa diatur oleh potensiometer pada modul. Gambar 1 adalah diagram rangkaian elektronik sistem ini dan sambungan pin untuk setiap sensor dirangkum dalam Tabel 1.



Gambar 1. Rangkaian elektronik sistem

Tabel 1. Sambungan pin tiap sensor

Sensor	Merk	Input	Pin AO
MQ-9	Flying Fish	Gas CO	GPIO13
MQ-131	Flying Fish	Gas ozon	GPIO35
SDS011	Nova Fitness	PM2.5	GPIO27
		PM10	GPIO33

Setelah mikrokontroler ESP32 menerima data hasil pemantauan dari sensor, selanjutnya data nilai konsentrasi tersebut diubah menjadi nilai ISPU berdasarkan PERMENLHK No. P.14/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2020 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara.

Pengujian yang dilakukan pada kegiatan pengukuran kualitas udara ini untuk memeriksa apakah prototipe tersebut dapat berfungsi sesuai dengan harapan, agar nantinya dapat bekerja untuk melakukan pengukuran langsung pada objek yang ditentukan.

Prototipe diuji dengan menyalakannya selama lebih dari 2 hari (sesuai instruksi dalam datasheet) untuk pemanasan sensor yang hasilnya ditampilkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Hasil pembacaan gas CO dan O3.



Gambar 3. Hasil pembacaan partikulat PM2.5 dan PM10.

5. Kesimpulan

Prototipe ini mampu mengukur emisi gas CO pada kadar 10-500 ppm, gas O₃ pada kadar 10-1000 ppm, partikulat PM_{2.5} dan PM₁₀ pada kadar 0-1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yang sesuai dengan lingkungan bengkel las di PPNS.

Ucapan terima kasih

Kami berterima kasih kepada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang memberikan bantuan penelitian ini lewat dana DIPA 2023.

Daftar Pustaka

- Adamec, V., Köblová, K., Urbánek, M., Čabanová, K., Bencko, V., & Tuček, M. (2020). The presence of fine and ultrafine particulate matter in the work environment. *Central European Journal of Public Health*, 28 (Supplement), S31-S36. <https://doi.org/10.21101/cejph.a6174>
- Berezutskyi, V., Khondak, I., & Berezutska, N. (2021). Determining the dynamics of carbon monoxide formation during gas welding processes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(10 (113)), 33-39. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.241825>
- Fatkurrahman, J. A., Sari, I. R. J., & Pratiwi, N. I. (2019). Verifikasi Sensor Partikulat Sebagai Instrumentasi Pemantauan PM_{2.5} dan PM₁₀ berbasis Low Cost Sensor. *Prosiding SNST Ke-10*, 82(2016), 25–30.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. (2020). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara.
- Lin, C., Chen, M., Chang, S., Liao, W., & Chen, H. (2015). Characterization of ambient particles size in workplace of manufacturing physical fitness equipments. *Industrial Health*, 53(1), 78-84. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2014-0160>
- Mehrfar, Y., Zeverdegani, S., Faraji, M., & Rismanchian, M. (2018). Risk assessment of welders exposure to the released contaminated gases in different types of welding processes in a steel industry. *Health Scope*, 7(4). <https://doi.org/10.5812/jhealthscope.58267>
- Mert, T., Bilgili, L., Çelebi, U., & Ekinci, S. (2018). Experimental investigation of the effects of parameters on CO₂ and CO emissions during fcaw of structural steel. large estimation and evaluation of environmental and health impacts. *Acta Physica Polonica A*, 134(1), 354-357. <https://doi.org/10.12693/aphyspola.134.354>
- Murni, Anif Farida, N. A. (2022). *Sosialisasi Pengenalan Alat-Alat Kualitas Udara Di Stasiun Global Atmosphere Watch (GAW) Sorong*. 1(11), 2029–2034.
- Ojima, J. (2013). Generation rate of carbon monoxide from CO₂ arc welding. *Journal of Occupational Health*, 55(1), 39-42. <https://doi.org/10.1539/joh.12-0180-br>
- Zeverdegani, S., Mehrfar, Y., Faraji, M., & Rismanchian, M. (2017). Occupational exposure to welding gases during three welding processes and risk assessment by sqrc method. *Journal of Occupational Health and Epidemiology*, 6(3), 144-149. <https://doi.org/10.29252/johe.6.3.144>