

Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Pencemaran Udara Berbasis *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dengan Menggunakan *Microcontroller* ESP32

Rizki Raihan Nanda^{1,*}, Wirenda Sekar Ayu², Muhammad Arman³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung 40559

¹E-mail: rizki.raihan.tptu21@polban.ac.id

²E-mail: wirendasekar@polban.ac.id

³E-mail: akangarman@polban.ac.id

ABSTRAK

Udara merupakan elemen penting bagi kehidupan. Namun di zaman modern ini, seiring dengan berkembangnya teknologi, industri dan transportasi membuat kualitas udara mengalami perubahan yang mengakibatkan pencemaran udara. Pencemaran udara mengganggu keberlangsungan sistem pernapasan bagi manusia, hewan dan tumbuhan. Dengan perkembangan teknologi, diperlukan alat yang dapat memantau kualitas udara dari jarak jauh untuk mengurangi pengaruh buruk terhadap kesehatan dengan menggunakan *drone* atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Alat yang akan dibuat menggunakan *microcontroller* ESP32 dengan menggunakan sensor MQ-7 yang akan mengukur nilai ppm dari gas CO. *Microcontroller* dan sensor akan disimpan pada *drone* yang akan diterbangkan ke tempat pengukuran. Hasil pengukuran akan dikirimkan secara *wireless* menggunakan sistem *Internet of Things* (IoT) menuju *Cloud Server ThingSpeak*. Uji coba prototipe dilakukan dengan menggunakan tiga kondisi yaitu kondisi udara normal, kondisi udara berasap hasil pembakaran sampah dan kondisi udara berasap knalpot sepeda motor. Asap hasil pembakaran sampah memiliki rata-rata nilai CO 144,5 ppm yang lebih besar daripada kondisi udara normal dengan rata-rata nilai CO 5,07 dan kondisi udara berasap knalpot sepeda motor dengan rata-rata nilai CO 69,07. Hasil uji coba prototipe pada kondisi udara berasap hasil pembakaran sampah memiliki rata-rata nilai *error* sebesar 10% sedangkan pada kondisi udara berasap knalpot sepeda motor memiliki rata-rata nilai *error* sebesar 13%. Nilai *error* disebabkan oleh perbedaan sensitivitas dari prototipe dengan alat ukur dan pergerakan angin yang membuat asap menyebar.

Kata Kunci

Monitoring, Polusi, *Drone*, ESP32, IoT

ABSTRACT

Air is an important element for life. However, in this modern era, along with the development of technology, industry and transportation, air quality has changed, resulting in air pollution. Air pollution disrupts the sustainability of the respiratory system for humans, animals and plants. With technological developments, tools are needed that can monitor air quality remotely to reduce negative effects on health by using drones or Unmanned Aerial Vehicles (UAV). The tool that will be made uses an ESP32 microcontroller using an MQ-7 sensor which will measure the ppm value of CO gas. The microcontroller and sensors will be stored on the drone which will be flown to the measurement site. The measurement results will be sent wirelessly using the Internet of Things (IoT) system to the ThingSpeak Cloud Server. Prototype trials were carried out using three conditions, namely normal air conditions, smoky air conditions resulting from burning rubbish and smoky air conditions from motorbike exhaust. Smoke from burning waste has an average CO value of 144.5 ppm which is greater than normal air conditions with an average CO value of 5.07 and smoky air conditions from motorbike exhaust with an average CO value of 69.07. The results of prototype trials in smoky air conditions resulting from burning waste have an average error value of 10%, while in smoky air conditions motorbike exhaust has an average error value of 13%. The error value is caused by differences in the sensitivity of the prototype and the measuring instrument and the movement of the wind which causes the smoke to spread.

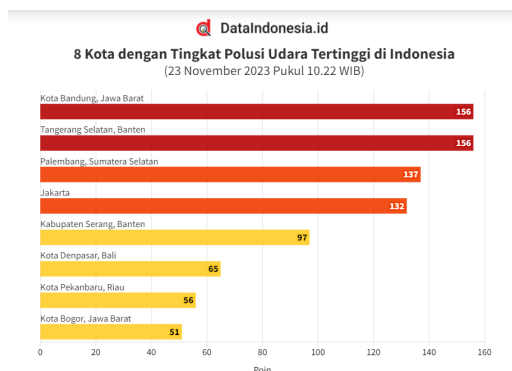
Keywords

Monitoring, Pollution, Drone, ESP32, IoT

1. PENDAHULUAN

Udara merupakan elemen penting bagi kehidupan. Namun di zaman modern ini, seiring dengan berkembangnya fisik perkotaan dan kawasan industri serta berkembangnya sarana transportasi, kualitas udara juga mengalami perubahan akibat pencemaran udara dan perubahan komposisi udara normal yaitu masuknya zat pencemar dengan jumlah tertentu dalam jangka waktu yang lama, sehingga dapat mempengaruhi kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan (1).

Dilansir dari *dataindonesia.id*, kota Bandung, Jawa Barat menjadi wilayah dengan polusi udara paling tinggi di Indonesia pada Kamis, 23 November 2023 pukul 10.22 WIB. Hal tersebut disampaikan dalam Gambar 1, terlihat dari skor *Air Quality Index* (AQI) milik IQAir di kota Bandung sebesar 156 poin atau masuk kategori tidak sehat. Menurut Iren Irma Muti, Kepala Seksi Pemantauan Lingkungan Hidup Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan (DLHK) Kota Bandung disebutkan bahwa sekitar 70% pencemaran udara bersumber dari gas emisi transportasi (2).



Gambar 1. Diagram batang kota dengan tingkat polusi udara tertinggi di Indonesia sumber: *dataindonesia.id*

Udara yang tercemar memiliki pengaruh buruk terhadap lingkungan dan makhluk hidup di sekitarnya. Menurut *news.detik.com*, udara yang tercemar memiliki dampak buruk bagi kesehatan salah satunya yaitu gangguan pada pernapasan (3). Berdasarkan permasalahan ini, diperlukan adanya alat *monitoring* pencemaran udara untuk mengetahui kualitas udara di tempat yang akan kita ukur (4)(5)(6).

Pada penelitian ini, proses *monitoring* pencemaran udara dilakukan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau yang sering kita sebut *drone*. UAV adalah pesawat yang tidak dioperasikan secara langsung oleh manusia di dalam pesawat tersebut karena menggunakan kendali jarak jauh atau juga dapat disebut dengan pesawat nirawak. UAV akan membawa *microcontroller* dan sensor ke tempat yang akan dilakukan *monitoring* dan hasil pengukuran akan dikirimkan secara *wireless* menggunakan sistem *Internet of Things* (IoT). Penggunaan UAV ini mempermudah pekerjaan manusia karena kita tidak perlu berada di tempat yang sudah tercemar udaranya dan dapat meminimalisir pengaruh buruk pencemaran udara terhadap kesehatan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah kontaminasi atmosfer oleh zat-zat berbahaya yang dapat merugikan kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan. Zat-zat berbahaya ini dapat berupa partikel padat, gas, dan kabut. Pencemaran udara dapat terjadi secara alami, seperti akibat letusan gunung berapi atau kebakaran hutan, maupun karena aktivitas manusia, seperti emisi dari kendaraan bermotor, industri, dan pembangkit listrik (7). Menurut Wisnu Arya, pengertian pencemaran udara adalah campuran berbagai jenis gas yang tidak bersifat permanen dan gas-gas tersebut mengganggu kehidupan. Dalam hal ini suatu zat atau gas dikatakan polutan apabila jumlahnya melebihi jumlah normal dan berada pada tempat dan waktu yang salah (8).

Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) merupakan suatu angka tanpa satuan yang menggambarkan keadaan kualitas udara di sekitar suatu lokasi tertentu, berdasarkan dampaknya terhadap kesehatan manusia, nilai estetika, dan organisme hidup lainnya. Tujuan penyusunan ISPU adalah untuk memberikan informasi yang faktual dan konsisten kepada masyarakat mengenai kualitas udara pada lokasi dan waktu tertentu, serta memberikan pertimbangan pengendalian pencemaran udara bagi pemerintah pusat dan daerah (9).

2.2 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep/skenario dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. IoT telah berkembang dari konvergensi teknologi nirkabel, *micro-electromechanical systems* (MEMS) dan Internet. Istilah IoT mulai dikenal tahun 1999 yang saat itu disebutkan pertama kalinya dalam sebuah presentasi oleh Kevin Ashton, *cofounder and executive director of the Auto-ID Center* di MIT (10).

2.3 Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Pesawat tanpa awak atau disebut juga *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan cara dikendalikan dengan jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri. Perkembangan teknologi membuat UAV banyak digunakan dalam berbagai kebutuhan seperti kebutuhan sipil yang digunakan untuk industri bisnis dan juga logistik, selain itu UAV juga digunakan untuk kepentingan kemiliteran seperti pengawasan wilayah dan juga dapat membawa muatan senjata (11).

2.4 Microcontroller ESP32

Microcontroller merupakan bagian utama dari sistem otomatisasi. Pemilihan *microcontroller* dapat berpengaruh pada hasil data yang diolah oleh sistem (12). ESP32 adalah *microcontroller* yang diperkenalkan *Espressif System* dan penerus dari *microcontroller* ESP8266. Yang menjadi pembeda ESP32 ialah memiliki *WiFi* dan *Bluetooth*, yang akan sangat membantu untuk membangun IoT yang membutuhkan konektivitas nirkabel (13). Fungsi-fungsi ini tidak termasuk dalam ESP8266, maka ini merupakan peningkatannya.

Kelebihan dari ESP32 yaitu mendukung konektivitas *WiFi* dan *Bluetooth*, didukung dengan sumber daya program yang luas serta harganya yang terjangkau dan mudah didapat (14).

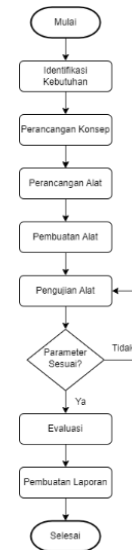
2.5 Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 adalah sensor gas semikonduktor yang dirancang untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO). Sensor ini menggunakan bahan timah dioksida (SnO₂) sebagai elemen penginderaan yang konduktivitasnya akan

berubah ketika terpapar gas CO. Perubahan konduktivitas ini kemudian diubah menjadi sinyal tegangan yang dapat diukur dan diolah oleh mikrokontroler atau rangkaian elektronik lainnya. Sensor MQ-7 memiliki sensitivitas tinggi terhadap gas CO dan dapat mendeteksi konsentrasi CO dalam kisaran 20-2000 ppm (15).

3. METODOLOGI

3.1 Tahap Pelaksanaan



Gambar 2. Diagram alir tahap pelaksanaan

3.2 Perancangan Hardware

Proses perancangan *hardware* yaitu sebuah proses pemilihan komponen utama dan komponen pendukung yang akan digunakan pada prototipe. Komponen utama yang digunakan seperti UAV, *microcontroller*, sensor, kabel, catu daya dan filamen PLA+. Sedangkan komponen pendukung terdiri dari baut, mur dan lain-lain. Komponen-komponen yang digunakan akan dipilih sesuai dengan kebutuhan yang telah dirumuskan.

Berikut merupakan komponen-komponen yang dibutuhkan untuk membuat prototipe tersebut:

- UAV SJRC F11S Pro 4K
- Microcontroller* ESP32
- Sensor gas CO MQ-7
- Filamen PLA+
- Baterai Litium Polimer 3,7V 1300mAh

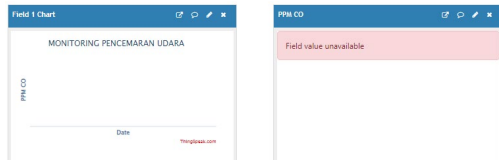
3.3 Perancangan Cloud Server IoT

Dalam Penelitian ini, *cloud server* yang digunakan adalah *ThingSpeak*. *Cloud server* ini diakses melalui *web ThingSpeak.com* yang bersifat gratis sehingga semua orang bisa

menggunakan *cloud server* ini dan dapat dikreasikan sesuai dengan kebutuhan.

Cloud server ini memiliki delapan buah visualisasi yang dapat diatur, empat *widget*, *public & private view* dan ekspor & impor data. *Widget* yang dimiliki oleh *ThingSpeak* yaitu *gauge*, *numeric display*, *indicator lamp* dan *image display*.

Berikut merupakan tampilan *display* pada *cloud server ThingSpeak*:

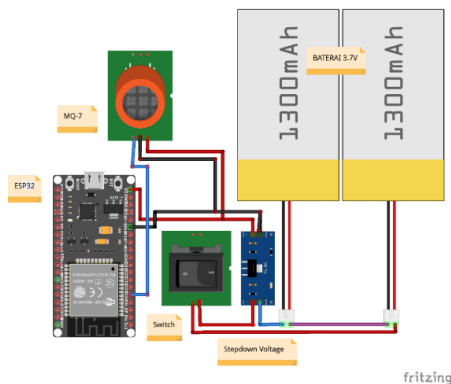


Gambar 3. Tampilan *cloud server ThingSpeak*

Ketika *display cloud server* telah dibuat maka akan didapat *Application Programming Interface (API)*. *API Key* akan dimasukkan ke dalam kode program yang diunggah ke *microcontroller*.

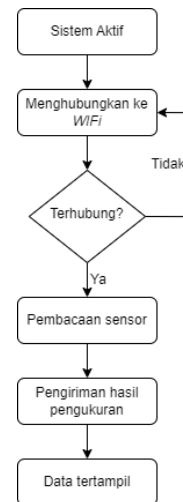
3.4 Wiring Diagram

Pada proses perancangan *wiring diagram* dilakukan pembuatan rangkaian kelistrikan mulai dari catu daya, *microcontroller* dan sensor. Berikut merupakan gambar *wiring diagram* yang dibuat menggunakan *software Fritzing*:



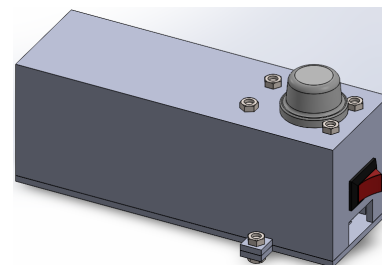
Gambar 4. *Wiring Diagram*

3.5 Diagram Kerja Prototipe



Gambar 5. Diagram alir cara kerja prototipe

3.6 Design 3D Prototipe



Gambar 6. *Design 3D Prototipe*

3.7 Pengujian Prototipe

Tahap terakhir dalam realisasi alat yaitu melakukan pengujian alat untuk mengetahui performansi atau spesifikasi dari alat yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan untuk memverifikasi data berupa hasil pengukuran dari komponen sistem *monitoring* yang dipasang pada UAV dengan pengukuran menggunakan alat ukur secara langsung.

Alat ukur yang digunakan untuk memverifikasi hasil pengukuran dari prototipe adalah *gas detector* tipe ST8990 dengan kemampuan mengukur ppm CO sebesar 0-999 ppm.



Gambar 7. Gas detector ST8990

Metode pengujian yang akan dilakukan menggunakan tiga kondisi, yaitu kondisi udara normal, kondisi udara dengan asap pembakaran sampah dan kondisi udara dengan knalpot sepeda motor.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan Prototipe

Gambar 8 di bawah ini merupakan gambar *casing* hasil dari pencetakan 3D dengan menggunakan alat cetak 3D *Printing Sindoh* yang membutuhkan waktu selama 5-6 jam.



Gambar 8. *Casing* hasil pencetakan 3D

Gambar 9 di bawah ini merupakan tampilan dari *cloud server ThingSpeak* setelah dilakukan simulasi untuk memastikan terkirimnya data hasil pengukuran dari komponen yang telah diprogram dan dihubungkan sistem kelistrikan.



Gambar 9. Tampilan *cloud server ThingSpeak*

Gambar 10 di bawah ini merupakan gambar dari prototipe yang telah dilakukan proses perakitan komponen yang dimasukkan ke dalam *casing* yang telah dicetak. Prototipe tersebut telah diberikan program untuk melakukan *monitoring* konsentrasi gas CO serta dapat mengirimkan

hasil pengukuran secara langsung menuju *cloud server ThingSpeak*.



Gambar 10. Prototipe *monitoring* pencemaran udara

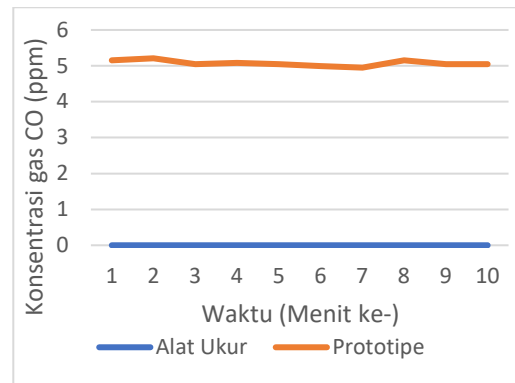
Pada Gambar 11 di bawah ini merupakan hasil dari Penelitian ini berupa prototipe untuk melakukan *monitoring* pencemaran udara dengan bantuan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*.



Gambar 11. Prototipe dengan UAV

3.2 Uji Coba Pada Kondisi Udara Normal

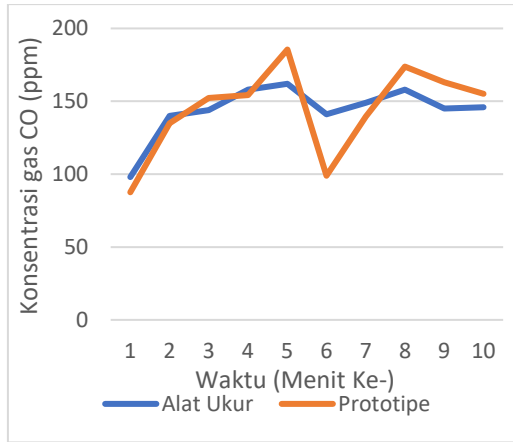
Pada gambar 12 di bawah merupakan perbandingan hasil pengukuran gas CO menggunakan alat ukur dan menggunakan prototipe pada kondisi udara normal.



Gambar 12. Perbandingan hasil pengukuran gas CO pada kondisi udara normal

3.3 Uji Coba Pada Kondisi Udara Berasap Hasil Pembakaran Sampah

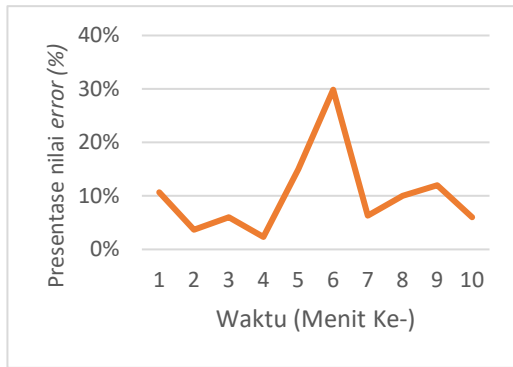
Pada gambar 13 di bawah merupakan perbandingan hasil pengukuran gas CO menggunakan alat ukur dan menggunakan prototipe pada kondisi udara berasap hasil pembakaran sampah.



Gambar 13. Perbandingan hasil pengukuran gas CO pada kondisi udara berasap hasil pembakaran sampah

Pada gambar 14 di bawah merupakan nilai error hasil pengukuran gas CO pada kondisi udara berasap hasil pembakaran sampah. Nilai error dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

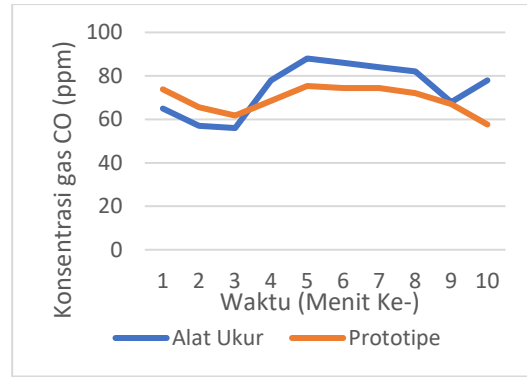
$$\text{Percent of Error} = \frac{|\text{measured} - \text{reference}|}{|\text{reference}|} \times 100$$



Gambar 14. Nilai error hasil pengukuran gas CO pada kondisi udara berasap hasil pembakaran sampah

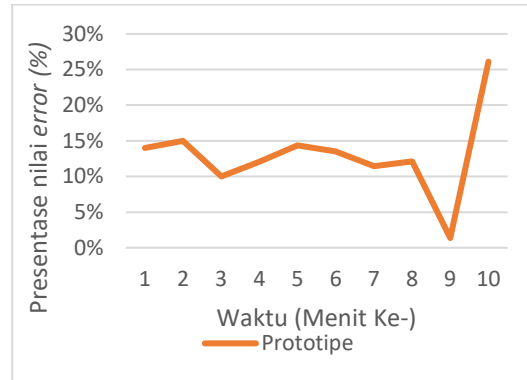
3.4 Uji Coba Pada Kondisi Udara Berasap Knalpot Sepeda Motor

Pada gambar 15 di bawah merupakan perbandingan hasil pengukuran gas CO menggunakan alat ukur dan menggunakan prototipe pada kondisi udara berasap knalpot sepeda motor.



Gambar 15. Perbandingan hasil pengukuran gas CO pada kondisi berasap knalpot sepeda motor

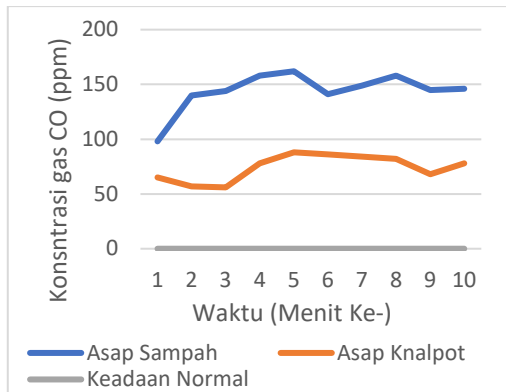
Pada gambar 16 di bawah merupakan nilai error hasil pengukuran gas CO pada kondisi udara berasap knalpot sepeda motor.



Gambar 16. Nilai error hasil pengukuran gas CO pada kondisi udara berasap hasil pembakaran sampah

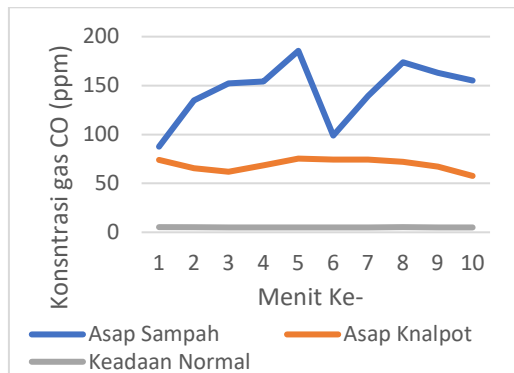
3.5 Perbandingan Hasil Pengambilan Data Dengan Tiga Kondisi

Pada gambar 17 di bawah merupakan perbandingan hasil pengukuran gas CO menggunakan alat ukur pada tiga kondisi. Nilai CO pada kondisi udara berasap hasil pembakaran sampah memiliki nilai yang lebih tinggi daripada kondisi udara berasap knalpot dan kondisi udara normal. Hal tersebut menandakan bahwa kandungan CO pada asap pembakaran sampah memiliki nilai yang lebih besar daripada asap knalpot sepeda motor.



Gambar 17. Perbandingan hasil pengukuran dengan alat ukur pada tiga kondisi udara

Pada gambar 18 di bawah merupakan perbandingan hasil pengukuran gas CO menggunakan prototipe pada tiga kondisi.



Gambar 18. Perbandingan hasil pengukuran dengan prototipe pada tiga kondisi udara

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancang bangun dan pengujian dari prototipe yang sudah dibuat, dapat disimpulkan bahwa kadar gas CO lebih banyak didapat dari hasil pembakaran sampah daripada knalpot sepeda motor. Hasil uji coba prototipe pada kondisi udara normal memiliki nilai ppm CO sebesar 4,99 hingga 5,21 ppm, pada kondisi udara berasap hasil pembakaran sampah memiliki nilai ppm CO sebesar 87,56 hingga 185,52 ppm dengan rata-rata nilai error sebesar 10% sedangkan pada kondisi udara berasap sepeda motor memiliki nilai ppm CO sebesar 57,63 hingga 75,35 ppm dengan rata-rata nilai error sebesar 13%. Dari nilai error tersebut menandakan bahwa prototipe bisa digunakan untuk melakukan pengukuran gas CO.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih sebesar-besarnya kepada Politeknik Negeri Bandung yang telah membantu pendanaan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ismiyati I., Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran udara akibat emisi gas buang kendaraan bermotor. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTransLog)*, 1(3), 241-248.
- [2] Humas Kota Bandung (2023). Faktor Utama Kualitas Udara Kota Bandung di Ambang Batas Sedang. <https://news.republika.co.id/berita/rzwl1330/udara-kota-bandung-terancam-masuk-level-tidak-sehat> (diakses pada 13 Januari 2023).
- [3] Arum, Widhia Wibawana (2023). Dampak-dampak Polusi Udara Bagi Kesehatan dan Lingkungan. <https://www.detik.com/tag/polusi> (diakses pada 13 Januari 2023).
- [4] Zulfiryansyah, F., Syahririni, S., & Habibi, M. N. (2022). Air Quality Monitoring System using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter Type. *Procedia of Engineering and Life Science*, 2(2).
- [5] Rifai, M. H., Rachmat, H., & Prasetyo, M. D. (2021). Pemanfaatan Internet Of Things (iot) Untuk Rancang Bangun Uav (unmanned Aerial Vehicle) Alat Pengukuran Polutan Co Dan Co2 Di Pabrik Manufaktur Menggunakan Espnow. *eProceedings of Engineering*, 8(5).
- [6] Kurniadi, F., & Ronny Mardiyanto, S. T. (2018). Rancang Bangun Alat Pembuat Peta Kondisi Gas Karbon Monoksida (CO) pada Unmanned Aerial Vehicle. *SinarFe7*, 1(1), 102-105.
- [7] Soedjono Dirdjosisworo, SD. (2020). *Pencemaran dan Pengendalian Pencemaran Udara*. Pustaka Jaya. Jakarta.
- [8] Faaizah, Noor (2023). *Pencemaran Udara: Pengertian, Penyebab, Dampak dan Contohnya*. <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-6994289/pencemaran-udara-pengertian-penyebab-dampak-dan-contohnya> (diakses pada 13 Januari 2023).
- [9] Chaniago, D., Annisa Z., dan Indah S. (2020). INDEKSSTANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU) SEBAGAI

INFORMASI MUTU UDARA AMBIEN
DI INDONESIA.

- <https://ditppu.menlhk.go.id/portal/read/ind-eks-standar-pencemar-udara-ispu-sebagai-informasi-mutu-udara-ambien-di-indonesia> (diakses pada 13 Januari 2023).
- [10] Mudjanarko, Sri Wiwoho, dkk. (2011). Pemanfaatan Internet of Things (IoT) Sebagai Solusi Manajemen Transportasi Kendaraan Sepeda Motor. Universitas Kediri.
- [11] I Suroso. (2016). Peran drone/unmanned aerial vehicle (UAV) buatan sttkd dalam dunia penerbangan.
- [12] Nirwan, S., Dwie, A., Ruslan, M., & Vokasi, S. (2022). Rancang Bangun Aplikasi Protokol Kesehatan Dalam Proses Postal Middle Mile Delivery Berbasis Esp32-Cam Dengan Metode. *Jurnal I. Engineering*, 6(2), 117-126.
- [13] Broto, P. E. (2023). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Portable Berbasis IoT menggunakan Arduino Mega dan ESP32 (Portable IoT-Based Temperature and Humidity Monitoring System using Arduino Mega and ESP32). *Jurnal*, 8, 1-6.
- [14] Yudha, Krysna Maulana (2022). Apa itu ESP32, Salah Satu Modul WiFi Poppuler. <https://student-activity.binus.ac.id/himtek/2022/07/27/esp32/> (diakses pada 13 Januari 2023).
- [15] Hanwei Sensors. (2023). MQ-7 Gas Sensor Datasheet. V1.0. <https://www.sparkfun.com/products/9403>