

Rancang Bangun Pemantauan Pencemaran Udara Menggunakan *Autonomous Waypoint Quadcopter*

Virgilius Galih Widy Raharnata

PT. Mulia Industrindo, Tbk, Jawa Barat
galihraharnata@gmail.com

Abstrak—Pencemaran udara yang meningkat sekarang ini mengakibatkan beberapa permasalahan kesehatan bagi masyarakat luas. Bertambahnya jumlah kendaraan bermotor, industri tidak ramah lingkungan dan juga penggunaan energi pembangkit listrik yang tak terbaharukan menjadi penyebab utama permasalahan ini. Karbon dioksida menjadi salah satu komponen dalam pencemaran udara yang apabila terpapar manusia dalam kadar yang tinggi dapat mengakibatkan kehilangan kesadaran hingga akibat paling buruknya adalah kematian. Salah satu faktor yang memperburuk pencemaran udara adalah kelembaban udara. Kelembaban udara berbanding lurus terhadap konsentrasi CO artinya ketika kelembaban meningkat maka konsentrasi CO juga meningkat. *Quadcopter* atau *drone* merupakan suatu pesawat tanpa awak yang memiliki empat lengan dengan masing-masing satu motor sebagai pemutar baling-baling. Dengan mengaplikasikan quadcopter yang bergerak secara manual ataupun otomatis melalui titik *waypoint* yang sudah ditentukan ditambah dengan arduino sebagai modul mikrokontroler yang dilengkapi dengan sensor gas MQ-7 untuk mendeteksi gas CO dan sensor DHT-22 untuk mendeteksi kelembaban udara. Hasilnya adalah kadar ppm gas CO yang dipantau pada sore hari pada ketinggian 10 meter memiliki rata-rata kadar sebesar 3,31 ppm, pada ketinggian 15 meter memiliki rata-rata kadar sebesar 3,36 ppm, dan pada ketinggian 20 meter memiliki rata-rata kadar sebesar 3,40 ppm.

Kata Kunci—*Karbon Monoksida, Kelembaban, Pencemaran Udara, Quadcopter, Waypoint.*

DOI: 10.22441/jte.2021.v12i2.008

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya penggunaan kendaraan bermotor, udara yang dihirup masyarakat mengalami penurunan kualitas yang signifikan disebabkan oleh pencemaran udara yang tidak terkendali. Aktivitas industri juga ikut andil dalam pencemaran ini. Industri dituntut untuk selalu mengedepankan faktor keselamatan dalam menggunakan energi berupa gas. Beberapa masalah yang kerap terjadi adalah paparan gas berbahaya [9] pada pemukiman penduduk, hal ini diakibatkan oleh pembuangan sisa-sisa pembakaran yang tidak diproses dengan baik ataupun terjadinya suatu kebocoran gas.

Pencemaran udara menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 mengenai Pengendalian Pencemaran Udara, adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak memenuhi fungsinya.

Karbon monoksida merupakan salah satu komponen gas berbahaya yang dihasilkan oleh pertambahan jumlah kendaraan bermotor dan industri serta kebakaran hutan. Salah satu akibat akut yang disebabkan oleh gas karbon monoksida adalah saat pernafasan menghirup udara terkontaminasi karbon monoksida yang tinggi dan berdampak langsung terhadap asupan oksigen bagi tubuh. Karbon monoksida (CO) menurut Persatuan Dokter Paru Indonesia pada tahun 2019 merupakan gas tidak berwarna dan tidak berbau yang bersifat asfiksian dan mempunyai kemampuan mengikat hemoglobin 200 kali lebih kuat dibanding oksigen.

Salah satu faktor yang memperburuk pencemaran udara adalah kelembaban udara. Kelembaban udara berbanding lurus terhadap konsentrasi CO artinya ketika kelembaban meningkat maka konsentrasi CO juga meningkat. Pada kelembaban udara yang tinggi menyebabkan terbentuknya lapisan udara dingin, dimana zat pencemar akan terakumulasi dan dispersi zat akan terhambat sehingga konsentrasi CO tinggi [1].

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) atau pesawat tanpa awak yang lebih familiar dengan nama Drone banyak digunakan pada berbagai jenis pengaplikasian, mulai dari pemetaan suatu wilayah hingga menjadi alat bantu petani sebagai alat penyemprot pestisida. Salah satu jenis UAV adalah quadcopter [7][8] dimana jenis pesawat tanpa awak ini memiliki empat lengan dengan masing-masing satu motor sebagai pemutar baling-baling.

Pada penelitian ini dirancang untuk mengaplikasikan quadcopter yang bergerak secara manual ataupun otomatis melalui titik *waypoint* yang sudah ditentukan ditambah dengan arduino sebagai modul mikrokontroler yang dilengkapi dengan sensor gas CO dan kelembaban udara. Sistem inilah yang akan berperan dalam melakukan pemantauan pencemaran yang terjadi di udara.

II. PENELITIAN TERKAIT

Penelitian mengenai pemantauan pencemaran udara sudah banyak dilakukan. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya adalah dalam penelitian ini menggunakan quadcopter sebagai media transportasi sistem

dalam memantau objek yang akan dideteksi yaitu karbon monoksida dan kelembaban udara pada ketinggian 10, 15, dan 20 meter. Penulis mencoba membuat sistem dari penggabungan beberapa penelitian yang bisa menunjang untuk perancangan sistem “Rancang Bangun Pemantauan Pencemaran Udara Menggunakan *Autonomous Waypoint Quadcopter*” ini. Sehingga hasil dari perancangan ini bisa sama atau lebih baik dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [2] mengenai teknologi quadrotor dan IoT dalam sistem pemantauan kualitas udara berhasil dirancang dan diimplementasikan. Parameter polusi udara dapat diukur menggunakan sistem sensor yang dialirkan bersama dengan quadrotor. Berdasarkan hasil pengujian dari beberapa subsistem ditemukan bahwa sistem bisa bekerja dengan baik.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [3] untuk melakukan pembacaan gas CO sensor MQ-7 mampu mendeteksi gas berupa polutan karbon monoksida (CO) dengan error 9,4% dibandingkan CO-meter. Saat quadcopter berada di tanah terdapat selisih error pembacaan sensor gas MQ-7 dengan CO-meter di tanah sebesar $\pm 0,5-3$ ppm. Besar kecilnya polutan mempengaruhi pengukuran gas CO di quadcopter.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [4] mengenai pemantauan kualitas udara dengan *low-cost* sensor yang diangkat menggunakan quadcopter menghasilkan data seperti temperatur dan kelembaban udara yang memberikan informasi pada petani dalam menentukan tindakan untuk meningkatkan produksi dan kesehatan perkebunan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [5] mengenai pengumpulan data lingkungan menggunakan quadcopter yang terbang di ketinggian yang berbeda untuk mengumpulkan suhu, kelembaban dan konsentrasi PM 2.5. Korelasi antara suhu, kelembaban, dan konsentrasi PM2.5 pada ketinggian berbeda dianalisis menggunakan korelasi pearson, koefisien dihitung dan temuan menunjukkan bahwa ketinggian terbang sangat berkorelasi dengan ketiga factor meteorologi tersebut, tetapi konsentrasi PM2.5 pada 0m dan 9m disajikan korelasi sedang.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [6] mengenai perbandingan hasil nilai kesalahan rata-rata pada pengukuran suhu dan kelembaban antara sensor DHT-22 dengan thermohyrometer standar menghasilkan nilai 2,99% untuk kelembaban dan -2,31% untuk suhu. Dari pembahasan tersebut dapat disimpulkan bahwa selisih penunjukan nilai suhu dan kelembaban pada sensor DHT-22 sesuai dengan data sheet sensor DHT-22 yaitu kelembaban yang terukur harus memiliki range antara 2%-5% dan $\pm 5^{\circ}\text{C}$ untuk nilai suhu.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penjabaran metode yang digunakan berdasarkan tahapan penelitian sebagai berikut:

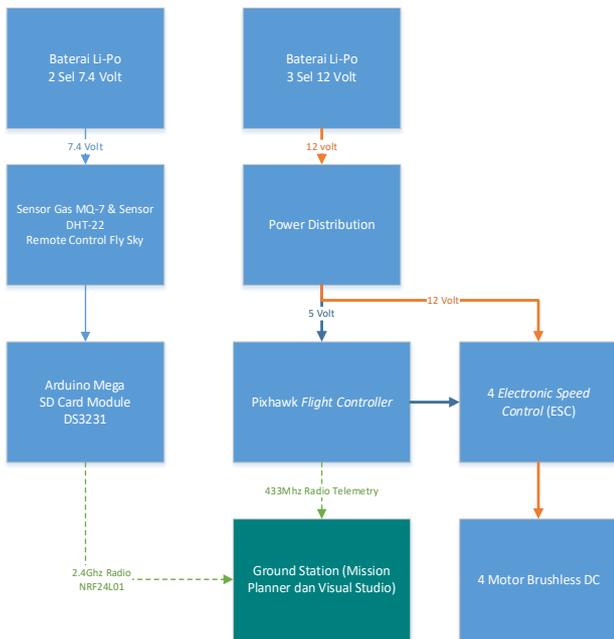
- Studi literatur dilakukan terhadap jurnal-jurnal nasional maupun internasional, tesis dan disertasi nasional dan multinasional serta browsing di internet tentang proyek yang dikerjakan sebelumnya. Peneliti melakukan analisis dan pemahaman dari literatur yang didapatkan.
- Peneliti melakukan identifikasi masalah yang saat ini terjadi di lapangan. Melakukan kajian tentang metode pemantauan

pencemaran udara menggunakan quadcopter untuk melakukan pembaruan penelitian.

- Peneliti melakukan penentuan fokus untuk apa yang akan dirancang dan dibangun berdasarkan hasil identifikasi masalah dan motivasi dari peneliti.
- Perancangan dan Pembuatan solusi dari fokus penelitian yang dikerjakan dengan metode pengembangan prototype. Dalam menunjang prototype ini dibutuhkan Arduino Mega [11] sebagai mikrokontroler untuk pengolahan dan pengendalian sistem pemantauan pencemaran udara yang akan dibangun. Arduino Mega membangun aplikasi/program menggunakan bahasa pemrograman C++ dimana melakukan kendali terhadap komponen-komponen yang terhubung ke Arduino Mega melalui I/O Port yang tersedia. Untuk mendukung semua sistem ini dibutuhkan beberapa perangkat lainnya seperti Pixhawk Flight Controller yang digunakan sebagai pusat kendali Quadcopter.
- Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan sistem diperlukan demonstrasi prototype tersebut yang berfungsi untuk menguji bahwa sistem yang kita bangun berjalan dengan baik atau tidak dan sesuai harapan atau tidak.
- Setelah rancangan dan demonstrasi makan dilakukan pengujian terhadap prototype yang sudah dirancang untuk dilakukan evaluasi akhir.
- Analisis dilakukan terhadap hasil pengujian yang didapatkan. Analisis bertujuan memberikan gambaran kondisi prototype dan masukan mengenai arah pengembangan lebih lanjut.

A. Blok Diagram

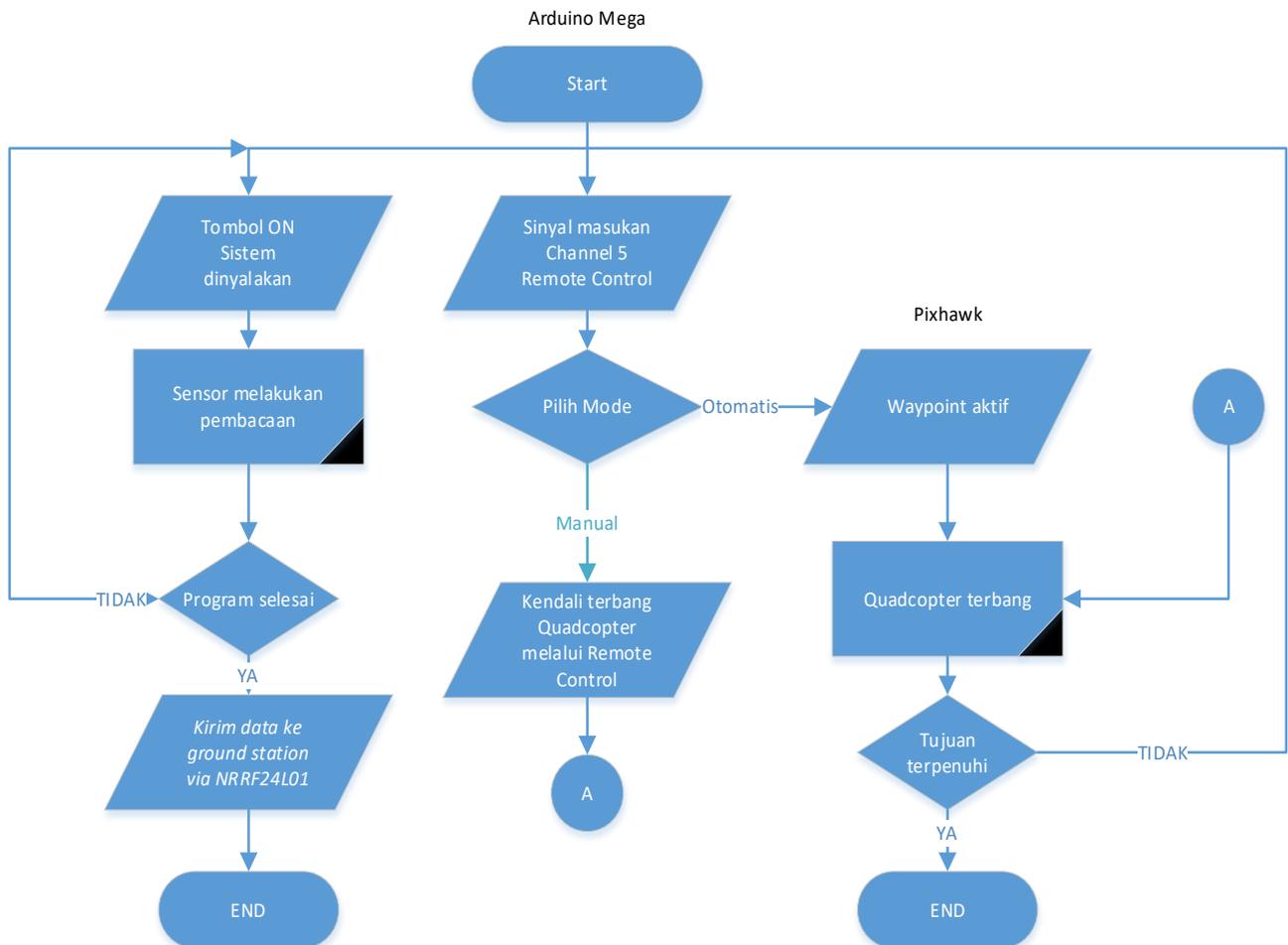
Diagram blok sistem alat yang dirancang pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1. Dimana sistem kerja dari quadcopter adalah melakukan pemantauan pencemaran udara dengan menggunakan sensor semikonduktor MQ-7 untuk mendeteksi kadar CO dan DHT-22 untuk mendeteksi kelembaban udara dengan metode waypoint. Proses interface yang digunakan untuk menghubungkan ke komputer adalah menggunakan NRF24L01 [12] sebagai pengirim data. Data ditampilkan pada laptop melalui radio frekuensi 2.4Ghz, dimana data disajikan dalam grafik secara online real time menggunakan fitur data streamer pada Microsoft Excel.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

B. Diagram Alir

Sistem kendali quadcopter dimulai dari pembacaan sinyal PWM channel 5 remote control oleh receiver Fly Sky FS-i6X kemudian hasil pembacaan sinyal diolah dan diteruskan ke Pixhawk flight controller. Kendali otomatis maupun manual bisa diubah dengan mengatur nilai PWM pada channel 5. Ketika mode otomatis quadcopter aktif, Pixhawk flight controller akan mengolah input PWM dari receiver Fly Sky FS-i6X untuk mengeluarkan sinyal PWM ke empat buah electric speed controller (ESC). ESC ini akan mengolah sinyal PWM tersebut untuk mengendalikan putaran empat buah motor [10] brushless DC (BLDC). Sehingga quadcopter mampu bergerak sesuai dengan titik waypoint yang diinginkan



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

Sebuah tombol switch digunakan untuk menginisiasi program pembacaan sensor yang kemudian dikirimkan ke ground station melalui frekuensi radio 2.4Ghz menggunakan NRF24L01.

IV. HASIL DAN ANALISA

Pengujian seluruh sistem dilakukan dengan lengkap dimana keberhasilan pendeteksian gas dan quadcopter mampu melewati titik-titik waypoint. Pengujian dilakukan pada sebuah disebuah kompleks perumahan melakukan pemantauan kualitas udara pada ketinggian tertentu



Gambar 3. Realisasi Alat

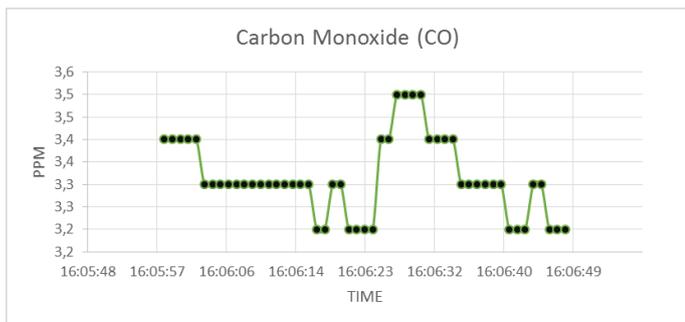
A. Pengujian Sistem Ke-1

Pengujian pertama dilakukan dengan nilai ketinggian (altitude) setinggi 10 meter dan titik koordinat dijabarkan pada tabel 1 berikut.

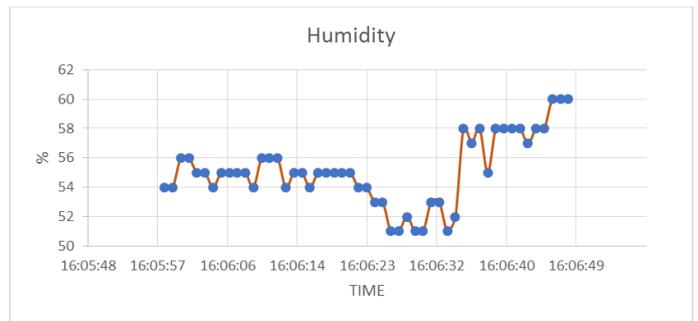
Tabel 1. Posisi titik *waypoint* ketinggian 10 mete

Perintah	Ketinggian (m)	Latitude	Longitude
Lepas landas	10	-6,308642	107,178969
Titik ke-2	10	-6,308515	107,179006
Mendarat	0	-6,308421	107,179099

Pada pengujian ini hasil berupa data CO dan kelembaban dikirimkan pada komputer. Gambar 4 menunjukkan hasil data pada data streamer.



(a)



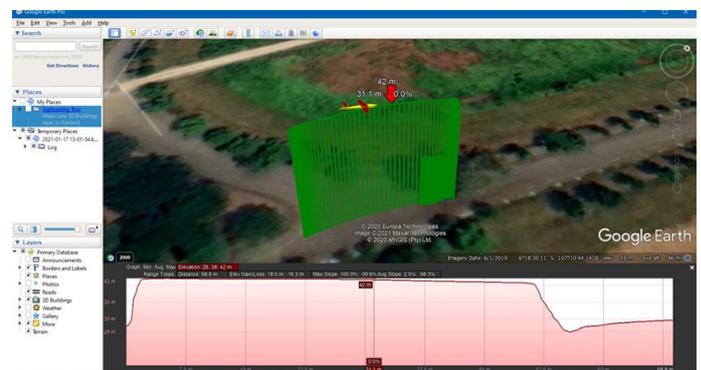
(b)

Gambar 4. (a) Grafik data CO pada *data streamer*, dan (b) Grafik data kelembaban pada *data streamer*

Data hasil pembacaan sensor MQ-7 yang tergambar pada grafik menunjukkan nilai kadar karbon monoksida dengan nilai tertinggi pada 3,5 ppm dan kadar terendah pada 3,2 ppm. Data hasil pembacaan sensor DHT-22 yang tergambar pada grafik menunjukkan nilai kadar kelembaban dengan nilai tertinggi pada 60% dan kadar terendah pada 51%. Hasil ini diambil saat *quadcopter* terbang diketinggian 10 meter pada waktu sore hari. *Quadcopter* menyelesaikan penerbangan dalam rentang waktu 50 detik yang menghasilkan data CO dengan rata-rata 3,31 ppm dan kelembaban 55%.

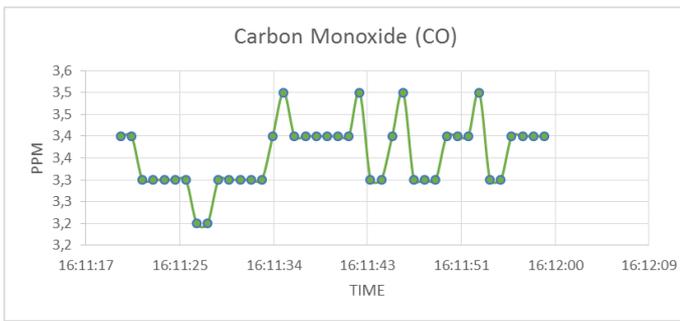
B. Pengujian Sistem Ke-2

Pengujian kedua dilakukan di tempat yang sama namun dengan ketinggian terbang yang diubah menjadi 15 meter dengan rute waypoint yang masih sama. Pada gambar 5 data terbang *quadcopter* dianalisa menggunakan Google Earth, data ketinggian terbang tercatat pada 42 mdpl dengan ketinggian permukaan 28 mdpl terlihat ada selisih 1 meter dari ketetapan ketinggian yang ditentukan pada data waypoint yaitu 15 meter.

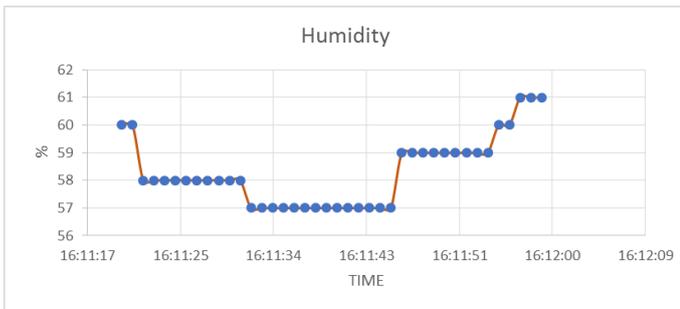


Gambar 5. Data Google Earth Ketinggian 15 meter

Pada pengujian ini hasil berupa data CO dan kelembaban dikirimkan pada komputer. Gambar 6 menunjukkan hasil data pada *data streamer*.



(a)



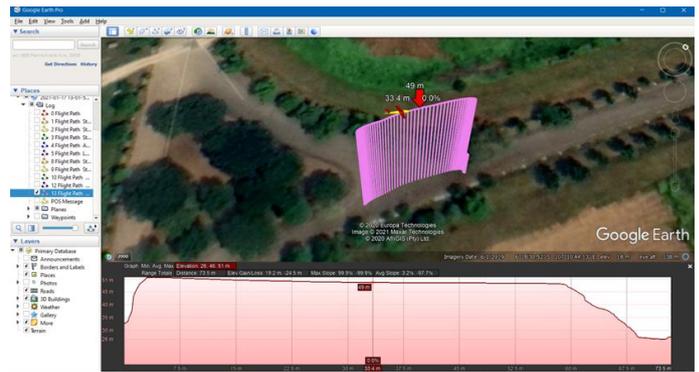
(b)

Gambar 6. (a) Grafik data CO pada data streamer, dan (b) Grafik data kelembaban pada data streamer

Data hasil pembacaan sensor MQ-7 yang tergambar pada grafik menunjukkan nilai kadar karbon monoksida dengan nilai tertinggi pada 3,5 ppm dan kadar terendah pada 3,2 ppm. Data hasil pembacaan sensor DHT-22 yang tergambar pada grafik menunjukkan nilai kadar kelembaban dengan nilai tertinggi pada 61% dan kadar terendah pada 57%. Hasil ini diambil saat quadcopter terbang diketinggian 15 meter pada waktu sore hari. Quadcopter menyelesaikan penerbangan dalam rentang waktu 39 detik yang menghasilkan data CO dengan rata-rata 3,36 ppm dan kelembaban 58%.

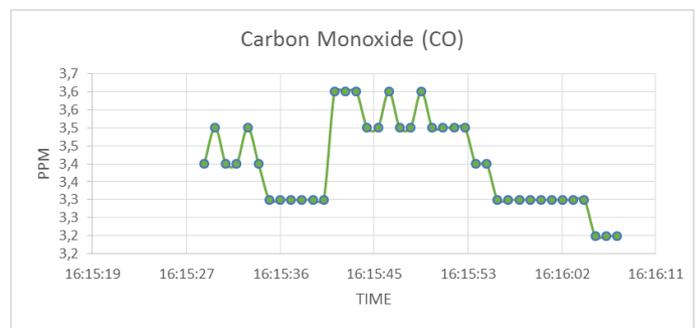
C. Pengujian Sistem Ke-3

Pengujian ketiga dilakukan di tempat yang sama namun dengan ketinggian terbang yang diubah menjadi 20 meter dengan rute *waypoint* yang masih sama. Pada gambar 4.19 data terbang *quadcopter* dianalisa menggunakan Google Earth, data ketinggian terbang tercatat stabil pada 49 mdpl terlihat ada selisih 4 meter dari ketetapan ketinggian yang ditentukan pada data *waypoint* yaitu 20 meter.

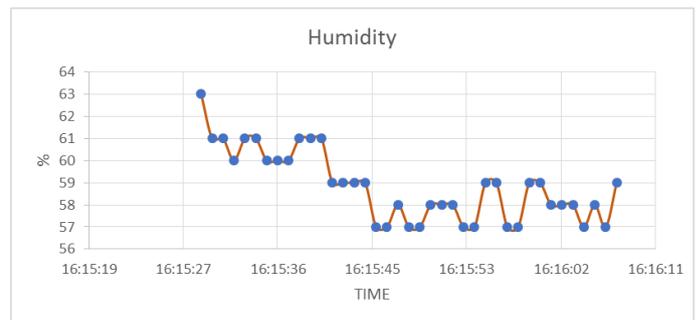


Gambar 7. Data Google Earth Ketinggian 20 meter

Pada pengujian ini hasil berupa data CO dan kelembaban dikirimkan pada komputer. Gambar 8 menunjukkan hasil data pada *data streamer*.



(a)



(b)

Gambar 8. (a) Grafik data CO pada *data streamer*, dan (b) Grafik data kelembaban pada *data streamer*

Data hasil pembacaan sensor MQ-7 yang tergambar pada grafik menunjukkan nilai kadar karbon monoksida dengan nilai tertinggi pada 3,6 ppm dan kadar terendah pada 3,2 ppm. Data hasil pembacaan sensor DHT-22 yang tergambar pada grafik menunjukkan nilai kadar kelembaban dengan nilai tertinggi pada 63% dan kadar terendah pada 57%. Hasil ini diambil saat *quadcopter* terbang diketinggian 20 meter pada waktu sore hari. *Quadcopter* menyelesaikan penerbangan dalam rentang waktu 38 detik yang menghasilkan data CO dengan rata-rata 3,40 ppm dan kelembaban 59%.

V. KESIMPULAN

Kadar ppm gas CO yang dipantau pada sore hari pada ketinggian 10 meter memiliki rata-rata kadar sebesar 3,31 ppm, pada ketinggian 15 meter memiliki rata-rata kadar sebesar 3,36 ppm, dan pada ketinggian 20 meter memiliki rata-rata kadar sebesar 3,40 ppm.

Tingkat kelembaban udara yang dipantau pada sore hari pada ketinggian 10 meter memiliki rata-rata kelembaban 55%, pada ketinggian 15 meter memiliki rata-rata kelembaban 58%, pada ketinggian 20 meter memiliki rata-rata kelembaban 59%.

Dari hasil uji penerbangan quadcopter yang dilakukan secara otomatis melalui titik-titik waypoint yang ditentukan. Quadcopter dapat menyelesaikan penerbangan pada setiap titik dengan radius toleransi 2 meter namun terdapat nilai selisih antara ketinggian aktual dengan ketinggian terbang yang sudah ditetapkan. Pada ketinggian 10 meter quadcopter terbang stabil, namun pada ketinggian 15 meter kondisi aktual quadcopter memiliki selisih tinggi 1 meter dan pada ketinggian 20 meter memiliki selisih tinggi 4 meter. Hal ini disebabkan oleh faktor lingkungan yaitu hembusan angin yang kencang sehingga memaksa quadcopter untuk berusaha menyeimbangkan kondisi penerbangan dan mengakibatkan quadcopter kehilangan ketinggian terbang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. D. Kurniawati, U. Nurullita, and Mifbakhuddin, "Indikator pencemaran udara berdasarkan jumlah kendaraan dan kondisi iklim (studi di wilayah terminal mangkang dan terminal penggaron semarang)," *J. Kesehat. Masy. Indonesia*, vol. 12, no. 2, pp. 19–24, 2017.
- [2] A. Rafi, A. Tahtawi, E. Andika, M. Yusuf, and W. N. Harjanto, "Design of Quadrotor UAV and Internet-of-Things Based Air Pollution Monitoring Systems," vol. 3, no. 4, pp. 120–127, 2019.
- [3] I. F. Priyanta, M. Rivai, and R. Dikairono, "Pemetaan Distribusi Gas Polutan Menggunakan Quadcopter Berbasis Autonomous Waypoint Navigation," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 154–159, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16238.
- [4] M. Ghosal, A. Bobade, and P. Verma, "A Quadcopter Based Environment Health Monitoring System for Smart Cities," *Proc. 2nd Int. Conf. Trends Electron. Informatics, ICOEI 2018*, no. Icoei, pp. 1423–1426, 2018, doi: 10.1109/ICOEI.2018.8553686.
- [5] J. H. Chang, Y. Y. Chen, and Y. M. Huang, "Design and implementation of an ambient data collection mechanism based on a quadcopter," *Proc. - 2018 1st Int. Cogn. Cities Conf. IC3 2018*, pp. 32–36, 2018, doi: 10.1109/IC3.2018.00017.
- [6] F. Puspasari, T. P. Satya, U. Y. Oktiawati, I. Fahrurrozi, and H. Prisyanti, "Analisis Akurasi Sistem sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar," *J. Fis. dan Apl.*, vol. 16, no. 1, p. 40, 2020, doi: 10.12962/j24604682.v16i1.5776.
- [7] M. S. S. Virdaus and E. Ihsanto, "Rancang Bangun Monitoring Dan Kontrol Kualitas Udara Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Wemos," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 22–28, 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i1.005.
- [8] A. T. Nugraha, "Desain Kontrol Output Feedback Dengan Command Generator Tracker Berbasis Los Pada Jalur Lingkaran Menggunakan Quadcopter," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 2, 2018, doi: 10.22441/jte.v9i2.4070.
- [9] K. Laili, T. Pangaribowo, and B. Badaruddin, "Robot Pendeteksi Gas Beracun Menggunakan NodeMCU Esp8266 Berbasis IoT," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 10, no. 3, p. 183, Feb. 2020, doi: 10.22441/jte.v10i3.006.
- [10] A. Andi, I. Zainul, and A. Julpri, "Design of Telerobotic system using Bluetooth with Behaviour-based Control Architecture," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 453, p. 012067, Nov. 2018, doi: 10.1088/1757-899x/453/1/012067.
- [11] T. Pangaribowo, M. H. Ibnu Hajar, J. Andika, and A. Juliyanto, "A Crane Robot of Three Axes Dimensional Using Trajectory Planning Method," *International Journal of Advanced Technology in Mechanical, Mechatronics and Materials*, vol. 1, no. 2, pp. 66–75, Aug. 2020, doi: 10.37869/ijatec.v1i2.20.
- [12] I. A. Muzar and Yuliza, "Pemantauan Cairan Infus Menggunakan Metode Komunikasi Wireless," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 10, no. 2, p. 111, Dec. 2019, doi: 10.22441/jte.v10i2.005.