

**PEMANFAATAN *INTERNET OF THINGS* (IOT) UNTUK RANCANG BANGUN UAV
(*UNMANNED AERIAL VEHICLE*) ALAT PENGUKURAN POLUTAN CO DAN CO₂
DI PABRIK MANUFAKTUR MENGGUNAKAN ESP-NOW**

***UTILIZATION OF INTERNET OF THINGS (IOT) DESIGN UAV (UNMANNED
AERIAL VEHICLE) CO AND CO₂ POLLUTANT MEASUREMENT TOOL IN
MANUFACTURING PLANT USING ESP-NOW***

Mohammad Husain Rifai¹, Haris Rachmat², Murman Dwi Prasetyo³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

rifailogic@student.telkomuniversity.ac.id¹, harisrachmat@telkomuniversity.ac.id²,
murmandwi@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Pencemaran udara yang dihasilkan oleh pembakaran industri manufaktur adalah terbentuknya karbon monoksida (CO) ataupun karbon dioksida (CO₂). Karbon monoksida lebih kuat mengikat hemoglobin daripada oksigen. Akibatnya transportasi oksigen pada darah terganggu sehingga dapat menyebabkan gangguan pada organ-organ yang sangat membutuhkan oksigen seperti jantung dan paru-paru. Begitu juga dengan karbon dioksida berbahaya jika dihirup melebihi ambang batas. Masalah yang dipaparkan di atas berkaitan dengan standar OHSAS 18001:2007 tentang manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada organisasi. Oleh sebab itu diperlukan sistem *monitoring* kualitas CO dan CO₂ di udara. Dengan berkembangnya IoT maka *monitoring* dapat dilakukan secara *realtime* dengan alat ukur sensor. Untuk mendekati sumber pencemaran udara maka digunakan UAV *multicopter* jenis *quadcopter* sebagai alat bantu untuk mendekati sensor. Pada penelitian ini digunakan dua *device* yaitu ESP-Sender dan ESP-Receiver. ESP-Sender untuk mengambil data dan ESP-Receiver untuk menerima data dan meneruskan ke *web*. Metode komunikasi yang digunakan adalah ESP-Now sedangkan metode pembuatan *web* IoT menggunakan *framework* Codeigniter 3. Didapatkan hasil *realtime* pengambilan data dengan selisih rata-rata adalah 6.90 detik. Hasil pengukuran didapatkan bahwa nilai CO dan CO₂ pada daerah uji masih di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah. Namun hasil ini termasuk dalam udara tercemar karena rata-rata CO dan CO₂ masing-masing berkisar 24 – 26 ppm dan 600 ppm.

Kata kunci: CO, CO₂, Codeigniter, ESP-Now, IoT, Monitoring, Realtime

Abstract

Air pollution produced by the combustion of the manufacturing industry is the formation of carbon monoxide (CO) or carbon dioxide (CO₂). Carbon monoxide binds to hemoglobin more strongly than oxygen. As a result, oxygen transport in the blood is disrupted so that it can cause problems in organs that really need oxygen, such as the heart and lungs. Likewise, carbon dioxide is dangerous if inhaled exceeds the threshold. The problems described above relate to the OHSAS 18001:2007 standard on Occupational Health and Safety (K3) management in organizations. Therefore it is necessary to monitor the quality of CO and CO₂ in the air. With the development of IoT, monitoring can be done in real time with sensor measuring devices. To approach the source of air pollution, a multicopter UAV with a quadcopter type is used as a tool to bring the sensor closer. ESP-Sender to retrieve data and ESP-Receiver to receive data and forward to the web. The communication method used is ESP-Now while the IoT web creation method uses the Codeigniter 3 framework. Realtime results of data retrieval are obtained with an average difference of 6.90 seconds. The measurement results show that the values of CO and CO₂ in the test area are still below the threshold set by the government. However, this result is included in polluted air because the average CO and CO₂ ranged from 24-26 ppm and 600 ppm, respectively.

Keywords: Flexible Job Shop, Genetic Algorithm, Makespan, Overlapping, Scheduling

1. PENDAHULUAN

Manufaktur merupakan proses merubah bahan baku menjadi suatu produk. Sebagaimana besar industri manufaktur menggunakan proses pembakaran untuk merubah bahan baku menjadi produk jadi. Dalam proses pembakaran tersebut akan menambahkan nilai pada bahan baku yang diproses. Namun selain nilai proses pembakaran juga menimbulkan emisi dan pencemaran udara. Pencemaran udara yang dihasilkan akibat pembakaran adalah terbentuknya karbon monoksida (CO) ataupun karbon dioksida (CO₂). Karbon monoksida dihasilkan ketika karbon dan senyawa karbon mengalami pembakaran yang tidak sempurna. Sedangkan pembakaran sempurna akan menghasilkan karbon dioksida (CO₂) dan H₂O. Karbon monoksida dan karbon dioksida merupakan gas yang berbahaya jika dihirup melebihi batas aman [1]. Penelitian sebelumnya telah memaparkan dampak dari karbon monoksida yang ditampilkan pada tabel berikut.

No.	Sumber	Hasil Penelitian
1.	[2]	Keracunan CO membuat ikatan COHb pada darah yang mengakibatkan pusing, gangguan konsentrasi, cepat lelah, gangguan penglihatan, mual, sesak nafas, dan muntah
2.	[3]	Gas CO mampu berikatan dengan hemoglobin 210 kali lebih besar daripada oksigen. Akibatnya organ-organ vital, seperti otak, jaringan saraf, dan jantung, tidak menerima cukup oksigen untuk bekerja dengan baik yang akan mengakibatkan penurunan kapasitas darah untuk mengikat oksigen
3.	[4]	12,9% individu mengalami gangguan saraf permanen dari total individu yang terpapar gas CO. Sekitar 2,4% individu mengalami kematian.
4.	[5]	Dengan adanya CO, hemoglobin dapat membentuk karboksihemoglobin, jika reaksi tersebut terjadi maka kemampuan darah untuk mentransport oksigen menjadi berkurang. Afinitas CO terhadap hemoglobin adalah 200 kali lebih tinggi daripada afinitas oksigen terhadap hemoglobin, akibatnya jika CO dan O ₂ terdapat bersamaan di udara akan terbentuk COHb dalam jumlah jauh lebih banyak dari pada O ₂ Hb.
5.	[6]	Ikatan karboksihemoglobin jauh lebih stabil dari pada ikatan oksigen dengan darah (oksihemoglobin). Keadaan ini menyebabkan darah menjadi lebih mudah menangkap CO dan menyebabkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu

Berdasarkan Tabel I.1 dan Tabel I.2 bahwa karbon monoksida lebih kuat mengikat hemoglobin daripada oksigen. Akibatnya transportasi oksigen pada darah terganggu sehingga dapat menyebabkan gangguan pada organ-organ yang sangat membutuhkan oksigen seperti jantung dan paru-paru. Oleh sebab itu karbon monoksida bahaya apabila dihirup oleh manusia dalam jumlah besar.

Sedangkan pengaruh karbon dioksida tidak seburuk karbon monoksida. Namun hampir 1/3 emisi karbon dioksida (CO₂) atau sekitar 2.370 Tg CO₂ yang berada di udara berasal dari sektor perindustrian. Jumlah ini sekitar 43% dari total emisi CO₂ dunia [7]. Jika karbon dioksida dihirup secara berlebihan juga akan menyebabkan keadaan yang tidak baik pada tubuh. Pada konsentrasi tiga persen berdasarkan volume di udara, ia bersifat narkotik ringan dan menyebabkan peningkatan tekanan darah dan denyut nadi, dan menyebabkan penurunan daya dengar. Pada konsentrasi sekitar lima persen berdasarkan volume, ia menyebabkan stimulasi pusat pernapasan, pusing-pusing, kebingungan, dan kesulitan pernapasan yang diikuti sakit kepala dan sesak napas. Pada konsentrasi delapan persen, ia menyebabkan sakit kepala, keringatan, penglihatan buram, tremor, dan kehilangan kesadaran setelah paparan selama lima sampai sepuluh menit.

Masalah yang dipaparkan di atas berkaitan dengan standar OHSAS 18001:2007 tentang manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada organisasi. OHSAS merupakan singkatan dari *Occupational Health and Safety Assessment Series*, yaitu standar untuk penetapan manajemen K3 pada organisasi agar dapat mengendalikan risiko K3. Oleh karena itu polusi udara pada cerobong asap industri akibat proses produksi harus dikendalikan dan di *monitoring* untuk melakukan manajemen pada resiko K3. Dengan berkembangnya teknologi informasi, *monitoring* dapat dilakukan dengan memanfaatkan *Internet of Things* (IoT). Telah banyak dilakukan penelitian mengenai *monitoring* karbon monoksida dan karbon dioksida di udara menggunakan IoT sebagai basisnya. Penelitian tersebut antara lain: [8] mengembangkan sistem deteksi karbon monoksida menggunakan MQTT, [9] mengembangkan sistem deteksi CO pada asap kendaraan, selain itu berbagai penelitian mengenai *monitoring* kualitas udara juga telah dilakukan [10]–[12].

Dari penelitian-penelitian sebelumnya pemanfaatan IoT dapat digunakan untuk pengambilan data secara *realtime*. Oleh sebab itu dengan menggunakan IoT penelitian ini dapat dilakukan untuk pengambilan data secara *realtime* pada industri manufaktur untuk mengetahui kandungan karbon monoksida dan karbon dioksida dalam manajemen resiko K3 terkait dengan OHSAS mengenai polusi udara.

Berdasarkan penelitian sebelumnya telah digunakan sensor MQ-7 dan sensor MQ-135 hal ini dikarenakan harganya yang terjangkau dan sensitivitas terhadap gas yang dideteksi. Pada penelitian ini akan digunakan sensor MQ-7 dan sensor MQ-135 untuk mendeteksi karbon monoksida dan karbon dioksida.

Untuk melakukan *monitoring* karbon monoksida dan karbon dioksida di udara diperlukan alat bantu agar udara pada ketinggian dapat terukur. Dengan adanya sistem otomasi melakukan *controlling* dan *monitoring* dapat dilakukan dengan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV).

UAV adalah pesawat yang tidak dioperasikan secara langsung oleh manusia di dalam pesawat tersebut menggunakan kendali jarak jauh atau dapat juga disebut dengan pesawat nirawak [13]. UAV sendiri telah dimanfaatkan untuk kepentingan sipil seperti pengambilan data maupun untuk pemetaan seperti yang dilakukan oleh Theresia Retno dkk. (2016) dalam penelitiannya. Menurut Oumarou dkk. (2018) sebagian besar aplikasi UAV melibatkan mobilitas dan memerlukan jangkauan ke tempat-tempat yang sulit diakses. Pengambilan data kualitas udara ini dapat menggunakan UAV karena dapat menjangkau ketinggian yang sulit di akses.

Berdasarkan penelitian Arsyad (2020) yang dibutuhkan dalam pengambilan data di udara adalah kemampuan melayang yang tinggi dalam hal ini *multicopter* yang cocok. Oleh karena itu pada penelitian ini UAV yang digunakan adalah *multicopter* mengacu pada Tabel 1.2 dengan kemampuan *manuver* tinggi, kemampuan melayang tinggi dengan sistem VTOL, biaya rendah. Dengan kemampuan *landing* dan *take-off* secara vertikal maka *multicopter* dapat dengan mudah dioperasikan untuk mengudara.

Pemanfaatan UAV *quadcopter* sebagai sarana pengambilan data di udara dan memanfaatkan *Internet of Things* untuk pengambilan data secara *realtime*, tentu membutuhkan koneksi dengan internet. Dengan terbatasnya jangkauan sinyal *Wi-Fi* maka perangkat yang diterbangkan menggunakan UAV akan kesulitan melakukan koneksi internet. Oleh sebab itu akan digunakan metode ESP-Now sebagai komunikasi agar perangkat tetap terkoneksi dengan internet.

ESP-Now merupakan protokol komunikasi tanpa *Wi-Fi* yang dikembangkan oleh *Espressif*. Protokol komunikasi ini dapat digunakan menggunakan perangkat kontroler dari *Espressif* misalnya ESP8266 atau ESP32. Protokol komunikasi ini sangat *powerful*, dijelaskan pada penelitian [17] bahwa komunikasi ini dapat menjangkau jarak 130 meter secara horizontal pada hasil penelitiannya. Komunikasi yang dilakukan menggunakan *ESP-Now* hanya membutuhkan *mac address* untuk mengirim data. Sehingga akan dibutuhkan dua perangkat yaitu ESP-Sender yang diterbangkan dengan UAV bertugas mengirimkan data dan ESP-Receiver yang berada di *ground* bertugas untuk

Pemanfaatan IoT pada sistem yang dirancang pada penelitian ini akan menggunakan *website* sebagai hilir *monitoring*. menerima data dan terkoneksi dengan internet. Dengan menggunakan metode ini maka masalah jangkauan sinyal *Wi-Fi* yang terbatas dapat teratasi. *Website* dirancang menggunakan metode *Model-View-Controller* (MVC) dengan kerangka kerja *Codeigniter* (CI). CI memiliki *library* yang lengkap untuk mengakses *database*, validasi *form*, dan satu satunya *framework* dengan dokumentasi yang lengkap dan jelas [18]. CI dipilih karena mudah digunakan, dokumentasi lengkap, konfigurasi minim, dan performa yang cepat sehingga memudahkan *developer* dalam mengembangkan *website*. Melalui *website* maka data dapat dipantau menggunakan *smartphone* dan laptop secara *realtime*. Berdasarkan paparan latar belakang yang telah disampaikan pada penelitian ini akan memanfaatkan *Internet of Things* untuk *monitoring* karbon monoksida dan karbon dioksida dengan UAV *quadcopter* menggunakan metode ESP-Now secara *realtime*. Penelitian ini dilakukan untuk merancang alat yang dapat *monitoring* karbon monoksida dan karbon dioksida di udara pada industri manufaktur secara *realtime*.

2. DASAR TEORI

2.1 Pemanfaatan IoT

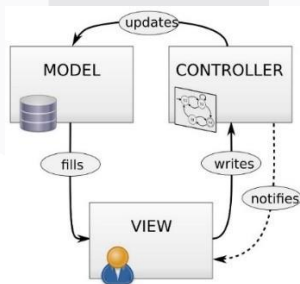
Menurut Wortmann & Flüchter (2015) bidang aplikasi untuk teknologi IoT sangat banyak dan beragam, karena penggunaan IoT sudah meluas bahkan untuk aktivitas sehari-hari. Aplikasi IoT yang sangat berpengaruh adalah *smart industry* yaitu pengembangan sistem produksi cerdas, dan monitoring rantai produksi dengan berlatar Industri 4.0. Selain itu aplikasi IoT juga diterapkan pada *smart home*, *smart transportation*, *smart energy*, *smart thermostat*, dan topik-topik berkaitan dengan kesehatan.

2.2 Framework CodeIgniter

Dijelaskan Destiningrum & Adrian (2017) bahwa *Codeigniter* merupakan sebuah *framework php* yang bersifat *open source* dan menggunakan metode MVC (*Model, View, Controller*) untuk memudahkan *developer* atau *programmer* dalam membangun sebuah aplikasi berbasis web tanpa harus membuatnya dari awal. Selain itu Nugroho (2014) juga menyampaikan bahwa di dalam *CodeIgniter* ini terdapat beberapa macam kelas yang berbentuk *library* dan *helper* yang berfungsi untuk membantu pemrogram dalam mengembangkan aplikasinya

Pada *framework Codeigniter* menggunakan konsep MVC dalam pembuatan *web*. MVC (*Model, View dan Controller*) yang merupakan sebuah arsitektur untuk membuat sebuah program. Tujuan dari pembagian program ke dalam tiga bagian besar ini adalah untuk memisahkan fokus perhatian, tanggung jawab, dan logika ke dalam bagian masing-masing [21]. Konsep dalam MVC ini terdapat pada Gambar.

Model merupakan program (berupa OOP class) yang digunakan untuk berhubungan dengan database MySQL sekaligus untuk memanipulasinya (input-edit-delete). View Merupakan kode program berupa template atau PHP untuk menampilkan data pada browser. *Controller* merupakan Kode program (berupa OOP class) yang digunakan untuk mengontrol aliran atau dengan kata lain sebagai pengontrol *model* dan *view*



Gambar 1 Konsep MVC

2.3 Database

Database atau dapat disebut dengan basis data adalah suatu kumpulan data terhubung (interrelated data) yang disimpan secara bersama-sama pada suatu media. Data disimpan dengan cara-cara tertentu sehingga mudah digunakan atau ditampilkan kembali. Data dapat digunakan oleh satu atau lebih program-program aplikasi secara optimal serta dapat disimpan tanpa mengalami ketergantungan dengan program yang menggunakannya [22].

Bahasa yang digunakan pada MySQL adalah *Structured Query Language* (SQL). SQL adalah bahasa query yang kuat yang memungkinkan untuk dengan mudah memanipulasi struktur data dan data itu sendiri dalam model database relasional, dengan seragam dan cara yang standar [23]

2.4 ESP-Now

ESP-Now merupakan protokol P2P yang pertama kali dipublikasikan untuk ESP32. Pada struktur keseluruhan dari *ESP-Now* tidak membutuhkan *router* atau penghubung sinyal lainnya untuk hirarki jaringan. Sebagai gantinya, pada *ESP-Now* memungkinkan untuk dilakukan P2P serta komunikasi berdasar rendah antara beberapa perangkat [24]. Dengan begitu, *ESP-Now* lebih efisien dan cepat dalam menyebarkan informasi dibandingkan dengan Wi-Fi.

Sebelum mengirim data menggunakan protokol *ESP-NOW*, perangkat harus dipasangkan terlebih dahulu. Perangkat dapat mengelola daftar hingga 20 perangkat. Jika enkripsi data diaktifkan, jumlah perangkat yang dipasangkan dikurangi menjadi 10 [25].

2.5 UAV

UAV adalah pesawat yang dioperasikan secara tidak langsung oleh manusia di dalam pesawat tersebut (Noor dkk., 2013). UAV telah banyak dikembangkan untuk berbagai aplikasi sipil seperti *monitoring* lingkungan maupun mendeteksi cuaca. UAV yang sering digunakan adalah *multicopter*

Multicopters atau dalam Norouzi Ghazbi et al. (2016) dikelompokkan sebagai *rotary wings* dapat disebut juga *Vertical Take-off and Landing* (VTOL) *rotorcraft* atau pesawat baling-baling dengan *vertical take-off* dan *landing*. *Multicopters* sendiri dibagi menjadi enam dan salah satunya adalah *quadcopter* [28]

Quadcopter tidak memerlukan pengontrol mekanis yang rumit karena pergerakan kendaraan diperoleh melalui variasi kecepatan rotor saja. Ini menyederhanakan implementasi dan pemeliharaan *quadcopter* (Salameh dkk., 2015). Oleh karena itu menurut Salameh (2015) *quadcopter* ini digemari oleh banyak peneliti untuk menjalankan risetnya.

Pergerakan *quadcopter* bergantung pada kecepatan motornya. Hal ini kompatibel bahwa keempat motor harus berputar dengan kecepatan yang sama sehingga dapat menghasilkan daya angkat yang sama dengan keseimbangan.

2.6 Sensor MQ-7 dan Sensor MQ-135

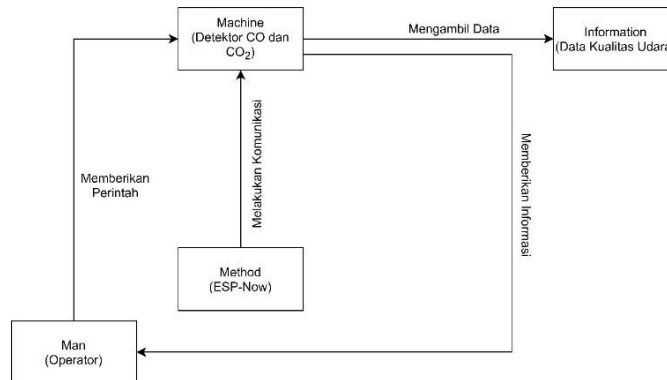
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ngah dkk. (2015) sensor MQ-7 tersusun dari material yang sensitif sehingga memiliki konduktivitas rendah di udara bersih. Sensor gas MQ-7 terbuat dari gas tin oksida (SnO_2) dan merupakan suatu komponen semikonduktor. Sensor gas ini sensitif terhadap gas karbon monoksida (CO) sehingga dengan begitu mampu mendeteksi gas-gas lainnya yang mengandung gas CO. Sensor ini berbiaya rendah dan cocok untuk diaplikasikan sebagai detektor gas domestik, detektor CO industri, dan detektor gas portabel (Ngah et al., 2015)

Sensor Kualitas Udara MQ-135 adalah sensor yang memantau kualitas udara dengan deteksi gas amonia (NH_3), nitrogen oksida (NO_x), alkohol / etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), benzena (C_6H_6), gas karbon dioksida (CO_2), sulfur / sulfurhidroksida (H_2S) dan asap / gas lain di udara (Wicaksono, 2017). Kelebihan dari sensor ini adalah: memiliki kepekaan yang baik terhadap gas berbahaya (Amonia, Sulfida, Benzena) dalam berbagai konsentrasi, masa aktif yang lama, dan membutuhkan biaya yang rendah.

3. PEMBAHASAN

3.1 Integrasi Sistem

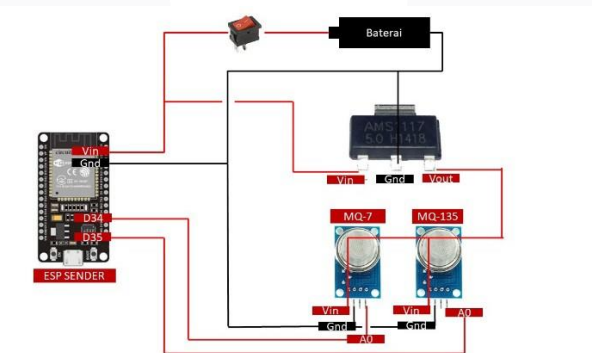
Dalam keilmuan Teknik Industri terdapat sistem yang saling terintegrasi. Sistem tersebut terdiri dari 5M + 1I (*Man, Machine, Method, Market, Money, Information*). Pada penelitian ini yang terkait dalam integrasi adalah *man, machine, method, dan information*.



Gambar 2 Integrasi Sistem

Man sebagai operator berperan penting dalam sistem yang dibuat. Operator akan memberikan perintah kepada *machine* untuk melakukan tugas yang diinginkan. *Machine* dalam penelitian ini adalah alat yang dibuat yaitu detector CO dan CO₂ menggunakan sensor. Alat akan mengambil data kualitas udara CO dan CO₂ di udara. Kualitas udara ini merupakan *information* yang diambil datanya diambil oleh *machine*. *Machine* melakukan komunikasi antar *device* menggunakan metode *ESP-Now*. Informasi yang didapat kemudian diberikan oleh *machine* kepada operator.

3.2 Rangkaian Sensor



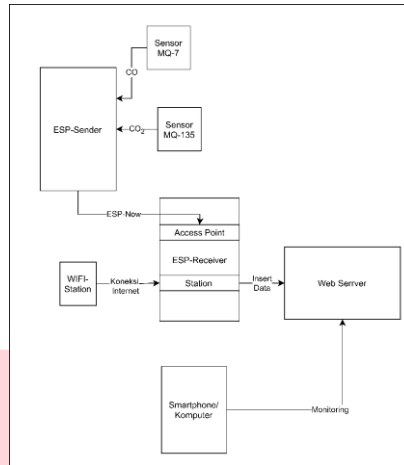
Gambar 3 Rangkaian Sensor

Rangkaian pada *ESP-Receiver* ditunjukkan pada Gambar. Inti dari rangkaian adalah mikrokontroler ESP. ESP akan mendapatkan *supply voltase* dari baterai. Sehingga kutub positif pada baterai dihubungkan pada pin Vin ESP. Aliran dari baterai menuju Vin ditempatkan saklar agar dapat memutus dan menyambungkan aliran arus sehingga berfungsi sebagai tombol ON/OFF. Selanjutnya kutub positif ini akan diteruskan menuju modul regulator untuk dikonversi tegangan menjadi 5V dan diteruskan menuju Vin sensor MQ-7 dan sensor MQ-135. Kaki A0 pada sensor akan dihubungkan pada mikrokontroler. Kaki A0 sensor MQ-7 dihubungkan dengan pin 34 sedangkan pada sensor MQ-135 dihubungkan dengan pin 35.

3.3 Komunikasi Device

Pada Gambar menjelaskan komunikasi antar sistem yang terintegrasi. Sensor MQ-135 dan sensor MQ-7 terhubung dengan *ESP-Receiver*. Sensor MQ-7 berfungsi untuk mengambil data CO di udara sedangkan sensor MQ-135

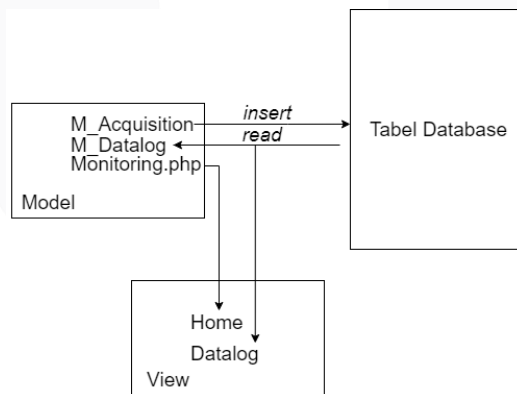
berfungsi untuk mengambil data CO₂. Data tersebut akan masuk pada *ESP-Receiver* kemudian diteruskan menuju *ESP-Receiver*.



Gambar 4 Komunikasi Device

Untuk menerima data dan mengirimkan data *ESP-Receiver* perlu menjadikan peran ganda *WiFi Mode* yaitu sebagai *Access Point (AP)* dan sebagai *Station (STA)*. *AP* berfungsi untuk memancarkan sinyal pada *ESP-Receiver*, sehingga *ESP-Receiver* mengirimkan data dengan *ESP-Now* melalui jaringan *AP*. Sedangkan *STA* akan melakukan koneksi internet dengan *WiFi Station* dapat berupa *hotspot* maupun *router*. Setelah data diterima oleh *ESP-Receiver* maka data dapat dikirimkan melalui *HTTP POST* menuju *web server* menggunakan koneksi internet yang diperoleh dari *WiFi Station*. Kemudian data akan dapat dipantau menggunakan laptop ataupun *smartphone* menggunakan akses internet menuju *web* yang disediakan.

3.4 Pembuatan Model dan Komunikasi Database



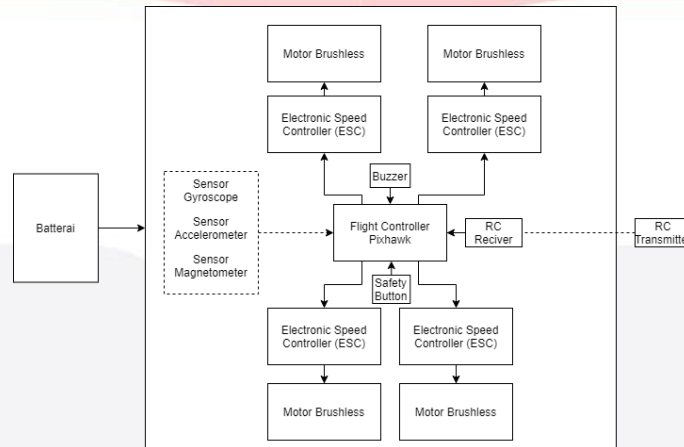
Gambar 5 Peran Model

Model akan dibagi menjadi tiga yaitu: *M_acquisition.php* model ini berperan untuk melakukan *insert* data pada *database*. *M_Datalog.php* model ini akan menyiapkan data yang akan ditampilkan pada menu “*Datalog*”. *Monitoring.php* à model ini akan menyiapkan data dan mengolah data yang akan ditampilkan pada menu *home*.

Tabel 1 Isi Tabel Database

No	Parameter	Tipe Data	Fungsi
1	id	Integer(11)	Untuk menandakan urutan pengambilan data
2	co	Float	Untuk menampung data karbon monoksida hasil pengambilan sensor MQ-7
3	co2	Float	Untuk menampung data karbon dioksida hasil pengambilan sensor MQ-135
4	tanggal	datetime	Untuk menampung data tanggal pengambilan

3.5 Perancangan UAV



Gambar 6 Rangkaian UAV

Rancangan ini hanya digunakan pada perancangan sistem *quadcopter*. Sedangkan rancangan untuk modul deteksi sensor ditempatkan secara terpisah.

Quadcopter yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan autopilot atau Flight Controller (FC) Pixhawk 2.4.8. Flight Controller ini dilengkapi dengan sensor *gyroscope*, *accelerometer*, *magnetometer*, dan *barometer*. Sehingga memungkinkan untuk terbang secara stabil di keadaan berangin sekalipun. FC ini menjadi pusat kendali *quadcopter* yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor *brushless* melalui *Electronic Speed Controller* (ESC).

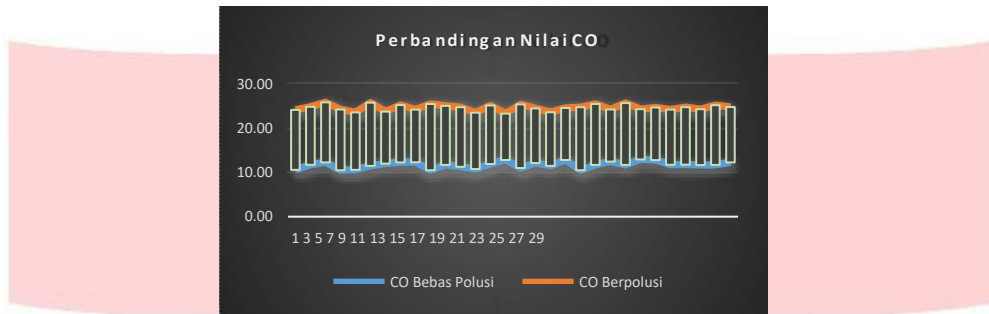
3.6 Analisa Hasil Implementasi

3.6.1 Uji Sensitivitas Sensor

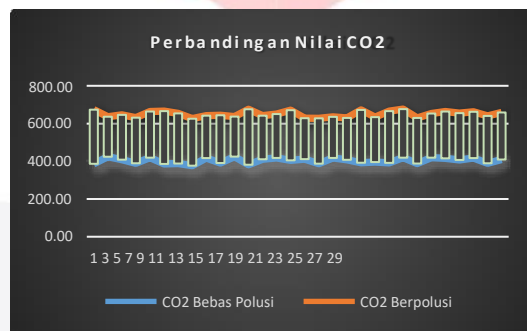
Uji sensitivitas sensor dilakukan dengan mendekati sensor pada udara tercemar yaitu menggunakan asap kendaraan. Asap kendaraan dipilih karena asap tersebut terkandung CO dan CO₂. Uji sensitivitas ini dilakukan hanya untuk *testing* apakah sensor dapat berubah nilai ketika didekatkan dengan udara yang mengandung CO dan CO₂. Uji tidak dilakukan sampai melakukan validasi terhadap nilai sensor karena *device* masih dalam pengembangan. Pengujian juga tidak menggunakan *span* gas karena *device* masih dalam skala mikro.

Pengujian sensitivitas dilakukan pada ada kondisi bebas polusi dan pada kondisi berpolusi. Berikut merupakan hasil dari pengujian. Data diambil selama 5 menit dengan jeda pengambilan 10 detik sehingga didapatkan 30 data CO dan CO₂. Id menunjukkan urutan pengambilan data. Nilai maksimum data yang di ambil pada ruangan terbuka didapatkan nilai max CO adalah 12.93 ppm sedangkan pada CO₂ adalah 423.69 ppm. Sedangkan nilai rata-rata CO dan CO₂ masing-masing adalah 11.69 ppm dan 402.42 ppm.

Hasil pengukuran sensor pada udara yang tercemar dengan asap kendaraan memiliki nilai maksimal CO dan CO₂ adalah masing-masing 25.80 ppm dan 676.10 ppm. Sedangkan nilai rata-rata CO dan CO₂ adalah masing-masing 24.61 ppm dan 649.05 ppm.



Gambar 7 Grafik Perbedaan Nilai CO



Gambar 8 Grafik Perbedaan Nilai CO2

Didapatkan selisih antara CO pada udara bebas polusi dan pada asap kendaraan adalah 12.92 ppm sedangkan selisih nilai CO₂ pada dua kondisi tersebut adalah 246.63 ppm.

3.6.2 Uji Respons Web

Tabel 2 Hasil Uji Respon Web

	Perbedaan Waktu Data Diterima (second)	Perbedaan Waktu Data Menuju Server (second)	Perbedaan Waktu Total (second)
Rata-Rata	4.79	2.11	6.90
Maksimum	9.86	4.81	12.67
Standar Deviasi	2.86	1.35	3.05

Dari 50 *sample* yang diambil datanya didapatkan hasil rata-rata perbedaan waktu data diterima oleh *ESP-Receiver* adalah 4.79 detik dengan nilai maksimum 9.86 detik dan nilai standar deviasi didapatkan 2.86 detik. Sedangkan perbedaan waktu data menuju server dari *ESP-Receiver* didapatkan rata-rata 2.11 detik dengan nilai maksimum 4.81 detik dan nilai standar deviasi didapatkan 3.05 detik. Sehingga perbedaan total keseluruhan mulai *ESP-Receiver* mengirimkan data hingga data dikirimkan menuju *server* didapatkan nilai rata-rata 6.90 detik, nilai maksimum 12.67 detik dan nilai standar deviasi 3.05 detik.

3.6.3 Analisa Pengambilan Data pada Pembakaran

Tabel 3 Hasil Pengukuran Data

Hari	Rata-Rata CO ₂ /hari (ppm)	Rata-Rata CO/hari (ppm)
1	604.87	26.02
2	596.56	23.05
3	600.56	23.00
4	604.60	24.50
5	608.93	25.93
6	603.18	24.08
7	604.04	27.06
Rata-rata Keseluruhan	603.25	24.81

Berdasarkan hasil pengambilan data didapatkan nilai rata-rata keseluruhan dari CO₂ adalah 603.25 ppm sedangkan nilai rata-rata dari CO adalah 24.81 ppm per hari. Hasil pengukuran didapatkan bahwa nilai CO dan CO₂ pada daerah uji masih di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah. Namun hasil ini termasuk dalam udara tercemar karena rata-rata CO dan CO₂ masing-masing berkisar 24-26 ppm dan 600 ppm.

4. KESIMPULAN

Sensor sensitif terhadap perubahan kadar CO dan CO₂ di udara dibuktikan dengan pengujian pada Asap kendaraan. Didapatkan selisih antara CO pada udara bebas polusi dan pada asap kendaraan adalah 12.92 ppm sedangkan selisih nilai CO₂ pada dua kondisi tersebut adalah 246.63 ppm. Data yang dilakukan *monitoring* merupakan data *realtime* dengan perbedaan total didapatkan nilai rata-rata 6.90 detik, nilai maksimum 12.67 detik dan nilai standar deviasi 3.05 detik. Hasil pengukuran didapatkan bahwa nilai CO dan CO₂ pada daerah uji masih di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah. Namun hasil ini termasuk dalam udara tercemar karena rata-rata CO dan CO₂ masing-masing berkisar 24-26 ppm dan 600 ppm

REFERENSI

- [1] K. Amiroh, O. A. Permata, and F. Z. Rahmanti, "Analisis Kualitas Udara untuk Monitoring Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit," *InfoTekJar (Jurnal Nas. Inform. dan Teknol. Jaringan)*, vol. 4, no. 1, pp. 29–36, 2019, doi: 10.30743/infotekjar.v4i1.1549.
- [2] I. R. Dewanti, "Identifikasi Paparan CO, Kebiasaan, dan Kadar COHb dalam Darah Serta Keluhan Kesehatan di Basement Apartemen Waterplace, Surabaya," *J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 10, pp. 59–69, 2018.
- [3] M. Hazsya, Nurjazuli, and H. L. D., "Hubungan Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dan Faktor-Faktor Resiko Dengan Konsentrasi COHb Dalam Darah pada Masyarakat Beresiko di Sepanjang Jalan Setiabudi Semarang," vol. 6, pp. 241–250, 2018.
- [4] N. B. Hampson, K. L. Hauschildt, K. Deru, and L. K. Weaver, "Carbon monoxide poisonings in hotels and motels: The problem silently continues," *Prev. Med. Reports*, vol. 16, no. July, p. 100975, 2019, doi: 10.1016/j.pmedr.2019.100975.
- [5] D. N. Aprilia, Nurjazuli, and T. Joko, "Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Gas Karbon Monoksida (CO) pada Petugas Pengumpul Tol di Semarang," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 5, pp. 367–375, 2017.
- [6] A. Wulandari, "TOKSISITAS GAS KARBON MONOKSIDA (CO) TERHADAP MORTALITAS IKAN GUPPY (*Poecilia reticulata*)," vol. 03, no. 02, pp. 1–6, 2018.
- [7] M. A. Caronge, M. W. Tjarong, R. Irmawaty, D. T. Lingkungan, and U. Hasanuddin, "Analisis Tingkat Emisi pada Cerobong Asap Pabrik Semen Tonasa Pangkep," *J. Purifikasi*, vol. 17, no. 2, pp. 87–92, 2018.
- [8] S. Al Farizi, E. S. Pramukantoro, and H. Nurwarsito, "Pengembangan Sistem Deteksi Karbon Monoksida Berbasis IoT," vol. 2, no. 10, pp. 4164–4171, 2018.
- [9] G. Septian, R. Mardiaty, and M. R. Effendi, "Perancangan Sistem Deteksi Gas Karbon Monoksida Berbasis Mikrokontroler Arduino pada Kendaraan Roda Empat Design of Carbon Monoxide Detector Based on Arduino Microcontroller for Four-Wheel Vehicle," *Semin. Nas. Tek. Elektro 2019*, pp. 569–575, 2019.
- [10] T. N. Hakim, M. F. Susanto, and K. Kunci, "Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Internet of Things," no. 1, pp. 26–27, 2020.
- [11] A. Rianto, "Perancangan Alat Deteksi Dini dan Monitoring Polusi Udara Berbasis Internet of Things," pp.

- 153–164, 2020.
- [12] M. F. Sidik *et al.*, “MONITORING KONDISI UDARA DI KOTA MEDAN DENGAN PENDEKATAN FUZZY LOGIC BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT),” pp. 73–80, 2011.
- [13] A. T. Setiati, S. Danaryani, A. N. Aris, and M. S. Urfi, “Rancang Bangun Antena Sebagai Sistem Diversity Ruang Pada Penerima Komunikasi Data UAV,” vol. 3, pp. 113–116, 2018.
- [14] W. Theresia Retno, A. Wiwin, P. Anggara Setyabawana, and M. Edwin, “Uji Akurasi Data Uav (Unmanned Aerial Vehicle) di Kawasan Pantai Pelangi, Parangtritis, Kretek, Kabupaten Bantul,” *Semin. Nas. Kelaut.*, no. September, pp. 232–240, 2016, doi: 10.13140/RG.2.2.23481.57448.
- [15] M. Ben Oumarou, A. B. Abubakar, and S. Abubakar, “Municipal Solid Waste Incinerator Design: Basic Principles,” vol. 6, no. 1, pp. 11–19, 2018, doi: 10.12691/rse-6-1-2.
- [16] N. Arsyad, “Akurasi Citra data Foto Udara Persimpangan Lalu Lintas Kota Kendari,” *Rekayasa Sipil*, vol. 14, no. 1, pp. 51–59, 2020.
- [17] R. Pasic, T. Sciences, and N. Macedonia, “ESP-NOW communication protocol with ESP32,” no. 1, pp. 53–60, 2021, doi: 10.37886/ip.2021.019.
- [18] M. Destiningrum and Q. J. Adrian, “Sistem Informasi Penjadwalan Dokter Berbasis Web Dengan Menggunakan Framework Codeigniter (Studi Kasus: Rumah Sakit Yukum Medical Centre),” *J. Teknoinfo*, vol. 11, no. 2, p. 30, 2017, doi: 10.33365/jti.v11i2.24.
- [19] F. Wortmann and K. Flüchter, “Internet of Things: Technology and Value Added,” *Bus. Inf. Syst. Eng.*, vol. 57, no. 3, pp. 221–224, 2015, doi: 10.1007/s12599-015-0383-3.
- [20] Y. A. Nugroho, “Rancang Bangun Krs Online Pada Stmik Palangka Raya Menggunakan Framework Codeigniter,” p. 9, 2014.
- [21] Y. Rasuliano, L. Kelen, and B. J. Belawae, “Implementasi model-view-controller (mvc) pada ujian online melalui penerapan framework codeigniter,” no. 1, 2018.
- [22] E. Sutanta, “Basis Data Dalam Tinjauan Konseptual,” no. December 2010, 2014.
- [23] R. Deari, X. Zenuni, J. Ajdari, F. Ismaili, and B. Raufi, “Analysis and comparison of document-based databases with relational databases: MongoDB vs MySQL,” *2018 Int. Conf. Inf. Technol. InfoTech 2018 - Proc.*, no. September, pp. 20–21, 2018, doi: 10.1109/InfoTech.2018.8510719.
- [24] T. N. Hoang and B. D. Nguyen, “ESP-NOW Based Decentralized Low Cost Voice Communication Systems For Buildings,” *2019 Int. Symp. Electr. Electron. Eng.*, pp. 108–112, 2019.
- [25] K. Khanchuea and R. Siripokarpirom, “Sensor Nodes for Smart Home and Building Automation: Design and Implementation,” *2019 10th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. Embed. Syst.*, pp. 1–6, 2019.
- [26] M. Z. H. Noor, S. A. S. M. Zain, and L. Mazalan, “Design and development of remote-operated multi-direction Unmanned Ground Vehicle (UGV),” *Proc. - 2013 IEEE 3rd Int. Conf. Syst. Eng. Technol. ICSET 2013*, pp. 188–192, 2013, doi: 10.1109/ICSEngT.2013.6650168.
- [27] S. Norouzi Ghazbi, Y. Aghli, M. Alimohammadi, and A. A. Akbari, “Quadrotors unmanned aerial vehicles: A review,” *Int. J. Smart Sens. Intell. Syst.*, vol. 9, no. 1, pp. 309–333, 2016, doi: 10.21307/ijssis-2017-872.
- [28] O. I. D. Bashi, W. Z. Wan Hasan, N. Azis, S. Shafie, and H. Wagatsuma, “Unmanned aerial vehicle quadcopter: A review,” *J. Comput. Theor. Nanosci.*, vol. 14, no. 12, pp. 5663–5675, 2017, doi: 10.1166/jctn.2017.7049.
- [29] I. M. Salameh, E. M. Ammar, and T. A. Tutunji, “Identification of quadcopter hovering using experimental data,” *2015 IEEE Jordan Conf. Appl. Electr. Eng. Comput. Technol. AEECT 2015*, pp. 3–8, 2015, doi: 10.1109/AEECT.2015.7360559.