

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Manufaktur merupakan proses merubah bahan baku menjadi suatu produk. Sebagian 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 (Amiroh et al., 2019). Penelitian sebelumnya telah memaparkan dampak dari karbon monoksida yang ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel I. 1 Dampak Karbon Monoksida Berdasarkan Penelitian Terdahulu

No.	Sumber	Hasil Penelitian
1.	(Dewanti, 2018)	Keracunan CO membuat ikatan COHb pada darah yang mengakibatkan pusing, gangguan konsentrasi, cepat lelah, gangguan penglihatan, mual, sesak nafas, dan muntah
2.	(Hazsya et al., 2018)	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

Tabel I. 2 Dampak Karbon Monoksida Berdasarkan Penelitian Terdahulu
(lanjutan)

No.	Sumber	Hasil Penelitian
3.	(Hampson et al., 2019)	12,9% individu mengalami gangguan saraf permanen dari total individu yang terpapar gas CO. Sekitar 2,4% individu mengalami kematian.
4.	(Aprilia et al., 2017)	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 bersamasama di udara akan terbentuk COHb dalam jumlah jauh lebih banyak dari pada O ₂ Hb.
5.	(Wulandari, 2018)	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 dari pada 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 (Caronge et al., 2018). 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: (Farizi et al., 2018) mengembangkan sistem deteksi karbon monoksida menggunakan MQTT, (Septian et al., 2019) mengembangkan sistem deteksi CO pada asap kendaraan, selain itu berbagai penelitian mengenai *monitoring* kualitas udara juga telah dilakukan (Hakim et al., 2020; Rianto, 2020; Sidik et al., 2011).

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.

Monitoring karbon monoksida dan karbon dioksida dapat dilakukan dengan menggunakan sensor. Telah banyak penelitian yang melakukan *monitoring* terhadap karbon monoksida dan karbon dioksida. Penelitian yang telah dilakukan disampaikan pada tabel berikut.

Tabel I. 3 Penggunaan Sensor Deteksi Karbon Dioksida dan Karbon Monoksida Berdasarkan Penelitian Terdahulu

No	Sumber	Sensor	Deteksi	Topik Penelitian
1	(Tania, 2017)	MQ-7	Karbon Monoksida	Membuat alat pendeteksi karbon monoksida dengan basis Arduino menggunakan sensor MQ-7
2	(Rosa et al., 2020)	MQ-7 dan MQ-135	Karbon monoksida, dan kualitas udara umum	Membuat alat untuk mendeteksi kualitas udara secara umum dan memberikan peringatan bahaya jika mencapai kadar tertentu.
3	(Widodo et al., 2017)	MQ-135	Karbon monoksida, karbon dioksida, dan amonia	Membuat alat dengan sensor MQ-135 yang di-setting berbeda untuk <i>monitoring</i> kadar CO, CO ₂ , dan CH ₄ .

Tabel I. 4 Penggunaan Sensor Deteksi Karbon Dioksida dan Karbon Monoksida
Berdasarkan Penelitian Terdahulu (lanjutan)

No	Sumber	Sensor	Deteksi	Topik Penelitian
4	(Mutmainnah, 2020)	MQ-7	Karbon Monoksida	Membuat alat <i>monitoring</i> CO berbasis IoT dengan memanfaatkan <i>nodemcu</i> ESP-32
5.	(Jannah, 2019)	MQ-7 dan MQ-135	Karbon monoksida dan karbon dioksida	Membuat alat untuk mendeteksi karbon monoksida dan karbon dioksida di udara menggunakan sensor MQ-7 dan sensor MQ-135

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 (Setiati et al., 2018). 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.

UAV diklasifikasikan berdasarkan motor penggeraknya dan cara terbangnya secara garis besar dibagi tiga yaitu: *multicopter*, *flapping wing*, *fixed wing*. Kelebihan dari *multicopter* adalah kemampuannya dalam melayang (*hover*) sehingga dapat digunakan dalam pengambilan data, selain itu juga *multicopter* termasuk dalam UAV dengan *Vertical Take-off and Landing* sehingga lebih mudah untuk diterbangkan dalam jangkauan yang tidak luas (Norouzi Ghazbi et al., 2016). Sebaliknya *fixed wing* digunakan untuk aplikasi sipil dengan jangkauan yang luas dan jarak yang jauh.

Tabel I. 5 Perbandingan antara *rotary wing*, *fixed wing*, dan *flapping wing*

Karakteristik	<i>Multicopter</i>	<i>Fixed wing</i>	<i>Flapping wing</i>
Manuver	Kemampuan tinggi	Kemampuan rendah	Kemampuan sedang
Biaya	Biaya rendah, Berkisar 2-30 juta	Harga komponen lebih murah	Harga lebih tinggi dari <i>rotary</i> dan <i>fixed</i>
Konstruksi dan Perbaikan	Sedang	Rendah	Tinggi
Aplikasi Sipil	Banyak digunakan	Kurang Digunakan	Banyak Digunakan
Aplikasi Militer	Digunakan sesuai kebutuhan		
Konsumsi Energi	Lebih rendah	Sedang	Tinggi
Flight safety	Sedang	Tinggi	Rendah
Jangkauan	Sekitar 3 km	Jangkauan lebih luas	Jangkauan lebih pendek
Kemampuan Melayang	Kemampuan Tinggi dengan VTOL (<i>Vertical Take-off Landing</i>)	Kemampuan rendah	Kemampuan Sedang

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 I.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.

Multicopter sendiri juga diklasifikasikan berdasarkan motor penggeraknya yaitu *bicopter*, *tricopter*, *quadcopter*, *pentacopter*, *hexacopter*, dan *octocopter*. Penelitian mengenai monitoring banyak dilakukan menggunakan *quadcopter* karena kemampuannya mempertahankan posisi di udara (*hovering*) serta dengan kelebihan memiliki stabilitas dalam penerbangan dalam kondisi baik, memiliki keseimbangan dalam penerbangan, dan navigasi dalam segala motor dapat berfungsi (Fernando & Touriono, 2016).

Penelitian mengenai *monitoring* menggunakan *quadcopter* antara lain adalah *monitoring* mengenai *environmental health* menggunakan *quadcopter* pada kota, khususnya mengenai polusi udara (Ghosal dkk., 2018), selain itu penelitian (Saputra & Dharmawan, 2013) juga terkait dengan *monitoring* karbon monoksida di udara menggunakan *quadcopter*.

Arsyad (2020) menegaskan bahwa *quadcopter* memiliki keunggulan lebih stabil dan dengan terbang secara vertikal dapat lebih mudah untuk pengambilan data di Kawasan yang sulit dijangkau. Selain itu Saputra & Dharman (2013) juga menegaskan bahwa alasan menggunakan *quadcopter* adalah memiliki kelebihan mampu terbang ke segala arah, mengudara tanpa landasan panjang, serta bergerak secara 3 sumbu derajat kebebasan sehingga cocok untuk pengambilan data di daerah industri. Mengacu pada penelitian sebelumnya maka penelitian ini juga akan menggunakan *quadcopter* sebagai UAV untuk mengambil data di udara.

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 (Pasic et al., 2021) 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 menerima data dan terkoneksi dengan internet. Dengan menggunakan metode ini maka masalah jangkauan sinyal *Wi-Fi* yang terbatas dapat teratasi.

Pemanfaatan IoT pada sistem yang dirancang pada penelitian ini akan menggunakan *website* sebagai hilir *monitoring*. *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 (Destiningrum & Adrian, 2017). 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*.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan sistem IoT untuk melakukan *monitoring* karbon monoksida dan karbon dioksida secara *realtime* di sekitar industri manufaktur?
2. Bagaimana rancangan UAV untuk mengambil data pada daerah sekitar industri manufaktur?

I.3 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan uraian rumusan masalah, maka tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem IoT untuk melakukan *monitoring* karbon monoksida dan karbon dioksida secara *realtime* di sekitar industri manufaktur.
2. Merancang UAV untuk mengambil data pada daerah sekitar industri manufaktur.

I.4 Batasan Tugas Akhir

Batasan-batasan dalam melakukan penelitian ini adalah:

1. Hanya mendeteksi kadar CO dan CO₂ di udara.
2. Pengujian sensor hanya dilakukan menggunakan asap kendaraan untuk mengidentifikasi sensitifitas sensor.
3. UAV hanya dapat diterbangkan 15 menit karena keterbatasan sumber tegangan.
4. UAV dapat terbang hanya pada ketinggian maksimal 10 meter.
5. Pengujian sensor tidak menggunakan alat ukur asli karena masih dalam pengembangan.
6. Pengujian sensor tidak menggunakan *span* gas karena penelitian masih dalam skala mikro.
7. Akurasi sensor dapat dilakukan pada penelitian terkait selanjutnya.

8. Pengujian alat tidak langsung pada industri manufaktur karena keterbatasan akibat Covid-19 dan merepresentasikan dengan pembakaran insinerator.

I.5 Manfaat Tugas Akhir

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. *Internet of Things* dapat memudahkan melakukan deteksi polusi udara secara *real-time* melalui *smartphone* maupun laptop.
2. Sistem rancangan dapat memberikan informasi kadar karbon monoksida dan karbon dioksida sehingga dapat dilakukan pencegahan dampak terhadap lingkungan dan kesehatan.
3. Pengguna dapat melakukan monitoring secara *real-time* terhadap polusi pada daerah yang dilakukan pengukuran.
4. Sistem yang dirancang adalah *web based* sehingga memudahkan untuk melakukan pemantauan secara *realtime*.

I.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan penelitian ini terdiri dari beberapa bab yang diuraikan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Berisi mengenai uraian latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, Batasan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi studi literatur yang relevan dengan permasalahan. Studi literatur yang digunakan adalah Pemanfaatan *Internet of Things*, Karbon Monoksida dan Karbon Dioksida, *ESP-Now*, UAV, Sensor MQ-7, Sensor MQ-135.

Bab III Metodologi Penyelesaian Masalah

Pada bab ini berisi mengenai langkah-langkah penelitian meliputi kerangka berfikir untuk menjelaskan masalah yang terjadi serta melakukan penyelesaian masalah sesuai dengan tujuan penelitian.

Bab IV Perancangan Sistem Terintegrasi

Bab ini berisi perancangan sistem berdasarkan kerangka berfikir. Sistem yang dirancang adalah sistem IoT pada sensor dan sistem UAV. Sistem yang dirancang meliputi *hardware* dan *software* pada sistem sensor dan sistem UAV. Serta dirancang komunikasi antar perangkat.

Bab V Analisis Hasil dan Evaluasi

Pada bab ini berisi analisis hasil pengambilan data yang diambil melalui UAV. Pada bab ini juga berisi pengujian sistem yang sudah dirancang sebelumnya dan menganalisa hasil.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Berisi mengenai kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.