

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan teori

2.1.1 *Unmanned Aerial Vehicle*

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) atau pesawat nirawak, adalah jenis pesawat yang dioperasikan tanpa kehadiran manusia di dalamnya, menggunakan sistem kendali jarak jauh atau otomatis (Rifai *et al.*, 2021). Pada penelitian kali ini jenis UAV yang digunakan adalah *rotary wing* UAV atau sering disebut dengan *drone*.

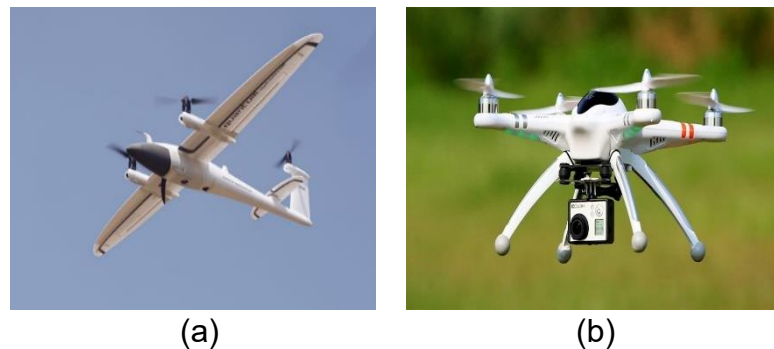
2.1.2 Jenis – Jenis UAV Berdasarkan Jenis Sayap

a. *Fixed-Wing*

UAV *fixed-wing* adalah pesawat bersayap tetap, yaitu pesawat yang memiliki sayap yang tidak dapat dilipat. Pesawat ini memiliki sayap yang dipasang pada badan pesawat dan berfungsi untuk memberikan daya angkat dan stabilitas (Negara Paksy Aprilio, 2023). Jenis fixed wing ini menggunakan sayap untuk terbang, jenis fixed wing ini sendiri memiliki beberapa bentuk dan ukuran, tergantung pada kegunaannya masing-masing (Ariyanto, 2020).

b. *Rotary Wing*

Merupakan jenis pesawat tanpa awak yang memanfaatkan putaran baling-baling untuk terbang. Gaya angkat yang dihasilkan tersebut berasal dari putaran motor yang terpasang *propeller*. Terdapat dua tipe *rotary wing* yaitu *single-rotor* seperti helikopter dan *multi-rotor* yang menggunakan 3 sampai 8 *propeller*. *Multi-rotor* memiliki ketentuan tersendiri terhadap variasi kecepatan perputaran setiap baling-balingnya untuk dapat melakukan pergerakan tertentu atau yang biasa disebut dengan *drone* (Prakoso *et al.*, 2023). Dapat dilihat pada Gambar 2.1 mengenai jenis sayap UAV.



Gambar 2. 1 Jenis sayap UAV

Sumber: Terra Drone 2021, Jurnal Foto Video 2017

2.1.3 Peran UAV Dalam Bidang Pertahanan

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) adalah teknologi canggih yang saat ini mendapatkan perhatian luas di berbagai sektor. Meski masih dalam tahap awal pengembangan secara luas, UAV telah membuktikan potensinya di bidang militer, publik, dan sipil. Dalam konteks pertahanan, UAV telah digunakan lebih dari dua dekade, khususnya untuk tugas pengawasan perbatasan, pengintaian, dan bahkan serangan. Dengan fungsinya yang kompleks, UAV tidak hanya berfungsi sebagai alat pengawasan tetapi juga sebagai komponen integral dalam strategi keamanan modern. (Sulo *et al.*, 2022). Pada penelitian ini fokus UAV yang digunakan adalah *drone* sebagai operasi TNI selain perang yaitu untuk membantu dalam misi *search and rescue*.

2.1.4 Jenis Sensor dan Perangkat Elektronika

2.1.4.1 ESP8266

NodeMCU ESP8266 adalah modul Wi-Fi yang digunakan untuk komunikasi data secara nirkabel. Modul ini memiliki fitur protokol TCP/IP yang terintegrasi, memungkinkan konektivitas langsung ke jaringan internet. NodeMCU ESP8266 sering digunakan dalam aplikasi Internet of Things (IoT) untuk pengendalian perangkat jarak jauh. Dengan konsumsi daya rendah dan ukuran yang kecil (Wiranto *et al.*, 2020). Dapat dilihat pada Gambar 2.2 adalah ESP8266.



Gambar 2. 2 ESP8266

Sumber: JIP (Jurnal Informatika Polinema) 2020

2.1.4.2 Sensor PM2.5 NOVA SDS011

Sensor PM2.5 NOVA SDS011 adalah sensor debu dengan teknologi *laser scattering* yang digunakan untuk mengukur konsentrasi partikel debu PM2.5 dan PM10. Sensor ini memiliki kemampuan untuk memberikan hasil yang akurat dengan biaya yang rendah, sehingga sering digunakan dalam aplikasi pemantauan kualitas udara. Dapat dilihat pada Gambar 2.3 merupakan bentuk *module* sensor deteksi polusi udara SDS011. *Module* SDS011 sangat cocok untuk sistem pemantauan kualitas udara dengan mikrokontroler karena kemudahan penggunaannya dan harga yang terjangkau (Wardoyo et al., 2020). Sensor ini memiliki diode laser yang memancarkan cahaya ke udara, dan fotodioda di sisi lain mendeteksi cahaya yang dipantulkan oleh partikel debu. Sensor ini mengonversi jumlah cahaya yang dipantulkan menjadi sinyal listrik yang kemudian dihitung untuk menghasilkan konsentrasi PM2.5 atau PM10 dalam mikrogram per meter kubik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

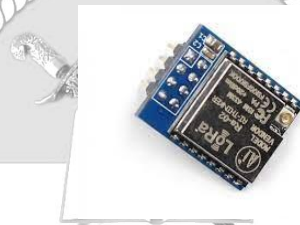


Gambar 2. 3 PM2.5 NOVA SDS011

Sumber: NovaSensor 2024

2.1.4.3 Modul LoRa SX1278

Modul Transceiver SX1278 menawarkan fitur modem *Long Range* yang dirancang untuk komunikasi jarak jauh yang tahan terhadap interferensi sekaligus meminimalkan konsumsi daya. Modul SX1278 beroperasi pada frekuensi 137-525 MHz dengan bit rate efektif berkisar antara 0,0018 hingga 37,5 Kbps (Setya Fajar *et al.*, 2021). Modul LoRa ini nantinya akan diintegrasikan dengan Arduino Nano dan ESP32 untuk pengambilan data sensor kualitas udara secara terpisah dengan *flight controller*. Gambar 2.4 merupakan modul LoRa dengan frekuensi 433 Mhz.



Gambar 2. 4 Modul SX1278

Sumber: Arduino Indonesia 2022

2.1.4.4 Sensor Gas MQ-135

Sensor MQ-135 adalah sensor multifungsi yang digunakan untuk mendeteksi berbagai jenis gas seperti amonia (NH_3), nitrogen dioksida (NO_2), alkohol, benzene, asap, dan karbon dioksida (CO_2). Sensor ini umumnya digunakan dalam sistem pemantauan kualitas udara dan pengendalian lingkungan dalam ruangan. Prinsip kerja sensor ini berdasarkan perubahan resistansi akibat paparan gas tertentu (Federik *et al.*, 2023)



Gambar 2. 5 Sensor Gas MQ-135

Sumber: Amazon 2024

2.1.4.5 Sensor Gas MQ-9

Sensor MQ-9 adalah sensor gas semikonduktor yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap metana (CH_4), propana (C_3H_8), dan karbon monoksida (CO). Sensor ini sering digunakan dalam sistem pemantauan gas berbahaya dan pengukuran kualitas udara. MQ-9 dapat bekerja pada rentang deteksi gas yang luas serta memiliki umur panjang dan konsumsi daya rendah (Federik *et al.*, 2023). Gambar 2.8 merupakan sensor gas MQ-9.



Gambar 2. 6 Sensor Gas MQ-9

Sumber: Amazon 2024

2.1.4.6 Sensor Gas MQ-2

Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi gas mudah terbakar seperti LPG (Liquefied Petroleum Gas), hidrogen (H_2), dan asap. Sensor ini memiliki sensitivitas tinggi terhadap gas yang mudah terbakar dan sering digunakan dalam sistem keamanan serta monitoring kebocoran gas (Federik *et al.*, 2023). Dapat dilihat pada Gambar 2.7 merupakan sensor gas MQ-2.



Gambar 2. 7 Sensor Gas MQ-2

Sumber: Arduino Indonesia 2024

2.1.4.7 Sensor Gas MQ-7

Sensor MQ-7 digunakan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dengan sensitivitas tinggi dan stabilitas jangka panjang. Karbon monoksida adalah gas beracun yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Sensor ini bekerja dengan prinsip perubahan resistansi material semikonduktor akibat interaksi dengan gas CO (Kurnianto *et al.*, 2022). Pada Gambar 2.8 ditunjukkan sensor gas MQ-7.

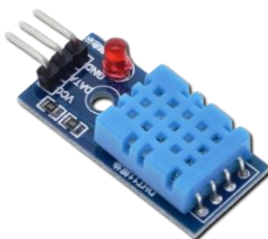


Gambar 2. 8 Sensor Gas MQ-7

Sumber: Arduino Indonesia 2024

2.1.4.8 Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan. Sensor ini memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dan sering digunakan dalam aplikasi pemantauan lingkungan. Prinsip kerja DHT11 berbasis sensor kapasitif untuk kelembapan dan termistor untuk suhu, menghasilkan output data digital yang dapat langsung digunakan oleh mikrokontroler (Federik *et al.*, 2023). Dapat dilihat pada Gambar 2.9 merupakan sensor DHT11.

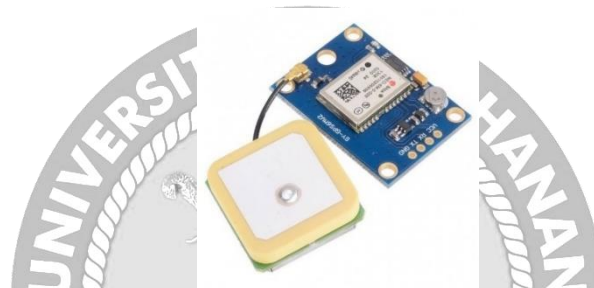


Gambar 2. 9 DHT11

Sumber: Arduino Indonesia 2024

2.1.4.9 GPS (*Global Positioning System*)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem navigasi berbasis satelit yang memungkinkan pengguna menentukan informasi lokasi objek yang dilacak (Setiawan *et al.*, 2022). Dapat dilihat pada gambar 2.10 merupakan modul sensor GPS NEO-6M V2 yang akan digunakan pada penelitian ini untuk sistem *tracking* lokasi pada saat pelaksanaan operasi.



Gambar 2. 10 GPS NEO-6M V2

Sumber: Tokopedia 2024

2.1.4.10 *Image Processing* Menggunakan YOLO V8

Image processing merupakan proses penting dalam pemrosesan citra digital untuk mengekstraksi informasi dari gambar. Salah satu aplikasi utamanya adalah deteksi objek, yang bertujuan mengidentifikasi keberadaan objek tertentu di dalam sebuah citra. Deteksi objek ini biasanya dilakukan dengan menganalisis fitur-fitur seperti bentuk, warna, dan tekstur dari objek dalam gambar (Rifqi, 2021).

Dalam penelitian ini, digunakan algoritma *You Only Look Once* versi 8 (YOLO V8) sebagai metode deteksi objek, khususnya untuk mendeteksi keberadaan manusia dalam operasi Search and Rescue (SAR). YOLO merupakan metode deteksi objek berbasis *deep learning* yang bekerja secara *real-time* dengan pendekatan *end-to-end*, yakni langsung memprediksi letak dan kelas objek dalam satu tahap tanpa proses region proposal seperti pada metode konvensional. YOLO V8 membawa peningkatan signifikan dari versi sebelumnya dalam hal arsitektur model, kecepatan inferensi, serta akurasi prediksi (Drantantiyas *et al.*, 2023).

YOLO V8 menggunakan *backbone* CSPDarknet53 yang memungkinkan deteksi cepat dengan efisiensi komputasi tinggi (Setiyadi *et al.*, 2023). Berdasarkan hasil penelitian (Drantantiyas *et al.*, 2023), YOLOv8 berhasil mendeteksi objek manusia (dalam bentuk kepala) dengan akurasi 87,56%, presisi 83,74%, dan recall 100%, menunjukkan bahwa algoritma ini sangat andal untuk diaplikasikan pada sistem berbasis drone.

Dengan menggunakan YOLOv8 pada sistem *drone* ini, deteksi keberadaan manusia dalam skenario pencarian dan penyelamatan menjadi lebih cepat dan efisien, bahkan ketika objek manusia tertutup sebagian oleh asap atau berada di latar belakang yang kompleks. Penerapan *image processing* berbasis YOLO V8 ini memberikan kontribusi besar terhadap efektivitas misi SAR berbasis *drone*. Dapat dilihat pada Gambar 2.11 merupakan penerapan *image processing* berbasis YOLO V8 untuk mendeteksi keberadaan manusia yang akan digunakan dalam penelitian ini untuk mendukung operasi SAR.



Gambar 2. 11 Image Processing

Sumber: Microsoft learn 2023

2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian yang relevan sesuai judul penelitian “Integrasi Sensor Deteksi Gas dan Debu Berbasis LoRa Dengan *Human detection* Pada *Drone* Untuk Mendukung Operasi *Search and Rescue* TNI “ adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Judul	Penulis/ tahun	Metode dan hasil	Persamaan	Perbedaan
1.	Sistem <i>Monitoring</i> Kualitas Udara Menggunakan UAV Jenis <i>Quadcopter</i>	(Zulfiryansyah <i>et al.</i> , 2022)	Metode: Menggunakan UAV jenis quadcopter yang dipadukan dengan IoT untuk pemantauan kualitas udara. Hasil: Sistem dapat memantau kualitas udara secara <i>real-time</i> melalui IoT.	Menggunakan <i>drone</i> untuk Pemantauan kualitas udara.	Tidak menggunakan GPS <i>tracking</i> dan <i>image processing</i> , komunikasi LoRa yang bisa dimonitor tanpa memerlukan jaringan internet.

2.	<i>Optimization of PM2.5 Measurement System Using NOVA SDS011 Sensor</i>	(Wardoyo et al., 2020)	Metode: Meningkatkan akurasi sensor SDS011 dengan modifikasi desain dan pengujian sensor di lingkungan tertutup. Hasil: Sensor SDS011 memberikan data yang lebih terkalibrasi dan akurat.	Menggunakan sensor NOVA SDS011 untuk kualitas udara.	Penelitian ini terbatas pada pengujian di lingkungan tertutup, sedangkan penelitian ini menguji sensor pada lingkungan yang lebih dinamis yaitu menggunakan <i>drone</i> .
3.	<i>Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Komunikasi LoRa Di It Telkom Purwokerto</i>	(Kurnianto et al., 2022)	Metode: Menggunakan teknologi komunikasi LoRa 915 MHz dengan sensor MQ-7, MQ-135, dan	Menggunakan LoRa untuk transmisi data jarak jauh.	Penelitian ini dilakukan disebuah area tanpa mengintegrasikan pada <i>drone</i> .

			GP2Y1010AU0F untuk pemantauan kualitas udara. Hasil: Sistem berhasil mentransmisikan data kualitas udara, namun terbatas pada jarak komunikasi <300 meter.		Penggunaan LoRa 433 MHz untuk meningkatkan jangkauan komunikasi pada <i>drone</i>.
4.	<i>Development of UAV-Based PM2.5 Monitoring System</i>	(Jumaah et al., 2021)	Metode: Menggunakan sensor DSM501A dan DHT11 pada <i>drone</i> dengan pencatatan data menggunakan SD card.	Menggunakan <i>drone</i> untuk pemantauan kualitas udara dengan sensor ringan.	Tidak menggunakan LoRa atau teknologi komunikasi jarak jauh; penelitian Anda akan menambahkan LoRa untuk pengiriman data

			Hasil: Sistem berhasil mencatat data tanpa ketergantungan pada koneksi internet.		<i>real-time</i> tanpa ketergantungan internet.
5.	<i>Unmanned Aerial Vehicles for Air Pollution Monitoring: A Survey</i>	(Motlagh et al., 2023)	Metode: Survei literatur mengenai penggunaan UAV untuk pemantauan kualitas udara, termasuk tantangan dan solusi teknis. Hasil: Memberikan wawasan umum tentang potensi UAV dalam pemantauan udara.	Memberikan wawasan ilmiah tentang penggunaan UAV untuk kualitas udara.	Penelitian ini hanya berbentuk survei tanpa implementasi langsung; penelitian Anda akan mengimplementasikan sensor NOVA SDS011 dan LoRa 433 MHz untuk transmisi data.

Berdasarkan penelitian terdahulu, terdapat beberapa penelitian yang relevan dan menjadi acuan untuk penelitian ini. Penelitian pertama yang berjudul “Sistem *Monitoring* Kualitas Udara Menggunakan UAV Jenis *Quadcopter*” oleh (Zulfiryansyah *et al.*, 2022) membahas mengenai monitoring kualitas udara yang dipadukan dengan *drone* yang dikontrol secara jarak jauh menggunakan IoT. Penelitian jurnal ini menjadi acuan utama yang akan dikembangkan pada penelitian ini. Penambahan GPS, fitur *image processing*, penggunaan sensor debu NOVA SDS011 dan penambahan modul LoRa untuk mengantisipasi apabila di daerah misi yang dilaksanakan tidak memiliki jaringan internet, ini memungkinkan sistem tetap bisa mentransmisikan data meskipun tidak ada akses internet yaitu dengan menggunakan LoRa.

Penelitian kedua yang berjudul “Optimization of PM2.5 Measurement System Using NOVA SDS011 Sensor” oleh (Wardoyo *et al.*, 2020) memberikan wawasan mengenai peningkatan akurasi sensor SDS011 melalui modifikasi desain. Penelitian ini menjadi rujukan dalam penggunaan sensor NOVA SDS011 yang telah terbukti menghasilkan data terkalibrasi dan akurat. Namun, penelitian ini masih terbatas pada pengujian dalam kondisi lingkungan tertutup dan tidak membahas adaptasi sensor untuk lingkungan dengan dinamika tinggi seperti *drone*. Penelitian ini menginspirasi penggunaan sensor SDS011 pada *drone*, dengan tambahan pengujian di lingkungan yang lebih kompleks dan dinamis.

Penelitian ketiga yang berjudul “Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Komunikasi LoRa di IT Telkom Purwokerto” oleh (Kurnianto *et al.*, 2022) membahas sistem berbasis LoRa yang hemat daya dengan kemampuan deteksi polutan menggunakan sensor MQ-7, MQ-135, dan GP2Y1010AU0F. Penelitian ini menjadi rujukan dalam implementasi teknologi komunikasi LoRa untuk pemantauan kualitas udara. Namun, sistem yang dikembangkan hanya berbasis darat tanpa integrasi *drone*. Kelemahan utama dalam penelitian ini adalah penurunan kualitas komunikasi LoRa pada jarak jauh (>300 meter). Untuk mengatasi hal ini,

penelitian ini akan mengadaptasi penggunaan LoRa pada frekuensi 433 MHz untuk meningkatkan jangkauan komunikasi saat dipasang pada *drone*.

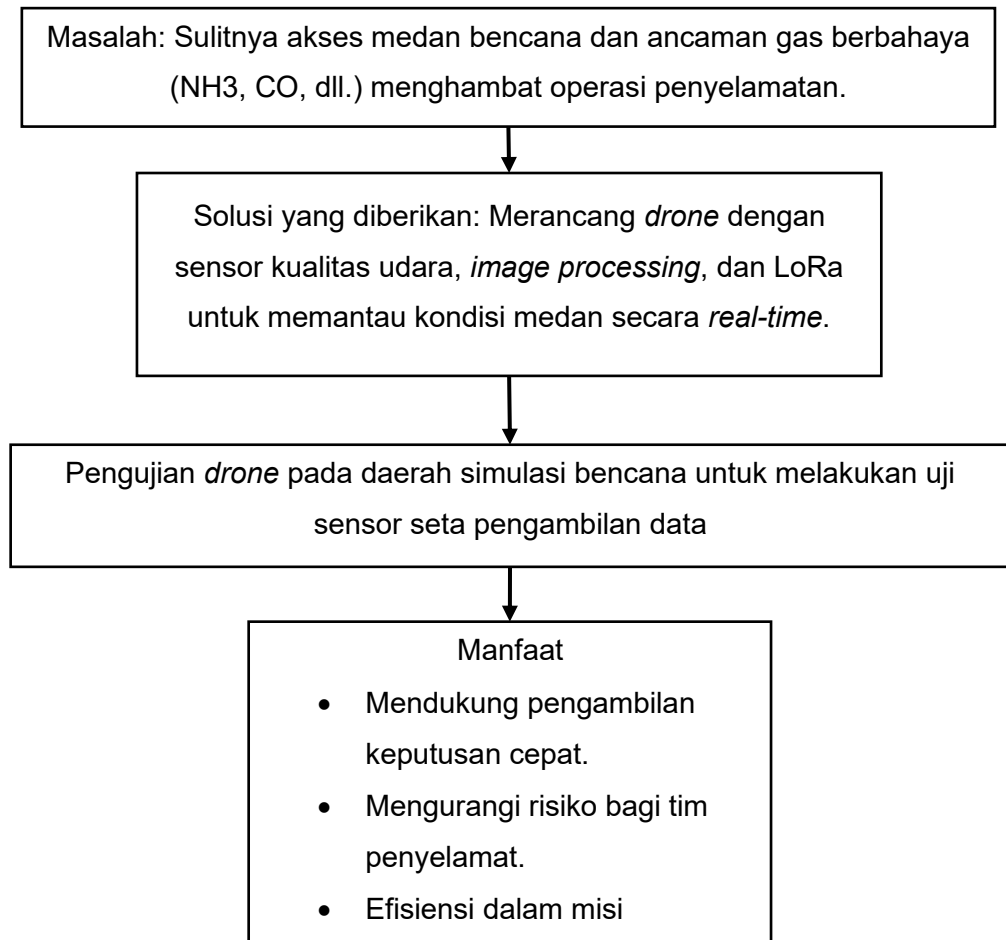
Penelitian keempat yang berjudul “Development of UAV-Based PM2.5 Monitoring System” oleh (Jumaah *et al.*, 2021) menunjukkan penerapan sensor ringan DSM501A dan DHT11 yang cocok untuk *drone* serta penggunaan SD card untuk pencatatan data tanpa ketergantungan pada koneksi internet. Penelitian ini menjadi acuan dalam pemilihan sensor ringan dan metode pencatatan data. Namun, penelitian ini tidak menggunakan teknologi komunikasi jarak jauh seperti LoRa dan belum dirancang untuk operasi spesifik seperti *Search and Rescue*. Dalam penelitian ini, teknologi komunikasi LoRa akan ditambahkan agar sistem dapat mengirimkan data secara *real-time* tanpa ketergantungan jaringan internet.

Penelitian kelima yang berjudul “Unmanned Aerial Vehicles for Air Pollution Monitoring: A Survey” oleh (Motlagh *et al.*, 2023) memberikan tinjauan sistematis mengenai penggunaan *drone* untuk pemantauan kualitas udara, termasuk solusi teknis dan tantangan. Meskipun penelitian ini hanya bersifat survei tanpa implementasi langsung, penelitian ini memberikan gambaran umum tentang potensi *drone* untuk pemantauan kualitas udara. Penelitian ini menjadi inspirasi dalam mengintegrasikan teknologi *drone* dengan sensor kualitas udara, khususnya untuk mendukung operasi *Search and Rescue*.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dibahas, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berpotensi mengisi kesenjangan yang ada dalam pengembangan sistem pemantauan kualitas udara menggunakan *drone*. Penelitian-penelitian sebelumnya memberikan dasar yang kuat mengenai penggunaan sensor gas dan debu pada *drone*, serta penerapan teknologi komunikasi seperti LoRa untuk pengiriman data secara jarak jauh. Namun, sebagian besar penelitian tersebut terbatas pada pengujian dalam kondisi lingkungan tertutup atau pengembangan sistem berbasis darat tanpa integrasi *drone*. Selain itu, penggunaan sensor yang lebih akurat dan

adaptasi teknologi komunikasi untuk meningkatkan jangkauan serta kinerja dalam dinamika tinggi, seperti padad *drone*, masih belum terwujud secara maksimal. Penelitian ini akan mengembangkan konsep-konsep yang ada dengan menambahkan sensor gas MQ series serta mengganti sensor debu yang awalnya GP2Y1010AU0F menjadi NOVA SDS011 yang telah terbukti akurat, serta mengimplementasikan teknologi LoRa pada frekuensi 433 MHz untuk memperluas jangkauan komunikasi. Selain itu, pembaruan lainnya adalah dengan menambahkan *image processing* untuk analisis visual yang lebih mendalam terkait pemantauan udara dan lingkungan sekitar, serta integrasi *GPS tracking* untuk pemetaan posisi *drone* secara *real-time*. Dengan demikian, penelitian ini dapat mengisi kesenjangan dalam hal penerapan sistem pemantauan kualitas udara yang lebih akurat, efisien, dan adaptif, khususnya dalam konteks operasi *Search and Rescue* menggunakan *drone*. Dengan demikian, penelitian ini dapat mengisi kesenjangan dalam hal penerapan sistem pemantauan kualitas udara yang lebih akurat, efisien, dan adaptif, khususnya dalam konteks operasi *search and rescue* menggunakan *drone*.

2.3 Kerangka Berpikir



Gambar 2. 12 Kerangka Berpikir

Sumber: Penulis

Berikut penjelasan Gambar 2. 12 mengenai kerangka berpikir pada penelitian ini:

a. Masalah

Medan bencana sering kali sulit diakses, ditambah dengan adanya ancaman gas-gas berbahaya seperti NH3, CO2, CO, CH4, dan LPG yang dapat membahayakan keselamatan tim penyelamat. Di samping itu, dalam situasi darurat, terdapat kebutuhan mendesak untuk menyelamatkan korban di area yang terisolasi atau berbahaya, yang sering kali dipenuhi asap dan polusi. Hal ini menghambat

kelancaran operasi penyelamatan, khususnya di lokasi yang sulit dijangkau dan berisiko tinggi bagi tim penyelamat.

b. **Solusi**

Untuk mengatasi masalah tersebut, dirancang *drone* yang dilengkapi dengan berbagai fitur, antara lain:

- a) **Sensor kualitas udara** yang dapat mendeteksi gas berbahaya seperti NH₃, CO₂, CO, LPG, CH₄ dan partikulat berbahaya lainnya, memberikan informasi langsung tentang kualitas udara di lokasi bencana.
- b) **Image processing** untuk meningkatkan kemampuan pemantauan visual, termasuk deteksi objek seperti manusia . Fitur ini memungkinkan *drone* untuk mengenali dan menandai lokasi korban dengan lebih akurat. Pada penelitian ini, sinyal video dikirimkan dari kamera *drone* ke googles dengan jarak yang jauh, kemudian akan disambungkan ke komputer untuk diolah dengan algoritma YOLO V8.
- c) **Komunikasi LoRa**, yang memungkinkan transmisi data secara *real-time*. Jika tersedia koneksi internet, data dapat dipantau langsung melalui platform Blynk. Namun, jika jaringan tidak tersedia, LoRa akan digunakan untuk mengirimkan data langsung ke pusat kendali, memastikan pemantauan tetap berlangsung di daerah dengan keterbatasan jaringan. Pada penelitian ini komunikasi LoRa terbagi menjadi dua sistem, yaitu sistem *receiver* sebagai penerima data pada markas dan *transmitter* merupakan *output* data dari sensor.

c. Implementasi dan Pengujian

Pengujian *drone* akan dilakukan di daerah simulasi bencana dengan kondisi berikut:

- a) Flare sebagai sumber gas berbahaya, untuk menguji respons sensor kualitas udara dalam mendeteksi perubahan kualitas udara akibat kebakaran atau asap.
- b) Objek manusia yang membutuhkan penyelamatan, yang akan dideteksi oleh kamera *drone* kemudian diolah oleh sistem *image processing*.
- c) Selain itu, pengujian akan mencakup pengukuran kinerja sensor dan memastikan kemampuan pemantauan visual dalam kondisi berasap atau terbatasnya visibilitas, serta pengujian sistem komunikasi LoRa untuk memastikan data dapat dikirim dengan lancar meski berada di daerah dengan medan sulit dijangkau serta sekalipun apabila di daerah tersebut tidak ada jaringan internet.

d. Manfaat

Penerapan *drone* ini memberikan beberapa manfaat utama, antara lain:

- a) Mendukung pengambilan keputusan cepat oleh tim penyelamat, berkat data *real-time* yang dikirimkan dari *drone* dan sensor, yang memberikan informasi lebih tepat tentang kondisi medan dan keberadaan korban.
- b) Mengurangi risiko keselamatan tim penyelamat, karena mereka dapat memantau dan mengevaluasi situasi tanpa harus langsung terjun ke lokasi yang berbahaya, terutama di daerah dengan gas berbahaya atau kebakaran.
- c) Meningkatkan efisiensi dalam misi penyelamatan, terutama di daerah-daerah yang sulit dijangkau, mempercepat proses pencarian dan evakuasi korban dengan memberikan informasi yang lebih cepat dan akurat.