



Nama:

Tugas: UAS (Proposal)

1. Nasrul Alfin Prasetyo (121140001)
2. Dhian Adi Nugraha (121140055)
3. Nabila Azhari (121450029)

Mata Kuliah: Pervasive Computing (IF4025)

Tanggal: Rabu, 18 Desember 2024

## Daftar Isi

<b>1</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	<b>3</b>
1.1	Latar Belakang . . . . .	3
1.2	Rumusan Masalah . . . . .	3
1.3	Tujuan . . . . .	4
1.4	Manfaat . . . . .	4
<b>2</b>	<b>TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1	Penelitian Terdahulu . . . . .	5
2.2	Internet of Things (IoT) . . . . .	6
2.3	Kecerdasan Buatan (AI) . . . . .	7
2.4	Drone . . . . .	7
2.5	Sistem Pemetaan Real-Time . . . . .	7
2.6	4G/5G . . . . .	7
2.7	Seamless . . . . .	7
2.8	Ubiquitous (Keberadaan di Mana-Mana) . . . . .	7
2.9	Context-Aware . . . . .	7
2.10	Personalisasi . . . . .	8
2.11	Adaptabilitas dan Skalabilitas . . . . .	8
2.12	LIDAR . . . . .	8
2.13	Edge Computing . . . . .	8
2.14	Energy Efficiency . . . . .	8
2.15	Security . . . . .	8
2.16	Optimal Resource Usage . . . . .	8
2.17	Efficiency of Data Management . . . . .	8
<b>3</b>	<b>METODE DAN DESAIN</b>	<b>9</b>
3.1	Pendekatan Penelitian . . . . .	9
3.2	Alur Penelitian . . . . .	9
3.3	Alat dan Bahan . . . . .	9
3.4	Metode Analisis Data . . . . .	11
3.5	Rancangan Teknologi . . . . .	12
3.6	Block Diagram . . . . .	13
3.7	Pengujian Sistem . . . . .	14
3.8	Kriteria evaluasi . . . . .	15

## 4 REFERENSI

16

# 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Bencana alam seperti banjir, gempa bumi, dan tanah longsor merupakan peristiwa yang sering terjadi dan berdampak luas terhadap kehidupan manusia. Penanganan cepat dan tepat di area bencana sangat penting untuk menyelamatkan korban dan meminimalkan risiko kerugian lebih lanjut. Namun, kondisi medan yang sulit dijangkau, keterbatasan komunikasi, dan minimnya data akurat sering kali menghambat upaya tim pencarian dan penyelamatan (SAR) di lapangan. Seiring perkembangan teknologi, penerapan Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI) telah membuka peluang baru dalam meningkatkan efektivitas respons bencana. Salah satu solusi inovatif adalah penggunaan drone yang dilengkapi dengan sensor canggih, sistem pemetaan real-time, dan komunikasi jaringan berbasis 4G/5G. Teknologi ini memungkinkan drone untuk menjangkau area yang sulit diakses, mengumpulkan data penting secara cepat, serta menyampaikan informasi secara seamless ke pusat komando dan tim SAR. Pada konteks komputasi pervasif, sistem drone ini dirancang agar memenuhi kaidah-kaidah utama sebagai berikut:

Konektivitas yang Terintegrasi: Drone berkomunikasi secara real-time dengan pusat data melalui jaringan 4G/5G dan menyajikan data pemetaan berbasis LIDAR kepada tim penyelamat secara seamless.

1. Konsep Ubiquitous (Keberadaan di Mana-Mana): Teknologi drone dapat dioperasikan di mana saja dan kapan saja, bahkan di area terpencil atau tanpa infrastruktur komunikasi.
2. Context-Aware: Sistem dilengkapi AI yang mampu mengenali konteks lokasi (seperti kondisi medan, topografi, dan area terdampak) dan menyesuaikan navigasi serta pemetaan berdasarkan data yang diperoleh.
3. Personalisasi: Informasi yang dikumpulkan drone dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik tim SAR, seperti laporan pemetaan, analisis medan, atau rute navigasi terbaik.
4. Adaptabilitas dan Skalabilitas: Sistem dirancang fleksibel dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk operasi dalam skala yang lebih besar atau situasi bencana lainnya.

Rancangan sistem ini mempertimbangkan aspek efisiensi dan optimalisasi sumber daya:

1. Energy Efficiency: Penggunaan teknologi baterai hemat energi memastikan drone dapat beroperasi lebih lama di lapangan.
2. Security: Keamanan data transmisi dan privasi pengguna dijamin melalui protokol enkripsi.
3. Efficiency of Data Management: Data yang dikumpulkan dikelola secara efisien melalui algoritma kompresi dan pemrosesan edge computing.
4. Optimal Resource Usage: Sistem dirancang untuk meminimalkan penggunaan sumber daya sambil tetap memberikan hasil yang optimal.

Dengan penerapan prinsip-prinsip ini, proyek drone pencarian dan pemetaan area bencana diharapkan dapat menjadi solusi efektif untuk mendukung operasi penyelamatan. Teknologi ini tidak hanya menjawab tantangan akses dan komunikasi di lapangan, tetapi juga membantu tim SAR dalam mengambil keputusan cepat berbasis data yang akurat dan real-time.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam proyek ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem drone yang dapat melakukan pemetaan real-time di area bencana menggunakan teknologi IoT dan AI?
2. Bagaimana teknologi ini dapat membantu tim SAR dalam mempercepat proses pencarian korban dan pemetaan area terdampak?

### 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari proyek drone pencarian dan pemetaan area bencana ini adalah:

1. Merancang dan mengembangkan sistem drone berbasis IoT dan AI untuk melakukan pemetaan area bencana secara real-time.
2. Memberikan solusi teknologi yang dapat membantu tim SAR dalam mencari korban, memetakan area terdampak, dan membuat keputusan yang lebih cepat dan akurat.

### 1.4 Manfaat

Proyek ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis
  - Memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang komputasi pervasif, IoT, dan kecerdasan buatan (AI), khususnya dalam penerapan teknologi di situasi bencana.
  - Menjadi referensi bagi penelitian serupa yang memanfaatkan drone untuk pemetaan real-time dan operasi penyelamatan.
2. Manfaat Praktis
  - Mempercepat proses pencarian korban di area bencana melalui pemetaan real-time dan navigasi berbasis context-aware.
  - Memudahkan tim SAR dalam mendapatkan informasi terkini mengenai kondisi medan, area terdampak, dan titik-titik rawan.
  - Memberikan solusi teknologi yang dapat digunakan di daerah terpencil atau sulit dijangkau dengan infrastruktur komunikasi minimal.
3. Manfaat Sosial
  - Membantu mengurangi risiko keterlambatan penyelamatan korban bencana dengan informasi yang cepat dan akurat.
  - Mendukung upaya mitigasi dan respons bencana yang lebih efektif dan efisien.
4. Manfaat Teknologi
  - Mengembangkan teknologi drone yang fleksibel, adaptif, hemat energi, dan scalable untuk skala lebih besar.
  - Mendorong integrasi teknologi IoT, AI, dan komputasi pervasif dalam menghadapi tantangan nyata seperti bencana alam.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Devi Gunawan, Rumani, dan Casi Setianingsih dari Program Studi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom pada tahun 2017 ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi korban bencana alam berbasis teknologi pengolahan citra menggunakan drone. Sistem ini dirancang untuk membantu proses evakuasi dengan mendeteksi keberadaan manusia di area bencana. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Histogram of Oriented Gradient (HOG) dan Support Vector Machine (SVM) untuk deteksi objek, serta pemanfaatan data GPS untuk menentukan lokasi korban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi objek manusia dengan keakuratan mencapai 80% pada jarak dan ketinggian drone sebesar 9 meter. Selain itu, sistem dapat mengirimkan data lokasi GPS ke server, sehingga memudahkan tim SAR dalam proses pencarian korban. Faktor-faktor yang memengaruhi keakuratan deteksi di antaranya adalah kondisi pencahayaan, kecepatan drone, dan posisi objek. Penelitian yang dilakukan oleh Akhmad Taufik, Imran Habriansyah, Abdul Kadir Muhammad, Mujahidin Dg Mulisa, Kadek Panji Dwiyantra, dan Andi Ajeng Fadilah dari Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, pada tahun 2022 ini bertujuan untuk mengembangkan mekanisme drone untuk mengantarkan barang secara otomatis ke lokasi pemesan. Selain itu, penelitian ini juga berfokus pada pembuatan aplikasi berbasis Android yang memungkinkan kontrol otomatis dalam pengantaran barang. Proses penelitian dilakukan melalui lima tahap utama, yaitu studi literatur, pembuatan dan perakitan mekanisme drone dengan kendali manual dan otomatis, pengembangan aplikasi pengantaran barang, pengujian sistem drone, serta pengolahan data hasil eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa drone dapat terbang stabil baik dalam mode kontrol manual maupun otomatis. Drone juga mampu mengikuti waypoint yang telah ditentukan dan mengantarkan barang ke lokasi tujuan secara akurat. Selain itu, aplikasi berbasis Android yang dikembangkan berhasil mendukung pengantaran barang secara otomatis, memberikan solusi yang lebih efisien untuk pengiriman barang, terutama di area yang sulit dijangkau. Penelitian yang dilakukan oleh Achmad Syahrizal Fahmi Hasan dan Adam Palilu pada tahun 2020 bertujuan untuk mengembangkan prototipe drone yang mampu terbang dengan stabil, mendeteksi target berupa korban bencana, dan menyimpan hasil deteksi. Metode penelitian mencakup beberapa tahap, yaitu studi literatur, perancangan sistem mekanik dan elektronik, serta pengujian kemampuan drone melalui berbagai eksperimen, termasuk uji kemampuan terbang dan identifikasi objek. Hasil utama menunjukkan bahwa drone yang dikembangkan dapat mendeteksi korban bencana secara efektif, meskipun kemampuan ini masih memerlukan peningkatan untuk mendukung proses evakuasi secara lebih optimal. Penelitian yang dilakukan untuk menganalisis perubahan guna tanah dan litupan tanah (LULC) di Cameron Highlands, Pahang, Malaysia, mencakup periode 12 tahun, dari 2001 hingga 2013. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perubahan guna tanah menggunakan data citra satelit resolusi tinggi (IKONOS dan QuickBird) dan data dari pesawat tanpa awak (UAV). Metode penelitian melibatkan klasifikasi berbasis objek untuk mengidentifikasi tujuh kelas LULC, yaitu hutan, pertanian, padang rumput, tanah kosong, kawasan pembangunan, badan air, dan kawasan terdampak tanah runtuh. Hasil klasifikasi diverifikasi dengan peta guna tanah dari Jabatan Perancangan Bandar dan Desa. Temuan utama menunjukkan bahwa luas kawasan hutan menurun secara konsisten selama periode penelitian, sementara kawasan pembangunan meningkat. Data dari citra satelit dan UAV memberikan tingkat akurasi yang tinggi, dengan akurasi keseluruhan sebesar 86.67% (2001), 83.89% (2007), dan 93.80% (2013). Penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi otoritas lokal dalam memantau perubahan guna tanah dan mengurangi risiko bencana tanah runtuh, khususnya di wilayah Cameron Highlands. Penelitian yang dilakukan oleh Usman Kaoje pada tahun 2021 ini bertujuan untuk melakukan penilaian kerentanan banjir di Wilayah Sungai Kelantan (KRB), Malaysia, dengan pendekatan geospasial. Fokus penelitian meliputi peningkatan pemodelan bahaya banjir, pengembangan kerangka klasifikasi penggunaan lahan yang lebih rinci, serta penilaian kerentanan banjir pada skala mikro di Kota Bharu berdasarkan bangunan yang terendam. Metode yang digunakan mencakup

pemodelan Rainfall-Runoff-Inundation (RRI), yang memanfaatkan data hujan satelit waktu nyata, citra satelit resolusi sangat tinggi, dan data LiDAR. Metode ini digunakan untuk menghasilkan peta inundasi banjir dan mengidentifikasi bangunan yang terendam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan ini mampu meningkatkan akurasi prediksi aliran sungai dan peta inundasi banjir. Selain itu, penelitian ini memberikan wawasan penting tentang pengendalian risiko banjir berbasis data geospasial dan memperlihatkan kontribusi signifikan dari data penginderaan jauh dalam menilai bahaya dan paparan bencana banjir. Temuan ini berpotensi mendukung perencanaan mitigasi risiko banjir yang lebih efektif di wilayah rentan seperti Kelantan.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu Terkait Drone dan Geospasial

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Tujuan Penelitian	Metode yang Digunakan	Hasil Utama atau Temuan Penting
1	Perancangan dan Implementasi Sistem Pendeteksi Manusia dalam Pencarian Korban Bencana Alam Menggunakan Drone Berbasis Mikro Komputer	Ahmad Devi Gunawan, Rumani, dan Casi Setianingsih	2017	Mengembangkan sistem deteksi korban bencana menggunakan drone berbasis teknologi pengolahan citra	Metode Histogram of Oriented Gradient (HOG) dan Support Vector Machine (SVM) untuk deteksi objek, serta GPS untuk menentukan lokasi korban	Sistem berhasil mendeteksi manusia dengan akurasi 80% pada ketinggian 9m. Data lokasi GPS memudahkan tim SAR. Faktor pencahayaayaan, kecepatan drone, dan posisi objek memengaruhi akurasi.
2	Aplikasi Drone untuk Pengantaran Barang dengan Kontrol Otomatis	Akhmad Taufik, Imran Habriansyah, Abdul Kadir Muhammad, Mujahidin Dg Mulisa, Kadek Panji Dwiyantra, Andi Ajeng Fadilah	2022	Membuat drone pengantar barang yang dapat dikontrol otomatis melalui aplikasi Android	Studi literatur, perakitan mekanisme drone, pengembangan aplikasi Android, pengujian sistem drone, dan analisis data	Drone dapat terbang stabil, mengikuti waypoint, dan mengirim barang ke lokasi tujuan. Aplikasi Android mendukung pengiriman otomatis, menjadi solusi efisien di area sulit dijangkau.
3	Pengembangan Prototipe Drone untuk Keperluan Mendeteksi Korban Bencana	Achmad Syahrizal Fahmi Hasan dan Adam Palilu	2020	Mengembangkan drone untuk mendeteksi korban bencana dan menyimpan hasil deteksi	Studi literatur, perancangan sistem mekanik dan elektronik, pengujian terbang drone, dan identifikasi objek	Drone dapat mendeteksi korban bencana dengan baik, tetapi kemampuan evakuasi memerlukan peningkatan.
4	Perubahan Guna Tanah dan Litupan Tanah di Cameron Highlands, Pahang, Malaysia	Tam Tze Huey (Tesis Pascasarjana)	2022	Menilai perubahan guna tanah dan litupan tanah menggunakan citra satelit dan data UAV	Citra satelit IKONOS dan QuickBird, UAV, dan klasifikasi berbasis objek untuk 7 kelas LULC. Verifikasi dengan peta guna tanah lokal	Penurunan luas hutan dan peningkatan kawasan pembangunan. Akurasi klasifikasi mencapai 86.67% (2001), 83.89% (2007), dan 93.80% (2013). Membantu otoritas lokal mengawasi perubahan guna tanah.
5	Flood Vulnerability Assessment in the Kelantan River Basin, Malaysia	Usman Kaoje	2021	Melakukan penilaian kerentanan banjir di Kelantan dengan pendekatan geospasial	Pemodelan Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) menggunakan data hujan satelit, citra satelit resolusi tinggi, dan data LIDAR	Meningkatkan akurasi prediksi aliran sungai dan peta banjir. Data geospasial membantu mitigasi risiko banjir dan menilai paparan bencana banjir.

## 2.2 Internet of Things (IoT)

Internet of Things adalah konsep di mana berbagai perangkat fisik dapat terhubung ke internet dan saling berkomunikasi. Dalam konteks proyek ini, IoT memungkinkan drone untuk mengumpulkan data

(melalui sensor) dan mengirimkannya secara real-time ke pusat komando atau perangkat pengguna. Contohnya, sensor pada drone mendeteksi lokasi atau kondisi area bencana dan mengirimkan datanya melalui jaringan internet.

## 2.3 Kecerdasan Buatan (AI)

Artificial Intelligence (AI) adalah teknologi yang memungkinkan sistem atau mesin meniru kecerdasan manusia untuk melakukan tugas-tugas tertentu secara otomatis. Dalam proyek ini, AI digunakan untuk:

1. Mengenali konteks lokasi (seperti kondisi medan atau area terdampak).
2. Menyesuaikan jalur navigasi drone secara otomatis.
3. Menganalisis data pemetaan untuk membantu pengambilan keputusan tim SAR.

## 2.4 Drone

Drone adalah kendaraan udara tanpa awak yang dapat dikendalikan dari jarak jauh atau secara otonom. Dalam proyek ini, drone dilengkapi dengan sensor, kamera, dan teknologi pemetaan real-time untuk membantu operasi pencarian dan pemetaan area bencana.

## 2.5 Sistem Pemetaan Real-Time

Sistem pemetaan real-time adalah teknologi yang memungkinkan pengumpulan dan visualisasi data peta secara langsung (real-time). Drone menggunakan LIDAR atau teknologi pemetaan berbasis kamera untuk menghasilkan peta area bencana yang akurat dan up-to-date.

## 2.6 4G/5G

4G/5G adalah teknologi jaringan komunikasi generasi keempat dan kelima yang digunakan untuk mentransmisikan data berkecepatan tinggi. Dalam proyek ini, jaringan 4G/5G memastikan koneksi seamless antara drone dan pusat komando, sehingga data dapat dikirim secara real-time.

## 2.7 Seamless

Istilah seamless merujuk pada koneksi yang berjalan lancar tanpa hambatan atau gangguan. Dalam proyek ini, drone dan pusat komando berkomunikasi secara seamless, artinya data dapat dikirim dan diterima tanpa jeda waktu yang signifikan.

## 2.8 Ubiquitous (Keberadaan di Mana-Mana)

Konsep ubiquitous dalam komputasi pervasif berarti teknologi dapat diakses atau digunakan di mana saja dan kapan saja, tanpa mengganggu aktivitas pengguna. Dalam proyek ini, drone dapat dioperasikan di area terpencil, pegunungan, atau lokasi bencana tanpa bergantung pada infrastruktur lokal.

## 2.9 Context-Aware

Teknologi context-aware adalah sistem yang mampu memahami dan mengenali konteks lingkungan atau kebutuhan pengguna, seperti lokasi, waktu, atau situasi tertentu. Dalam proyek ini, AI pada drone dapat mendeteksi konteks lokasi (misalnya medan sulit atau area rawan bencana) dan menyesuaikan jalur penerbangan atau pemetaan sesuai kebutuhan.

## **2.10 Personalisasi**

Personalisasi berarti sistem dirancang untuk memberikan pengalaman yang sesuai dengan kebutuhan individu atau situasi tertentu. Dalam proyek ini, informasi yang dikumpulkan drone (seperti peta atau navigasi) dapat disesuaikan dengan kebutuhan tim SAR, misalnya untuk menentukan rute terbaik menuju lokasi korban.

## **2.11 Adaptabilitas dan Skalabilitas**

Adaptabilitas adalah Sistem dapat menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan atau situasi. Misalnya, drone dapat mengubah jalur penerbangan berdasarkan medan yang baru terdeteksi. Skalabilitas adalah Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut untuk skala yang lebih besar, seperti menambahkan lebih banyak drone atau memperluas area pemetaan.

## **2.12 LIDAR**

Light Detection and Ranging (LIDAR) adalah teknologi pemetaan yang menggunakan sinar laser untuk mengukur jarak dan menghasilkan peta tiga dimensi. Dalam proyek ini, LIDAR memungkinkan drone membuat peta area bencana yang akurat, bahkan di medan sulit seperti hutan atau pegunungan.

## **2.13 Edge Computing**

Edge Computing adalah teknologi pemrosesan data yang dilakukan di dekat sumber data, bukan di pusat server utama. Dalam proyek ini, sebagian pemrosesan data dari sensor drone dilakukan langsung di perangkat drone untuk mengurangi latensi waktu dan mempercepat pengiriman data.

## **2.14 Energy Efficiency**

Efisiensi energi berarti sistem dirancang untuk menggunakan energi seminimal mungkin. Dalam proyek ini, drone dilengkapi dengan baterai hemat energi untuk memperpanjang waktu operasionalnya.

## **2.15 Security**

Security atau keamanan mencakup perlindungan data dan privasi pengguna. Dalam proyek ini, data transmisi drone dienkripsi agar tidak dapat diakses oleh pihak yang tidak berkepentingan.

## **2.16 Optimal Resource Usage**

Penggunaan sumber daya secara optimal berarti meminimalkan pemborosan sumber daya seperti daya baterai, jaringan komunikasi, atau kapasitas penyimpanan data. Sistem drone dalam proyek ini dirancang hemat daya dan menggunakan teknik kompresi data untuk efisiensi.

## **2.17 Efficiency of Data Management**

Pengelolaan data yang efisien melibatkan pengumpulan, penyimpanan, dan pengiriman data dengan cepat dan hemat sumber daya. Dalam proyek ini, drone memanfaatkan edge computing dan kompresi data untuk mengurangi beban jaringan dan waktu pemrosesan.



### 3 METODE DAN DESAIN

#### 3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan literature review untuk mengkaji berbagai penelitian terdahulu yang relevan mengenai penerapan teknologi Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), serta komputasi pervasif dalam konteks bencana alam. Tinjauan pustaka ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai solusi teknologi yang telah diterapkan untuk mendukung upaya pencarian dan penyelamatan korban bencana, terutama dalam pengembangan sistem drone berbasis IoT dan AI yang dapat melakukan pemetaan real-time. Pendekatan literature review dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi berbagai inovasi teknologi yang dapat mempercepat proses pencarian korban dan pemetaan area bencana. Dengan memeriksa studi-studi terdahulu, penelitian ini dapat mengidentifikasi gap atau celah dalam teknologi yang ada dan menemukan area yang masih membutuhkan pengembangan lebih lanjut. Selain itu, literature review ini juga akan membantu memahami bagaimana teknologi IoT, AI, dan komputasi pervasif telah diterapkan di lapangan untuk meningkatkan efisiensi operasi pencarian dan penyelamatan dalam bencana. Dengan pendekatan ini, penelitian ini akan mengkaji tren terbaru terkait penerapan teknologi drone yang dilengkapi dengan sensor dan sistem komunikasi berbasis 4G/5G, serta pemetaan berbasis LIDAR dalam situasi bencana. Tinjauan pustaka ini juga memungkinkan penelitian untuk mengidentifikasi praktik terbaik dan hasil yang telah dicapai dalam berbagai studi kasus sebelumnya, serta menilai potensi penerapan teknologi ini di lapangan dengan mempertimbangkan aspek keamanan data, efisiensi penggunaan sumber daya, serta adaptabilitas dalam skala yang lebih besar.

#### 3.2 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Alur Penelitian

1. Identifikasi Masalah Mengidentifikasi tantangan utama yang dihadapi oleh tim SAR dalam penanganan bencana alam (termasuk keterbatasan komunikasi, medan yang sulit dijangkau, dan kurangnya data akurat). Menyusun rumusan masalah berdasarkan konteks bencana alam dan kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi operasi penyelamatan.
2. Studi Literatur Melakukan literature review terkait penggunaan IoT, AI, dan komputasi pervasif dalam aplikasi bencana, terutama dalam pengembangan drone untuk pemetaan real-time dan pencarian korban. Mengidentifikasi solusi teknologi yang telah diterapkan sebelumnya serta gap atau celah yang dapat diatasi dengan teknologi baru.
3. Perancangan Sistem Mendesain sistem drone yang dilengkapi dengan sensor canggih dan teknologi AI untuk pemetaan berbasis LIDAR dan komunikasi real-time menggunakan jaringan 4G/5G. Merancang algoritma navigasi dan pemrosesan data yang dapat menyesuaikan dengan konteks lokasi dan kondisi medan bencana (context-aware).
4. Implementasi Mengembangkan prototipe drone yang sesuai dengan desain sistem yang telah dibuat. Mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak (sensor, komunikasi, AI, dan sistem pemetaan) untuk membentuk sistem drone yang dapat beroperasi secara efektif di lapangan.

#### 3.3 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini, beberapa alat dan teknologi utama digunakan untuk mendukung sistem drone pencarian dan pemetaan area bencana. Drone yang digunakan adalah DJI Matrice 300 RTK atau DJI

Phantom 4 RTK, yang dipilih karena kemampuan penerbangan lama, akurasi tinggi menggunakan sistem Real-Time Kinematic (RTK), serta fleksibilitas penggunaannya dalam berbagai kondisi medan bencana. Sensor LIDAR seperti Velodyne VLP-16 digunakan untuk pemetaan tiga dimensi, memberikan akurasi dalam mendeteksi medan dan objek di area yang sulit dijangkau. Untuk sensor kamera, digunakan kamera Sony Alpha Series atau FLIR (Thermal Camera) yang mampu memberikan gambar berkualitas tinggi serta deteksi suhu panas, sangat berguna dalam pencarian korban. Sistem komunikasi menggunakan modul 4G/5G, seperti MikroTik Router/Modem 4G, untuk memastikan transmisi data secara real-time, bahkan di daerah yang sulit dijangkau oleh jaringan tradisional. Dalam hal perangkat lunak, QGroundControl, Mission Planner, dan ROS digunakan untuk mengontrol penerbangan drone, mengumpulkan data, serta mengintegrasikan sensor dengan sistem kendali. Perangkat lunak AI seperti TensorFlow atau Keras digunakan untuk mengimplementasikan deep learning, yang mendukung pemetaan dan pengenalan objek, seperti mengenali korban atau medan berbahaya melalui citra. Untuk dataset, digunakan OpenTopography untuk mendapatkan data topografi yang akurat, serta Google Earth Engine yang menyediakan citra satelit untuk pemetaan area bencana secara lebih luas. Terakhir, alat simulasi seperti Gazebo atau AirSim digunakan untuk mensimulasikan lingkungan virtual, memungkinkan pengujian sistem drone dan algoritma tanpa risiko fisik, sebelum diterapkan di lapangan. Pemilihan alat-alat ini bertujuan untuk menciptakan sistem drone yang dapat mengoptimalkan respons pencarian dan penyelamatan dengan efisien dan akurat. Berikut adalah **tabel rekomendasi alat dan bahan** yang digunakan dalam penelitian drone untuk pencarian dan pemetaan area bencana:

Tabel 3.1 Alat dan Bahan

Kategori	Alat/Teknologi	Alasan Pemilihan
Jenis Drone	DJI Matrice 300 RTK / DJI Phantom 4 RTK	Kemampuan penerbangan lama, sistem RTK untuk akurasi lokasi tinggi, fleksibilitas penggunaan
Sensor LIDAR	Velodyne VLP-16 LiDAR	Sensor ringan dan akurat, ideal untuk pemetaan 3D, mendeteksi medan dan objek sulit dijangkau
Sensor Kamera	Sony Alpha Series / FLIR (Thermal Camera)	Kualitas gambar tinggi untuk pemetaan visual, FLIR untuk mendeteksi suhu panas korban
Sistem Komunikasi	Modul Komunikasi 4G/5G, MikroTik Router/Modem 4G	4G/5G memungkinkan transmisi data real-time, MikroTik untuk koneksi di daerah sulit
Perangkat Lunak	QGroundControl / Mission Planner / ROS	Kontrol penerbangan, pengumpulan data, serta koordinasi sensor, ROS untuk integrasi sensor dan kontrol
Perangkat Lunak AI	TensorFlow/Keras	Deep learning untuk analisis citra, pemetaan, dan pengenalan objek di area bencana
Dataset	OpenTopography (LIDAR), Google Earth Engine	Data topografi akurat untuk pelatihan model AI, citra satelit untuk pemetaan area bencana
Alat Simulasi	Gazebo / AirSim	Simulasi lingkungan virtual untuk pengujian sistem drone dan algoritma tanpa risiko fisik

### 3.4 Metode Analisis Data

Pada tahap ini, data yang diperoleh dari drone, baik data pemetaan melalui sensor LIDAR maupun data visual dari kamera, akan dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem secara menyeluruh. Analisis ini melibatkan dua aspek, Evaluasi Akurasi Model dan Analisis Kinerja Sistem. Evaluasi Akurasi Model adalah Model yang digunakan untuk pemetaan dan identifikasi objek (seperti korban atau rintangan) perlu diuji dengan metrik evaluasi untuk memastikan akurasi dan keandalan sistem. Evaluasi ini akan dilakukan dengan menggunakan beberapa metode yang umum digunakan dalam bidang pengolahan data dan kecerdasan buatan:

1. Confusion Matrix Untuk mengevaluasi prediksi klasifikasi yang dihasilkan oleh model. Confusion matrix akan mengukur jumlah prediksi benar (True Positive, TP), prediksi salah (False Positive, FP), prediksi yang terlewat (False Negative, FN), dan prediksi yang benar (True Negative, TN). Ini akan membantu dalam menentukan akurasi model secara keseluruhan. Menggunakan confusion matrix, kita dapat mengidentifikasi apakah model dapat mendeteksi objek-objek seperti korban atau rintangan dengan tepat, serta mengetahui sejauh mana model mengalami kesalahan dalam klasifikasi.
2. Precision dan Recall Precision mengukur proporsi prediksi positif yang benar, sementara recall mengukur kemampuan model untuk mendeteksi semua objek positif yang relevan. Precision dan recall sangat penting untuk situasi dengan distribusi data yang tidak seimbang, seperti dalam pencarian korban bencana. Dalam situasi bencana, objek yang relevan (korban) sangat sedikit, sehingga recall yang tinggi menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa korban tidak terlewatkan.
3. F1-Score Tujuan F1-Score adalah metrik yang menggabungkan precision dan recall dalam satu nilai yang memberikan gambaran tentang keseimbangan antara keduanya. F1-Score digunakan untuk menilai apakah sistem dapat secara optimal menyeimbangkan antara tidak melewatkan korban (recall tinggi) dan tidak memberikan banyak prediksi salah (precision tinggi). Nilai F1 yang tinggi menunjukkan bahwa model bekerja secara efektif dalam mengidentifikasi objek tanpa banyak kesalahan.

Kinerja sistem drone akan diuji berdasarkan berbagai parameter yang mencakup kecepatan, efisiensi energi, dan stabilitas komunikasi. Pengujian ini akan memastikan bahwa drone dapat berfungsi secara optimal di lapangan meskipun berada dalam kondisi yang menantang.

1. Waktu Respon Mengukur seberapa cepat sistem dapat memberikan data yang berguna kepada tim SAR setelah menerima perintah. Waktu respons yang cepat sangat penting untuk membuat keputusan cepat di lapangan. Sistem akan diuji untuk memastikan bahwa waktu respons drone tidak lebih dari 1 detik dari penerimaan perintah hingga pengiriman data pemetaan atau analisis ke pusat kontrol. Hal ini akan mengurangi waktu yang terbuang dan mempercepat keputusan tim SAR.
2. Efisiensi Energi Mengukur konsumsi daya drone selama operasi pemetaan dan pencarian. Mengingat keterbatasan daya baterai, efisiensi energi menjadi penting untuk memastikan drone dapat beroperasi lebih lama di lapangan. Data akan dikumpulkan untuk memantau konsumsi daya drone selama penerbangan, serta untuk mengukur berapa lama drone dapat terbang dan memetakan area sebelum kehabisan baterai. Pengujian ini bertujuan untuk mencapai waktu terbang lebih dari 30 menit dengan kondisi medan yang berat.
3. Kestabilan Koneksi Memastikan bahwa koneksi antara drone dan pusat kontrol tetap stabil selama operasi, bahkan di area dengan keterbatasan komunikasi atau jaringan yang buruk. Sistem komunikasi drone akan diuji untuk mengukur kualitas transmisi data dalam kondisi lapangan

yang terisolasi, termasuk latensi transmisi data dan tingkat kehilangan paket. Uji kestabilan koneksi bertujuan untuk memastikan data dapat dikirimkan secara real-time tanpa gangguan signifikan, dengan target kehilangan paket kurang dari 5% dan latensi transmisi kurang dari 1 detik.

Untuk menilai keberhasilan sistem secara keseluruhan, beberapa kriteria evaluasi akan digunakan:

1. Akurasi Deteksi Objek Akurasi deteksi objek (misalnya korban atau rintangan) harus mencapai lebih dari 90%. Ini menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi objek penting dengan tingkat kesalahan minimal, yang sangat krusial dalam operasi SAR.
2. Kecepatan Respon Waktu respons sistem harus kurang dari 1 detik untuk memastikan pengambilan keputusan yang cepat oleh tim SAR.
3. Efisiensi Energi Drone harus dapat beroperasi lebih dari 30 menit dengan sekali pengisian daya untuk memastikan kelangsungan operasi dalam situasi bencana yang bisa berlangsung lama.
4. Kualitas Koneksi Kestabilan koneksi harus mencapai lebih dari 95% dan latensi transmisi kurang dari 1 detik, memastikan bahwa data dapat dikirimkan secara cepat dan tanpa gangguan ke pusat kontrol.

Dengan metode evaluasi yang komprehensif ini, diharapkan dapat memastikan bahwa sistem drone yang dikembangkan memenuhi semua standar kinerja yang diperlukan untuk mendukung operasi pencarian dan penyelamatan di area bencana.

### 3.5 Rancangan Teknologi

Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja bersama untuk memastikan proses pencarian dan pemetaan area bencana berlangsung secara efektif dan efisien.

#### 1. Komponen Sistem

- Drone: Drone DJI Matrice 300 RTK atau Phantom 4 RTK digunakan sebagai platform penerbangan utama. Kedua jenis drone ini dipilih karena kestabilannya, kemampuan navigasi RTK, dan ketepatannya dalam pemetaan.
- Sensor LIDAR dan Kamera: Drone dilengkapi dengan sensor LIDAR untuk pemetaan medan secara akurat, serta kamera untuk pemantauan visual dan deteksi korban. Sensor LIDAR memberikan peta 3D dari medan yang dapat digunakan untuk mendeteksi hambatan atau korban.
- Sistem Komunikasi 4G/5G: Modul komunikasi ini memungkinkan transmisi data secara real-time antara drone dan pusat kontrol, yang penting untuk memberikan informasi terkini kepada tim SAR di lapangan.
- AI & Algoritma Pemrosesan Data: TensorFlow digunakan untuk pengolahan data gambar dan pemetaan, serta untuk mendeteksi objek atau korban yang ada di medan bencana.
- Pusat Kontrol: Server atau cloud yang bertindak sebagai pusat pengolahan data. Pusat kontrol menerima data dari drone, memprosesnya, memberikan analisis, dan mengirimkan perintah kembali ke drone sesuai kebutuhan.

#### 2. Alur Kerja

- Drone Lepas Landas: Drone memulai penerbangan dan mulai melakukan pemetaan area dengan menggunakan sensor LIDAR dan kamera.

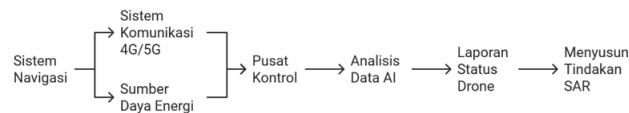
- Pengumpulan Data: Sensor LIDAR dan kamera mengumpulkan data medan dan visual.
- Transmisi Data ke Pusat Kontrol: Data yang dikumpulkan secara real-time ditransmisikan ke pusat kontrol menggunakan jaringan 4G/5G.
- Pemrosesan Data oleh AI: Data yang diterima diproses menggunakan algoritma AI untuk mendeteksi objek atau korban serta menganalisis medan.
- Pembuatan Keputusan: Tim SAR menerima data pemetaan dan analisis yang telah diproses untuk mengambil langkah-langkah penyelamatan lebih lanjut.

Tabel 3.2 Tahapan Operasional

Tahapan	Deskripsi Proses
Proses Pengumpulan Data	Drone mulai terbang, mengumpulkan data melalui sensor LIDAR dan kamera yang ada di drone. Data ini akan digunakan untuk pemetaan dan identifikasi objek di lapangan.
Pemrosesan Data	Data yang diterima dari drone diproses menggunakan algoritma AI (TensorFlow) untuk analisis lebih lanjut, seperti mendeteksi objek atau korban dan memetakan area.
Pengiriman Data ke Pusat Kontrol	Data hasil pemrosesan dikirim ke pusat kontrol secara real-time menggunakan sistem komunikasi 4G/5G. Ini memungkinkan tim SAR untuk mendapatkan informasi terkini.
Pembuatan Keputusan	Tim SAR menerima data pemetaan dan analisis dari pusat kontrol dan menggunakannya untuk mengambil keputusan terkait operasi penyelamatan di lapangan.

### 3.6 Block Diagram

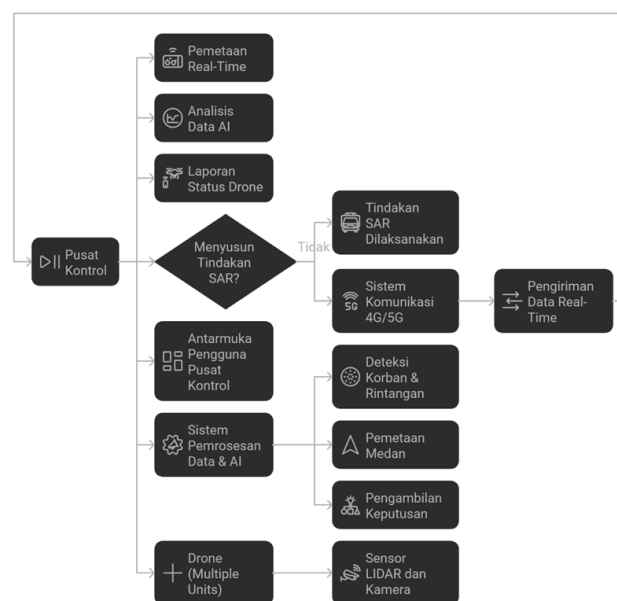
Pada tahap awal, drone akan terbang untuk memetakan area yang ditugaskan, menggunakan sensor LIDAR untuk memperoleh data medan dan kamera untuk pengambilan gambar visual. Selama penerbangan, data yang dikumpulkan oleh drone akan segera dikirimkan ke pusat kontrol secara real-time menggunakan komunikasi 4G/5G untuk memastikan kelancaran dan kecepatan transmisi. Setelah data diterima di pusat kontrol, algoritma AI akan memproses informasi tersebut untuk mendeteksi objek penting, seperti korban atau rintangan, serta menganalisis kondisi medan yang ada. Berdasarkan hasil analisis tersebut, tim SAR dapat merencanakan langkah-langkah selanjutnya, seperti melakukan penyelamatan korban atau mengarahkan drone ke area yang belum dipetakan untuk mendapatkan informasi lebih lanjut.



Gambar 3.2 Alur Kerja Drone

Pusat kontrol memainkan peran penting dalam memonitor dan mengelola misi pencarian dan penyelamatan (SAR). Di sini, peta real-time ditampilkan untuk menunjukkan area yang sedang dipetakan oleh drone, dengan data yang dikumpulkan dari sensor LIDAR dan kamera. Data ini kemudian diproses menggunakan algoritma AI untuk mendeteksi objek seperti korban atau rintangan, serta untuk membuat keputusan pemetaan yang lebih akurat. Pusat kontrol juga menampilkan laporan status terkini dari drone, termasuk tingkat baterai, lokasi, dan status operasionalnya, memastikan

bahwa tim SAR selalu mendapatkan informasi yang diperlukan. Berdasarkan data yang dikumpulkan dan dianalisis, tim SAR dapat menyusun tindakan lebih lanjut untuk penyelamatan. Sistem komunikasi 4G/5G memungkinkan pengiriman data secara real-time antara drone dan pusat kontrol, memastikan kelancaran aliran informasi tanpa keterlambatan. Antarmuka pengguna pusat kontrol menampilkan peta visual yang selalu diperbarui, yang menunjukkan lokasi korban, hambatan, dan status drone, memudahkan tim SAR untuk memantau kondisi di lapangan. Di sisi lain, sistem pemrosesan data dan AI yang ada di pusat kontrol memproses informasi yang diterima dari drone. Algoritma AI digunakan untuk mendeteksi objek yang relevan, seperti korban atau hambatan, serta untuk melakukan pemetaan medan dengan bantuan data LIDAR. Berdasarkan analisis ini, sistem memberikan rekomendasi atau perintah kepada drone atau tim SAR untuk melanjutkan misi. Drone yang digunakan, seperti DJI Matrice 300 RTK dan DJI Phantom 4 RTK, dilengkapi dengan sensor LIDAR dan kamera untuk mengumpulkan data visual dan spasial yang dibutuhkan untuk pencarian dan pemetaan.



Gambar 3.3 Flow Diagram Drone

### 3.7 Pengujian Sistem

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen sistem berfungsi dengan baik, termasuk pengambilan data oleh drone, pemrosesan data AI, dan pengiriman informasi ke pusat kontrol. Misalnya, menguji apakah drone mampu melakukan pemetaan medan dan mengirimkan data secara real-time ke pusat kontrol tanpa gangguan. Pengujian kinerja dilakukan untuk mengukur:

1. Waktu Respons: Mengukur kecepatan sistem dalam memberikan data kepada tim SAR, termasuk waktu yang dibutuhkan untuk pengambilan data dan pemrosesan analisis.
2. Efisiensi Energi: Mengukur kemampuan drone untuk tetap terbang dalam kondisi medan yang berat tanpa mengurangi kinerja sistem.
3. Kestabilan Koneksi: Menguji kestabilan transmisi data antara drone dan pusat kontrol, memastikan bahwa koneksi tetap stabil meskipun berada di daerah dengan konektivitas rendah.

Usability Testing Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa antarmuka pusat kontrol mudah digunakan oleh operator, baik yang berpengalaman maupun yang tidak berpengalaman. Uji coba dilakukan dengan memberikan skenario nyata untuk mengoperasikan sistem dalam situasi bencana.

### 3.8 Kriteria evaluasi

1. Akurasi Deteksi Objek  $> 90\%$ : Sistem harus mampu mendeteksi objek (seperti korban atau rintangan) dengan akurasi lebih dari 90% untuk memastikan bahwa tim SAR tidak melewatkan objek penting.
2. Waktu Respons  $< 1$  detik: Waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk memberikan data dan analisis kepada tim SAR setelah perintah diberikan harus kurang dari 1 detik, agar tim SAR dapat segera merespons dengan cepat.
3. Efisiensi Energi: Drone harus mampu terbang minimal selama 30 menit dalam kondisi medan yang berat, tanpa kehabisan baterai, memastikan operasi drone dalam jangka waktu yang cukup lama.
4. Kestabilan Koneksi  $> 95\%$ : Koneksi antara drone dan pusat kontrol harus stabil, dengan kehilangan paket data yang tidak lebih dari 5%, agar informasi yang diterima oleh tim SAR tetap akurat dan real-time.

## 4 REFERENSI

1. A. D. Gunawan, R. Rumani, and C. Setianingsih, "Perancangan dan Implementasi Sistem Pendeteksi Manusia dalam Pencarian Korban Bencana Alam Menggunakan Drone Berbasis Mikro Komputer," Prodi S1 Sistem Komputer, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, 2017.
2. A. Taufik, I. Habriansyah, A. K. Muhammad, M. Dg Mulisa, K. P. Dwiyantra, and A. A. Fadilah, "Aplikasi Drone untuk Pengantaran Barang dengan Kontrol Otomatis," Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, 2022.
3. A. S. F. Hasan and A. Palilu, "Pengembangan Prototipe Drone untuk Keperluan Mendeteksi Korban Bencana," 2020.
4. Tam Tze Huey, "Perubahan Guna Tanah dan Litupan Tanah di Cameron Highlands, Pahang, Malaysia," Tesis Pascasarjana, 2001–2013.
5. U. Kaoje, "Flood Vulnerability Assessment in the Kelantan River Basin, Malaysia," PhD thesis, Universiti Teknologi Malaysia, 2021.