

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia terkenal untuk aktivitas gunung berapi yang masih aktif, menjadi rumah bagi gunung berapi terbanyak disbanding negara mana pun di dunia. Kepulauan Indonesia adalah bagian dari Cincin Api Pasifik, yang memiliki sekitar 147 gunung berapi aktif dan tercatat lebih dari 1,171 letusan gunung berapi sepanjang sejarah. Aktivitas geologi di Indonesia disebabkan oleh subduksi lempeng tektonik, khusus nya Lempeng India-Australia di bawah Lempeng Eurasia, yang membentuk Busur Sunda, sebuah rangkaian gunung berapi yang membentang lebih dari 3.000 kilometer [1].

Gunung berapi pertama yang tercatat meletus di Indonesia adalah Gunung Kelud pada tahun 1586, yang menelan 10.000 korban jiwa [2]. Hingga tahun 2024 gunung-gunung aktif di Indonesia seperti Gunung Semeru, Lewotobi dan Ibu masih menunjukkan aktivitas vulkanik. Seiring perkembangan teknologi pemantauan melalui EWS (*Early Warning System*) dan parameter pemantauan seperti frekuensi gempa, kadar gas belerang, perubahan suhu kawah dan deformasi fisik gunung [3], memungkinkan evakuasi dini atau memberikan pengeringatan untuk waspada. Meski demikian, risiko kemungkinan terjadinya korban jiwa tetap ada. Pada tahun 2023 Desember, Gunung Marapi di Padang, Sumatra Barat mengakibatkan 23 korban jiwa. Proses pencarian korban erupsi terhambat selama tiga hari akibat erupsi yang masih berlangsung, menghasilkan lahar dari magma, material tefra yang terlontar dari kawah gunung [1][4] dan abu vulkanik yang terus menyembur. Abu tebal ini tidak hanya yang mengganggu jarak pandang [5], tetapi juga mengandung gas Sulfur dioksida (SO₂), Karbon dioksida (CO₂) dan Hidrogen sulfida (H₂S) yang bersifat beracun bagi sistem saraf dan pernafasan, serta dapat memicu penyakit pernafasan mengakibatkan kematian [6].

Proposal ini mengajukan solusi menggunakan robot pointer berbasis *Global Positioning System* (GPS) dan *Inertial Navigation System* (INS) untuk membantu proses pencarian di area terdampak erupsi gunung berapi. INS merupakan sistem navigasi kompleks yang mengukur percepatan, laju sudut dan orientasi melalui sensor seperti *Accelerometer*, *Gyroscope* dan *Magnetometer* [7], yang dirancang untuk melengkapi kelemahan GPS terutama dalam kondisi sinyal yang tidak stabil ataupun keakuratan data menurun dengan cepat seiring waktu karena pengaruh dari berbagai faktor. Di area terbuka, GPS sendiri sering kali tidak memadai karena ketergantungannya pada sinyal eksternal yang mungkin lemah atau terputus. INS membantu menutupi kekurangan ini dengan memberikan navigasi yang lebih stabil, bebas gangguan, dan beresolusi tinggi [8]. Robot ini dirancang untuk beroperasi langsung di area gunung, termasuk puncak, lereng, dan kaki gunung—zona yang sering kali menjadi paling parah terdampak erupsi. Dengan memanfaatkan integrasi GPS-INS, tim SAR dapat memperoleh peta area yang lebih cepat dan akurat, mengurangi risiko bahaya langsung terhadap personel, serta meningkatkan efektivitas pencarian korban dan evakuasi darurat.

1.2. Rumusan Masalah

1. Seberapa besar peningkatan kinerja navigasi yang diperoleh robot pointer GPS-INS dalam menjaga akurasi lintasan di medan pegunungan yang tidak merata?
2. Apa batas toleransi kondisi lingkungan sebelum robot pointer GPS-INS tidak lagi dapat menjaga rute yang diinginkan?
3. Seberapa akurat sistem navigasi berbasis GPS dalam menentukan posisi dan menghitung jarak pada area tidak rata seperti gunung berapi?

1.3. Tujuan

1. Menilai seberapa besar peningkatan akurasi lintasan tempuh yang dicapai oleh robot pointer berbasis GPS-INS di medan pegunungan yang tidak merata.
2. Mengidentifikasi ambang maksimum gangguan lingkungan di mana sistem GPS-INS masih dapat menjaga rute yang diinginkan dengan level deviasi toleransi tertentu.
3. Menganalisis kemampuan GPS dalam menentukan posisi robot dan target serta mengevaluasi akurasi jarak antara kedua titik pada medan tidak rata.

1.4. Manfaat Hasil Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat praktis, terutama dalam meningkatkan efisiensi pencarian korban di area yang terdampak erupsi gunung berapi, sehingga lebih banyak nyawa dapat diselamatkan. Penggunaan robot pointer berbasis GPS-INS dapat membantu mengurangi risiko bagi tim SAR, melindungi mereka dari bahaya langsung seperti abu vulkanik dan gas beracun. Selain itu, teknologi ini berpotensi mempercepat proses evakuasi dengan pemetaan area yang lebih akurat, serta mendorong pengembangan dan penerapan inovasi teknologi dalam penanggulangan bencana, yang juga dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut.

1.5. Batasan Masalah

1. Robot pointer akan diuji dalam lingkungan yang mensimulasikan kondisi gunung berapi, berupa lereng dan bukit berkemiringan terukur, dengan permukaan kerikil dan rintangan untuk meniru kontur gunung berapi.
2. Sistem navigasi berbasis GPS-INS dirancang khusus untuk digunakan dalam area terbuka tanpa gangguan yang signifikan.

3. Sensor yang digunakan terbatas pada GPS dan sensor *Inertial Measurement Unit*(IMU), Semua uji di lapangan terbuka tanpa kamera atau sensor visual, dengan monitoring manual sebagai ground truth untuk menilai akurasi dan keandalan navigasi.

1.6. Metode Penelitian

Metode penelitian ini melibatkan beberapa langkah yang terintegrasi. Dari, studi teoritis akan dilakukan untuk memahami literatur yang berkaitan dengan teknologi robotika, sistem navigasi GPS, dan INS, serta aplikasinya dalam konteks penanganan bencana erupsi gunung berapi. Selanjutnya, perancangan robot pointer akan dilakukan dengan mempertimbangkan spesifikasi teknis yang sesuai untuk digunakan di lingkungan yang terdampak. Setelah itu, implementasi mencakup pembangunan prototipe robot berdasarkan desain yang telah direncanakan. Terakhir, pengujian empirik akan dilakukan dalam kondisi simulasi untuk menilai kinerja robot dan efektivitasnya dalam situasi yang menyerupai bencana.

1.7. Proyeksi Pengguna

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan oleh berbagai pihak, antara lain:

1. Tim SAR dalam misi pencarian dan penyelamatan korban bencana, khususnya erupsi gunung berapi.
2. Instansi Pemerintah untuk upaya mitigasi bencana dan sistem peringatan dini yang lebih efektif.
3. Universitas dan lembaga penelitian untuk pengembangan lebih lanjut dalam teknologi robotik dan sistem navigasi.