

**PENGEMBANGAN ARMADA *MULTI-QUADCOPTER*
UNTUK SURVEY KERUMUNAN
BERBASIS ROS (*ROBOT OPERATING SYSTEM*)**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh:

Mikhael Milianka

218441008



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN OTOMASI MANUFAKTUR DAN
MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:
**PENGEMBANGAN ARMADA *MULTI-QUADCOPTER* UNTUK
SURVEY KERUMUNAN BERBASIS ROS
(*ROBOT OPERATING SYSTEM*)**

Oleh:

Mikhael Milianka

218441008

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 24 - Desember - 2024

Disetujui,

Pembimbing I,



**Dr. Setyawan Ajie Sukarno, S.ST.,
M.T., M.Sc.Eng.**

NIP. 198004282008101001

Pembimbing II,

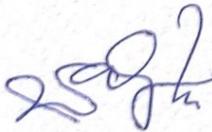


**Dr. Eng. Pipit Anggraeni, S.T., M.T.,
MSc.Eng.**

NIP. 197908242005012001

Disahkan,

Penguji I,



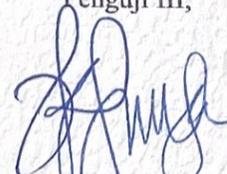
**Wahyu Adhie
Candra, S.T., M.Sc.**
NIP. 197701092023211004

Penguji II,



**Mohammad Harry Khomas
Saputra, S.T., M.TI**
NIP. 198803242022031002

Penguji III,



**Hilda Khoirunnisa,
S.Tr.T., M.Sc.Eng.**
NIP. 199704192022032012

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mikhael Milianka
NIM : 218441008
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan Armada Multi-Quadcopter Untuk Survey Kerumunan Berbasis Ros (Robot Operating System)

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 24 - Desember - 2024
Yang Menyatakan,

(Mikhael Milianka)
NIM 218441008

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mikhael Milianka
NIM : 218441008
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan Armada Multi-Quadcopter Untuk Survey Kerumunan Berbasis Ros (Robot Operating System)

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaannya berada di bawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal: 24 - Desember - 2024
Yang Menyatakan,

(Mikhael Milianka)
NIM 218441008

MOTO PRIBADI

KERJAIN DULU AJA

KATA PENGANTAR

Dengan rasa syukur, penulis telah menyelesaikan tugas akhir berjudul “Pengembangan Armada Multi-Quadcopter untuk Survey Kerumunan Berbasis ROS (Robot Operating System)” sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Terapan (Diploma-IV) di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Mohammad Nurdin, S.T., M.A.B.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ismail Rokhim, S.T., M.T.
3. Ketua Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Otomasi, Ibu Nuryanti, S.T.,M.Sc
4. Para Pembimbing tugas akhir, Bapak Dr. Setyawan Ajie Sukarno, S.ST., M.T., M.Sc. Eng. dan Ibu Dr. Eng. Pipit Anggraeni, S.T., M.T., M.Sc. Eng..
5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Wahyu Adhie Candra, S.T., M.Sc., Bapak Mohammad Harry Khomas Saputra, S.T., M.TI, dan Ibu Hilda Khoirunnisa, S.Tr.T., M.Sc.Eng.
6. Panitia tugas akhir Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika Bapak Rizqi Aji Pratama, S.Pd., M.Pd. dan Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T. beserta rekan-rekan.
7. Orang tua penulis, yang selalu memberikan dukungan, motivasi, baik secara moril maupun materil.
8. Sahabat-sahabat penulis yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan selama proses penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

ABSTRAK

Metode tradisional untuk survei kerumunan sering menghadapi tantangan seperti ketidakefisienan, cakupan yang terbatas, serta risiko kelelahan dan kesalahan manusia, terutama pada tugas pengawasan yang berlangsung lama atau kompleks. Untuk mengatasi keterbatasan ini, penelitian ini mengembangkan sistem multi-*quadcopter* yang terintegrasi menggunakan *Robot Operating System* (ROS) untuk survei kerumunan secara *real-time*. Sistem ini dirancang untuk mengatasi masalah dalam mendeteksi citra kerumunan, integrasi citra kamera dari beberapa *quadcopter*, dan optimasi waktu survei. Metode yang diterapkan pada penelitian ini mencakup studi literatur, analisis masalah, perancangan dan implementasi sistem, simulasi pengujian, serta pengujian sistem secara langsung.

Sistem ini menggunakan beberapa *quadcopter* yang dilengkapi kamera dan dikendalikan melalui jaringan nirkabel. Data dari kamera diproses menggunakan algoritma pengolahan gambar untuk mendeteksi dan melabeli objek dalam video siaran langsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem multi-*quadcopter* yang dikembangkan dapat mendeteksi dan melacak kerumunan dengan akurasi tinggi. Pengujian menunjukkan bahwa algoritma yang diimplementasikan pada sistem berhasil mendeteksi objek pada berbagai ketinggian dan kondisi kerumunan dengan tingkat akurasi rata-rata 82,55% pada kondisi kerumunan padat dan 95% pada kondisi non-kerumunan. Implementasi sistem ini juga berhasil mengurangi durasi survei hingga 60,12% dibandingkan dengan penggunaan satu *quadcopter*.

Hasil dari penelitian dapat disimpulkan bahwa, sistem multi-*quadcopter* berbasis ROS ini dapat diterapkan pada survei kerumunan dan memiliki potensi besar untuk dikembangkan dan diterapkan dalam berbagai aplikasi pengawasan.

Kata kunci: multi-*quadcopter*, ROS, survei kerumunan, deteksi objek, algoritma pengolahan gambar

ABSTRACT

Traditional methods for crowd surveys often face challenges such as inefficiency, limited coverage, and the risks of fatigue and human error, particularly during prolonged or complex monitoring tasks. To address these limitations, this research developed an integrated multi-quadcopter system utilizing the Robot Operating System (ROS) for real-time crowd surveys. The system was designed to overcome issues in crowd image detection, camera image integration from multiple quadcopters, and survey time optimization. The methods applied in this study included literature review, problem analysis, system design and implementation, simulation testing, and direct system testing.

The system employs multiple quadcopters equipped with cameras and controlled via a wireless network. Camera data is processed using image processing algorithms to detect and label objects in the video stream. The research results show that the developed multi-quadcopter system can detect and track crowds with high accuracy. Testing demonstrated that the implemented algorithm successfully detected objects at various altitudes and crowd conditions, achieving an average accuracy rate of 82.55% in dense crowd conditions and 95% in non-crowd conditions. Additionally, the system implementation reduced survey duration by 60.12% compared to using a single quadcopter.

In conclusion, the ROS-based multi-quadcopter system developed in this research is effective for crowd surveys and holds significant potential for further development and application in various monitoring scenarios.

Keywords: *multi-quadcopter*, ROS, crowd survey, object detection, image processing algorithm

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iv
MOTO PRIBADI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-3
I.5 Metode Penelitian	I-3
I.6 Sistematika Penulisan	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.1.1 Quadcopter	II-1
II.1.2 Komunikasi Data	II-3
II.1.3 Kendali Formasi	II-3
II.1.4 Topologi Skema Leader-follower	II-4
II.1.5 Pengolahan Citra Digital (Digital Image Processing)	II-5
II.1.6 Kerumunan	II-5
II.1.7 TCP/IP	II-6
II.2 Tinjauan Alat	II-6
II.2.1 ROS (Robot Operating System)	II-6
II.2.2 Gazebo	II-7
II.2.3 Pixhawk Autopilot	II-8

II.2.4 Webcam	II-9
II.2.5 Router	II-10
II.2.6 Flight Control Unit (Pixhawk 2.4.8)	II-10
II.2.7 Raspberry pi 4 Model B	II-10
II.2.8 YoloV8	II-11
II.3 Studi Penelitian Terdahulu	II-11
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH	III-1
III.1 Gambaran Umum Sistem	III-1
III.2 Metode Penelitian Fishbone Diagram	III-2
III.3 Penerapan Metode Fishbone Diagram	III-3
III.3.1 Requirement Analysis	III-5
III.3.2 Design System	III-7
III.3.3 Simulation Testing	III-13
III.3.4 Implementation and Unit Testing	III-30
III.3.5 Integration and System Testing	III-30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1 Implementation and Unit Testing	IV-1
IV.2 Integration and System Testing	IV-4
IV.2.1 Pengujian Akurasi Algoritma Pengolahan Gambar	IV-5
IV.2.2 Pengujian Kemampuan Algoritma Pengolahan Gambar Terhadap Ketinggian	IV-8
IV.2.3 Pengujian Durasi Terbang	IV-10
IV.2.4 Pengujian Durasi Survey Multi-quadcopter dan Solo-quadcopter	IV-11
IV.2.5 Pengujian Jangkauan Komunikasi Sistem pada Jaringan	IV-13
BAB V PENUTUP	V-1
V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA	VI-1
LAMPIRAN	VII-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Pola konfigurasi pada quadcopter	II-1
Gambar II.2 Arah putaran motor pada quadcopter	II-1
Gambar II.3 Gerakan-gerakan dasar pada quadcopter	II-2
Gambar II.4 Ilustrasi Roll-Pitch-Yaw	II-2
Gambar II.5 Ilustrasi arsitektur terpusat (centralized) dan arsitektur terdesentralisasi (decentralized)	II-3
Gambar II.6 Ilustrasi leader-follower	II-4
Gambar II.7 Ilustrasi sederhana pengolahan citra	II-5
Gambar II.8 Skema Robot Operating System (ROS)	II-6
Gambar III.1 Gambaran umum sistem	III-1
Gambar III.2 Ilustrasi komunikasi antara masing-masing quadcopter dengan workstation	III-1
Gambar III.3 Komunikasi antara masing-masing kamera dengan workstation	III-2
Gambar III.4 Skema metode Fishbone Diagram	III-2
Gambar III.5 Alur dalam penerapan Metode Fishbone Diagram	III-4
Gambar III.6 Rancangan komunikasi pada sistem	III-8
Gambar III.7 Ilustrasi Perpindahan Data Pada Integrasi Citra Multi-kamera	III-8
Gambar III.8 Ilustrasi Alur Data Didalam Workstation	III-9
Gambar III.9 Diagram Alur Algoritma Penggabungan Citra Multi-kamera	III-9
Gambar III.10 Diagram Alur Algoritma Pengolahan Gambar	III-10
Gambar III.11 Ilustrasi komunikasi topologi bintang	III-11
Gambar III.12 Alur proses pada quadcopter leader dan quadcopter follower	III-11
Gambar III.13(a) Tampilan simulasi yang dimuat pada gazebo	III-14
Gambar III.13(b) Tampilan simulasi yang dimuat pada gazebo	III-14

Gambar III.13(c) Tampilan simulasi yang dimuat pada gazebo	III-15
Gambar III.14 Tampilan terminal yang menampilkan posisi ketiga unit quadcopter	III-15
Gambar III.15 Tampilan terminal memanggil program pengintegrasian citra multi-kamera	III-16
Gambar III.16(a) Pemanggilan perintah “\$rostopic list”	III-16
Gambar III.16(b) Pemanggilan perintah “\$rostopic list”	III-17
Gambar III.17 Visualisasi hasil pengintegrasian citra multi-kamera	III-17
Gambar III.18(a) Visualisasi hasil pengintegrasian citra multi-kamera dengan objek tambahan	III-18
Gambar III.18(b) Visualisasi hasil pengintegrasian citra multi-kamera dengan objek tambahan	III-18
Gambar III.19 Alur rostopic dan rosnode pada sistem integrasi citra multi-kamera	III-19
Gambar III.20 Ekosistem simulasi pada pengujian algoritma pengolahan gambar	III-19
Gambar III.21 Pemanggilan perintah “\$roslaunch darknet_ros darknet_ros_b.launch”.	III-20
Gambar III.22(a) Jendela siaran langsung multi-kamera dengan algoritma pengolahan gambar	III-20
Gambar III.22(b) Jendela siaran langsung multi-kamera dengan algoritma pengolahan gambar	III-21
Gambar III.23(c) Jendela siaran langsung multi-kamera dengan algoritma pengolahan gambar	III-21
Gambar III.24 Sistem integrasi citra multi-kamera (a). Sistem algoritma pengolahan gambar (b).	III-22
Gambar III.25 Tiga unit quadcopter simulasi pada gazebo	III-22
Gambar III.26 Alur rostopic dan rosnode dalam sistem trajectory multi-quadcopter	III-23
Gambar III.27 Antar muka yang diberikan oleh program commander1.py	III-24
Gambar III.28 Pemantauan status terkini quadcopter	III-24
Gambar III.29 Perubahan kondisi arming	III-25
Gambar III.30 Pemberian perintah “take-off” dan perubahan mode	III-25
Gambar III.31 Mengunggah waypoint trajectory	III-26
Gambar III.32 Pemberian memulai waypoint trajectory	III-26
Gambar III.33 Proses quadcopter menjalankan misi trajectory waypoint	III-27

Gambar III.34 Status titik-titik yang dituju oleh quadcopter selama misi berlangsung.	III-27
Gambar III.35 Misi selesai, quadcopter mendarat pada titik terakhir yang dituju.	III-28
Gambar III.36 Koneksi keseluruhan node dan topic pada sistem	III-29
Gambar III.37 Simulasi integrasi sistem	III-30
Gambar IV.1 Perintah “Arming” pada quadcopter	IV-1
Gambar IV.2 Perintah lepas landas pada quadcopter	IV-1
Gambar IV.3 Perintah mengikuti waypoint pada quadcopter	IV-2
Gambar IV.4 Proses quadcopter mengikuti waypoint	IV-2
Gambar IV.5 Proses landing di akhir waypoint	IV-3
Gambar IV.6 quadcopter landing dengan selamat	IV-3
Gambar IV.7 Kamera terintegrasi dengan quadcopter dan hasil pengolahan gambar sudah dapat dilihat secara langsung pada workstation	IV-4
Gambar IV.8 Hasil tangkapan layar pada workstation	IV-4
Gambar IV.9 UAV-1 dan UAV-2	IV-4
Gambar IV.10 UAV-1 dan UAV-2 beserta sample “person”	IV-5
Gambar IV.11 Tampilan pada Workstation	IV-5
Gambar IV.12 Area Survey pada Gazebo dengan Ilustrasi Jalur Terbang	IV-11
Gambar IV.13 Ilustrasi Jangkauan Survey oleh Satu Unit Quadcopter	IV-11
Gambar IV.14 Ilustrasi Jangkauan Survey oleh Dua Unit Quadcopter	IV-12
Gambar IV.15 Grafik Rata-rata Respon Waktu Terhadap Jarak	IV-19

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Penelitian Terdahulu	II-11
Tabel III.1 Tahapan Metode Fishbone Diagram	III-4
Tabel III.2 Perangkat Keras yang Digunakan Pada Sistem	III-12
Tabel IV.1 Pengujian pada Kerumunan Padat	IV-6
Tabel IV.2 Pengujian pada Non-Kerumunan	IV-7
Tabel IV.3 Pengujian Algoritma Pengolahan Gambar Terhadap Ketinggian	IV-9
Tabel IV.4 Perbandingan Durasi Terbang dengan beban dan tanpa beban	IV-10
Tabel IV.5 Waktu Tempuh Misi oleh Satu unit Quadcopter	IV-12
Tabel IV.6 Waktu Tempuh Misi oleh Dua unit Quadcopter	IV-13
Tabel IV.7 Pengujian pada Jarak 0,5 meter	IV-14
Tabel IV.8 Pengujian pada Jarak 25 meter	IV-14
Tabel IV.9 Pengujian pada Jarak 50 meter	IV-15
Tabel IV.10 Pengujian pada Jarak 100 meter	IV-16
Tabel IV.11 Pengujian pada Jarak 150 meter	IV-17
Tabel IV.12 Pengujian pada Jarak 200 meter	IV-18

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pesawat tanpa awak, yang biasa kita kenal sebagai *drone*, adalah robot terbang yang dapat dikendalikan dari jarak jauh. Seiring majunya teknologi, *drone* kini dilengkapi dengan perangkat canggih yang memungkinkan *drone* dapat terbang secara nirawak melalui jalur yang sudah ditentukan. Penggunaan *drone* kini meluas untuk berbagai tugas jarak jauh, seperti memantau kerumunan, lalu lintas, mendeteksi kebakaran hutan, dan memantau polusi. Dengan adanya *drone*, pengawasan jadi lebih efektif, mudah diakses, dan hemat waktu [1]. Walaupun sumber daya untuk pengembangan *drone* masih terbatas, banyak pekerjaan yang sudah sangat terbantu, seperti pengawasan, pelacakan objek, perekaman video, serta operasi pencarian di lokasi yang sulit dijangkau, pengendalian lalu lintas di kota pintar, dan penanganan situasi bencana alam [2][3].

Jika berbicara mengenai pengawasan kerumunan, biasanya dibutuhkan banyak tenaga manusia yang bekerja tanpa henti. Pengawasan yang dilakukan manusia memiliki keterbatasan, terutama dari segi ketahanan fisik dan mental. Orang yang memantau terus-menerus bisa mengalami kelelahan, yang bisa berujung pada kesalahan. Menurut studi, kelelahan pada operator bisa menurunkan performa dan meningkatkan risiko kesalahan operasional [4]. Menurut [5], juga menunjukkan bahwa beban kerja yang tinggi dalam pengawasan manual dapat meningkatkan stres dan kelelahan, yang secara signifikan mengurangi kinerja pengawasan. Sehingga, penggunaan *drone* bisa menjadi solusi efektif untuk mengurangi beban kerja manusia dan meningkatkan akurasi pemantauan.

Dengan kemajuan teknologi, *drone* kini bisa dipasang perangkat canggih, seperti kamera beresolusi tinggi. Kamera ini memungkinkan *drone* menangkap gambar dan video secara *real-time* dengan kualitas sangat baik. Ini membuat pemantauan visual lebih detail dan komprehensif. Menurut [6], menunjukkan bahwa *drone* yang dilengkapi kamera secara signifikan meningkatkan kinerja dan efektivitas

survei di proyek konstruksi gedung tinggi dengan menyediakan yang mendetail untuk meningkatkan identifikasi bahaya, penilaian keselamatan, dan pelaporan, serta mengurangi waktu yang diperlukan untuk kunjungan lapangan. Selain itu, [7] mendukung bahwa integrasi teknologi *computer vision* pada *drone*, terutama dengan penggunaan kamera beresolusi tinggi, secara signifikan meningkatkan efektivitas dan kualitas pengawasan. Teknologi ini memungkinkan *drone* untuk melakukan navigasi, deteksi rintangan, pemetaan, dan pelacakan target dengan lebih akurat dan efisien. Menurut [8], penggunaan algoritma pengolahan gambar pada *drone* dapat meningkatkan kinerja pengawasan dan akurasi dalam memetakan dan mengidentifikasi area yang terbakar dari citra udara, sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam penilaian kerusakan pasca-kebakaran dan manajemen bencana. Teknologi pengolahan gambar pada *drone* bisa meningkatkan kecepatan dan ketepatan analisis data, yang sangat penting dalam situasi kritis seperti penyelamatan dan pengawasan keamanan [9][10]. Pengolahan data ini tidak hanya membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik, tetapi juga meningkatkan efisiensi dan respons dalam situasi krisis [11][12].

Dengan pertimbangan tersebut, penulis bertekad untuk merancang sistem integrasi yang menggunakan multi-quadcopter untuk survei kerumunan berbasis video siaran langsung dengan *drone* berjenis *quadcopter* yang terintegrasi dengan kamera.

I.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang, didapatkan permasalahan yang menjadi dasar penelitian untuk diselesaikan dan dicari solusinya. Permasalahan dalam penelitian ini dapat didefinisikan dan diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendeteksi citra kerumunan?
2. Bagaimana cara menyatukan citra kamera pada multi-*quadcopter*?
3. Bagaimana integrasi kontrol antara multi-*quadcopter*, penyatuan citra kamera, dan pengolahan gambar menggunakan Robot Operating System (ROS)?
4. Bagaimana cara menghemat waktu survei karena keterbatasan kapasitas baterai?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak ada hambatan ketika *quadcopter* diterbangkan.
2. Area pengujian berupa lapangan terbuka dan diasumsikan datar.
3. Manajemen daya maupun baterai diabaikan pada penelitian ini.
4. Faktor kecepatan angin, tekanan, suhu, dan tingkat gravitasi pada setiap pengambilan data diasumsikan sama.
5. Komunikasi antar *quadcopter* menggunakan jaringan nirkabel berbasis *Local Area Network* dengan protokol *TCP/IP*
6. Resolusi pada kamera dibatasi di 320x240 piksel.
7. Jumlah *quadcopter* yang digunakan pada pengujian perangkat keras berjumlah 2 buah.
8. Trayek pergerakan *quadcopter* dimasukkan dan ditentukan sebelum sistem berjalan.
9. Pengujian berfokus pada integrasi sistem dan tidak membahas mekanikal pada alat.
10. Penerbangan dilakukan jauh dari benda-benda yang menghasilkan gangguan elektromagnetik.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini menghasilkan *embedded system* berupa implementasi dari armada multi-*quadcopter* untuk diaplikasikan sebagai *drone survey* kerumunan berbasis video siaran langsung.

I.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini ada 5, yaitu:

1. Studi Literatur
Pengkajian teori terkait desain dan sistem yang akan dibuat berdasarkan penelitian yang sudah pernah dilakukan.

2. Analisa Masalah

Melakukan analisa dari berbagai literatur dan sumber, dengan tujuan mendapatkan banyak referensi sehingga hasil pembuatan dan pengintegrasian sistem dapat berjalan dengan maksimal.

3. Perancangan dan pembuatan sistem

a. Perangkat Lunak

Perancangan dan pembuatan berupa program dan sistem integrasi untuk diimplementasikan pada perangkat keras sehingga dapat mencapai luaran penelitian yang diharapkan.

b. Perangkat Keras

Pengkurasian perangkat keras yang akan digunakan berdasarkan data, spesifikasi teknis, dan informasi dari berbagai sumber untuk mengkurasi perangkat keras yang mendukung kebutuhan sistem.

4. Simulasi Pengujian Sistem

Simulasi pengujian sistem dilakukan untuk meminimalisir potensi kegagalan saat mengimplementasikan perangkat lunak terintegrasi pada perangkat keras.

5. Pengujian Sistem

Tahap pengimplementasian perangkat lunak pada perangkat keras untuk mengetahui kinerja sistem secara nyata.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut, BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL IMPLEMENTASI DAN ANALISIS berisi hasil implementasi dan pengujian sistem yang berkaitan dengan tuntutan yang harus dipenuhi.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian lebih lanjut.