

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada tahun 2019, Presiden Joko Widodo (Jokowi) mengumumkan lokasi ibu kota baru yang diberi nama Ibu Kota Nusantara (IKN) seperti yang dapat dilihat pada peta dalam **Gambar 1**. IKN diharapkan menjadi kota yang cerdas, berkelanjutan, dan tangguh dengan teknologi sebagai pendorong utama perkembangannya [1]. Presiden Jokowi beberapa kali menyatakan agar IKN menjadi ibu kota pertama yang memiliki transportasi umum dan kendaraan otonom. Oleh karena itu, Indonesia perlu segera melakukan penelitian tentang kendaraan otonom agar tidak bergantung pada impor komponen dari luar negeri untuk mengimplementasikan rencana tersebut.

Kendaraan otonom adalah kendaraan tanpa awak yang dapat melakukan perjalanan ke lokasi yang telah ditentukan tanpa memerlukan intervensi pengemudi [2]. Agar kendaraan otonom dapat mencapai tujuannya tanpa kendali manusia, sistem kendaraan otonom harus mampu memahami kondisi lingkungan dan menyiapkan jalur ke tujuan berdasarkan informasi mengenai kondisi lingkungan [3], [4]. Dalam merencanakan jalur tersebut, kendaraan otonom harus memperhatikan peta wilayah dan kendaraan lain di jalan sambil menghindari rintangan di dekatnya. Penelitian ini berfokus pada pengembangan algoritma perencanaan jalur untuk memenuhi kebutuhan algoritma perencanaan jalur pada kendaraan otonom atau robot.

Algoritma perencanaan jalur (*path planning*) adalah salah satu bidang penelitian dasar robotika dan telah banyak diteliti serta dikembangkan untuk algoritma pemrograman kendaraan atau robotika [5]. Masalah perencanaan jalur bertujuan untuk menemukan lintasan robot dari keadaan awal (*start*) sampai keadaan tujuan (*goal*) [6], dengan menjauhi rintangan maupun batas jalur yang ada [7]. Algoritma perencanaan jalur banyak digunakan dalam berbagai macam aplikasi seperti otomatisasi [8], navigasi robot [9], mobil tanpa pengemudi [10], animasi kepribadian digital [11], bedah robotik [12], serta dalam bidang kimia yaitu proses pelipatan protein [13]. Algoritma perencanaan jalur yang berbeda memiliki kinerja atau kualitas yang berbeda juga. Waktu perencanaan dan biaya atau optimasi jalur dapat menjadi beberapa parameter untuk mengukur kinerja algoritma perencanaan jalur [14], [15]. Oleh karena itu, algoritma perencanaan jalur diharapkan dapat memberikan solusi jalur yang optimal dalam waktu singkat [16]. Beberapa metode yang digunakan dalam perencanaan jalur ini antara lain metode perencanaan jalur berbasis sensor, perencanaan jalur berbasis grafik, serta perencanaan jalur berbasis pengambilan sampel acak [17].

Salah satu metode perencanaan jalur yang umum digunakan dan dapat memberikan solusi yang optimal yaitu algoritma *Sampling Based Planning* (SBP). Algoritma ini menggunakan pengambilan sampel acak pada ruang pencarian serta memiliki kemampuan memberikan solusi yang cepat untuk masalah yang kompleks dan multidimensi [6]. Contoh metode SBP yang paling umum digunakan adalah algoritma *Rapidly-exploring Random Tree* (RRT) [18] dan algoritma *Probabilistic Road-Map* (PRM) [19]. Algoritma RRT yang dikemukakan oleh S. M. LaValle

berhasil diterapkan untuk memecahkan masalah yang kompleks dalam waktu yang singkat, namun memiliki kelemahan yaitu memberikan solusi jalur yang sub-optimal. Kemudian dikembangkan oleh Karaman dan Frazzoli yang diberi nama algoritma *Rapidly-exploring Random Tree Star* (RRT*) [19] memiliki kemampuan memberikan solusi yang asimtotik optimal, namun memiliki kelemahan yaitu waktu komputasi yang dihasilkan lambat. J. D. Gammell, dkk. [20], [21] memperkenalkan algoritma *informed* RRT* yang menggunakan pengambilan sampel berdasarkan informasi dari RRT* yang melewati sebagian ruang konfigurasi. Algoritma ini menghasilkan solusi yang lebih baik, namun memiliki kelemahan yaitu hanya dapat mempercepat proses pengoptimalan perencanaan jalur. Selain itu, ada masalah lain pada metode perencanaan jalur satu arah yang membutuhkan waktu untuk mencapai konfigurasi target, terutama ketika target tersembunyi di balik lorong sempit. Ada beberapa metode perencanaan jalur berbasis RRT lainnya yang dapat menemukan solusi lebih baik daripada versi RRT*, yaitu algoritma PRM [19] yang membangun peta probabilitas rintangan menggunakan sampel acak. Algoritma ini dapat menghasilkan solusi jalur yang optimal jika waktu yang diberikan cukup, namun kelemahan dari algoritma PRM tidak dapat bersifat asimtotik optimal. Selain itu, ada algoritma *Batch Informed Trees* (BIT*) [22] yang merupakan hibridisasi antara algoritma PRM dan algoritma *informed* RRT*, yang menggunakan pendekatan *batch processing* dan *informed search*. Sejumlah titik yang dihasilkan secara bersamaan dan digunakan untuk memperbaiki jalur yang ada. Sehingga BIT* memiliki kemampuan menghasilkan

solusi jalur yang lebih optimal secara asimtotik, meskipun memerlukan waktu komputasi yang lambat.

Algoritma perencanaan jalur saat ini juga banyak dihibridisasi untuk mendapatkan solusi atau performansi yang lebih baik lagi. M. Aria, dkk. [23] mengusulkan sebuah algoritma perencanaan jalur dengan melakukan hibridisasi antara algoritma RRT dan algoritma *Ant Colony Systems* (ACS) yang berhasil menghasilkan jalur optimal untuk perencanaan pergerakan robot dalam lingkungan yang kompleks. Hibridisasi algoritma ini memiliki beberapa kelemahan yang terkait dengan solusi sub optimal, waktu komputasi yang lama, dan keterbatasan dalam penggunaan pada lingkungan kontinu. Kemudian M. Aria juga melakukan penelitian terkait hibridisasi algoritma perencanaan jalur lainnya yaitu antara algoritma RRT* dan algoritma PRM [24], menciptakan algoritma yang memiliki kemampuan konvergensi yang cepat, namun algoritma tersebut tidak dapat mencapai solusi jalur yang bersifat asimtotik optimal. A. Viseras, dkk. [25] mengusulkan sebuah penelitian hibridisasi algoritma perencanaan jalur antara algoritma RRT dan algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO). Penelitian ini mampu menciptakan jalur yang optimal dengan efisiensi yang baik dalam berbagai ruang konfigurasi, namun masih memerlukan waktu yang lama. Selain itu, M. Aria juga kembali mengusulkan penelitian mengenai algoritma perencanaan jalur *Informed PRM* [26] yang merupakan hasil hibridisasi algoritma perencanaan jalur dari algoritma PRM dan algoritma *Informed RRT**. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa algoritma *Informed PRM* berhasil menghasilkan jalur yang hampir optimal untuk semua kasus yang diberikan. Algoritma ini juga berhasil

mengungguli algoritma RRT* dan algoritma *Informed* RRT* dalam hal waktu komputasi dan jalur yang dihasilkan. Kekurangan dari penelitian tersebut yaitu mungkin *Informed* PRM tidak jauh lebih baik dibanding dari *Informed* RRT* pada beberapa lingkungan pengujian tertentu, penelitian ini juga hanya mengusulkan contoh ruang ellipsoid antara konfigurasi awal dan tujuan [27].

Sepengetahuan penulis, saat ini belum ada penelitian yang menggabungkan algoritma *Informed* PRM dan algoritma BIT* untuk meningkatkan performansi algoritma perencanaan jalur. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini peneliti akan mengembangkan algoritma perencanaan jalur ini dengan melakukan hibridisasi antara algoritma *Informed* PRM dan BIT* dengan menggunakan bahasa pemrograman LabVIEW.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut.

1. Diperlukan suatu algoritma perencanaan jalur yang dapat menghasilkan solusi lebih optimal dengan waktu komputasi yang singkat.
2. Pada sistem saat ini mengharapkan adanya peningkatan kualitas dan efisiensi algoritma perencanaan jalur yang digunakan dengan menggunakan hibridisasi algoritma *Informed* PRM dan algoritma BIT*.
3. Implementasi algoritma perencanaan jalur penggabungan antara algoritma *Informed* PRM dan algoritma BIT* pada bahasa pemrograman LabVIEW.

1.3 Rumusan Masalah

Agar algoritma perencanaan jalur dapat diimplementasikan pada kendaraan otonom, harus dapat menghasilkan jalur yang optimal dalam waktu singkat. Pengembangan algoritma perencanaan jalur untuk menghasilkan jalur yang optimal dalam waktu singkat masih terus dilakukan. Dengan demikian, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana mengembangkan algoritma perencanaan jalur agar menghasilkan jalur yang optimal dalam waktu yang singkat?
2. Algoritma perencanaan jalur yang diusulkan merupakan penggabungan dari algoritma PRM dan algoritma BIT*. Maka, bagaimana cara menggabungkan algoritma PRM dan algoritma BIT* untuk mencapai kinerja yang lebih baik?
3. Bagaimana implementasi algoritma perencanaan jalur penggabungan antara algoritma *Informed* PRM dan algoritma BIT* pada bahasa pemrograman LabVIEW?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan algoritma perencanaan jalur yang dapat menghasilkan jalur yang optimal dalam waktu yang singkat.
2. Menggabungkan algoritma PRM dan algoritma BIT* untuk menghasilkan algoritma perencanaan jalur yang lebih unggul dibandingkan dengan

algoritma perencanaan jalur lainnya, sehingga dapat menghasilkan jalur yang optimal dan efisien dalam waktu yang lebih singkat.

3. Mengimplementasikan algoritma perencanaan jalur penggabungan antara algoritma PRM dan algoritma BIT* pada bahasa pemrograman LabVIEW.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, ruang lingkup masalah dibatasi dalam hal-hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini membandingkan performansi algoritma yang diusulkan dengan algoritma yang sering digunakan dalam masalah perencanaan jalur seperti RRT* dan *Informed RRT** dengan menggunakan beberapa kasus lingkungan percobaan.
2. Penelitian ini diuji dengan menggunakan lingkungan percobaan seperti *clutter* pada Peta BIT*, *clutter Environment 04*, dan peta *clutter* yang telah dibuat oleh penulis
3. Penelitian ini hanya diuji dengan menggunakan simulasi pada bahasa pemrograman LabVIEW.

1.6 Metode Penelitian

Berikut adalah metode penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti pada penelitian ini.

1. Metode Wawancara

Pada metode ini dilakukan wawancara, diskusi dan sesi tanya jawab dengan dosen pembimbing.

2. Tinjauan Pustaka

Pada tahap tinjauan pustaka, peneliti akan mencari dan mempelajari hasil-hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan algoritma perencanaan jalur khususnya algoritma *Informed PRM* dan algoritma *BIT**.

3. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur, peneliti akan mempelajari teknik yang akan digunakan sesuai dengan penelitian yang akan dilaksanakan seperti perancangan program perangkat lunak (*software*) pada LabVIEW serta memahami prinsip dan operasi algoritma, dan memahami prinsip kerjanya.

4. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada tahap perancangan, dilakukan proses perancangan algoritma dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) LabVIEW, sesuai dengan teknik yang telah dipelajari oleh peneliti pada tahap studi literatur.

5. Implementasi

Algoritma yang telah dirancang dan dikembangkan akan diimplementasikan dan digunakan sebagai navigasi untuk menemukan jalur yang optimal.

6. Pengujian Sistem

Pada tahap pengujian, perancangan algoritma dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) LabVIEW dilakukan pengujian pada beberapa lingkungan percobaan.

7. Analisa

Pada tahap ini, dilakukan analisa terhadap data-data yang didapatkan pada tahap pengujian untuk menghasilkan data yang menjadi acuan keberhasilan perancangan hibridisasi algoritma perencanaan jalur dengan menggunakan algoritma *Informed PRM* dan algoritma *BIT**.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penulisan laporan penelitian tugas akhir disusun agar mempermudah dalam penyusunan laporan yang terstruktur, sehingga memudahkan pemahaman dan evaluasi penelitian. Laporan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab yang diuraikan sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab I Pendahuluan merupakan penjelasan tentang pendahuluan dari laporan penelitian ini, di dalam nya terdapat Latar Belakang Masalah, Identifikasi Masalah, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan Masalah, Metode Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II Tinjauan Pustaka merupakan penjelasan mengenai penelitian-penelitian sebelumnya. Pada bab ini juga menjelaskan mengenai teori-teori yang digunakan dalam tinjauan pustaka yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab III Perancangan Sistem berisi penjelasan mengenai proses perancangan dan pembuatan program pada penelitian ini, yang di dalam nya terdapat prinsip kerja program dan rancangan program yang telah dibuat.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab IV Pengujian dan Analisis berisi tentang proses pengambilan data, hasil-hasil pengujian yang didapat serta analisis data hasil pengujian secara keseluruhan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V Kesimpulan dan Saran merupakan paparan terkait kesimpulan akhir yang didapatkan melalui analisa dari penelitian yang telah dilakukan. Pada bab ini juga terdapat pemaparan mengenai saran agar penelitian yang telah dilakukan dapat dikembangkan menjadi lebih baik lagi pada penelitian selanjutnya.