

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Robot adalah mesin-mesin yang dioperasikan secara otomatis yang dapat menggantikan pekerjaan manusia, meskipun tidak berwujud seperti manusia ataupun melakukan pekerjaannya seperti yang dilakukan oleh manusia [1]. Robot telah banyak digunakan dalam berbagai bidang dalam aktivitas manusia sehari-hari. Beberapa bidang tersebut meliputi; manufaktur, transportasi, eksplorasi bumi dan luar angkasa, medis, militer, riset di laboratorium, dan produksi massal dalam industri.

Berdasarkan lingkungan tempat operasinya, robot yang paling umum dikembangkan oleh manusia dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu *fixed robot* dan *mobile robot*. Kedua jenis ini memiliki lingkungan operasi yang sangat berbeda. *Fixed Robot* dioperasikan di lingkungan tertentu dan telah diketahui sebelumnya. Sedangkan *mobile robot* dioperasikan di lingkungan yang terus berubah setiap waktu. *Fixed robot* banyak dimanfaatkan di bidang industri untuk melakukan pekerjaan tertentu yang berulang, misalnya robot *manipulator* yang melakukan inspeksi pada material yang melewati ban berjalan. Sedangkan *mobile robot* harus melakukan pekerjaan yang kompleks dan dinamis dengan cepat dan andal karena dioperasikan pada lingkungan yang tidak diketahui sebelumnya [2].

Kemampuan *mobile robot* dapat menggantikan berbagai pekerjaan manusia. Beberapa diantaranya termasuk pengawasan (*surveillance*), eksplorasi luar angkasa, penambangan, operasi penyelamatan darurat, pelayanan umum, transportasi, operasi di lingkungan berbahaya, pelayanan medis, dan lain-lain [3]. Banyak riset yang dilakukan di dalam bidang *mobile robot*. Oleh karena itu, bidang ini termasuk salah satu bidang yang memiliki perkembangan paling cepat dalam bidang sains.

Kebanyakan riset dan pengembangan di bidang robotik pada hari ini berfokus pada pembuatan robot yang lebih otonom dengan meningkatkan kinerja sensor-sensor dan meningkatkan kecerdasan dalam pengendalian robot [4]. Salah satu kemampuan terpenting pada *mobile robot* adalah melakukan navigasi di lingkungan yang kompleks [5]. *Mobile robot* perlu mengetahui posisinya terkini

untuk mengerjakan tugasnya [6]. Apabila *mobile robot* dapat menelusuri lingkungan dengan baik, maka *mobile robot* dapat menjalankan tugasnya secara mandiri atau lebih otonom.

Navigasi pada *mobile robot* dibagi menjadi navigasi di dalam ruangan dan navigasi di luar ruangan. Sedangkan menurut jenis lingkungan tempat *mobile robot* tersebut beroperasi, navigasi dapat dibagi menjadi navigasi di lingkungan yang terstruktur dan navigasi di lingkungan yang tidak terstruktur. Di lingkungan yang terstruktur, navigasi pada *mobile robot* dapat memanfaatkan pendekatan geometris dan topologi dari lingkungannya. Sedangkan di lingkungan yang tidak terstruktur, navigasi pada *mobile robot* dapat menggunakan metode yang memanfaatkan *optical flow*, metode yang memanfaatkan paradigma *appearance-based*, dan pengenalan objek spesifik yang ada di lingkungan tersebut [7][8].

Persepsi berbasis citra atau *vision* merupakan salah satu pendekatan yang berperan penting dalam pengembangan algoritma lokalisasi/navigasi yang lebih andal karena bertambahnya informasi penting dari persepsi tersebut [9]. *Computer vision* adalah salah satu pendekatan berbasis citra yang banyak digunakan pada *mobile robot*. *Computer vision* memanfaatkan citra yang diperoleh dari kamera, lalu menerjemahkannya menjadi suatu informasi yang dapat digunakan untuk navigasi *mobile robot*. *Computer vision* pada *mobile robot* selanjutnya diidentifikasi sebagai *Robot Vision*.

Robot Vision memiliki dua pendekatan berdasarkan ruang dimensinya, yaitu 2D *vision* dan 3D *vision*. Sistem 2D *vision* telah banyak dikembangkan untuk *mobile robot*. R. Nurlali, dkk. [10], menggunakan *computer vision* untuk mengatur posisi robot pemotong papan kardus. Sebuah kamera diletakkan di atas area kerja robot untuk membantu robot mengetahui posisinya terhadap area kerjanya. H. B. Zhang, dkk. [11], telah membuat *vision sistem* untuk membuat *mobile robot* dapat beroperasi secara otomatis dengan melakukan *tracking* pada sebuah objek. Sistem 2D *vision* juga telah secara luas diterapkan di bidang industri, misalnya pada: pembacaan kode batang (*barcode*), pemantauan dan *tracking* objek, pengenalan wajah, pengenalan huruf dan inspeksi kecacatan pada barang. Sementara itu sistem 3D *vision* masih belum secara luas diterapkan karena lebih kompleks daripada

sistem 2D *vision*. Sistem 3D *vision* umumnya diterapkan pada pemodelan *part* (*reverse engineering*) dan aplikasi berbasis citra yang kompleks [12].

Permasalahan pencahayaan sangat sensitif pada sistem 2D *vision*. Selain itu, fitur-fitur dan tepi objek pada sistem 2D *vision* akan terlihat jelas pada kontras yang tepat. Kontras yang terlalu gelap atau terang dapat mengakibatkan masalah pada 2D *vision*. Pada sistem 2D *vision* juga tidak diperoleh informasi kedalaman, sehingga akan terjadi kesalahan jika objek yang diamati bergerak terhadap sumbu Z [13]. Informasi kedalaman sangat berguna bagi *mobile robot* untuk mengetahui posisinya terhadap objek di depannya. Apalagi apabila sistem 2D *vision* berhadapan dengan 2 buah objek, maka kedua objek tersebut tidak dapat dibedakan yang mana yang di depan maupun di belakang. Dengan demikian, 2D *vision* masih belum andal untuk navigasi *mobile robot* pada lingkungan yang kompleks.

Sementara itu, sistem 3D *vision*, tidak berpengaruh terhadap kontras, dapat memberikan pengukuran volumetrik (sumbu x, y dan z) yang dapat memberikan informasi objek secara lebih akurat, tidak sensitif terhadap variasi minor cahaya pencahayaan ataupun lingkungan sekitar, dan menghasilkan informasi yang lebih konsisten [14]. Namun, sistem 3D *vision* memerlukan komputasi yang lebih kompleks dibandingkan dengan sistem 2D *vision*. Meskipun demikian, sistem 3D *vision* memiliki potensi untuk menjadi sistem navigasi pada *mobile robot* jika proses komputasinya dapat mendekati *real-time*.

T. D. A. Prasad, dkk. [15] menjelaskan bahwa terdapat 2 metode dalam mendapatkan citra 3-dimensi. Pertama, secara matematis, yaitu dengan bantuan 2 citra 2-dimensi dan perhitungan dari aljabar linear dan teori matriks. Kedua, dengan menerapkan hukum-hukum fisika seperti interferometri, triangulasi atau metode *time-of-flight* (TOF). Metode pertama telah diterapkan pada sistem 3D *vision* berbasis *stereo vision* yang menggunakan dua buah kamera yang dipasang sedemikian rupa sehingga membentuk geometri epi polar. M. Bai, dkk. [16] telah mengimplementasikan sistem *stereo vision* pada *mobile robot* sehingga dapat melewati ruangan sempit dengan celah 10 cm di sisi kanan dan kiri robot, dan dapat mendeteksi halangan dinamis secara *real-time*. Sementara itu, metode kedua telah diterapkan pada 3D TOF Camera, yaitu kamera yang dirancang khusus dengan memanfaatkan prinsip *time-of-light* untuk memperoleh informasi kedalaman.

Metode kedua pada umumnya banyak menggunakan sensor aktif, karena menggunakan pantulan sinyal yang dipancarkan dari internal sensor (salah satunya sinar inframerah). Sensor aktif sangat berguna untuk menghasilkan pengukuran yang akurat, namun rentan terhadap intervensi dengan sinyal lain [16]. Sementara itu, sensor pasif lebih tidak rentan terhadap intervensi tersebut. Sensor *stereo vision* termasuk sensor pasif yang memiliki potensi besar karena dapat memberikan berbagai informasi penting untuk navigasi *mobile robot*. *Stereo vision* lebih andal terhadap perubahan cahaya sekitar dan dapat memberikan resolusi kedalaman yang tinggi, namun tetap bergantung pada tekstur dari objek yang diamati dan efisiensi komputasi [16][17].

Stereo matching merupakan salah satu faktor kesuksesan pada sistem *stereo vision*. Menemukan hubungan antara dua piksel yang diambil dari sudut pandang yang berbeda adalah tujuan dari *stereo matching* [18][19]. Hubungan tersebut disebut dengan *disparity map*. Algoritma *stereo matching* pada dasarnya memerlukan komputasi yang intens dan perangkat keras yang mutakhir [20]. Metode untuk melakukan *stereo matching* dapat diklasifikasikan menjadi dua metode, yaitu metode global dan metode lokal. Metode global memiliki efisiensi rendah, parameter yang kompleks dan sulit diterapkan pada aplikasi *real-time*. Sementara itu metode lokal terkenal dengan kesederhanaannya, namun kurang presisi [18]. *Stereo matching* dengan algoritma *area-based* (berbasis area) dengan metode optimasi lokal cocok untuk aplikasi *real-time* [21]. Algoritma berbasis area hanya mencocokkan dua piksel dari dua citra 2-dimensi pada area yang memungkinkan saja (lokal). Proses ini dikenal dengan *matching cost*. Ada banyak metode perhitungan *matching cost* yang dapat digunakan, di antaranya: *absolute difference* (AD), *squared difference* (SD), *cross correlation* (CC), *rank transform*, *census transform*, dll. M. Humenberger [21], telah membandingkan beberapa *matching cost function* yang cocok untuk penggunaan *real-time* dengan perangkat pemroses dan resolusi gambar yang berbeda. Hasilnya, *census transform* adalah metode yang dapat menghasilkan FPS (*frame per second*/gambar per detik) terbesar diantara metode yang lain. Selain itu *census transform* juga andal terhadap distorsi radial dan perubahan kecerahan [22].

Berdasarkan permasalahan dari uraian di atas, penulis mengusulkan penelitian tentang sistem *stereo vision* yang *real-time* dengan algoritma *census transform* untuk dapat digunakan pada *mobile robot* sebagai sistem navigasi yang andal di dalam ruangan, dan dapat mendeteksi objek halangan yang berada di depannya serta memberikan respon terhadap halangan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Navigasi pada *mobile robot* saat ini masih memerlukan banyak sensor untuk dapat membantu *mobile robot* berpindah dari titik awal ke titik tujuan. Sementara itu, metode *robot vision* telah berkembang untuk memberikan persepsi citra pada robot. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dibahas sebuah rancangan navigasi pada *mobile robot* berbasis *stereo vision* dengan algoritma *census transform*. Adapun permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini, diantaranya:

1. Bagaimana sistem *stereo vision* melakukan estimasi kedalaman sebuah objek?
2. Bagaimana sistem *stereo vision* membedakan kedalaman dua buah objek?
3. Bagaimana sistem *stereo vision* dapat memberikan navigasi pada *mobile robot*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Membuat sistem *stereo vision* yang dapat menjadi sistem navigasi pada *mobile robot* dengan menggunakan algoritma *census transform*.
2. Mengimplementasikan sistem yang telah dibuat sehingga *mobile robot* dapat menelusuri ruangan dan mendeteksi halangan serta bereaksi terhadap halangan tersebut.
3. Menganalisa performa sistem *stereo vision* yang dibuat sebelum dan setelah diterapkan pada sistem navigasi *mobile robot*.

1.4 Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah yang penulis berikan agar pembahasan pada penelitian ini berfokus pada rumusan masalah yang dibuat, diantaranya sebagai berikut.

1. Sistem penggerak robot menggunakan *differential drive*.
2. Lintasan robot berupa permukaan yang datar.
3. Lingkungan operasi robot memiliki pencahayaan yang cukup dan tidak berubah secara signifikan dalam waktu yang singkat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mendapatkan sistem navigasi pada *mobile robot* yang menggunakan lebih sedikit sensor untuk mendapatkan informasi dari lingkungan sekitar daripada cara konvensional yang masih memerlukan sensor untuk mengetahui jarak objek yang berada di depan robot misalnya sensor ultrasonik.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada tulisan ini berpedoman dengan tata cara penulisan tugas akhir Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas. Adapun sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bab I Pendahuluan, bab ini membahas tentang latar belakang dari masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan yang akan dicapai, manfaat penelitian serta sistematika penulisan tugas akhir ini. Bab ini memberikan gambaran singkat mengenai *mobile robot*, sistem navigasi pada *mobile robot* dan *stereo vision*.
- Bab II Tinjauan Pustaka, bab ini berisi pembahasan tentang landasan teori yang berkaitan dengan penelitian ini. Selain itu, komponen-komponen yang berkaitan dengan penelitian ini, beserta prinsip kerja dan konsep yang digunakan juga akan dibahas pada bab ini.
- Bab III Metodologi Penelitian, bab ini berisi penjelasan langkah-langkah pelaksanaan dalam menyelesaikan masalah penelitian, tahapan penelitian, blok diagram sistem, peralatan yang dibutuhkan dan perancangan sistem penelitian.
- Bab IV Hasil dan Pembahasan, bab ini berisi hasil dari pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap sistem yang telah dibuat. Serta membahas mengenai Analisa dari hasil pengujian tersebut.

Bab V Penutup, berisi kesimpulan serta saran penulis untuk penelitian selanjutnya berdasarkan analisa dari hasil penelitian yang diperoleh.

