

BAB 1

ANALISIS KEBUTUHAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada abad ke-21, industri F&B menjadi sektor usaha yang berkembang pesat secara global karena mampu mengadaptasi perkembangan teknologi, termasuk bidang robotika. Salah satunya dalam layanan pengantar makanan kepada pelanggan di kafe, restoran, atau kantin. Layanan pengantar makanan kepada pelanggan menjadi suatu aspek penting yang perlu diperhatikan karena berdampak langsung pada kepuasan dan loyalitas pelanggan terhadap kantin atau restoran tersebut. Sebelumnya, layanan pengantar makanan mengandalkan tenaga kerja manusia. Namun, sistem konvensional ini dinilai tidak efektif dari segi biaya (*cost*) dan kualitas (*quality*).

Apabila dilakukan perbandingan, gaji tenaga kerja manusia jauh lebih besar dibandingkan biaya penggunaan robot. Untuk mempergunakan robot, pengguna hanya perlu mengeluarkan dana yang cukup besar di awal dan dana yang jauh lebih kecil secara berkala untuk biaya pemeliharaan. Di sisi lain, gaji tenaga kerja manusia malah berpotensi mengalami kenaikan dari tahun ke tahun [1]. Hal ini tidak sebanding dengan kualitas pelayanan tenaga kerja manusia yang cenderung tidak stabil akibat keterbatasan energi. Tenaga kerja manusia juga berpotensi jatuh sakit dan merasa jenuh [2]. Apabila tenaga kerja manusia telah kehabisan tenaga, kemungkinan buruk yang dapat terjadi adalah timbulnya *human error service* seperti kesalahan dalam pengantaran makanan yang dipesan kepada pelanggan. Jika hal ini terjadi, maka kualitas pelayanan restoran atau kantin tersebut akan menurun di mata pelanggan. Berbeda dengan robot yang mampu konsisten dalam melakukan pekerjaan repetitif selama daya terisi penuh dan dipelihara secara berkala [3].

Oleh karena itulah, robot pengantar makanan menjadi alternatif yang dipilih untuk menggantikan tenaga kerja manusia. Namun dari sisi teknis, robot pengantar makanan yang dikembangkan lewat penelitian belum sempurna karena masih dikendalikan secara manual. Selain itu, mobilitas robot cenderung tidak fleksibel karena hanya dapat bergerak dalam lintasan garis yang telah ditentukan saja. Beberapa robot juga tidak dilengkapi dengan fitur yang mampu mengidentifikasi dan membedakan meja pelanggan. Adapun desain *tray* yang diusung untuk mengangkut makanan masih bersifat statis dan belum mampu menyajikan makanan kepada pelanggan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan robot pengantar makanan yang memiliki fitur serupa dengan beberapa pengembangan/inovasi. Sama halnya seperti robot pengantar makanan pada umumnya, robot ini mampu bermobilisasi menuju ke titik tujuan yang telah ditentukan oleh pengguna dengan memanfaatkan informasi dari sensor pergerakan sehingga mampu memperkirakan posisi robot dari waktu ke waktu. Untuk mempermudah mobilisasi, robot juga dirancang mampu melakukan gerakan holonomik (*omni-directional mobile robot*) karena lebih unggul dari segi biaya yang rendah, kesederhanaan, dan keandalan dalam navigasi di berbagai medan lingkungan [4]. Selain itu, robot ini juga dilengkapi dengan *QR detection* untuk mengidentifikasi dan membedakan meja pelanggan satu dengan yang lainnya. Tak hanya terkait dengan mobilisasi, desain mekanik robot juga diperhatikan agar tetap mendukung faktor estetika dan robot mampu menyajikan pesanan di atas meja pelanggan.

1.2 Informasi Pendukung

Menurut penelusuran yang telah dilakukan, berikut ini beberapa robot pengantar makanan yang beredar di *marketplace*. Pertama, the Matradee adalah robot pelayanan yang diproduksi oleh Richtech Robotics. Robot ini memiliki 4 *adjustable trays* yang mampu mengangkat beban hingga 22 lbs per *tray*-nya.



Gambar 1.2.1.1 The Matradee Food Delivery Robot by Richtech Robotics [5]

Tidak hanya Richtech Robotics yang merancang produk robot pengantar makanan dengan desain trays, Pudu Robotics juga mengeluarkan produk serupa yang dinamai PuduBot dan SwiftBot. Apabila dibandingkan desain PuduBot tampak serupa dengan The Matradee. Namun kelebihanannya adalah dapat dilengkapi dengan *protection case* untuk melindungi makanan yang tengah dibawa dari paparan debu atau partikel kecil lain yang dapat terkontaminasi dan mengurangi kualitas makanan. Akan tetapi, salah satu kekurangan dari *protection case* ini adalah masih memerlukan intervensi manual dari pelanggan karena tidak dapat terbuka secara otomatis [6].



Gambar 1.2.1.2 PuduBot by Pudu Robotics [6]

Salah satu produk Pudu Robotics yang nampak berbeda didesain dari dua robot pengantar makanan yang sebelumnya adalah SwiftBot. Robot tipe ini memiliki *automatic electric door* yang akan terbuka apabila sudah tiba di meja dan makanan hendak disajikan kepada pelanggan [7].



Gambar 1.2.1.3 SwiftBot by Pudu Robotics [7]

Meskipun begitu, kekurangan beberapa produk robot pengantar makanan komersil ini adalah harganya yang cukup tinggi. Harga dari beberapa tipe robot pengantar makanan tersebut disajikan pada tabel 1.2.1 berikut ini.

Tabel 1.1.2.1 Harga Robot Pengantar Makanan di Marketplace

No.	Manufaktur	Nama Robot	Harga*
1	Richtech Robotics	The Matradee	20.000 USD [8] setara Rp307.400.000,00
2	Pudu Robotics	PuduBot	10.000 USD [9] setara Rp153.700.000,00
3		SwiftBot	28.500 USD [10] setara Rp438.045.000,00

*Belum termasuk biaya *Good and Services Taxes (GST)* dan *Shipping Cost*. Berdasarkan konversi USD ke IDR per tanggal 22 September 2023 pukul 7:59 UTC

Adapun sebagai bahan perbandingan, gaji *waiter* di PT. Solaria Indonesia berada di kisaran angka Rp84.000.000,00 – Rp132.000.000,00 per tahun. Biaya ini belum termasuk biaya tunjangan lainnya yang diperoleh pegawai [11]. Dengan kualitas pelayanan yang cenderung konsisten, robot pengantar makanan menjadi alternatif yang baik dalam sektor ini. Bahkan saat ini di Indonesia, telah ada dua kafe dan restoran yang menggunakan robot pengantar makanan sebagai pelayan yakni Rasa Koffie, Jakarta [12] dan Reveuse Resto, Bandung [13]. Dengan mengusung konsep futuristik dengan penggunaan teknologi canggih, keberadaan robot pengantar makanan menjadi daya tarik tersendiri bagi pelanggan.

Selain melakukan penelusuran terhadap produk robot pengantar makanan yang telah diproduksi secara komersil oleh beberapa perusahaan robotika, juga terdapat penelitian-penelitian sebelumnya yang membahas mengenai robot pengantar makanan yang dirincikan pada tabel 1.2.2 berikut ini.

Tabel 1.1.2.2 Daftar Penelitian Terkait yang Sudah Dilakukan Sebelumnya

No	Judul Penelitian Sebelumnya	Fitur-fitur	Kekurangan	Referensi
1	IoT Waiter Bot: A Low Cost IoT Based Multi-Functional Robot for Restaurants	<ul style="list-style-type: none"> - Sensor IR mendeteksi garis (<i>line following</i>) dan memungkinkan pergerakan secara otonom. - RFID <i>reader</i> mengenali pesanan tertentu milik pelanggan. - Sistem antarmuka yang menghubungkan pelanggan dan pengelola usaha. 	<ul style="list-style-type: none"> - Belum disertai dengan desain <i>trays</i> untuk mengangkut makanan. - Performa robot dan mobilitasnya kurang fleksibel, tergantung jalur garis saja. - Belum mampu mendeteksi lingkungan sekitar dan keberadaan pelanggan. 	[14]
2	Fabrication of Low-Cost Food Delivery Robot	<ul style="list-style-type: none"> - Sensor ultrasonik dan IR untuk <i>mapping</i> dan lokalisasi dengan konsep <i>line following</i> sehingga mampu bergerak secara otonom. - Desain 3 <i>trays</i> untuk mengangkut makanan. - Modul bluetooth untuk komunikasi kontrol gerakan secara manual. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kurang akurat dalam mendeteksi destinasi (meja yang ditempati pelanggan terkait). - 3 <i>trays</i> pengangkut makanan bersifat statis. 	[15]

3	An Autonomous Mobile Robot for Medical Purpose	<ul style="list-style-type: none"> - Penutup akrilik melindungi makanan pada <i>trays</i>. - Bagian atas robot (<i>trays</i>) bersifat modular artinya bisa diganti dengan sub-sistem lain. - 24 VDC <i>heater element</i> dan sensor DHT22 untuk mengendalikan suhu dari <i>trays</i> makanan. - Modul bluetooth untuk komunikasi kontrol gerakan secara manual. 	<ul style="list-style-type: none"> - Penutup akrilik belum mampu terbuka-tertutup secara otomatis. - Tinggi robot belum menyesuaikan ketinggian aktual meja. - Pemilihan motor stepper untuk base segi empat dengan roda mekanum kurang tepat karena mengurangi torsi dan kecepatan robot. - Tidak membahas metode kontrol pergerakan menuju titik tertentu. 	[16]
4	A New Automated Food Delivery System Using Autonomous Track Guided Centre-Wheel Drive Robot	<ul style="list-style-type: none"> - Fotodioda mendeteksi garis yang tercetak di lantai (<i>line following</i>) sehingga memungkinkan pergerakan otonom. - <i>Tray</i> makanan dengan mekanisme <i>lifting</i> menggunakan katrol yang terhubung dengan motor dan <i>limit switch</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilitas robot kurang fleksibel (masih tergantung pada jalur garis di lantai). - Jumlah makanan yang mampu diantarkan robot dalam satu waktu terbatas karena ukuran <i>tray</i> yang kecil. 	[17]
5	D-Bot: A Food Serving Robot During Pandemic Situation	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Meal compartment</i> dengan sistem konveyor vertikal yang tertutup oleh <i>chassis</i> dan dilengkapi dengan <i>slide door</i>. - Layar <i>touchscreen</i> dan RFID untuk sistem antarmuka pengguna. - ROS sebagai <i>middleware</i> antarmuka pengguna. - LIDAR untuk navigasi otonom dan <i>obstacle avoidance</i>. - Raspberry Pi 4 sebagai <i>main processor</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mekanisme konveyor vertikal cukup memakan waktu dalam menyajikan makanan ke pelanggan. 	[18]
6	Design and Implementation of a Robotic	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Rotary encoder</i> untuk odometri. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desain masih berupa prototipe. 	[19]

	technique Based Waiter	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Load cell unit</i> untuk mendeteksi keberadaan pesanan di atas <i>tray</i>. - Buzzer sebagai alarm notifikasi kepada pelanggan. - Aplikasi antarmuka untuk pengelola usaha dan pelanggan. - Modul bluetooth untuk komunikasi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kendali pergerakan secara manual. 	
7	Food Delivery Monitoring System with a Line Follower Robot	<ul style="list-style-type: none"> - Sensor ultrasonik dan IR untuk <i>mapping</i> dan lokalisasi sehingga mampu bergerak secara otonom. - Aplikasi Blynx untuk memonitoring pesanan lewat ponsel. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilitas robot kurang fleksibel. - Desain masih berupa prototipe. 	[20]
8	Positioning and Navigating of Meal Delivery Robot Using Magnetic Sensor and RFID	<ul style="list-style-type: none"> - Konsepnya sama seperti <i>line follower</i>, hanya saja jalur garis dibuat menggunakan <i>magnetic stripes</i> yang akan dideteksi oleh <i>magnetic sensor</i>. - RFID <i>reader</i> untuk mengidentifikasi lokasi meja pelanggan. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mobilitas robot kurang fleksibel. - Tidak ada sistem antarmuka. 	[21]
9	Development of a Robotic Waiter System	<ul style="list-style-type: none"> - ROS untuk <i>path planning</i> dan navigasi otonom. - Intel NUC Mini PC untuk otak komputasi dan pemrosesan <i>framework</i> ROS. - Mbed sebagai mikrokontroler aktuator. - LIDAR dan IMU untuk stabilisasi dan posisi, navigasi, dan pengukuran kecepatan robot. - Encoder untuk perhitungan pergerakan, presisi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Konsumsi daya yang lebih besar sehingga masa pakai cukup rendah. - Pemrograman yang lebih rumit untuk base segi empat dengan roda mekanum. - Robot sulit melakukan manuver dan cenderung kurang stabil. 	[22]
10	Campus Canteen Takeaway Robot	<ul style="list-style-type: none"> - GPS untuk pemetaan dan navigasi. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kontrol motor yang kurang akurat. 	

	Based on Raspberry Pi	<ul style="list-style-type: none"> - Raspberry Pi 4 untuk komputasi. - LiDAR dan sensor ultrasonik untuk <i>obstacles avoidance</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - GPS berkemungkinan ketidakakuratan dalam penentuan lokasi. 	
11	Autonomous Service Robot	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Deep learning</i> untuk pendeteksian objek dengan Arsitektur YOLO. - <i>Kinect sensor</i> untuk pemindaian 3D. - Raspberry Pi 3B+ untuk komputasi. - <i>Inverse Kinematic</i> untuk pengendalian lokasi yang akurat. - <i>ROS</i> untuk simulasi pemetaan lokasi robot. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pemilihan 2 motor DC beroda <i>bidirectional</i> membuat robot sulit bermanuver dan sulit untuk stabil. 	[23]
12	Development of a Robotic Waiter System for the Food and Beverage Industry	<ul style="list-style-type: none"> - RFID untuk identifikasi lokasi meja. - ROS untuk simulasi pemetaan lokasi. - LIDAR untuk pemetaan dan navigasi robot. - Encoder untuk odometri posisi. - AHRS untuk orientasi robot. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pemilihan base dengan roda mekanum rawan bergetar - Gelombang IR membutuhkan waktu untuk mendapatkan data yg bagus sehingga memakan waktu lama dan sulit di-<i>tracking</i>. - Perlu memperhatikan posisi penempatan yang tepat untuk IR transmitter dan RFID. 	[24]
13	Non-Contact Service Robot Development in Fast-Food Restaurant	<ul style="list-style-type: none"> - <i>LED display</i> untuk interaksi dengan pengguna via teks dan suara. - Metode <i>sensor fusion</i> (kamera RGBD, 2D laser, sensor ultrasonik) untuk mendapatkan informasi terkait <i>positioning</i> dengan menginterasikan <i>3D point cloud map</i> dan <i>2D occupancy grid map</i> (OGM). 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak ada produk fisik, hanya berupa simulasi dengan ROS – Gazebo. - <i>User interface</i> masih perlu dikembangkan supaya lebih mudah dimengerti oleh khalayak umum. 	[25]

Berdasarkan daftar penelitian terkait, kekurangan robot pengantar makanan yang telah dikembangkan sebelumnya adalah beberapa robot masih berupa prototipe (belum menggambarkan bentuk riil) atau pengembangan algoritma/simulasi saja. Adapun robot lainnya yang bukan berupa prototipe terkendala pada mobilisasinya yang kurang fleksibel sehingga robot tidak mampu bermanuver dengan baik. Desain mekanis yang masih terbatas juga menyebabkan jumlah makanan yang diangkut robot berjumlah sedikit sehingga diperlukan perkembangan dengan menerapkan desain berupa rak bersusun/*tray*. Robot juga belum memiliki mekanisme menyajikan makanan kepada pelanggan.

1.3 Constraint

1.3.1 Aspek Ekonomi

Berdasarkan tabel 2.2.1, produk robot pengantar makanan yang diproduksi oleh Richtech Robotics, Bear Robotics, dan Pudu Robotics dipasarkan dengan harga mencapai ratusan juta rupiah. Hal ini belum termasuk biaya pajak, pengiriman, instalasi, serta pemeliharaan. Besarnya biaya yang perlu dikeluarkan tersebut masih tergolong tinggi bagi kafe, restoran, dan/atau kantin di Indonesia yang mayoritas berskala menengah ke bawah.

Oleh karena itulah, keberadaan produk robot pengantar makanan dengan harga yang lebih terjangkau akan sangat membantu sektor usaha ini. Diharapkan robot tersebut dikembangkan dengan dana yang lebih rendah, namun memiliki fitur yang tidak jauh berbeda dengan produk komersial yang telah beredar di *marketplace*.

1.3.2 Aspek Manufakturabilitas (*manufacturability*)

Dari segi manufaktur, perancangan robot pengantar makanan diusahakan menggunakan bahan baku dan komponen penyusun yang cenderung mudah diperoleh serta banyak dijual di Indonesia dengan harga yang terjangkau. Proses produksi juga melibatkan peralatan yang relatif sederhana seperti *printer 3D*, mesin *laser cutting*, gerinda, bor, dan lain sebagainya. Tak hanya itu, perancangan desain juga memperhatikan efektivitas kinerja dan nilai estetika robot tersebut.

1.3.3 Aspek Keberlanjutan (*sustainability*)

Untuk menunjang aspek keberlanjutan, sangat penting bagi robot pengantar makanan agar dapat dipergunakan secara terus-menerus dengan masa pakai yang cukup lama selama dayanya terisi. Kemudian, robot dapat di-charge kembali jika telah kehabisan daya. Selain itu, robot juga tersusun atas bahan baku dan komponen dengan *durability* yang teruji. Hal ini juga didukung sistem penyusun yang sederhana sehingga

memberikan kemudahan dalam penggunaan dan perbaikan/pemeliharaan secara berkala. Dengan demikian, robot pengantar makanan memungkinkan untuk dioperasikan dalam jangka panjang selama mengikuti prosedur penggunaan dengan baik dan benar. Namun tetap perlu diperhatikan bahwa robot ini hanya mampu dipergunakan di dalam ruangan dengan area jangkauan yang terbatas.

1.3.4 Aspek Estetika dan Desain

Salah satu aspek yang perlu diperhatikan adalah aspek estetika dan desain sehingga robot pengantar makanan tetap menarik dipandang mata. Sehingga desain mekanis dari robot mampu meningkatkan daya tarik pelanggan. Desain ini juga menunjang keselamatan makanan agar tidak tercecer selama robot bergerak dan terjaga dari kontaminasi luar hingga sampai ke tangan pelanggan.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, robot pengantar makanan memerlukan sejumlah hal yang harus terpenuhi berdasarkan atas kebutuhan-kebutuhan pengguna yakni sebagai berikut:

1. Robot dapat bergerak menuju titik tujuan yang telah ditentukan di dalam ruangan pada bidang datar dan permukaan yang rata.
2. Robot mampu bergerak ke segala arah/*omni-directional*.
3. Robot mampu mengidentifikasi dan membedakan meja pelanggan dengan menggunakan kode QR.
4. Robot didesain dengan *trays* beserta penutup di sekelilingnya. Salah satu *tray* memiliki fitur untuk menyajikan makanan kepada pelanggan.

1.5 Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian *Capstone Design* ini adalah merancang robot yang mampu mengantarkan makanan dengan tepat kepada pelanggan dengan kemampuan mobilisasi yang mumpuni dan mendeteksi kode QR. Selain itu, robot juga didesain sedemikian rupa sehingga makanan yang dibawa dapat terjaga kualitasnya hingga ke tangan pelanggan (tidak tertumpah atau tercecer). Dengan demikian, pelayanan pengantar makanan pada kafe, restoran, dan/atau kantin menjadi lebih efektif dari segi kualitas apabila sesuai dengan spesifikasi yang dirancang serta efisien biaya (*cost-efficient*).