

BAB I

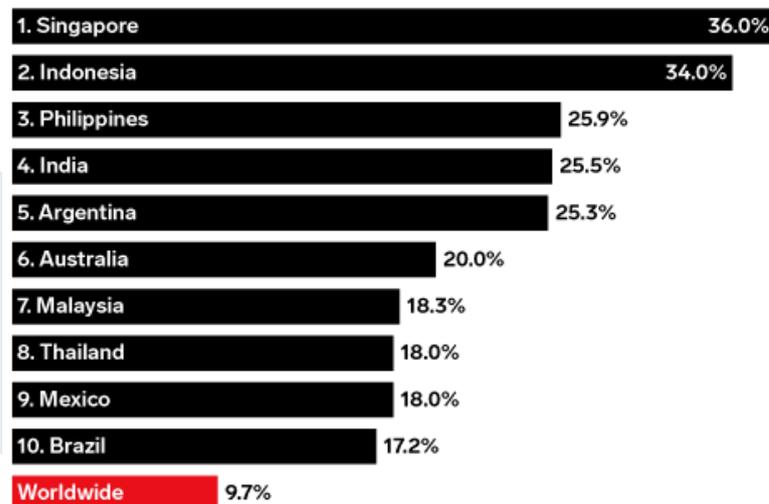
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa tahun belakangan ini, bisnis *e-commerce* semakin berkembang dan menjadi pilihan bagi masyarakat dalam berbelanja jika dibandingkan dengan cara berbelanja konvensional. Dikutip dari jurnal yang ditulis oleh Ade dan Joklan, di Asia Tenggara, *e-commerce* adalah sektor bisnis *online* yang paling dinamis dan dalam periode tiga tahun *gross merchandise volume* (GMV) telah bertumbuh lebih dari empat kali lipat dari 5,5 juta USD menjadi lebih dari 23 juta USD [1]. Pada tahun 2022, Indonesia masuk ke dalam peringkat kedua sebagai negara yang memiliki peningkatan persentase penjualan *e-commerce* terbesar [2].

Top 10 Countries, Ranked by Retail Ecommerce Sales Growth, 2022

% change



Note: includes products or services ordered using the internet, regardless of the method of payment or fulfillment; excludes travel and event tickets, payments such as bill pay, taxes, or money transfers, food services and drinking place sales, gambling and other vice goods sales
Source: eMarketer, June 2022

276319

eMarketer | InsiderIntelligence.com

Gambar 1.1 - Peringkat Peningkatan Jumlah Transaksi di *E-commerce*

Peningkatan jumlah transaksi *e-commerce* menimbulkan beberapa permasalahan pada gudang penyimpanan barang-barang. Menurut jurnal karya

Ananda dan Ayik, industri logistik rentan terhadap kecelakaan kerja dibanding dengan industri lain. *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)* menjabarkan Kecelakaan di gudang dapat berasal dari kesalahan dalam penggunaan *forklift*, barang yang ditumpuk dengan posisi yang tidak tepat, tidak menggunakan alat pengaman yang lengkap, tidak mengikuti prosedur keselamatan selama beroperasi di dalam gudang, dan melakukan aktivitas yang dapat menyebabkan kecelakaan [3]. Sebagian besar kecelakaan yang terjadi disebabkan oleh *human error* [4]. Kecelakaan yang terjadi akibat kesalahan dalam penggunaan *forklift* juga dapat menyebabkan alat berat tersebut tidak dapat digunakan karena perbaikan alat atau penggantian suku cadang [4]. Selain permasalahan dari segi keselamatan, tingginya permintaan untuk gudang penyimpanan memberikan tekanan terhadap gudang logistik untuk menekan biaya yang digunakan [5]. Penggunaan ruang penyimpanan harus dimaksimalkan untuk area penyimpanan, dan efisien dalam proses alur masuk dan keluar barang [6]. Terdapat pertimbangan dalam penataan gudang, semakin banyak lorong pergerakan waktu pergerakan akan semakin berkurang namun area efektif penyimpanan menjadi semakin berkurang yang dapat menyebabkan biaya meningkat [5]. Alasan keselamatan dan alasan efektivitas ruang penyimpanan dari metode konvensional dapat diatasi dengan menggunakan robot dalam pengoperasian gudang logistik.

Robot adalah suatu sistem yang memiliki kemampuan untuk melakukan tugas berulang. Seiring berkembangnya Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK), jenis robot semakin bertambah banyak dengan pekerjaan yang beragam [7]. Robot yang biasanya digunakan dalam pengoperasian logistik berupa *Automatic Guided Vehicle (AGVs)* dan *Autonomous Mobile Robots (AMRs)*. *Automatically Guided Vehicles* adalah salah satu jenis robot yang banyak digunakan dalam industri. AGV biasanya menggunakan tanda atau garis petunjuk sebagai jalur untuk sistem navigasinya. [8][9]. Garis petunjuk yang digunakan terdapat dua jenis, *guideline* berbentuk fisik seperti menggunakan medan magnet serta jalur pita hitam dan virtual seperti penggunaan sensor jarak laser, *Global Positioning System (GPS)* dan *Light Detection And Ranging (LiDAR)* [10]. Selain dengan menggunakan *guideline*, AGV ini juga dilengkapi dengan kombinasi dari sistem sensor dalam navigasinya

sehingga dapat bergerak di sepanjang jalur yang sudah ada sehingga lintasan serta perilakunya sudah dapat diprediksi serta akselerasi dan deselerasi dapat dikendalikan dengan baik oleh sistemnya [11]. Namun pergerakan dari AGV menjadi terbatas karena adanya *guideline* yang digunakan robot untuk bergerak di suatu lokasi [12].

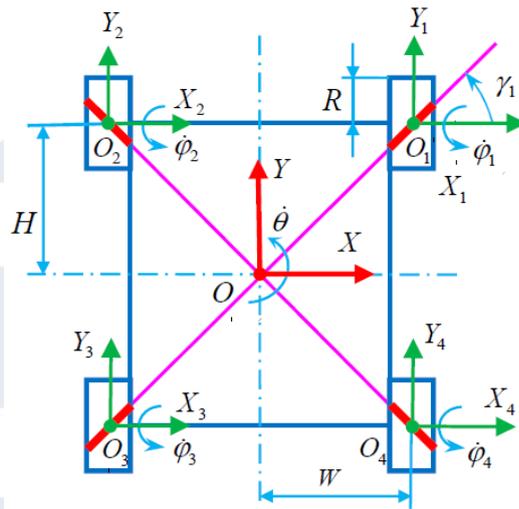
Sehingga dikembangkan lagi jenis robot tanpa menggunakan *guideline* yang disebut dengan AMR. AMR merupakan jenis robot yang memiliki teknologi yang lebih baru daripada AGV [13]. AMR juga sudah banyak digunakan pada industri dan kehidupan sehari-hari dengan bentuk yang menyesuaikan diri dengan penggunaannya [14] dan diperkirakan pada tahun 2025 penggunaan AGV dan AMR dalam otomasi akan meningkat [15]. Penggunaan AMR dalam industri juga dapat meningkatkan produktivitas dan fleksibilitas [16]. Penggunaan *mobile robot* dalam industri adalah sebagai robot pengangkut atau pengantar barang, sedangkan dalam kehidupan sehari-hari bisa sebagai robot penyedot debu [17]. Bidang penggunaan AMR sangat luas karena AMR mampu untuk beroperasi secara *autonomous* sehingga dapat bergerak dengan sendirinya tanpa membutuhkan bantuan manusia atau *guideline* serta dapat membuat keputusan sendiri dari data-data lingkungan yang didapatkan dari berbagai macam sensor yang terintegrasi pada sistem yang kemudian harus diolah menjadi peta lokasi robot berada [18] [19]. Hasil pemetaan yang baik dapat dihasilkan melalui penggunaan RPLIDAR yang dapat melakukan pemindaian 360° dan mendeteksi jarak serta ukuran dari objek dalam jangkauan sensor sehingga dapat memetakan ruangan operasional dari robot [20][21].

Selain itu juga, lingkungan operasional AGV dan AMR juga berbeda. Pada umumnya terdapat dua macam kondisi lingkungan, yaitu lingkungan statis dan lingkungan dinamis [22]. AGV pada umumnya beroperasi pada lingkungan yang tetap atau statis. Lingkungan statis untuk AGV beroperasi merupakan lingkungan yang terdiri dari keadaan lingkungan, objek penghalang, titik yang akan dituju, serta objek yang sudah diposisikan sebelumnya dan tidak berubah posisi selama robot beroperasi [23]. Sedangkan untuk AMR dapat beroperasi di lingkungan yang statis

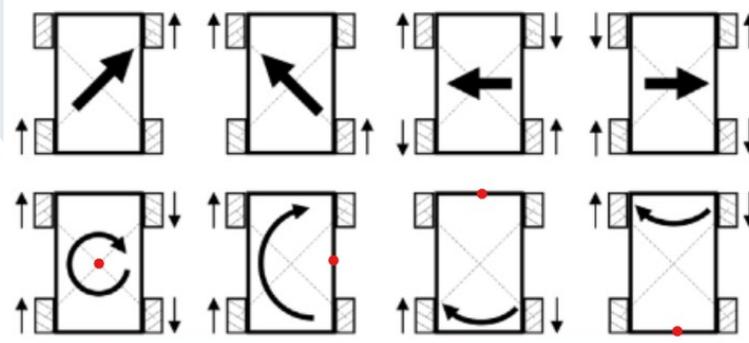
maupun di lingkungan yang dinamis. Lingkungan dinamis merupakan lingkungan yang keadaan serta objek di sekitar dapat berubah dari waktu ke waktu [24]. AMR dapat beroperasi dengan baik di lingkungan yang dinamis karena AMR tidak dibatasi oleh sistem serta dapat mengambil keputusan sendiri (bergerak otonom) yang memungkinkan sistem dapat bereaksi secara dinamis terhadap perubahan lingkungannya [24]. Kemampuan AMR dalam mengambil keputusan dipengaruhi dari lingkungan kerja robot. Robot perlu mengambil data dari sensor-sensor yang dimiliki oleh robot baik sensor *proprioceptive* seperti sensor posisi dan sensor *exteroceptive* seperti sensor jarak [25]. Sensor internal/*proprioceptive* pada AMR dapat berupa *encoder* untuk pengukuran pergerakan robot dan sensor eksternal yang biasanya digunakan untuk mengukur jarak serta mendeteksi halangan dari robot adalah ultrasonik, laser, dan inframerah [26][27].

Meskipun AMR memiliki fleksibilitas yang baik, AMR tetap tidak dapat bergerak dalam ruang gerak yang terbatas dan kecil jika menggunakan roda biasa. Untuk mengatasi keterbatasan itu, maka *mecanum wheel* merupakan sebuah solusi yang tepat karena dapat membuat robot bergerak ke segala arah [28]. *Mecanum wheel* menerapkan penempatan roda pada sudut 45° antara bagian *roller* dan *velg* [29].

Dengan menggunakan *mecanum wheel* pada AMR, maka robot akan mampu bergerak pada ruang gerak yang sempit dan mampu untuk melakukan manuver bergerak maju, mundur, ke kiri, ke kanan, diagonal, berputar, dan berotasi pada satu titik sumbu. Kemampuan manuver tersebut dipengaruhi oleh kombinasi arah putaran roda. Posisi roda juga perlu dipertimbangkan agar garis *roller* pasif pada *mecanum wheel* berpotongan dengan titik tengah dari badan robot seperti pada Gambar 1.2. Konfigurasi dari pergerakan roda dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1.2 – Posisi *Mecanum Wheel* pada Robot dengan Struktur Persegi Panjang [30]



Gambar 1.3 - Manuver *Mobile Robot* dengan Empat Roda *Mecanum* [31]

Dengan manuverabilitas roda yang tinggi, *mecanum wheel* juga memiliki kelemahan [32]. Menurut Hamid dan Chun (2020), diameter dan lebar dari *mecanum wheel* yang tersedia terbatas sehingga membuat robot tidak mampu membawa beban yang terlalu berat [33]. Menurut Dawei, et al (2019), *mecanum wheel* dengan diameter 100 mm memiliki *rated load* maksimal 40 kg [34]. Sehingga perlu adanya batasan *payload* yang dibawa robot.

Dari berbagai hal yang telah dijabarkan, penelitian ini akan bertujuan untuk mengembangkan *Indoor Mecanum Wheeled Mobile Robot*.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, terdapat masalah yang dapat diidentifikasi:

1. Penggunaan alat berat seperti *forklift* yang tidak sesuai standar penggunaan dapat menyebabkan kecelakaan yang disebabkan *human error*,
2. Penggunaan *forklift* membutuhkan lorong pergerakan yang lebar,
3. Kebutuhan area penyimpanan bertambah, sehingga perlu meminimalisir area pergerakan sehingga area efektif penyimpanan dapat bertambah,
4. Semakin banyak lorong pergerakan, maka aliran pergerakan menjadi lebih lancar namun mengurangi ruang penyimpanan.

1.3 Konsep Sistem

Produk Mobile Robot memiliki kemampuan ideal untuk melakukan pemetaan atau *mapping* dan penentuan jalur atau *path planning*. Pemetaan area kerja robot dilakukan dengan menggunakan sensor LiDAR yang akan mengukur jarak di sekitar robot dalam bidang 2D kemudian data dari pembacaan jarak tersebut akan dikirimkan ke mikrokomputer Raspberry Pi dan di proses menjadi peta 2D. Hasil pemetaan 2D tersebut akan menjadi data yang digunakan untuk proses *path planning* menggunakan algoritma A*[35] yang akan diproses di Raspberry Pi 4. Setelah menentukan jalur yang akan ditempuh, mikrokomputer akan mengirimkan perintah pada mikrokontroler Raspberry Pico pada subsistem lokomosi. Subsistem lokomosi memiliki 4 motor DC dengan *encoder* yang dapat bergerak secara independen dan dilengkapi dengan *mecanum wheel* yang menambah manuverabilitas pergerakan robot.

1.4 Batasan Sistem

Terdapat beberapa batasan yang perlu ditetapkan dalam proses perencanaan dan pengembangan guna mempersiapkan sistem *mapping/path planning* pada *indoor mecanum wheeled mobile robot*. Batasan pertama yang perlu diperhatikan adalah lingkungan operasional robot. Robot harus beroperasi di dalam ruangan atau *indoor* dengan permukaan lantai yang datar dan rata, tanpa ada tangga atau *ramp* yang harus robot lalui. lingkungan kerja robot juga bebas dari gangguan sinar LASER yang dapat mengganggu pembacaan sensor LiDAR. Dalam gudang jika terdapat rak-rak, spesifikasi khusus yang diperlukan adalah pada ketinggian pembacaan sensor LiDAR harus ada objek yang dapat dibaca oleh sensor sebagai

indikator di tempat tersebut terdapat rak, seperti contoh rak tersebut memiliki area bawah rak yang tertutup. Bagian yang tertutup tersebut harus dapat memantulkan kembali sinar LASER agar dapat terbaca oleh sensor LiDAR.

Berikutnya terdapat batasan pada *path planning* yang dilakukan adalah *local path planning*. Robot akan bergerak dan menghindari halangan yang berada di depannya sehingga robot dapat tetap menjalankan perintah yang telah diberikan.

Batasan selanjutnya berkaitan dengan struktur robot. Benda yang dibawa oleh robot tidak boleh memiliki dimensi lebih besar dari permukaan peletakan barang robot. Benda tidak boleh berbentuk bola atau silinder, idealnya berbentuk balok atau kubus. Selain dimensi, massa benda tidak melebihi 3 kg. Dalam mengangkat benda, benda tersebut diletakan oleh operator dan diambil juga oleh operator.

1.5 Fungsi dan Manfaat Sistem

Produk ini dimanfaatkan untuk bekerja dalam di dalam ruangan gudang penyimpanan barang yang memiliki ruang gerak yang sempit dan rintangan yang dinamis (orang berjalan). Pergerakan robot dalam ruang yang sempit akan dimudahkan dengan adanya *mecanum wheel* yang memungkinkan robot untuk lebih bermanuver jika dibandingkan dengan robot beroda empat pada umumnya. Kemampuan *mapping path planning* robot akan memberi kemampuan robot untuk memetakan area kerjanya dan menentukan lintasan terbaik untuk sampai ke titik tujuan dengan rintangan yang ada.

Dari sisi teknologi, produk ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan Mobile Robot yang menggunakan LiDAR dan *Mecanum wheel* sebagai dasar untuk pengembangan ke tahap selanjutnya.

Kemampuan produk yang dapat bermanuver di area yang sempit memungkinkan untuk dilakukannya optimasi area gudang penyimpanan yang dapat meningkatkan kemampuan dalam bidang industri sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi pada nilai *Sustainable Development Goals* (SDGs) Industri, Inovasi, dan Infrastruktur.