

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

AGV (*Automated Guided Vehicles*) adalah robot otonom yang bergerak secara otomatis yang bergerak pada jalur yang sudah ditentukan dalam membantu sistem pendistribusi pengantaran barang di industri. Setiap pos/depot terhubung ke jaringan jalur oleh stasiun penjemputan/pengiriman barang dipindahkan dari pos/ke tujuan akhir AGV. Kendaraan diasumsikan berjalan dengan kecepatan konstan, kendaraan dapat melakukan perjalanan maju atau mundur. Pada sistem distribusi suatu industri, dibutuhkan teknologi berupa robot yang dapat melakukan proses pendistribusian barang, dan robo *Automated Guided Vehicle* (AGV) adalah salah satu jawabannya. Robot AGV merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk mendistribusikan barang dari suatu tempat ke tempat lain, menggunakan AGV. Kendaraan otonom adalah jenis kendaraan yang dapat melakukan perjalanan tanpa kehadiran pengemudi manusia. Mereka dirancang untuk mencapai tujuan tertentu tanpa intervensi manusia, dengan kemampuan untuk mengenali kondisi lingkungan sekitar dan merencanakan jalur berdasarkan informasi tersebut. Agar kendaraan otonom dapat mencapai tujuan tanpa bantuan manusia, sistemnya harus mampu mengidentifikasi situasi di sekitarnya dan merencanakan jalur yang aman, mempertimbangkan peta jalan dan kendaraan lain yang ada di jalan. Penelitian ini berfokus pada pengembangan algoritma alternatif untuk perencanaan jalur pada kendaraan otonom.[1]-[2]

Dalam lingkungan distribusi yang sibuk, banyak pesanan harus diatur dengan waktu yang tepat. Masalah penjadwalan muncul ketika banyak pesanan bersaing untuk sumber daya AGV yang terbatas. Penjadwalan yang buruk dapat mengakibatkan waktu pengiriman yang lama sehingga menyebabkan terhambatnya produksi, Masalah perutean muncul ketika ada banyak pilihan rute yang berbeda dan AGV harus memilih rute tercepat atau terpendek untuk menghemat waktu dan energi. Penelitian ini berfokus pada penjadwalan dan perutean kendaraan terpandu otomatis (AGV).

Hadirnya teknologi industri 4.0 menunjang kebutuhan sistem yang memiliki kecerdasan buatan, sehingga sistem yang menggunakan operator mulai dikembangkan menjadi teknologi yang *self-operated*. Teknologi yang dimaksud disini adalah robot yang diharapkan mampu meningkatkan proses produksi dalam perusahaan. Kendaraan diasumsikan berjalan dengan kecepatan konstan, kendaraan dapat melakukan perjalanan maju atau mundur. Karena banyak kendaraan berjalan di jalur robot secara bersamaan, tabrakan harus dihindari. Sistem AGV adalah diimplementasikan dalam berbagai konteks industri[3].

AGV menggantikan sistem konvensional yang sebelumnya dilakukan secara manual pada industri modern. Dibandingkan dengan penggunaan forklift, dalam kegiatan material handling, AGV mempunyai keunggulan antara lain tingkat akurasi posisi tinggi, waktu operasi yang lebih lama, biaya operasional dan perawatan yang rendah, serta tingkat keamanan yang tinggi. AGV merupakan sebuah robot yang berkeja secara autonomous, yaitu dapat berpindah dan melakukan beberapa macam pekerjaan tanpa adanya intervensi dari manusia[4].

Skema kontrol *traffic* untuk sistem kendaraan terpandu otomatis (AGVS) bertujuan untuk memecahkan masalah perencanaan gerak waktu minimum, yaitu untuk menentukan jalur (rute) dan lintasan AGV dari simpul awal ke simpul tujuan ketika perintah pengiriman dikeluarkan harus menemukan jalur tanpa tabrakan atau kebuntuan, sedangkan waktu tempuh ke tujuannya harus diminimalkan. Secara umum, AGV dianggap sebagai model jaringan yang terdiri dari node yang mewakili stasiun dan titik kontrol lainnya, bersama dengan tautan yang mewakili segmen jalur yang menghubungkan dua titik kontrol[5].

Perencanaan jalur menjadi hal yang penting untuk dilakukan, masalah yang akan diselesaikan oleh algoritma perencanaan jalur harus ditentukan dengan baik karena berakibat pada waktu tunggu, kedua adalah jarak tempuh yaitu, panjang jalur yang dihasilkan dari posisi permulaan sampai ke posisi tujuan saat ini, yang ketiga adalah energi yang di perlukan yaitu, kemampuan menemukan jalur terpendek sehingga menghemat energi yang di keluarkan. Perencanaan jalur ini berkaitan dengan

perencanaan gerak kendaraan, gerak terkait dengan waktu (perubahan posisi dari waktu ke waktu), perencanaan jalur akan menghasilkan lintasan yang diinginkan[6].

Penjadwalan dan perutean AGV merupakan topik penting dalam bidang otomasi dan manufaktur. AGV adalah sistem transportasi otomatis yang dapat digunakan untuk mengangkut barang atau material secara otomatis tanpa perlu bantuan manusia. Penjadwalan AGV melibatkan penentuan urutan tugas dan waktu yang tepat untuk setiap AGV yang tersedia untuk mengoptimalkan efisiensi dan produktivitas sistem. Sedangkan perutean AGV adalah tentang mencari rute terpendek atau tercepat untuk setiap AGV dalam mengambil dan mengantarkan material atau barang dari satu lokasi ke lokasi lain[7].

Dalam lingkungan manufaktur, penjadwalan dan perutean AGV dapat membantu meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya produksi. Selain itu, penggunaan AGV juga dapat meningkatkan keamanan dan konsistensi produksi dengan menghilangkan potensi kesalahan manusia. Latar belakang pentingnya penjadwalan dan perutean AGV di industri saat ini adalah karena adanya kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas, mengurangi biaya, dan memastikan keamanan dan konsistensi produksi. Dalam industri yang semakin kompetitif, penggunaan teknologi otomatis seperti AGV menjadi penting untuk mempertahankan daya saing perusahaan[8].

Sejumlah penulis telah membahas masalah perutean bebas konflik dengan set permintaan transportasi statis, yaitu, dengan semua permintaan diketahui secara apriori. Menurut Lee dkk[9]. menyajikan skema kontrol lalu lintas dua tahap untuk memecahkan masalah perutean bebas konflik. Metode heuristik mereka terdiri dari pembuatan jalur kepada tahap pertama sebelum pengontrol lalu lintas on-line mengambil jalur terpendek bebas konflik setiap kali perintah pengiriman untuk AGV dikeluarkan (tahap kedua), di mana set jalur kandidat disiapkan secara off-line sebelum proses perencanaan gerak keseluruhan, telah diadopsi secara luas untuk perencanaan gerak robot bergerak, tetapi relatif sedikit perhatian diberikan pada penerapan keduanya. -skema bertahap ke beberapa sistem kendaraan berpemandu otomatis

(MAGVS's). Dalam makalah ini, pengaruh dinamis ketika AGV bergerak dalam lingkungan yang berubah-ubah, seperti adanya kendaraan lain, manusia, atau hambatan lainnya, perutean bebas konflik menjadi lebih kompleks. Skema dua tahap ini mungkin kurang responsif terhadap perubahan dinamis ini, dan kemungkinan tabrakan atau konflik lintas dapat terjadi ketika jalur telah ditentukan sebelumnya.

Menurut Krishnamurthy dkk[10]. Mengusulkan pendekatan optimasi. Mereka berasumsi bahwa penugasan tugas ke AGV diberikan dan mereka menyelesaikan masalah perutean dengan pembuatan kolom, Makalah ini merinci metodologi solusi untuk masalah perutean statis di mana penugasan permintaan AGV diketahui, fokusnya adalah untuk mendapatkan solusi yang dapat diterapkan dalam waktu komputer yang wajar. Tujuannya adalah untuk meminimalkan makespan, sambil merutekan AGV pada jaringan dua arah dengan cara yang bebas konflik. Masalah ini diselesaikan melalui pembuatan kolom. Masalah utama dalam prosedur pembangkitan kolom ini memiliki batasan gangguan makespan dan kendaraan. Kolom dalam masalah master adalah rute yang dihasilkan secara iteratif untuk setiap AGV. Subproblem adalah kendala jalan terpendek masalah dengan biaya tergantung waktu di tepi. Prosedur perbaikan dikembangkan untuk memperbaiki solusi yang diperoleh pada akhir interaksi master-subproblem. Kompleksitas pemodelan pembuatan kolom dan pendekatan optimasi dalam penelitian ini dapat memiliki kompleksitas yang tinggi, terutama ketika jumlah AGV dan tugasnya meningkat. Hal ini dapat menyebabkan masalah pemodelan yang rumit dan memerlukan waktu komputasi yang signifikan untuk mendapatkan solusi yang memuaskan.

Menurut Obot dkk[11]. menyajikan metode heuristik untuk memecahkan masalah pengiriman dan perutean tetapi tidak secara bersamaan. Penjadwalan dilakukan terlebih dahulu dan sequential path generation heuristic (SPG) digunakan untuk menghasilkan rute bebas konflik, mengatasi masalah desain dan operasi kontrol untuk sistem penanganan Kendaraan Berbasis Automate dGuide (AGV). Berbagai masalah desain terhubung dengan desain jalur aliran, seperti jalan raya di sepanjang jalur panduan, lokasi dan representasi persimpangan, buer, titik pikup, dan titik jatuh,

diuraikan. Sebuah representasi jaringan dari sistem AVG (AGVS) disajikan. Dan karakteristik AGV, areaddressed. Secara khusus, kinerja dari enam kebijakan pemilihan permintaan, kebijakan penempatan empat orang, dan dua kebijakan pemosisian AGV menganggur diuraikan. Teknik pembuatan rute yang sangat efektif yang menyediakan rute bebas konflik untuk beberapa AGV dengan kecepatan yang bervariasi disajikan.

Menurut Langevin dkk[12]. mengusulkan metode berbasis pemrograman dinamis untuk menyelesaikan persis kasus dengan dua kendaraan. Mereka memecahkan masalah gabungan pengiriman dan perutean bebas konflik, dan penjadwalan kendaraan berpemandu otomatis dalam sistem manufaktur yang fleksibel. Masalah diselesaikan secara optimal secara terpadu, berbeda dengan pendekatan tradisional dimana masalah didekomposisi menjadi tiga langkah yang diselesaikan secara berurutan. Algoritme didasarkan pada pemrograman dinamis dan diselesaikan pada cakrawala waktu bergulir. Tiga kriteria dominasi digunakan untuk membatasi ukuran ruang keadaan. Metode menemukan rencana transportasi yang meminimalkan makespan (waktu penyelesaian untuk semua tugas). Berbagai hasil dibahas. Versi heuristik dari algoritme juga diusulkan untuk perluasan metode ke banyak kendaraan. Sensitivitas terhadap data dan parameter, ketika masalah diselesaikan secara optimal dalam cakrawala waktu bergulir, hasilnya dapat sangat sensitif terhadap data masukan dan parameter yang digunakan dalam model, variasi kecil dalam data masukan atau parameter dapat menghasilkan solusi yang sangat berbeda.

Menurut Desaulniers dkk[13]. mengusulkan metode yang tepat yang memungkinkan untuk memecahkan kasus dengan hingga empat kendaraan. Pendekatan mereka menggabungkan pencarian serakah heuristik (untuk menemukan solusi yang layak dan terikat pada penundaan), pembuatan kolom dan prosedur cabang dan potong. Namun metode mereka menghadirkan beberapa batasan karena efisiensinya sangat bergantung pada kinerja heuristik awal. Jika tidak ada solusi layak yang ditemukan oleh heuristik pencarian, maka tidak ada solusi optimal yang dapat ditemukan. Ketergantungan pada heuristik awal, pendekatan ini menggunakan

pencarian serakah heuristik sebagai tahap awal untuk menemukan solusi yang layak. Jika heuristik awal tidak dapat menemukan solusi yang memadai atau terjebak pada titik yang tidak optimal, maka metode ini tidak akan menghasilkan solusi yang optimal. Ketergantungan pada heuristik awal dapat mempengaruhi kualitas solusi akhir dan mengurangi tingkat keandalan metode.

Metode Constraint Programming (CP) adalah pendekatan dalam pengembangan perangkat lunak yang digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan AGV dengan mempertimbangkan berbagai kendala, seperti batasan waktu, ketersediaan sumber daya, jarak, prioritas pesanan, dan lainnya. Langkah-langkahnya melibatkan identifikasi elemen-elemen terkait, spesifikasi kendala, model variabel dan domain, sintesis model matematis, pencarian solusi dengan solver CP, evaluasi solusi, dan kemungkinan optimalisasi. Untuk referensi lebih lanjut tentang penerapan CP dalam penjadwalan AGV, Anda dapat mencari buku atau artikel ilmiah di bidang ini, serta mengeksplorasi perangkat lunak dan framework yang mendukung penjadwalan AGV[14].

Metode MIP (Mixed-Integer Programming) adalah teknik optimasi matematis yang digunakan untuk menyelesaikan masalah perutean dengan memodelkan masalah tersebut sebagai program linear dengan variabel bilangan bulat (integer) yang menggambarkan keputusan mengenai urutan atau rute yang optimal, serta tujuan yang ingin dicapai adalah meminimalkan atau memaksimalkan suatu fungsi objektif yang sesuai[15].

Dengan pendekatan Hybrid CP/MIP, solusi yang dihasilkan dapat mengatasi kompleksitas dan keterbatasan dalam penjadwalan dan perutean AGV secara efisien. Hybrid CP/MIP menggabungkan kemampuan CP untuk menangani batasan-batasan dengan baik dan kemampuan MIP dalam menemukan solusi optimal dengan variabel diskrit. Hal ini memungkinkan penyelesaian masalah dengan waktu komputasi yang lebih cepat dan solusi yang lebih baik. Pengambilan topik penjadwalan dan perutean AGV dalam pengantaran barang menjadi penting karena bertujuan untuk

meningkatkan efisiensi operasional, memaksimalkan penggunaan sumber daya, dan meningkatkan akurasi serta kecepatan pengantaran barang di dalam perusahaan

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan sebelumnya, terdapat beberapa identifikasi masalah diantaranya sebagai berikut.

1. Perlunya penjadwalan yang baik untuk AGV melakukan pendistribusian barang karena berkaitan dengan waktu dan jarak antar pos yang jauh hingga ke tujuan.
2. Diperlukannya penentuan prioritas pengambilan barang oleh AGV di setiap pos untuk meminimalkan jumlah penundaan pendistribusian barang.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang masalah, maka dapat disimpulkan rumusan masalah sebagai berikut

1. Bagaimana AGV menentukan jalur terpendek dan waktu sesingkat mungkin untuk robot sampai ke pos hingga tujuan.
2. Bagaimana AGV menentukan prioritas pengambilan barang setiap pos untuk meminimalkan jumlah penundaan.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem yang terdiri dari dua aspek utama: penjadwalan pengambilan barang oleh robot AGV dengan penerapan sistem permintaan penjemputan/pengambilan menggunakan CP (Constraint Programming), serta penemuan rute terpendek tanpa konflik melalui MIP (Mixed Integer Programming) untuk AGV. Tujuan utama dari penelitian ini adalah meminimalkan penundaan pendistribusian barang dari setiap pos dengan fokus pada dua aspek yang berbeda:

Parameter yang diuji:

1. Kemampuan Robot AGV dalam menemukan jalur terpendek dan waktu optimal untuk pendistribusian barang.
2. Memastikan AGV bahwa pengambilan barang dilakukan dengan efisien tanpa adanya tumpang tindih tugas dalam jadwal pengambilan.

1.5 Batasan Masalah

1. Untuk setiap tugas penjemputan atau pengiriman, batas bawah jendela waktu asosiasinya sama dengan waktu pemrosesan paling awal sedangkan batas atas adalah panjang cakrawala.
2. Ada dua jenis batasan prioritas dalam penjadwalan tugas penjemputan dan pengiriman. Jenis pertama mengharuskan tugas penjemputan untuk mendahului tugas pengiriman di node yang sama, sedangkan jenis kedua mengharuskan tugas pengiriman untuk mendahului tugas penjemputan di node yang sama.

1.6 Metodologi Penelitian

Metode Hybrid CP/MIP adalah pendekatan kombinasi antara Constraint Programming (CP) dan Mixed-Integer Programming (MIP). CP adalah metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan dengan mendefinisikan batasan-batasan atau kendala-kendala yang harus dipenuhi, sedangkan MIP adalah teknik yang mengatasi masalah perutean dengan variabel-variabel masalah yang ada. Dalam konteks penjadwalan dan perutean AGV untuk pengantaran barang, pendekatan Hybrid CP/MIP memanfaatkan keunggulan masing-masing metode untuk mengatasi masalah dengan lebih efisien.

1.7 Sitematika Penulisan

Laporan tugas akhir mengenai “Penjadwalan dan Perutean *Automated Guided Vehicle* (AGV) Dalam Pengantara Barang di PT. ATI Menggunakan Metode Hibrid CP/MIP” disusun untuk memberikan gambaran pada penelitian, penelitian ini direlasasikan menggunakan simulasi software MATLAB 2020 yang dilakukan dengan susunan laporan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan gambaran dasar penelitian yang akan dilakukan. Terdiri dari beberapa bahasan seperti latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi mengenai landasan teori yang digunakan dalam tinjauan pustaka yang berkaitan dengan penelitian.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisikan mengenai alat yang akan digunakan dan perancangan alat yang dibuat pada penelitian ini, meliputi perancangan perangkat lunak. Menjelaskan tentang metode penelitian yang dipakai oleh peneliti, sumber data, prosedur pengumpulan data, tehnik analisis data, dan tahap-tahap penelitian.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALIS

Bab ini berisi tentang hasil-hasil pengujian yang didapat serta pembahasan tentang analisa dari data secara keseluruhan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan memaparkan kesimpulan yang didapatkan melalui analisa dari penelitian yang telah dilakukan. Ditambah dengan saran agar penelitian yang sudah dilakukan dapat dikembangkan menjadi lebih baik lagi.