

SIMULATOR SISTEM *AUTOMATED GUIDED VEHICLE* UNTUK PRAKTIKUM ALAT BANTU MANUFAKTUR DI JURUSAN TEKNIK INDUSTRI ITENAS

Adhistry Damayantie, Cahyadi Nugraha, Hendro Prassetiyo

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email : adhistry.itenasbdg@gmail.com

ABSTRAK

Laboratorium Alat Bantu Manufaktur di Jurusan Teknik Industri Itenas mempelajari sistem pemindahan material menggunakan automated guided vehicle. Sistem pemindahan material terdiri dari tiga proses yaitu request, transport, dan free. Identifikasi sistem pemindahan material sudah dilakukan dengan menggunakan pendekatan analitik. Adanya keterbatasan pada sistem pendekatan analitik belum mampu menjawab permasalahan automated guided vehicle yang kompleks. Perancangan model simulator digunakan untuk menjawab kompleksitas sistem automated guided vehicle dan memberikan gambaran secara virtual bagaimana cara kerja sistem material handling menggunakan automated guided vehicle. Pengujian model simulator dilakukan dengan merancang skenario perubahan parameter agar mendapatkan output ukuran performansi sistem untuk menentukan sistem pemindahan terbaik.

Kata kunci: *Automated Guided Vehicle, Simulator, Ukuran Performansi*

ABSTRACT

Jig Fixture Material Handling Equipment laboratory at the Department of Industrial Engineering Itenas study material transfer system using automated guided vehicle. Material transfer system consists of three processes that request, transport, and free. Identification of the material transfer system has been carried out using an analytical approach. The lack of a system of analytic approaches have not been able to solve the problems of complex automated guided vehicle. The design of the simulator models used to address the complexity of automated guided vehicle systems and provide virtual picture how the material handling systems using automated guided vehicle. Testing is done by designing a simulator model parameters change scenarios in order to get the output measure system performance to determine the best removal system.

Keywords: *Automated Guided Vehicle, Simulator, Performance Measures*

1. PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

Mata kuliah Perancangan Alat Bantu Manufaktur di Jurusan Teknik Industri Itenas merupakan mata kuliah yang mempelajari kondisi penanganan material. Mata kuliah tersebut mewajibkan mahasiswa untuk mengikuti kegiatan praktikum yang dilaksanakan oleh Laboratorium Alat Bantu Manufaktur, kegiatan praktikum ini merupakan fasilitas pendukung mahasiswa untuk memahami lebih mendetail mengenai kondisi nyata penggunaan alat bantu manufaktur pada dunia industri.

Kegiatan praktikum Modul *Automated Guided Vehicle* yang dilaksanakan adalah merancang sistem pemindahan material *automated guided vehicle* (AGV) dengan menentukan jumlah *automated guided vehicle* yang terbaik dibutuhkan dalam sistem. Pendekatan pada saat ini yang dilakukan untuk mengidentifikasi sistem pemindahan material dengan menggunakan pendekatan analitik.

Sistem praktikum Modul *Automated Guided Vehicle* yang menggunakan pendekatan analitik saat ini memiliki kelemahan pada penjelasan sistem pemindahan materialnya. Adanya kesulitan untuk melakukan identifikasi sistem pemindahan material tanpa adanya peranan alat bantu AGV yang nyata. Selain itu, adanya kompleksitas sistem menggunakan pendekatan analitik belum menjawab, kebutuhan sistem pemindahan material secara kompleks dan adanya *overestimate* pada pendekatan analitik mengenai jumlah AGV yang dibutuhkan karena belum diketahuinya AGV mana saja *idle* dan *busy* pada sistem pemindahannya.

1.2 Identifikasi Masalah

Adanya kebutuhan bagi praktikan untuk mengidentifikasi pemindahan material dengan gambaran dan pengalaman yang lebih baik mengenai jalannya sistem *material handling* menggunakan AGV, dan kompleksitas sistem AGV pada pendekatan analitik yang belum terjawab maka dibutuhkanlah pengambilan langkah pemecahan masalah melalui simulasi sistem sesuai dengan pernyataan menurut Law. (2007) "Model simulasi adalah alternatif yang tepat dalam menggambarkan suatu sistem yang kompleks, terutama ketika model matematik analitik sulit dilakukan".

Model simulasi ditunjang dengan penggunaan simulator yang membantu menjalankan pemodelan simulasi yang sudah dibuat, saling menghubungkan submodel, dan menjalankan model seacara bersama-sama dengan komponen sistem yaitu animasi dinamis grafis, yang bergerak dan memiliki perubahan. Akan tetapi adanya keterbatasan simulator yang tidak fleksibel untuk membuat model yang valid dari sistem, tujuannya untuk mempermudah penggunaan model simulator dalam mencapai tujuan.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Sistem

Menurut Kelton *et al* (2007) Sebuah sistem didefinisikan sebagai kumpulan dari entitas, seperti manusia atau mesin, yang saling berinteraksi satu sama lain sehingga menghasilkan suatu logika tertentu. Dalam kenyataannya, apa yang disebut dengan "sistem" bergantung pada tujuan dari studi tertentu. Kumpulan entitas pada sebuah sistem untuk sebuah penelitian mungkin hanya sebagian dari sistem keseluruhannya. Keadaan dari sistem didefinisikan menjadi kumpulan dari variabel yang diperlukan untuk menggambarkan sistem pada waktu tertentu yang relatif terhadap tujuan penelitian.

2.2 Simulasi

Menurut Banks *et al* (2004) simulasi merupakan tiruan proses operasi dari sebuah kondisi nyata atau sistem dari waktu ke waktu. Simulasi diartikan sebagai teknik menirukan atau memperagakan kegiatan berbagai macam proses atau fasilitas yang ada di dunia nyata. Fasilitas atau proses tersebut disebut dengan sistem, yang mana didalam keilmuan digunakan untuk membuat asumsi-asumsi bagaimana sistem tersebut bekerja.

2.3 Modul Arena

Menurut Kelton *et al* (2007) Arena mengkombinasikan kegunaan dari simulator tingkat tinggi dengan kefleksibelan dari bahasa simulasi SIMAN, bahkan jenis bahasa umum lainnya seperti bahasa pemrograman *Microsoft Visual Basic&C* jika diinginkan. Arena menyediakan beberapa alternatif *template* yang berisi modul-modul yang dapat dikombinasikan untuk membangun banyak jenis model simulasi.

Setiap model tersebut dapat digabungkan dengan modul yang berisi dari *template* yang berbeda. *Project bar* pada *software* ARENA menyediakan mekanisme untuk menampilkan *panel* yang akan digunakan untuk membuat model. Model utama dalam *software* tersebut yaitu *basic process panel*, *advance proses panel* dan *advance transfer panel*.

2.4 Industrial Vehicle

Menurut Tompkins *et al* (2003) *Industrial vehicle* merupakan metode serbaguna untuk melakukan penanganan material. Terdapat tiga klasifikasi *industrial vehicle* yang ditetapkan yaitu, *walking*, *riding*, dan *automated*.

1. *Walking Industrial Vehicle*
Walking industrial vehicle merupakan kendaraan yang terkenal dengan kesederhanaan peralatan dan harga yang murah.
2. *Riding Industrial Vehicles*
Riding industrial vehicles merupakan kendaraan yang mengizinkan operator untuk mengendarai kendaraan tersebut selama beroperasi, adanya beban tambahan dan kapasitas penyimpanan yang tinggi sehingga bisa digunakan untuk perpindahan yang lebih jauh dari pada *walking vehicle*.
3. *Automated Industrial Vehicles*
Automated industrial vehicles merupakan kendaraan yang dapat dibedakan dari kendaraan industri lainnya yaitu dengan cara pengurangan intervensi manusia dari *powering* maupun *guiding* pergerakan kendaraannya.

2.5 Automated Guided Vehicle

Menurut Groover *et al* (2001) *automated guided vehicle* merupakan alat pemindah material yang bertenaga listrik, tanpa pengemudi, dan dikontrol secara komputerisasi. Pengendalian jalannya *automated guided vehicle* menggunakan alat pendeteksi (sensor), yang digunakan untuk mendeteksi jalur yang diharapkan dan mendeteksi rintangan yang menghalangi jalannya *automated guided vehicle*.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Identifikasi Masalah

Pendekatan analitik yang sudah dilakukan pada praktikum Modul *Automated Guided Vehicle* belum menjawab permasalahan kompleksitas sistem pemindahan material dan belum adanya gambaran secara virtual mengenai sistem pemindahan AGV, sehingga dibutuhkanlah suatu alat berupa simulator sistem *Automated Guided Vehicle*.

3.2 Penentuan Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang simulator sistem *automated guided vehicle* sebagai jawaban atas kompleksitas sistem pemindahan material serta merupakan alat untuk menggambarkan sistem pemindahan material. Simulator sistem ini digunakan untuk memfasilitasi mahasiswa dalam menganalisis bagaimana detail pemindahan material secara menyeluruh.

3.3 Studi Literatur

Pembuatan model simulasi memerlukan berbagai macam teori yang berhubungan dengan penelitian perancangan simulator sistem *automated guided vehicle*, berbagai macam teori yang berkaitan tersebut akan dikumpulkan dan dipelajari agar dapat menunjang proses perancangan. Beberapa teori yang berkaitan dengan simulator sistem diantaranya, pengertian sistem, pengertian simulasi, simulasi dengan *software ARENA*, *material handling*, *industrial vehicle* dan *automated guided vehicle*.

3.4 Perancangan Skenario Praktikum

Perancangan skenario praktikum terbagi menjadi dua tahapan, pertama *flowchart* prosedur praktikum, kedua langkah-langkah mahasiswa menyelesaikan studi kasus menggunakan pendekatan analitik menggunakan pendekatan simulasi.

3.5 Perancangan Model Simulator

Perancangan model simulator *automated guided vehicle* terbagi menjadi 4 bagian sebagai berikut :

1. Perancangan Model Simulator Sistem *Automated Guided Vehicle*.
2. Perancangan Model Rinci Simulator Sistem *Automated Guided Vehicle*.
3. Animasi Model Simulator Sistem *Automated Guided Vehicle*.
4. *User Interface* Model Simulator Sistem *Automated Guided Vehicle*.
5. Verifikasi Model Simulator Sistem *Automated Guided Vehicle*.

3.6 Pengujian Model Simulator

Pengujian model simulator sistem *automated guided vehicle* terbagi menjadi 2 bagian sebagai berikut :

1. Pengujian Model Berdasarkan Perhitungan Analitik.
2. Pengujian Model Penentuan Perancangan Sistem Pemindahan *Automated Guided Vehicle* Terpilih.

3.7 Analisis

Analisis yang dilakukan adalah mengidentifikasi perancangan yang sudah dilakukan pemodel berdasarkan hasil pengujian perubahan parameter dalam empat skenario praktikum dan identifikasi kebutuhan penelitian lanjutan yang bertujuan untuk mengetahui hal-hal yang menjadi pembatas suatu sistem yang sudah dirancang sehingga dapat menjadi masukan bagi penelitian selanjutnya.

3.8 Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan dapat ditarik berdasarkan tujuan penelitian, pengembangan model, pengujian model, dan analisis. Saran yang diberikan adalah mengenai kekurangan pengembangan model yang sudah dilakukan agar dapat diperbaiki.

4. PENGEMBANGAN MODEL

4.1 Deskripsi Umum Sistem Pemindahan Material Menggunakan *Automated Guided Vehicle*

Automated guided vehicle merupakan alat pemindah material yang merepresentasikan yang dialokasikan dengan tujuan untuk memindahkan material antar stasiun kerja. Pemindahan material jenis *automated guided vehicle* ini, terdiri dari dua macam metode pemindahan yaitu *free path* transporter dan *guided path* transporter.

Penelitian menggunakan *free path* transporter yang merupakan kebijakan *path* yang mempertimbangkan jarak dan kecepatan AGV tanpa mempertimbangkan faktor terjadinya tabrakan antar AGV. Kebijakan ini digunakan sesuai dengan kebutuhan praktikum Laboratorium Alat Bantu Manufaktur yang belum mempertimbangkan faktor terjadinya tabrakan antar AGV.

Tiga aktivitas utama sistem pemindahan material AGV yaitu *request activity* yang merupakan kegiatan untuk meminta mengalokasikan transporter yang tersedia untuk memindahkan material ke stasiun kerja yang dituju, *transport activity* yang merupakan kegiatan memindahkan material dari stasiun kerja asal ke stasiun kerja tujuan, *free activity* yang merupakan kegiatan tidak terisinya transporter oleh material karena sudah terselebaikannya tugas pemindahan material.

4.2 Perancangan Skenario Praktikum

Perancangan skenario praktikum merupakan penjelasan tahapan yang harus dilakukan mahasiswa dalam menyelesaikan studi kasus. Penjelasan terbagi menjadi studi kasus, *flowchart* prosedur praktikum, dan penyelesaian studi kasus.

4.2.1 Studi Kasus

Mahasiswa akan diberikan studi kasus mengenai sistem pemindahan material menggunakan AGV. Studi kasus yang diberikan oleh Laboratorium Alat Bantu Manufaktur yaitu mahasiswa akan menyelesaikan kasus pemindahan material antar stasiun kerja untuk komponen pembentuk produk *table kitchen stainless steel*. Data yang digunakan untuk menyelesaikan studi kasus tersebut dapat dilihat pada Damayantie.(2016), isi data-data studi kasus yang diberikan untuk mahasiswa berupa :

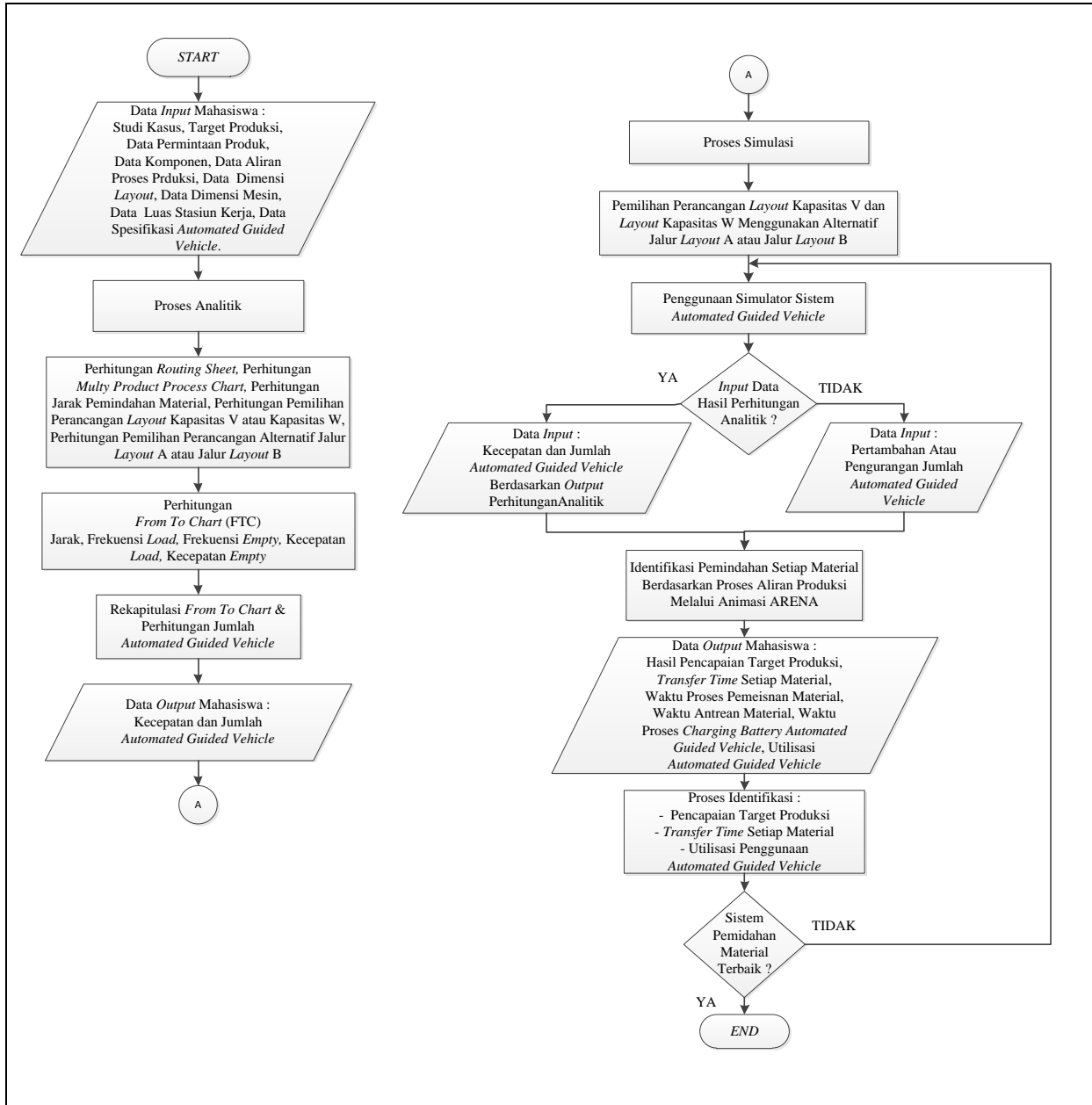
- a. Data Dimensi *Layout*
- b. Data Luas Stasiun Kerja
- c. Data Dimensi Mesin
- d. Data Material
- e. Data Aliran Proses Produksi
- f. Data Spesifikasi *Automated Guided Vehicle*

Berdasarkan data yang diberikan mahasiswa akan melakukan analisis pemindahan material dengan *output* ukuran performansi berikut ini:

- a. *Transfer time* yang dibutuhkan untuk memindahkan material
- b. Jumlah *automated guided vehicle* yang terbaik dalam sistem.
- c. Kemampuan memenuhi target produksi setiap harinya.

4.2.2 Rancangan Prosedur Praktikum

Rancangan prosedur praktikum menjelaskan prosedur pengerjaan yang dilakukan oleh mahasiswa untuk menyelesaikan studi kasus. Prosedur praktikum dijelaskan dengan menggunakan *flowchart* yang terbagi menjadi *flowchart* menggunakan pendekatan analitik dan simulasi, *flowchart* prosedur praktikum dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Prosedur Praktikum

Tahap-tahap yang dilakukan oleh mahasiswa dalam menyelesaikan studi kasus AGV terdiri dari dua tahap, yaitu menggunakan pendekatan analitik dan menggunakan pendekatan simulasi. Berikut ini penjelasan mengenai pendekatan analitik dan simulasi yang harus dilakukan oleh mahasiswa.

1. Menggunakan Pendekatan Analitik

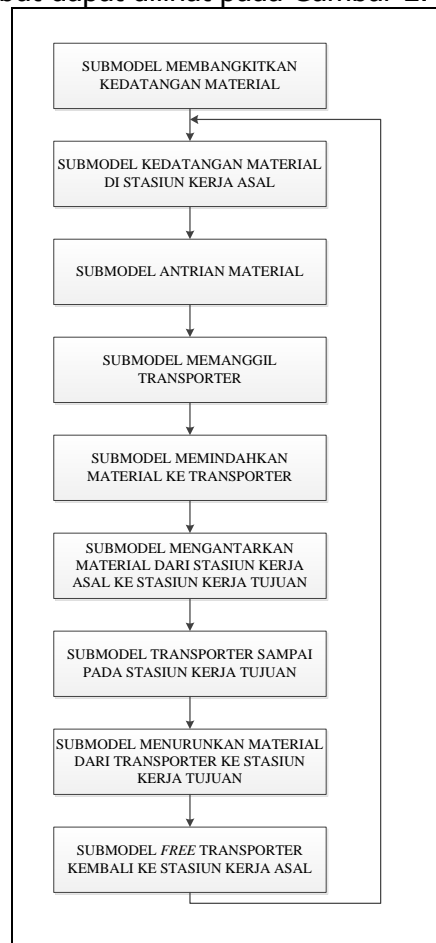
Langkah perhitungan yang dilakukan mahasiswa untuk menyelesaikan permasalahan dengan menggunakan pendekatan analitik yaitu, perhitungan *routing sheet*, *multy product process chart*, jarak pemindahan material, *from to chart* dan rekapitulasi perhitungan *automated guided vehicle*. *Output* pendekatan analitik ini dilakukan mahasiswa untuk dapat memperkirakan *transfer time* dan jumlah *automated guided vehicle* yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan produksi *kitchen table stainless steel*, dengan kondisi AGV yang belum diketahui *idle* dan *busy* dalam memindahkan materialnya.

2. Menggunakan Pendekatan Simulasi

Langkah yang dilakukan mahasiswa setelah menyelesaikan dengan menggunakan pendekatan analitik yaitu menggunakan pendekatan simulasi. Langkahnya mahasiswa adalah memasukan *output* pendekatan analitik yang dilakukan, kemudian diujikan pada model yang sudah dirancang. Simulator sistem akan menguji hasil pendekatan analitik sehingga menghasilkan *output* dengan ukuran performansi berbeda dan kemudian mahasiswa membandingkan hasil ukuran performansi yang berbeda dengan cara merubah parameter jumlah AGV untuk mengetahui perancangan sistem pemindahan material terbaik. Pendekatan simulasi ini dilakukan mahasiswa sebagai alat gambaran secara virtual untuk mengetahui bagaimana berjalannya sistem *material handing* menggunakan AGV.

4.3 Perancangan Model Simulator

Model simulasi mendeskripsikan setiap entitas yang datang pada sistem yang akan dipindahkan oleh transporter, mengalokasikan transporter, memindahkan material, hingga menghilangkan entitas pada transporter dan transporter kembali pada stasiun kerja asal. Kerangka konsep model tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



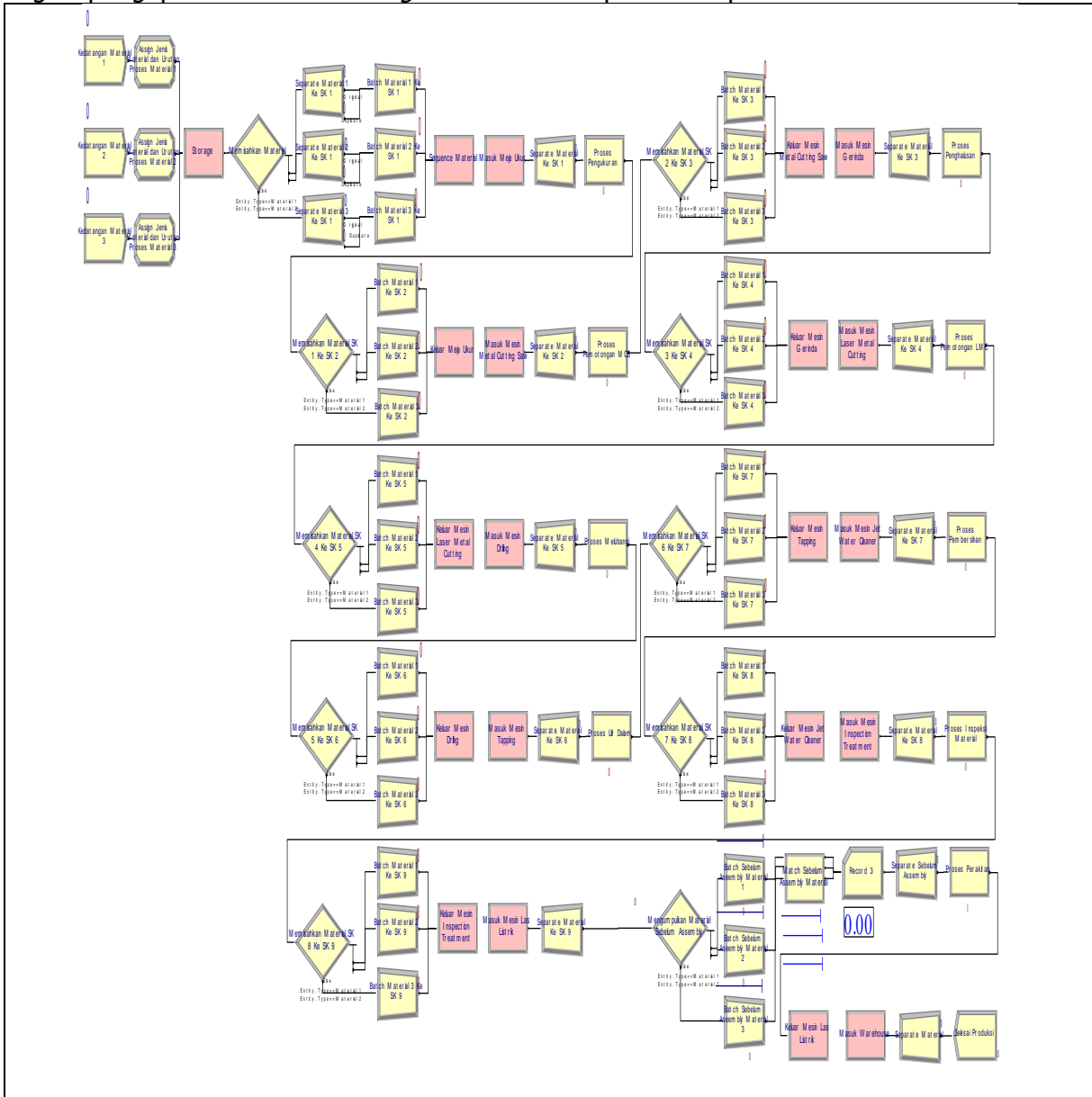
Gambar 2. Kerangka Konsep Model

4.4 Perancangan Model Rinci Simulator Sistem Automated Guided Vehicle

Perancangan model rinci menjelaskan bahwa model yang dibuat sesuai dengan studi kasus dan pendekatan analitik yang sudah dilakukan. Model rinci ini terbagi menjadi tiga penjelasan yaitu model utuh simulator sistem *automated guided vehicle*, submodel simulator sistem *automated guided vehicle*, dan animasi simulator sistem *automated guided vehicle*.

4.4.1 Model Utuh Simulator *Automated Guided Vehicle*

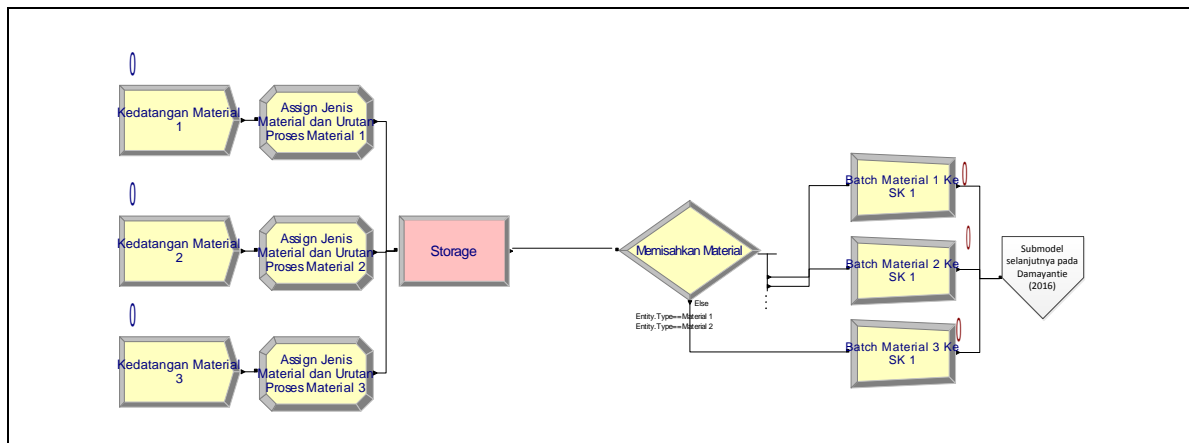
Model yang digunakan pada simulator sistem *automated guided vehicle* terbagi menjadi dua logika yaitu logika pengoperasian *automated guided vehicle* dan logika *battery charger*. Gambar logika model simulator sistem selengkapnya dapat dilihat pada Damayantie.(2016). Logika pengoperasian *automated guided vehicle* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Model Utuh Simulator Sistem *Automated guided Vehicle*

4.4.2 Submodel Simulator *Automated Guided Vehicle*

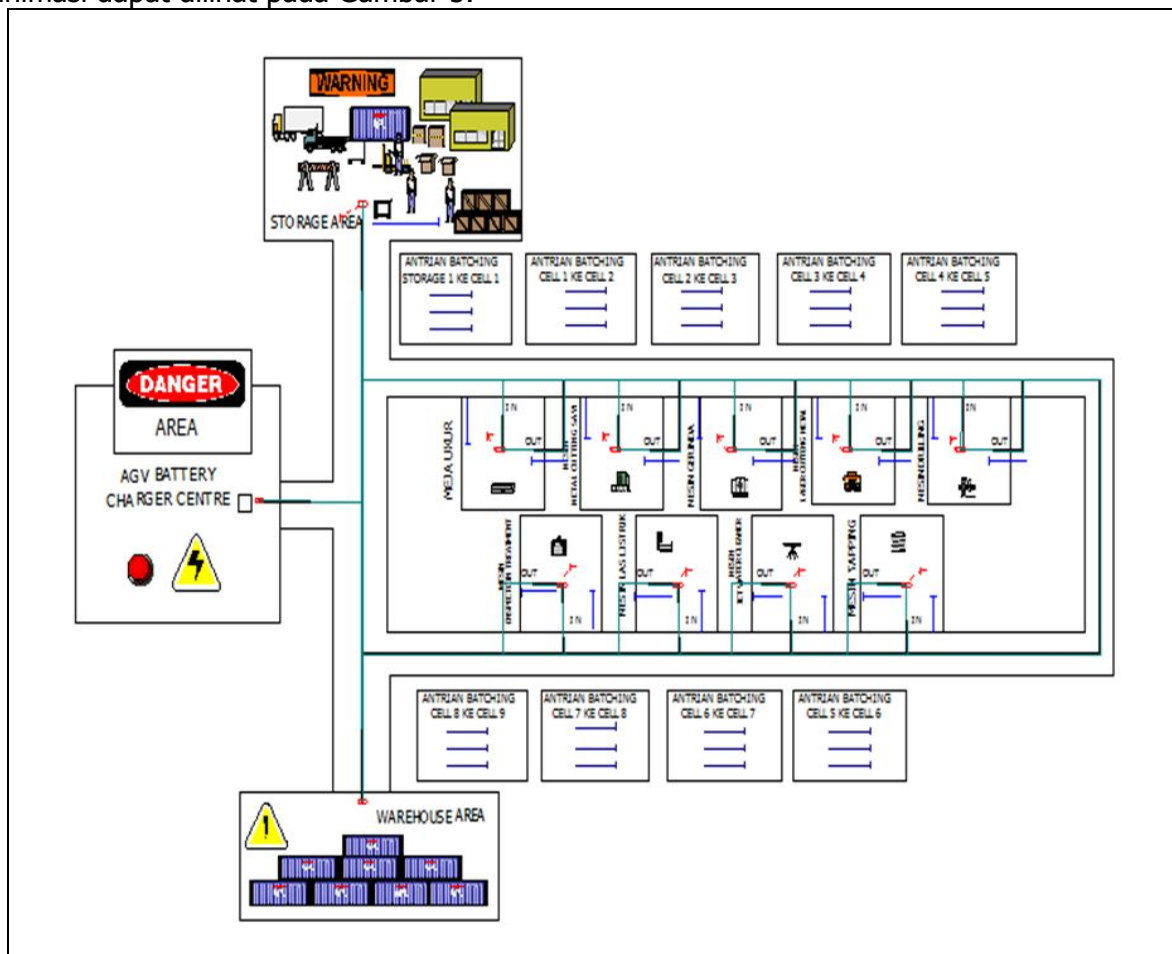
Perancangan simulator sistem *automated guided vehicle* yang diimplementasikan pada *software* ARENA akan dijelaskan oleh beberapa submodel. Gambar submodel selengkapnya dapat dilihat pada Damayantie.(2016). Submodel simulator sistem *automated guided vehicle* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Submodel Simulator Sistem Automated Guided Vehicle

4.4.3 Animasi Simulator Automated Guided Vehicle

Animasi digunakan pada pembuatan simulator sistem *automated guided vehicle* sebagai fasilitas yang membantu perancang dalam memodelkan suatu sistem. Ketika menjalankan model yang sudah dibuat dalam bentuk logika modul-modul dalam arena, akan sulit untuk menunjukkan urutan proses pemindahan material dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja berikutnya. Gambar animasi selengkapnya dapat dilihat pada Damayantie.(2016). Gambar animasi dapat dilihat pada Gambar 5.



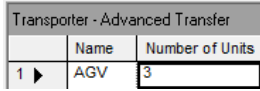
Gambar 5. Animasi Simulator Sistem Automated Guided Vehicle

4.5 User Interface Simulator Sistem Automated Guided Vehicle

User interface merupakan alat yang disediakan oleh perancang sebagai sarana untuk berinteraksi antara pengguna (*user*) yaitu mahasiswa dengan sistem operasi yaitu simulator sistem *automated guided vehicle*. Pengguna (*user*) dapat memberikan perintah kepada sistem operasi untuk diterima, diproses dan ditampilkan oleh sistem operasi.

Kegunaan *user interface* untuk simulator sistem *automated guided vehicle* ditampilkan berupa *dialog box* yang ditampilkan oleh *visual basic program*. Tabel data *input user interface* dapat dilihat pada Tabel 1 dan gambar data *output user interface* selengkapnya dapat dilihat pada Damayantie.(2016), gambar data *output user interface* dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 1. Data Input User Interface Simulator Sistem Automated Guided Vehicle

Data	Parameter	Letak User Interface	Gambar	Penjelasan
<i>Input</i>	Jumlah <i>Automated Guided Vehicle</i>	Data Modul <i>Transporter (Advance Transfer Planet)</i>		Pengguna dapat memerintahkan untuk mengganti parameter jumlah transporter tersedia.

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Material 1	30.3000	(Insufficient)	30.3000	30.3000
Material 2	39.2000	(Insufficient)	39.2000	39.2000
Material 3	141.90	(Insufficient)	141.90	141.90

Gambar 6. Data Output User Interface Simulator Sistem Automated Guided Vehicle

4.6 Verifikasi Perancangan Model

Menurut Law. (2007) verifikasi bertujuan untuk memeriksa apakah model simulasi yang dibuat telah berhasil diterjemahkan sesuai dengan logika yang direncanakan oleh pemodel. Verifikasi simulator sistem AGV dibagi menjadi dua bagian, pertama verifikasi berdasarkan kejadian tertentu (*event*) dan kedua verifikasi berdasarkan cara perhitungan analitik. Verifikasi dibagi menjadi dua tahapan yaitu:

1. Verifikasi berdasarkan antar kejadian
Verifikasi yang dimunculkan pada bagian ini menyoroti kedatangan material dan ditransferkan oleh *automated guided vehicle* pada setiap stasiun kerja. Proses simulator sistem yang dibuat berhenti dilakukan berdasarkan beberapa kejadian tertentu.
2. Verifikasi berdasarkan perhitungan analitik
Perhitungan manual menggunakan pendekatan analitik dilakukan untuk mencari waktu total *transfer material* ke stasiun kerja yang dituju pada material. Hasil verifikasi yang sudah dilakukan nantinya untuk dapat dibandingkan antara hasil pendekatan analitik dan pendekatan simulasi.

5. PENGUJIAN MODEL DAN ANALISIS

5.1 Pengujian Model Simulator Berdasarkan Hasil Perhitungan Analitik

Pengujian model menggunakan simulator sistem *automated guided vehicle* dilakukan untuk menguji hasil pendekatan analitik yang sudah dilakukan. Berikut ini menunjukkan hasil ukuran performansi perhitungan menggunakan metode pendekatan simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Ukuran Performansi Berdasarkan Pendekatan Simulasi

Material	1	2	3
VA Time (menit)	30,3	39,2	141,9
Wait Time (menit)	601,61	588,21	2146,02
Transfer Time (menit)	9,10	16,37	34,67
Total Time (menit)	641,01	643,78	647,94
Target Produksi	60		
Hasil Produksi	60		
Utilisasi AGV	0,62		

5.2 Pengujian Model Penentuan Perancangan Sistem Pemindahan *Automated Guided Vehicle* Terpilih

Adanya kebutuhan untuk menentukan kebutuhan sistem pemindahan terbaik berdasarkan *output* yang dihasilkan pada implementasi pengujian yang dilakukan menggunakan pendekatan simulasi dengan cara perbedaan *input* parameter AGV yang dibutuhkan, sehingga dilakukan 4 skenario praktikum untuk menentukan sistem pemindahan terbaik.

1. Skenario 1

Skenario 1 merupakan jumlah AGV yang tersedia sesuai dengan hasil perhitungan pendekatan analitik sebanyak 8 AGV yang tersedia dalam sistem. Berikut ini hasil ukuran performansi sistem skenario satu dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Statistik Ukuran Performansi Skenario 1

Jenis Material	Ukuran Performansi				Utilisasi AGV	Target Produksi	Hasil Produksi
	VA Time	Wait Time	Transfer Time	Total Time			
Material 1	30,3	601,61	9,10	641,01	0,62	60	60
Material 2	39,2	588,21	16,37	643,78			
Material 3	141,9	2146,02	34,67	647,94			

Berdasarkan hasil pengujian jumlah 8 AGV dapat memenuhi target produksi, akan tetapi utilisasi dari penggunaan AGV cukup rendah yaitu 0,62, maka perlu dilakukan pengujian ulang dengan mengurangi jumlah AGV.

2. Skenario 2

Skenario 2 dirancang dengan perubahan jumlah AGV yang tersedia dikurangkan menjadi 6 AGV dalam sistem. Berikut ini hasil ukuran performansi sistem skenario dua dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Statistik Ukuran Performansi Skenario 2

Jenis Material	Ukuran Performansi				Utilisasi AGV	Target Produksi	Hasil Produksi
	VA Time	Wait Time	Transfer Time	Total Time			
Material 1	30,3	830,89	9,1	870,29	0,83	60	60
Material 2	39,2	818,04	16,37	873,61			
Material 3	141,9	2900,70	34,67	877,88			

Berdasarkan hasil pengujian jumlah 6 AGV dapat memenuhi target produksi, akan tetapi utilisasi dari penggunaan AGV belum optimal yaitu 0,83, maka perlu dilakukan pengujian ulang dengan mengurangi jumlah AGV agar mendapatkan utilisasi optimal.

3. Skenario 3

Skenario 3 dirancang dengan perubahan jumlah *automated guided vehicle* yang tersedia dikurangkan menjadi sebanyak 5 *automated guided vehicle*. Berikut ini hasil ukuran performansi sistem skenario tiga dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Statistik Ukuran Performansi Skenario 3

Jenis Material	Ukuran Performansi				Utilisasi AGV	Target Produksi	Hasil Produksi
	VA Time	Wait Time	Transfer Time	Total Time			
Material 1	30,3	947,73	9,1	1014,13	0,98	60	60
Material 2	39,2	963,45	16,37	1019,02			
Material 3	141,9	3510,33	34,67	1024,50			

Berdasarkan hasil pengujian jumlah 5 AGV dapat memenuhi target produksi, utilisasi dari penggunaan AGV hampir mencapai optimal yaitu 0,98, masih harus dilakukan pengujian ulang dengan mengurangi jumlah AGV agar mendapatkan utilisasi optimal.

4. Skenario 4

Skenario 4 dirancang dengan perubahan jumlah *automated guided vehicle* yang tersedia dikurangkan menjadi sebanyak 4 *automated guided vehicle*. Berikut ini hasil ukuran performansi sistem skenario empat dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Statistik Ukuran Performansi Skenario 4

Jenis Material	Ukuran Performansi				Utilisasi AGV	Target Produksi	Hasil Produksi
	VA Time	Wait Time	Transfer Time	Total Time			
Material 1	30,3	945,23	9,1	984,63	1	60	49
Material 2	39,2	938,38	16,37	993,95			
Material 3	141,9	3340,65	34,67	988,44			

Berdasarkan hasil pengujian jumlah 4 AGV tidak dapat memenuhi target produksi, utilisasi dari penggunaan AGV terlalu tinggi yaitu 1. Dapat dianalisis bahwa perancangan sistem pemindahan terbaik adalah minimum 5 AGV dan maksimal 6 AGV dengan adanya pertimbangan fleksibilitas jumlah *demand*. Hal lain adalah manfaat dari simulasi yaitu adanya efisiensi penggunaan AGV pada sistem dengan tersedianya kondisi AGV *idle* dan *busy* untuk mengetahui kondisi AGV dalam memindahkan sistem.

6. KESIMPULAN

6.1 Ringkasan

Setelah dianalisis dapat disimpulkan bahwa penelitian pengembangan model simulator sistem *automated guided vehicle* ini adalah sebagai alat virtual untuk menggambarkan sistem pemindahan material menyeluruh pada kegiatan praktikum Laboratorium Alat Bantu Manufaktur di Jurusan Teknik Industri Itenas.

6.2 Saran

Sistem pemindahan material yang menggunakan kebijakan *guided path* yaitu yang dapat mempertimbangkan sistem tabrakan antar AGV yang sedang beroperasi.

REFERENSIS

- Banks, J., J.S. Carson II, B.L. Nelson, & D.M. Nicol, 2004, '*Discrete-Event System Simulation*, 4th ed.'. Prentice-Hall.
- Groover, M.P., 2001, '*Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*'. Prentice Hall.
- Kelton, W. David, R.P. Sadowski dan D.T. Sturrock. 2007. '*Simulation with Arena*, 4th ed.'. McGraw-Hill.
- Law, A., M. 2007. '*Simulation Modeling and Analysis*, 4th ed.'. McGraw-Hill.
- Tompkins, J.A, J.A. White, Y.A Bozer dan J.M.A. Tanchoco. 2003. '*Facilities Planning*, 3rd ed.'. John Wiley & Sons Inc.