

PEMODELAN DAN SIMULASI FMS UNTUK MENUNJANG PROSES PEMBELAJARAN DI LABORATORIUM CNC PNUP

Ahmad Zubair Sultan¹⁾

Abstrak: Tulisan ini bertujuan untuk memodelkan dan mensimulasikan proses pemesinan pada *Fleksible Manufacturing System (FMS)* yang ada di Politeknik Negeri Ujung Pandang. Model simulasi ini diharapkan dapat menunjang proses belajar mengajar di Laboratorium CNC terutama pada saat Sistem manufaktur Fleksibel tersebut tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Model simulasi FMS dibuat dengan menggunakan software simulator ExtendV4, sedangkan pengolahan data dibuat dengan software weibull 4++. Dari simulasi yang dilakukan, dalam jangka waktu 600 menit (10 jam kerja/hari) dapat diproduksi 32 sampai 37 unit komponen/hari. Sedangkan sisa komponen yang berada di *storage room* dapat diperkecil dengan cara menambah kapasitas *buffer* yang ada pada mesin bubut dan *miling*, walaupun hal ini belum bisa menaikkan kapasitas produksi FMS secara keseluruhan.

Kata kunci: *Pemodelan dan Simulasi, FMS, Extend.*

I. PENDAHULUAN

Simulasi adalah proses merencanakan suatu model dari sistem nyata dan melakukan eksperimen dengan model tersebut dengan tujuan memahami tingkah laku sistem atau mengevaluasi berbagai strategi untuk mengoperasikan sistem yang dimaksud. Dalam beberapa hal, penting melakukan pengamatan terhadap suatu sistem untuk berusaha memperoleh gambaran dari hubungan antar berbagai komponen, atau untuk memperkirakan performansi dibawah kondisi baru yang diinginkan

Penggunaan simulasi umumnya didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan berikut:

- a. Melakukan percobaan dengan sistem yang sesungguhnya tidak memungkinkan, terlalu mahal, atau akan merusak sistem.
- b. Penyelesaian matematis atau analitis tidak memungkinkan (terlalu lama dan mahal).
- c. Diinginkan untuk mengevaluasi sistem, bagaimana sistem akan bekerja dalam rentang waktu yang diberikan.
- d. Diinginkan untuk membandingkan alternatif-alternatif rancangan sistem yang diusulkan untuk mengetahui sistem mana yang paling memenuhi atas persyaratan-persyaratan yang telah ditetapkan.

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

Pemodelan Kejadian Diskrit (*Discrete Event*)

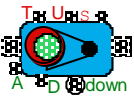
Simulasi kejadian diskrit merupakan alat penting yang mampu membantu untuk memahami dan mengelola sistem manufaktur yang rumit, yang umum dijumpai dalam industri saat ini (Law and Kelton, 2000). Simulasi kejadian diskrit memusatkan pada pemodelan dari sistem yang menyusun perubahan waktu dengan penggambaran dimana variabel keadaan berubah pada titik yang terpisah dalam waktu. Titik dari waktu tersebut adalah waktu dimana terjadinya kejadian (*event*), dan model akan mengalami perubahan *state* jika terjadi perubahan *event*.

Dengan berkembangnya software simulasi manufaktur yang ada saat ini, memungkinkan untuk dibuat Pemodelan dan Simulasi dengan tampilan grafis yang cukup baik untuk memberikan simulasi dari FMS.

Beberapa *Tool block* dalam *Library Extend*



Executive block digunakan untuk mengontrol waktu dan melewati event didalam suatu discrete event model. Block ini adalah jantungnya masing-masing discrete event model dan harus ditempatkan di sebelah kiri semua blok di dalam model



Machine Operation, digunakan untuk mensimulasikan mesin beroperasi pada item tunggal untuk waktu pemesanan yang ditentukan. Saat mesin siap, akan menarik benda kerja dari tampungan sebelumnya



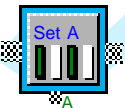
Exit block digunakan untuk melewati items keluar dari simulasi. Total jumlah items diserap (absorbed) oleh block ini, kemudian report dari jumlah items dapat dibaca melalui konektor #.



Shutdown block digunakan untuk melewati atau menghentikan aliran items ke block berikutnya, jika down konektor diberi input nilai lebih besar dari 0,5 berarti items dapat dilewatkan melaluinya, begitu pula sebaliknya.



Get attribute block digunakan untuk mendapatkan attribute (sifat) pada items yang melewatinya, jika attribute yang diinginkan telah ditemukan pada items yang melewatinya maka attribute dari item ini dapat dibaca melalui konektor A.



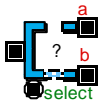
Set attribute block digunakan untuk memberi attribute (sifat) pada items yang melewatinya.



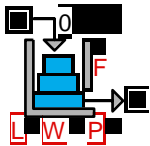
Input random number digunakan untuk membangkitkan (generates) random number baik real maupun integer yang didasarkan pada distribusi yang dipilih.



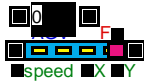
Combine block digunakan untuk mengkombinasikan items yang berbeda ke dalam satu aliran items.



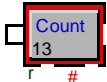
Select DE Output digunakan untuk memilih input item pada salah satu output konektor tergantung pada decision (pilihan) yang ditetapkan.



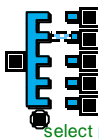
Queue, FIFO block digunakan untuk memberikan tempat antrian (queue) pada items, tergantung pada sifat queue dalam hal ini FIFO (first in first out) yaitu item yang pertama masuk queue ini, keluarnya juga paling awal.



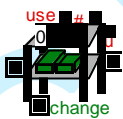
Route operation, digunakan untuk mensimulasikan jalur untuk AGV atau ASR dan benda yang dipindahkan.



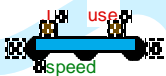
Count Item, digunakan untuk menghitung proses yang melewati blok ini.



Select DE Input (5), digunakan untuk memilih dan mengeluarkan satu item dari sampai dengan 5 input.



Stock Resource, digunakan untuk mensimulasikan ruang penyimpanan benda kerja, benda dalam proses pengerjaan, dll.



Conveyor Belt Operation, digunakan untuk mensimulasikan conveyor untuk pemindahan material.

Sistem Manufaktur Fleksibel

Sistem manufaktur fleksibel adalah sistem manufaktur dimana terdapat sejumlah fleksibilitas yang memungkinkan sistem untuk bereaksi dalam hal terjadinya

perubahan parameter proses baik perubahan yang direncanakan ataupun perubahan yang terjadi diluar rencana.

Banyak studi fleksibilitas manufaktur baik secara eksplisit maupun implisit menjelaskan tentang definisi fleksibilitas manufaktur. Upton dalam Vanany (2005) mendefinisikan fleksibilitas manufaktur sebagai kemampuan untuk beradaptasi atau bereaksi terhadap perubahan dengan beberapa tujuan dalam waktu, usaha, biaya dan kinerja.

Sedangkan Olhager dalam Vanany (2005) lebih menekankan pada kemampuan untuk beradaptasi terhadap perubahan keadaan dengan memanfaatkan sejumlah sumber daya yang tersedia. Watt et al dalam Vanany (2005) lebih meyakini bahwa karena adanya keinginan mengimplementasikan perubahan dalam lingkungan operasi internal dengan waktu yang cepat dan biaya yang rendah dalam upaya merespon keinginan pasar.

Fleksibilitas dalam manufaktur berarti mampu memproduksi produk yang beragam dengan kualitas tinggi dan dapat sampai pada konsumen dengan cepat pada tingkat harga yang rasional.

Dimensi fleksibilitas dibagi 3 yaitu:

- (1) *competitive flexibility* yang berorientasi jangka panjang dan memfokuskan pada strategi perusahaan,
- (2) *sufficient flexibility* yang berorientasi jangka menengah dan memfokuskan pada proses taktikal perusahaan,
- (3) dan *necessary flexibility* yang berorientasi jangka pendek dengan fokus pada operasional perusahaan.

Adapun detail dimensinya dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Dimensi Fleksibilitas

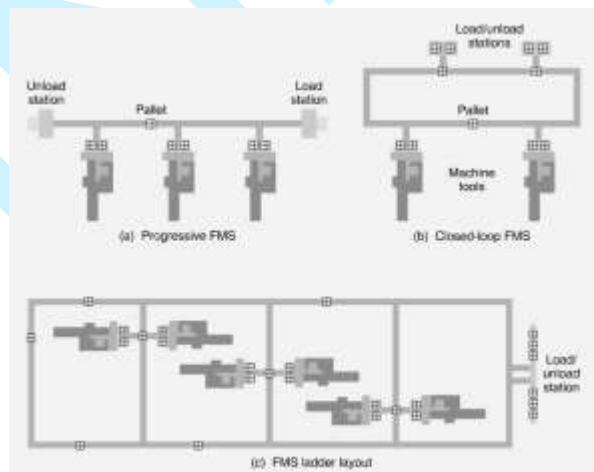
Karakteristik	<i>competitive flexibility</i>	<i>sufficient flexibility</i>	<i>necessary flexibility</i>
Dimensi	Fleksibilitas produksi Fleksibilitas ekspansi Fleksibilitas pasar	Fleksibilitas proses Fleksibilitas operasi Fleksibilitas program Fleksibilitas material	Fleksibilitas mesin Fleksibilitas produk Fleksibilitas tenaga kerja Fleksibilitas <i>material handling</i> Fleksibilitas <i>routing</i> Fleksibilitas <i>volume</i>
Fokus di perusahaan	strategi	taktikal	Operasional

Sistem manufaktur fleksibel terdiri dari beberapa beberapa kelompok mesin perkakas (*flexible manufacturing cell*) yang terintegrasi dengan robot sebagai

peralatan penanganan komponen (*tool handling devices*) untuk menangani pembuatan berbagai komponen yang telah dirancang sebelumnya.

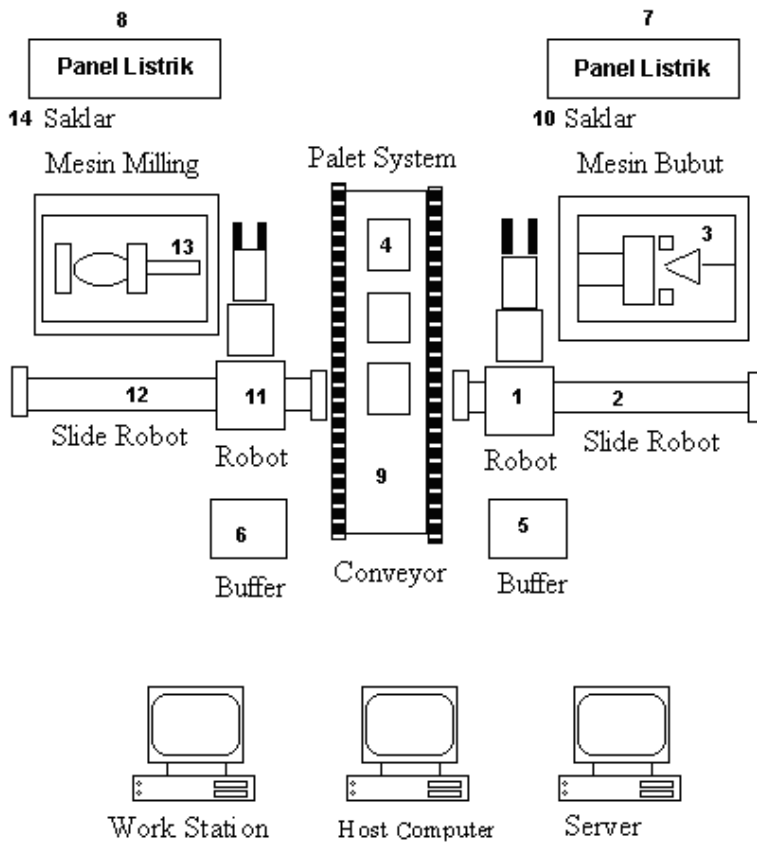
Secara umum terdapat empat layout yang biasa diaplikasikan untuk FMS, yaitu:

- (1) *Progressive layout*: Semua komponen yang diproduksi mengikuti alur yang sama sesuai stasiun kerja (*machining station*). Layout ini cocok untuk pemrosesan komponen yang sejenis.
- (2) *Closed-loop layout*: Ditata dengan urutan yang umum dalam pemrosesan untuk variasi komponen yang lebih banyak. Komponen dapat dengan mudah melewati stasiun kerja tertentu atau dapat bergerak memutar dalam urutan proses yang lain. *Progressive* dan *closed loop system* digunakan untuk komponen-komponen dengan ukuran relatif lebih besar dan memerlukan waktu proses lebih panjang.
- (3) *Ladder layout*: Dimana mesin perkakas diletakkan secara bertingkat, dengan demikian dua mesin dapat bekerja pada satu item pada waktu yang sama. Pemrograman mesin-mesin bisa didasarkan pada konsep yang sama dengan pemrograman pada teknologi kelompok (*group technology*), tetapi jenis-jenis dari komponen yang diproses tidak dibatasi pada komponen sejenis tertentu. Komponen dapat diarahkan ke mesin manapun dalam urutan proses.
- (4) *Open-field layout*: Model ini adalah model layout FMS yang paling rumit dan fleksibel. Pada layout ini, material dimungkinkan untuk bergerak pada sejumlah mesin pada urutan apapun dan biasanya mencakup beberapa stasiun pendukung seperti stasiun penggantian perkakas (*tool interchange stations*), *pallet* atau stasiun *fixture*, stasiun pemeriksaan (*inspection stations*).



Gambar 1. Alternatif Layout untuk FMS

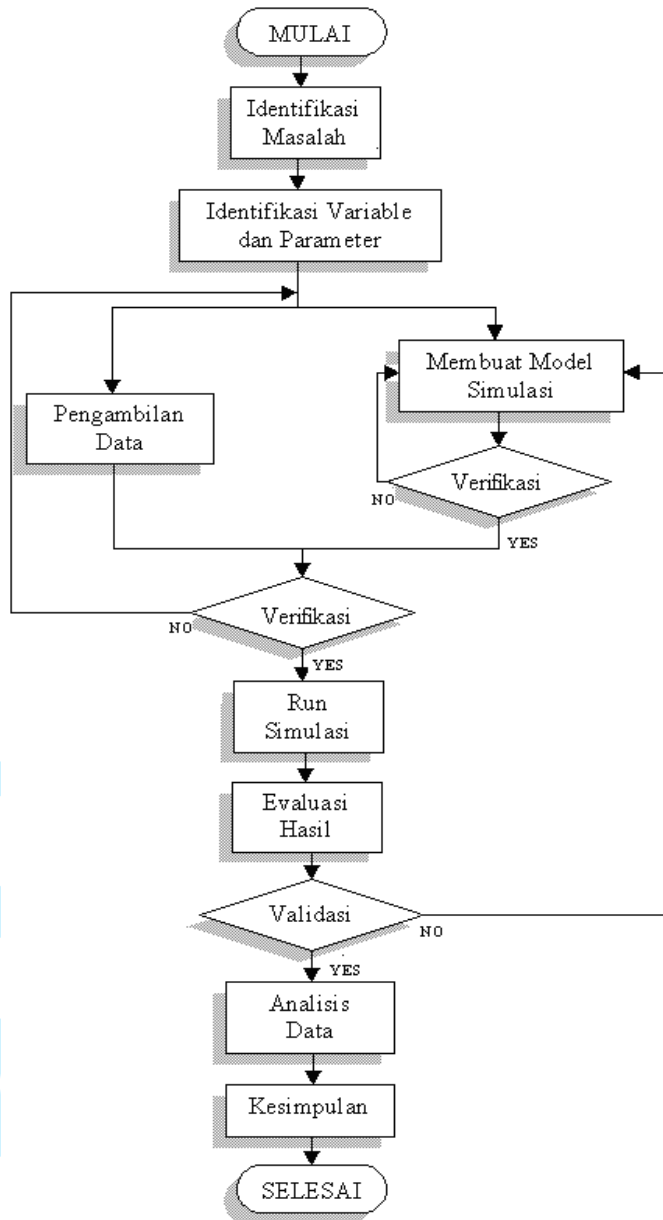
Benda kerja yang akan di mesin diletakkan dalam sistem palet pada konveyor. Benda kerja mempunyai atribut tipe benda kerja, dan konveyor mempunyai kapasitas membawa benda kerja. Jika dalam proses pencarian order yang dilakukan oleh Host Computer ditemukan suatu order yang akan dikerjakan maka komputer akan mencari tipe benda kerja yang akan di mesin dan memerintahkan robot untuk mengambil benda kerja tersebut selanjutnya robot melalui slide robot bergerak ke mesin dan memasukkannya ke mesin untuk dilakukan proses pemesinan. Robot menunggu sampai proses pemesinan selesai. Jika proses pemesinan selesai, benda kerja diberikan atribut baru, robot mengambil benda kerja dan membawa dan kembali ke sistem palet pada konveyor. Demikian proses dilakukan berulang-ulang, yang juga memberikan kemungkinan hasil pemesinan benda kerja pada mesin bubut dilakukan proses pemesinan lanjut pada mesin miling dan sebaliknya.



Gambar 2. Layout FMS di Politeknik Negeri Ujung Pandang

II. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan, secara garis besarnya digambarkan dalam diagram alir pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Secara rinci, metode penelitian dijelaskan sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi masalah ini menyangkut penentuan pilot area yang spesifik yang dijadikan obyek penelitian, dalam hal ini *flexible manufacturing system* pada Laboratorium CNC, Politeknik Negeri Ujung Pandang

2. Pengumpulan Data

Tahap ini menyangkut tahap pengumpulan data di lapangan. Data-data yang dimaksud adalah:

- Data Layout FMS,
- Data Kapasitas buffer, konveyor dan sistem palet,
- Data dimensi mesin, konveyor, robot, slide robot.
- Data lamanya operasi pemesinan pada bubut dan Miling
- Data waktu operasi produksi harian.

3. Pengolahan Data

Sampele data pemrosesan baik pada mesin bubut, maupun mesin milling diolah dalam bentuk distribusi probabilitas dengan menggunakan software weibull +4. Data waktu produksi harian dijadikan dasar dalam penentuan lamanya model disimulasikan. Semua data yang diperoleh, digunakan sebagai masukan pada model simulasi yang dibuat.

4. Pembuatan Model Simulasi

Model simulasi dibuat dengan model simulasi kejadian *dinamis, diskrit* dan *stokastik*. Model simulasi akan dibangun dengan alat bantu simulator Extend v4. Model ini akan merepresentasikan kondisi sebenarnya dari sistem manufaktur fleksibel yang diamati..

5. Verifikasi

Verifikasi mengacu pada bagaimana membangun model dengan benar (*building the model right*). Pada tahap ini model konseptual dibandingkan dengan model yang dibuat pada komputer, dimana model pada komputer harus merupakan gambaran dari model konseptual tadi. Tahap ini diharapkan bisa menjawab pertanyaan: apakah model telah diimplementasikan dengan benar di dalam komputer?

6. Run Simulasi

Tahap ini adalah proses menjalankan simulasi dari model yang telah dibuat sebelumnya. Panjang waktu simulasi tergantung dari sistem yang dimodelkan apakah tertentu (*terminating model*) atau tidak (*non-terminating model*). Pendekatan yang banyak dilakukan adalah menjalankan simulasi sampai kondisi stabil tercapai. Pendekatan lain yaitu menjalankan simulasi untuk periode waktu yang diatur sendiri, misalnya dalam satu bulan atau satu tahun. Pendekatan terakhir adalah mengumpulkan sampel sebanyak-banyaknya untuk dilakukan pengujian hipotesis.

7. Validasi

Dalam konteks ini validasi mengacu pada bagaimana membangun model yang benar (*building the right model*). Tahap ini digunakan untuk menentukan bahwa




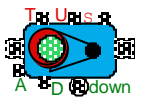

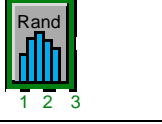
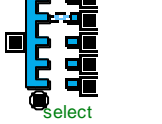
model telah mewakili sistem yang sebenarnya dengan akurat. Validasi biasanya tercapai setelah kalibrasi model, yaitu serangkaian proses iterasi dalam membandingkan model dengan sistem aktual.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembuatan Model Simulasi

Dengan memperhatikan Gambar 2. Layout FMS, maka dapat disusun padanan blok modelnya seperti ditunjukkan pada tabel di bawah:

Tabel 2. Padanan Blok FMS dengan Blok Model Simulasi FMS

No	Blok dari Aktual sistem dari FMS	Blok dari Model Simulasi
1	Robot, untuk mengambil dan meletakkan benda kerja ke dan dari mesin bubut CNC atau Milling CNC	 Automated Guided Vehicle
2	Robot Slide, untuk membawa robot ke dan dari mesin Bubut CNC atau Milling CNC	 Route operation
3	Konveyor Sistem palet, untuk membawa benda kerja dari store room	 Conveyor Belt Operation
4	Mesin Bubut CNC atau Mesin Milling CNC, untuk pemesinan benda kerja dengan waktu pemesinan tertentu	 Machine Operation
5.	Host Computer untuk mencari order (memberikan order)	 Set attribute block
		 Input random number
6.	Host Computer untuk memilah benda kerja yang dibutuhkan dari order yang ditemukan	 Select DE Input (5)

7.	Fungsi-fungsi lain	Sesuai kebutuhan
----	--------------------	------------------

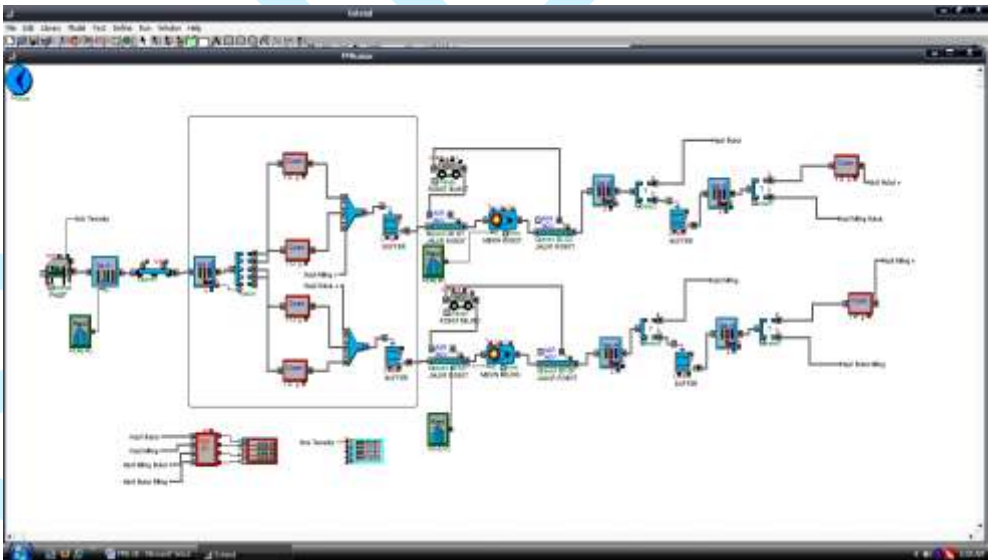
Untuk mensimulasikan fleksibilitas dari FMS, maka model dikembangkan atas kriteria dasar yaitu model harus mampu mensimulasikan kemampuan untuk melakukan proses pemesinan dari benda kerja dengan empat tipe yang berbeda.

Tabel 3. Tipe-tipe benda kerja yang diproses pada FMS

No	Benda Kerja	Proses Pemesinan
1	Tipe 1	Benda kerja yang memerlukan proses pemesinan Bubut CNC saja
2	Tipe 2	Benda kerja yang memerlukan proses pemesinan Bubut CNC kemudian memerlukan proses pemesinan lanjutan pada mesin Milling CNC
3	Tipe 3	Benda kerja yang memerlukan proses pemesinan Milling CNC saja
4	Tipe 4	Benda kerja yang memerlukan proses pemesinan Milling CNC kemudian memerlukan proses pemesinan lanjutan pada mesin Bubut CNC

3.3 Model Simulasi FMS

Setelah proses iterasi terlebih dahulu, diperoleh model akhir seperti Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Model Simulasi FMS

3.4 Uji Keberhasilan Pengacakan Atribut Benda Kerja

Benda kerja dari *store room* diberikan *atribut* 1,2,3,4 berdasarkan *prosentase* sebagaimana pada tabel 3. Pada industri manufaktur, tipe benda kerja dan *prosentase* ini biasanya berubah setiap hari berdasarkan jadwal produksi harian atau mingguan. Secara acak benda kerja kemudian dibawa konveyor, selanjutnya di pisahkan ke mesin yang sesuai berdasarkan tipe benda kerja

Tabel 4. Tipe benda kerja, atribut dan prosentase

No	Benda Kerja	Nilai Atribut	Banyaknya (%)
1	Tipe 1	1	35
2	Tipe 2	2	25
3	Tipe 3	3	15
4	Tipe 4	4	25

Dari hasil pengujian model, diperoleh data sebagai berikut:

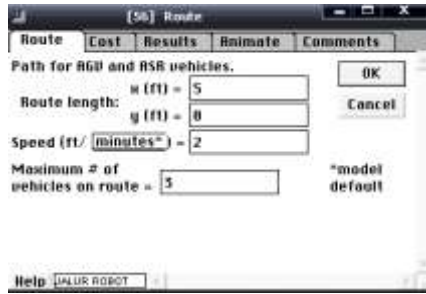
Tabel 5. Hasil Pengujian Pemisahan benda kerja sesuai atribut dan prosentase

No	Jml Benda Kerja	Tipe	Jumlah	Keterangan
1	10	1	4	Betul
		2	4	
		3	1	
		4	1	
	Total		10	
2	20	1	9	Betul
		2	5	
		3	4	
		4	2	
	Total		20	
3	30	1	12	Betul
		2	9	
		3	5	
		4	4	
	Total		30	

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pengujian model pemberian atribut dan pemisahan atribut betul.

3.5 Pemberian Parameter Proses

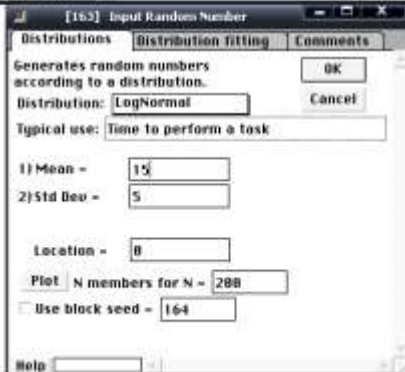
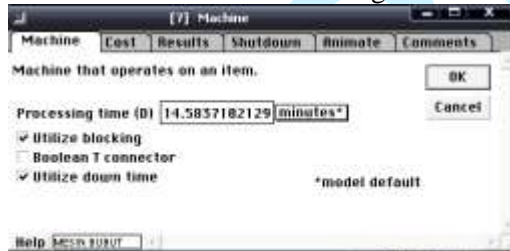
AGV	Panjang Rute AGV	: 5 ft
	Kecepatan AGV	: 2 ft/menit



Gambar 5. Pemberian Parameter pada rute AVG

Mesin Bubut CNC

Waktu Pemesinan : Distribusi Lognormal
Average = 15 menit, Stdev = 5 menit



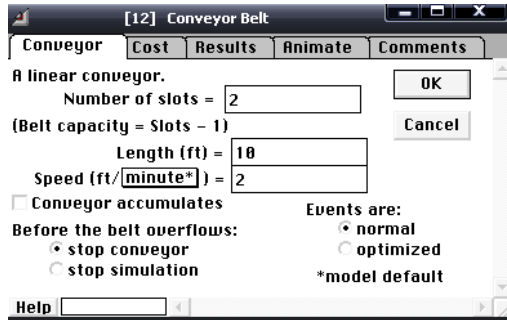
Gambar 6. Pemberian Parameter pada Mesin Bubut dan Miling

Mesin Milling CNC

Waktu Pemesinan : Distribusi Lognormal
Average = 25 menit, Stdev = 5 menit

Konveyor

Panjang Konveyor : 10 ft
Kecepatan Konveyor : 2 ft/menit



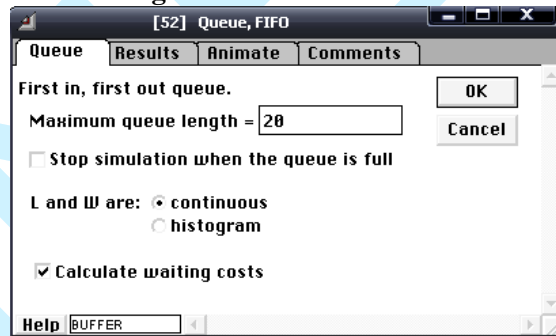
Gambar 7. Pemberian Parameter pada Belt Conveyor

Storage : 100 unit benda kerja



Gambar 8. Pemberian Parameter pada Store Room

Buffer Bubut dan Miling : maksimum 20 unit

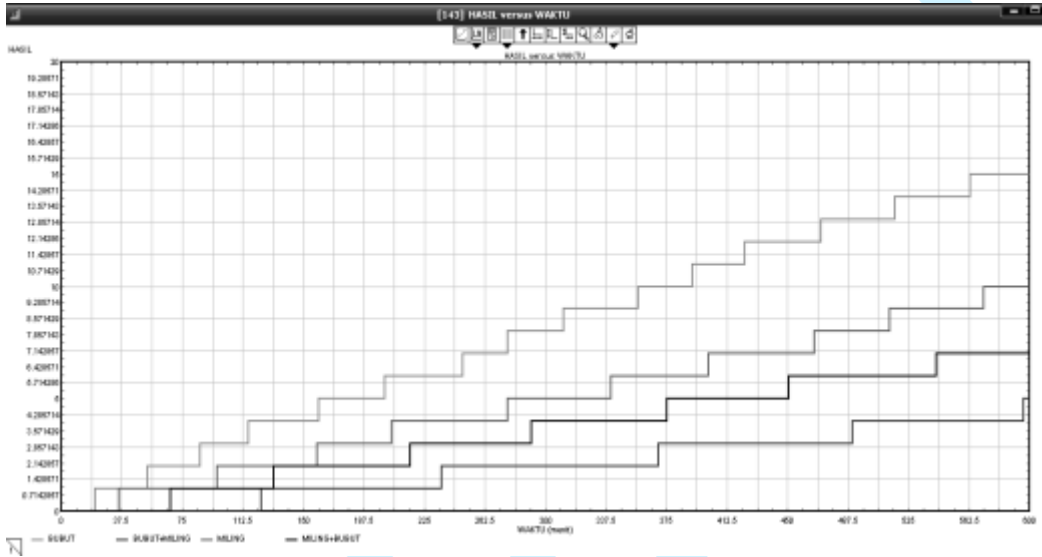


Gambar 9. Pemberian Parameter pada Buffer

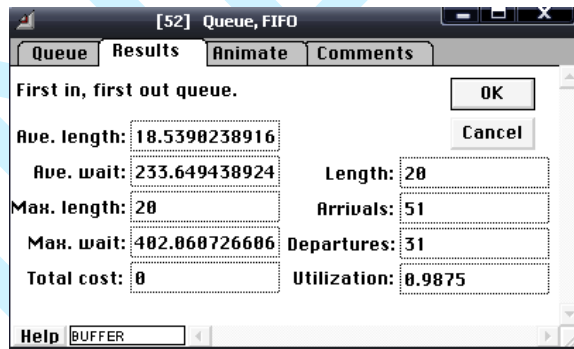
Jam Kerja : 10 jam/hari atau 600 menit/hari

3.6 Hasil Simulasi Dari Parameter yang diberikan

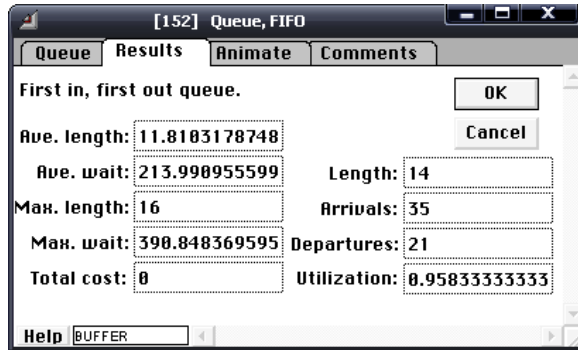
Hasil simulasi berupa produksi selama selang waktu tertentu diberikan pada gambar 10 berikut:



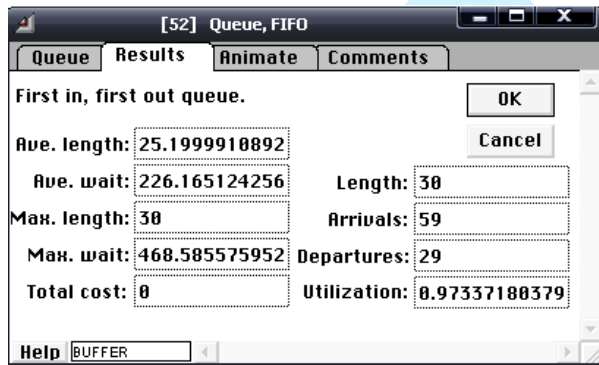
Gambar 10. Hasil simulasi Pemesinan
(Biru: Bubut, Merah: Bubut+, Hijau: Milling, Hitam: Milling+)



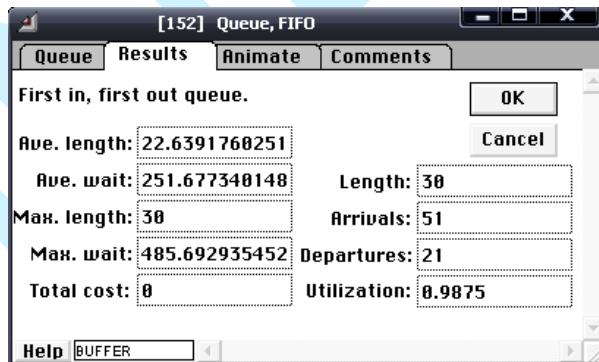
Gambar 11. Hasil Simulasi pada Buffer Bubut (20)



Gambar 12. Hasil Simulasi pada Buffer Miling (20)

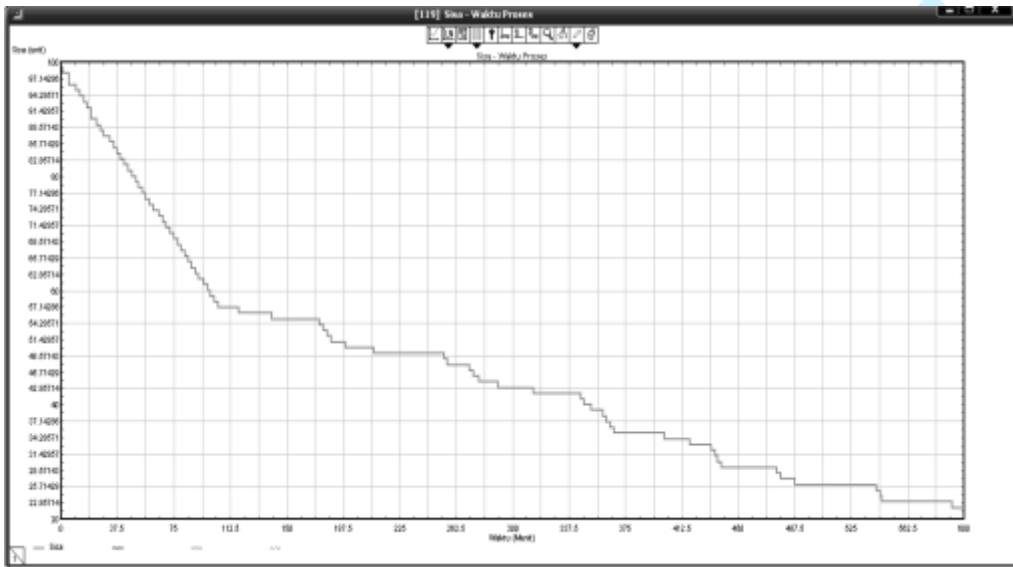


Gambar 13. Hasil Simulasi pada Buffer Bubut (30)

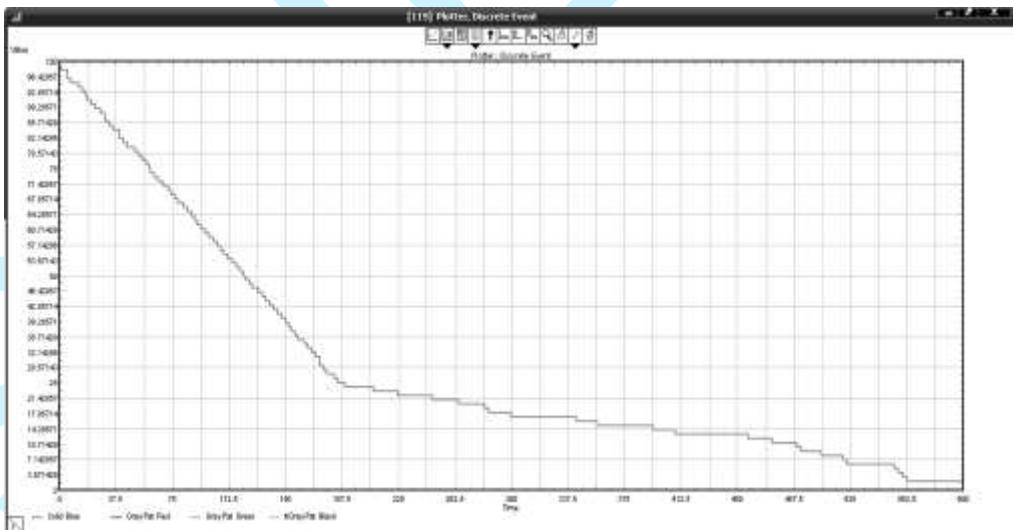


Gambar 14. Hasil Simulasi pada Buffer Miling (30)

Hasil simulasi berupa sisa *storage* selama selang waktu tertentu diberikan pada Gambar 15 (dengan *buffer* 20) dan Gambar 16 (dengan *buffer* 30) berikut:



Gambar 15. Hasil simulasi Pengurangan Storage Selama Proses Pemesinan Biru: Sisa (*work in Process inventory*)



Gambar 16. Hasil simulasi Pengurangan Storage Selama Proses Pemesinan Biru: Sisa (*work in Process inventory*)

Dari gambar hasil simulasi diatas dapat diperoleh beberapa hal yaitu:

- (1). Hasil produksi yang terbanyak adalah benda kerja tipe 1, yaitu hasil proses bubut, hal ini disebabkan karena prosentase yang diinginkan dari proses bubut ini adalah tertinggi (35%) dibanding proses lainnya. Selain itu, waktu pemrosesan proses bubut juga memiliki selang waktu terkecil.
- (2). Hasil produksi terbanyak kedua adalah benda kerja tipe 3, yaitu hasil proses milling, walaupun prosentasenya terendah (15%) dibanding proses lain. Hal ini terjadi karena waktu pemrosesan milling jauh lebih singkat dibanding benda kerja tipe 2 dan tipe 4 yang memerlukan 2 kali pemrosesan.
- (3). Dengan panjang antrean pada *buffer* bubut (Gambar 12) dan *miling* (Gambar 12) sebanyak 20 unit, terlihat bahwa rata-rata lama antrean pada *buffer bubut* adalah 233 menit, sedangkan rata-rata antrean pada *buffer milling* adalah 213 menit. Selain itu sisa komponen di storage (Gbr 9) adalah sebanyak 20 unit.
- (4). Dengan menambah kapasitas buffer menjadi 30 unit dapat dilihat bahwa sisa komponen di *storage room* (Gbr 16) adalah sebanyak 0 unit, walaupun secara keseluruhan lama antrean dan utilisasi tidak berubah secara signifikan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Model simulasi yang dibuat dinyatakan valid sehingga bisa merepresentasikan kondisi FMS yang ada di Politeknik Negeri Ujung Pandang
2. Sisa komponen yang berada di *storage room* dapat diperkecil dengan cara menambah kapasitas *buffer* yang ada pada mesin bubut dan *miling*, walaupun hal ini belum bisa menaikkan kapasitas produksi FMS secara keseluruhan.
3. Dari pengisian parameter-parameter pada konveyor, pemesinan, rute AGV, jam kerja perhari, diperoleh kesimpulan bahwa sistem mempunyai kapasitas produksi 32 sampai 37 unit benda kerja perhari

6.2 Saran

1. Dengan adanya Model Simulasi FMS, maka diharapkan dapat mendorong mahasiswa untuk belajar dengan lebih efisien. Mahasiswa akan dapat mempelajari sendiri Pemodelan dan Simulasi FMS yang telah dipersiapkan.
2. Waktu proses pemesinan dapat dikembangkan berupa variabel random yang sesuai dengan atribut benda kerjanya
3. Tipe benda kerja dapat dikembangkan dengan jumlah yang cukup banyak sehingga meningkatkan kesesuaian model simulasi dengan sistem FMS sesungguhnya.

V. DAFTAR PUSTAKA

Blank, Leland (1980), *Statistical Procedures for Engineering, Management, and Science*. MC Graw-Hill, USA.

Groover, Mikell P. (2001), *Automation, Production Systems, and CIM, 2nd edition*. Prentice Hall, New Jersey, USA.

Law, Averill M. and W.D. Kelton (2000), *Simulation Modelling and Analysis, 3rd edition*, MC Graw-Hill, USA.

Vanany, Iwan dan Agung Zulkarnain. (2005) *Evaluasi Fleksibilitas Manufaktur: Studi Kasus di Perusahaan Industri Kecil dan Menengah*. Jurusan Teknik Industri. ITS. Surabaya