

ISBN : 979-97986-2-0

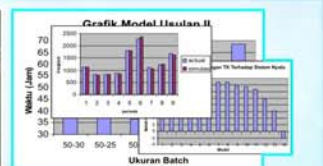


# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL

### Teknologi Simulasi Dan Aplikasinya Untuk Optimasi Industri

Ruang Sidang II KPTU - FT UGM, 1-2 Juni 2005



JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
U NIVERSITAS GADJAH MADA  
2005

## Kata Pengantar

Berkembangnya teknologi komputasi dan ilmu-ilmu yang mendasarinya di satu pihak, serta bertambah kompleksnya permasalahan di dunia industri pada pihak lain, telah mendorong berkembangnya teknik dan aplikasi metode simulasi. Hal ini memotivasi para pengajar dan peneliti di Laboratorium Desain, Simulasi dan Komputasi, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada untuk menyelenggarakan sebuah seminar nasional dengan tema: “Teknologi Simulasi dan Aplikasinya untuk Optimasi Industri”.

Seminar ini diharapkan bisa menjadi wadah komunikasi dan *sharing* gagasan antara peneliti, akademisi dan praktisi yang biasa memanfaatkan metode simulasi dalam mencari solusi permasalahan-permasalahan di industri. Pengetahuan dan pengalaman dalam memecahkan permasalahan industri berbasis simulasi yang dikomunikasikan tersebut dapat berupa hasil-hasil pengkajian, penelitian dan aplikasinya.

Pada seminar ini, para pemakalah mewakili berbagai latar belakang profesi dan bidang keilmuan mulai dari para akademisi, peneliti dan praktisi dari industri. Topik makalah diklasifikasikan ke dalam empat kelompok yaitu: (1) Simulasi Permesinan, Kendali dan Robotik, (2) Aplikasi Simulasi pada *Production Management* dan *Control*, (3) *Inventory Control*, dan (4) Teknik dan Aplikasi Simulasi.

Seminar ini dapat terlaksana dengan baik atas partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, Panitia mengucapkan terima kasih kepada para pemakalah, para sponsor, peserta dan kepada semua pihak yang telah membantu terselenggaranya acara seminar ini. Semoga penyelenggaraan seminar ini dapat memberi manfaat bagi kemajuan dunia industri di Indonesia.

Yogyakarta, 31 Mei 2005

Editor

## SUSUNAN PANITIA

### PANITIA PENGARAH

Prof.Dr.Ir.Indarto,DEA.  
Ir.Sutrisno,MSME.,Ph.D  
Dr.Ir. Suhanan, DEA  
Ir.M.Wazis Wildan, M.Sc.,Ph.D  
Ir.Alva Edy Tontowi, M.Sc.,Ph.D  
Ir. Subagyo, Ph.D

### PANITIA PELAKSANA

Ir. Aliq Zuhdi, MT  
Budi Hartono, ST.,MPM  
Anna Maria Sriasih, ST., MM  
MK. Herliansyah, ST.,MT.  
M.Iqbal  
Regina Ratih  
Ayu Dyah Andari  
Nocky Triwibowo  
Muh. Irfan Satiaksa  
Roni Bagus Kuncoro  
Dicky Pranadias  
Adi Purnama Sidi  
P Kus Ariningsih  
Novita Eka wulandari  
Tities Dian P  
Ohana Indriastanti  
Ria Perdanasari  
Devi Zuhana Nindyasari  
Anita Dyah  
Andyan Jatmiko  
Antario Terryandana  
Nurrahman Adi Saputra  
Kurniawan Parwanto  
Wawan Trihartanto  
Nurhasim

### EDITOR

Ir.Aliq Zuhdi, MT  
Muhammad K Herliansyah, ST.,MT  
M.Iqbal  
Ayu Dyah Andari

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
SUSUNAN PANITIA .....	iii
DAFTAR ISI.....	iv

## MAKALAH KUNCI

1. Simulation Based Decision Support Solutions In A Nutshell Brian Err	1
2. Perkembangan Sains dan Teknologi Komputasi, Modeling dan Simulasi Sutrisno	2
3. Peranan Simulasi Berbasis Komputer Dalam Optimasi Proses Disain Pembuatan Produk Cor Koswara, Tri Djaka	9

## I. KELOMPOK SIMULASI PERMESINAN, KENDALI, DAN ROBOTIK

1. Aplikasi Mekanisme Crank Rocker Pada Gerakan Buka dan Tutup Lengan Ayun Barrier Gate (Alat Bantu Pengatur Keluar dan Masuk Kendaraan) Iwan Agustiawan	16
2. Pengembangan Sistem Simulasi Lintasan Alat Iris Dua Dimensi Pada Mesin CNC Milling Muhammad Kusumawan Herliansyah	26
3. Simulasi Lintasan Produksi Terotomasi dengan Material Handling AGV Yuliana Dewi Muliarti, Ign. Luddy Indra Purnama, The Jin Ai	32
4. Simulasi Prediksi Cacat Penyusutan pada Pengecoran Cetakan Pasir Soejono Tjitro	41
5. Sistem Kontrol Traksi kendaraan dengan system Kontrol PID Fuzzy Ian Hardianto Siahaan, I Nyoman Sutantra	47
6. Pengendali 3 Motor Stepper Berbasis Internet Sebagai Simulasi Pengendali Mesin CNC R Prabandana Agung P, M.K. Herliansyah	52

## II. KELOMPOK APLIKASI SIMULASI PADA PRODUCTION MANAGEMENT DAN CONTROL

1. Analisis Performansi Tata Letak Lantai Produksi Terhadap Produktifitas dengan Menggunakan Model Simulasi  
Hari Agung Yuniarto 66
2. Aplikasi Cellular Manufacturing dan Simulasi untuk Perbaikan Tata Letak Pabrik  
Siti Mahsanah Budijati, Tri Budiyanto, Tri Sulistiowati 72
3. Integrasi Model Simulasi Dan Multi Objektif Dalam Sistem Manufaktur Sellular  
Rika Ampuh Hadiguna, Masrul Indrayana 82
4. Modifikasi *Particle Swarm Optimization* untuk Penjadwalan flowshop  
The Jin Ai 90
5. Optimasi Kombinasi Parameter Algoritma Genetik Untuk Penjadwalan Flowshop SDST/NIQ  
Ivana Christanmas, The Jin Ai 98
6. Penentuan Durasi Nyala Lampu Lalu Lintas di Perempatan Mirota Kampus Jogjakarta yang Optimal dengan Menggunakan Software Simulasi Arena 5.0  
Agus Mansur, Rilo Purnawan, Nugraha Agung 108
7. Penataan Ulang Layout Gudang Barang Jadi (Studi Kasus di PT "X", Palur)  
Vinsensius Tri Hadi Septiyanto, Hadi Santono, Baju Bawono 115
8. Penugasan Mesin-mesin Multi-purpose Non-identik pada Sistem Non-Fleksibel  
Yosephine Suharyanti, Laniewati, A. Kusumaningrum, M. E. Tjahjono 124
9. Simulasi Penentuan Utilitas Komputer dan Operator  
(Studi Kasus Di Warnet Am@N.Net)  
Erna Noviani, Hadi Santono, Slamet Setio Wigati 130
10. Aplikasi Simulasi Sistem untuk Penentuan Fasilitas Produksi  
Siti Mahsanah Budijati, Choirul Bariyah, Sukamto 138
11. Penelusuran Corective Action untuk Mengurangi Rejection Tag  
Iwan Rijayana 146
12. Permodelan Sistem dalam Pelayanan Rekam Medis di Rumah Sakit  
Widodo Hariyono 150

13. Evaluasi Fasilitas Jembatan Timbang di PT. Krakatau Bandar Samudra (KBS) dengan Menggunakan Simulasi Arena Didit Damur Rochman, Didi Teguh Pribadi, Setijadi	155
14. Aplikasi Model Simulasi Promodel untuk Analisis Sistem Transportasi Aliq Zuhdi, Maulida Boru B., Hendra Jati Kuncoro	165
15. Penerapan Simulasi Promodel untuk Evaluasi Sistem Material Handling Rizanty Pratiwi, Kurniawan Parwanto, Aliq Zuhdi	171
16. Analisis Kapasitas Produksi Menggunakan Metode Simulasi Promodel Maya Rani Puspita, Ryyld Ipbtas Yusri, Aliq Zuhdi	177

### III. KELOMPOK INVENTORY CONTROL

1. Optimasi Jumlah Cadangan Pengaman Antar Stasiun Kerja Just In Time (JIT) Menggunakan Model Simulasi Victor Suhandi	184
2. Pengendalian Persediaan Bahan Baku dengan Model Sistem Dinamik (Studi kasus : CV. Prima Furniture) Madyana AM, Tony Yuniarto, dan Natalie	193
3. Sistem Informasi Persediaan Produk di Gudang Barang Jadi Berbasis Local Area Network (LAN) Krisarinta Hari Suseno, Hadi Santono, Baju Bawono	203
4. Simulasi Sistem Kontrol Conwip Darma Ujur P Simbolon, Slamet Setio Wigati, Baju Bawono	211
5. The Effect of Demand Fluctuations Towards Backlog in MTO Companies: An Assessment Study With System Dynamics Bertha Maya Sopha	221
6. Penentuan Interval Preventive Replacement dan Persediaan Suku Cadang yang Optimal pada Mesin Norden 3002 di PT.X Nani Kurniati, Yulia Ekawati	227
7. Analisis Persediaan Untuk Membangun Supply Chain Management di Perusahaan Roti Barokah Klaten Annie Purwani, Siti Mahsanah Budijati, Enda Apriani	238
8. Model Simulasi Sistem Inventori dan Pengaruh Material Handling Anna Maria Sri Asih, Aliq Zuhdi, Budi Hartono	245

9. Minimasi Perbedaan Planning Order dan Actual Order Pada Sistem Kanban Dengan Simulasi Promodel  
Didiet Prihastuti, Aliq Zuhdi 252

#### **IV.KELOMPOK TEKNIK DAN APLIKASI SIMULASI**

1. Teknologi Simulasi untuk Analisis Keselamatan PLTN  
Anhar R. Antariksawan, Julwan H. Purba dan Surip S.Widodo 262
2. Mathematical Modeling and Simulation Using Spreadsheets  
Budi Hartono, Subagyo 272
3. Perancangan Destilasi Ekstraktif Pada Pemisahan Campuran Azeotrop Bertitik Didih Minimum dengan Entrainer Bertitik Didih Maksimum  
Sutijan 278
4. Pengendalian Kualitas Keramik dengan Pendekatan Six Sigma Pada PT. Tunas Asri Keramik Jogjakarta  
Reni Dwi Astuti, Endah Utami, Dwi Retno M 286
5. Simulasi Numerik Aliran Sisi *Shell* untuk Optimasi Desain Alat Penukar Kalor *Shell and Tube* dengan Aliran Pilin  
Bambang Teguh P., Anhar R Antariksawan, Himawan S 296
6. Simulasi Komputer Untuk Manajemen Kecelakaan Pada Reaktor Nuklir : Pengendalian Penyelia Manusia  
Djoko Hari Nugroho, Sudarno, Ahmad Abtokhi 303
7. Komputasi Metode COMSOAL dan Metode RPW untuk Penyeimbangan Lintasan Produksi Berbasis JAVA  
Supriyono, Andika Putra Mukti, Hafsah 313
8. Analisis Pemindahan Botol PT XYZ untuk Kelayakan Distribusi  
Slamet Fardyanto , Andino Maselena, Hendra, Yuddy Krisna Sudirman 322
9. Pengembangan Sistem Optimasi Energi Industri dengan Pendekatan Simulasi  
Samsul Kamal, Aliq Zuhdi, Kurniawan Budi Prasetyo, Suyana 334

#### **INDEKS PENULIS 339**

# Penugasan Mesin-mesin Multi-purpose Non-identik pada Sistem Non-Fleksibel

Yosephine Suharyanti, Laniewati, A. Kusumaningrum, M.E. Tjahjono

Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta  
Jl. Babarsari 43 Yogyakarta 55281  
E-mail : [yosephine@mail.uajy.ac.id](mailto:yosephine@mail.uajy.ac.id)

## Abstrak

Pada suatu lantai produksi ada kalanya terdapat multi-purpose machining center yang memungkinkan tiap job diproses pada mesin manapun. Jika ragam job yang datang berulang dan sistem pengendalian operasinya tak sebaik FMS, maka penetapan penugasan mesin akan mempermudah pelaksanaan produksi. Jika terdapat perbedaan kinerja mesin-mesin, yang menjadi permasalahan adalah bagaimana menetapkan penugasan mesin agar kinerja sistem sebaik mungkin. Makalah ini menyajikan pengembangan model penugasan dari beberapa tahap penelitian yang telah dilakukan. Berawal dari penugasan mesin secara off-line dan deterministik (Model LAP), model penugasan dikembangkan agar lebih sesuai dengan sistem nyata yaitu dinamik, probabilistik, dan memungkinkan fleksibilitas pengendalian sampai batas tertentu (Model LAWP, MLAWP, dan MLAWP-AR). Penugasan didasarkan hanya pada karakteristik rerata sistem, sehingga perlu dikaji melalui studi simulasi untuk mengakomodasi unsur dinamik dan probabilistiknya. Simulasi dilakukan dengan perangkat lunak Arena 7.01, dengan kecepatan produksi dan flowtime sebagai ukuran kinerjanya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pada setiap tahap pengembangan memberikan peningkatan performansi sistem.

Kata kunci: multi-purpose, job berulang, non-fleksibel, penetapan penugasan, dinamik probabilistik.

## 1. Pendahuluan

Mesin-mesin pada sistem produksi konvensional, *flow shop* maupun *job shop*, biasanya bersifat khusus dan didedikasikan untuk proses tertentu. Perbedaan antara keduanya adalah bagaimana konfigurasi mesin-mesin tadi disusun untuk menjalankan fungsi yang diinginkan. Sebaliknya pada sistem manufaktur fleksibel (FMS), mesin-mesin biasanya bersifat *multi-purpose* sehingga dapat ditugaskan untuk berbagai proses, dengan sistem penanganan material dan pengendalian operasi yang tangkas. Namun demikian ada kalanya terdapat suatu *multi-purpose machining center* seperti pada FMS tetapi tidak disertai dengan sistem penanganan material dan pengendalian operasi yang setangkas FMS. Jika terdapat kondisi berikut ini:

- (a) mesin-mesin dalam *machining center* tersebut berbeda kinerjanya satu dengan yang lain
- (b) ragam *job* yang datang untuk diproses dalam sistem berulang sehingga dapat diprediksikan probabilitasnya

maka menetapkan penugasan mesin-mesin untuk suatu jangka waktu tertentu akan memudahkan pelaksanaan operasi produksi. Perubahan penugasan dapat dilakukan jika terdapat perubahan karakteristik ragam *job* yang datang. Dengan demikian, karakteristik sistem yang sebenarnya *job shop* dibuat seolah seperti *flow shop*.

Subramaniam dkk. (2000) mengusulkan beberapa beberapa model penugasan yaitu *Least Average Process time* (LAP), *Least Average Cost* (LAC), dan *Least Aggregate Cost and Process time* (LACP). Dua metode terakhir adalah variasi dari Model LAP. Model LAP memiliki keterbatasan yaitu:

- (a) hanya dapat diterapkan pada kasus jumlah operasi dari setiap *job* kurang dari atau sama dengan jumlah mesin
- (b) mengasumsikan karakteristik sistem deterministik.

Oleh karena itu Tjahjono (2003) mengembangkan Model LAP dengan memodifikasi algoritma penugasannya sehingga berlaku lebih umum tanpa batasan jumlah operasi, dan dapat diterapkan pada sistem yang bersifat dinamik dan probabilistik. Model yang dikembangkan oleh Tjahjono (2003) dinamakan *Least Average Weighted Processing time* (LAWP).

Selanjutnya, Kusumaningrum (2005) melihat bahwa Model LAP maupun LAWP memiliki kelemahan yaitu bahwa penugasan selalu dimulai dari operasi pertama sehingga menutup peluang untuk optimasinya. Oleh karena itu model LAWP dimodifikasi untuk mendapatkan penugasan yang lebih baik dengan memulai penugasan dari operasi yang memiliki waktu proses terkecil. Model ini kemudian dinamakan *Modified Least Average Weighted Processing time* (MLAWP).

Dengan mengacu pada hasil penelitian Suharyanti (2003) yang menyebutkan bahwa pemindahan beban secara dinamik pada batas-batas tertentu antara dua fasilitas produksi dalam suatu jaringan fasilitas akan dapat meningkatkan kinerja jaringan secara keseluruhan, Laniewati (2004) mengembangkan Model MLAWP menjadi Model *Modified Least Average Weighted Processing time with Alternative Routing* (MLAWP-AR). Model

MLAWP-AR pada dasarnya sama dengan Model MLAWP, hanya ada suatu operasi yang diberikan alternatif pengalokasiannya pada dua mesin yang dapat dipilih. Pemilihan mesin mana yang akan dipakai dilakukan pada saat operasi produksi telah dijalankan dengan kriteria tertentu.

## 2. Tahapan Pengembangan Model

Berikut akan diuraikan lebih rinci pengembangan model penugasan dari model awal yang menjadi acuan sampai diperoleh model terakhir.

### 2.1. Model *Least Average Process time* (LAP)

Model LAP pada dasarnya adalah penugasan operasi pada mesin yang waktu prosesnya terkecil. Asumsi dasar yang harus dipenuhi untuk penerapan algoritma ini:

- Waktu proses deterministik.
- Penugasan bersifat statik karena seluruh *job* yang akan dikerjakan telah siap.
- Jumlah operasi tiap *job* kurang dari atau sama dengan jumlah mesin.

Algoritma Model LAP untuk penugasan  $N$  *job* yang memiliki  $O$  operasi pada  $M$  mesin *multi-purpose* non-identik adalah:

- Hitung  $t_{om} = \frac{\sum_{i=1}^N t_{iom}}{N}$ ,  $o = 1, 2, 3, \dots, O; m = 1, 2, 3, \dots, M$
- Mulai dari  $o = 1$ , tentukan  $m_o^*$  yaitu  $m$  yang diberikan oleh  $\min(t_{om})$ .
- Jika  $o = O$ , lanjutkan ke langkah (4), sebaliknya  $o = o + 1$  dan kembali ke langkah (2)
- Selesai.

Berikut diberikan sebuah contoh kasus dengan  $N = 5$ ,  $O = 2$ ,  $M = 2$  dengan penyelesaian penugasan mesinnya menggunakan model LAP.

Tabel I. Data waktu proses ( $t_{nom}$ ) Contoh Kasus 1.

n ( <i>job</i> )	o (operasi)	$t_{nom}$ untuk m (mesin) =	
		1	2
1	1	9	9
	2	4	7
2	1	1	2
	2	3	1
3	1	4	8
	2	0	6
4	1	4	6
	2	3	6
5	1	0	4
	2	4	6

Langkah (1) Algoritma Model LAP untuk  $o = 1$  dan  $m = 1$  misalnya akan memberikan nilai

$t_{11} = \frac{\sum_{i=1}^5 t_{i11}}{5} = \frac{9+1+4+4+0}{5} = 3,6$ . Nilai-nilai  $t_{om}$  yang lain dapat dicari dengan cara serupa. Selanjutnya mesin yang dipilih untuk ditugasi suatu operasi adalah mesin yang mempunyai  $t_{om}$  terkecil untuk setiap  $o$ . Hasil penerapan Algoritma Model LAP disajikan pada Tabel II.

Tabel II. Hasil perhitungan  $t_{om}$  dan  $m_o^*$  Contoh Kasus 1 dengan Model LAP.

o (operasi)	$t_{om}$ untuk m (mesin) =		$m_o^*$
	1	2	
1	3,6	5,8	1
2	2,8	5,2	2

Jadi akhirnya diperoleh urutan penugasan: operasi 1 di mesin 1 dan operasi 2 di mesin 2. Dalam Model LAP, sekali suatu mesin telah ditugaskan, mesin tersebut tidak lagi dapat ditugaskan untuk operasi yang lain.

## 2.2. Model Least Average Weighted Processing time (LAWP)

Model dikembangkan untuk mengurangi keterbatasan Model LAP, sehingga asumsi pertama dan ketiga menjadi tidak diperlukan. Asumsi yang masih dipertahankan adalah bahwa penugasan bersifat statik dan deterministik tetapi diterapkan untuk sistem yang dinamik dan probabilistik. Penugasan secara statik dan deterministik ditujukan untuk menghindari kompleksitas perhitungan yang tidak perlu. Akomodasi dinamika sistem dilakukan dengan mengumpulkan data kedatangan *job* dalam jangka waktu cukup panjang sehingga diperoleh data proporsi kedatangan tiap jenis *job*. Proporsi ini akan digunakan untuk memberikan bobot pada waktu proses saat penugasan dilakukan sehingga hasil penugasan dapat mewakili sistem yang dinamik. Akomodasi sifat probabilistik sistem dilakukan dengan menggunakan waktu antar kedatangan *job* dan waktu proses yang probabilistik, untuk kemudian dikaji lebih jauh melalui suatu studi simulasi.

Algoritma Model LAWP untuk penugasan  $N$  *job* yang memiliki  $O$  operasi pada  $M$  mesin *multi-purpose* non-identik adalah:

- (1) Hitung  $t_{om} = \sum_{i=1}^N \alpha_i t_{iom}$  ,  $o = 1,2,3,\dots, O; m = 1,2,3,\dots, M$
- (2) Mulai dari  $o = 1$
- (3) Tentukan  $t_{om(kum)}$  yaitu nilai kumulatif  $t_{om}$  dari operasi-operasi yang telah dialokasikan ke mesin  $m$  sampai dengan operasi  $o$ .
- (4) Tentukan  $m_o^*$  yaitu  $m$  yang diberikan oleh  $\min(t_{om(kum)})$ .
- (5) Jika  $o = O$ , lanjutkan ke langkah (6), sebaliknya  $o = o + 1$  dan kembali ke langkah (3)
- (6) Selesai.

Berikut diberikan sebuah contoh kasus dengan  $N = 5$ ,  $O = 3$ ,  $M = 2$  dengan penyelesaian penugasan mesinnya menggunakan model LAWP.

Tabel III. Data waktu proses ( $t_{nom}$ ) dan bobot job ( $\alpha_n$ ) Contoh Kasus 2

n ( <i>job</i> )	$\alpha_n$	o (operasi)	$t_{nom}$ untuk m (mesin) =	
			1	2
1	0,2	1	9	9
		2	4	7
		3	1	5
2	0,3	1	1	2
		2	3	1
		3	1	0
3	0,3	1	4	8
		2	0	6
		3	0	8
4	0,1	1	4	6
		2	3	6
		3	2	6
5	0,1	1	0	4
		2	4	6
		3	7	6

Langkah (1) Algoritma Model LAWP untuk  $o = 1$  dan  $m = 1$  misalnya akan memberikan nilai  $t_{11} = (0,2)(9) + (0,3)(1) + (0,3)(4) + (0,1)(4) + (0,1)(0)$ . Nilai-nilai  $t_{om}$  yang lain dapat dicari dengan cara serupa. Selanjutnya mesin yang dipilih untuk ditugasi suatu operasi adalah mesin yang mempunyai  $t_{om(kum)}$  terkecil untuk setiap  $o$ . Hasil penerapan Algoritma Model LAWP disajikan pada Tabel IV.

Tabel IV. Hasil perhitungan  $t_{om}$  dan  $m_o^*$  Contoh Kasus 2 dengan Model LAWP.

o (operasi)	$t_{om}$ untuk m (mesin) =		$t_{om(kum)}$ untuk m (mesin) =		$m_o^*$
	1	2	1	2	
1	3,6	5,8	3,6	5,8	1
2	2,8	5,2	6,4	5,2	2
3	2,2	5,0	5,8	10,2	1

Jadi akhirnya diperoleh urutan penugasan: operasi 1 di mesin 1, operasi 2 di mesin 2, dan operasi 3 di mesin 1.

### 2.3. Model Modified Least Average Weighted Processing time (MLAWP)

Perbedaan model ini dengan Model LAWP terletak pada urutan penugasan yang tidak selalu dari operasi 1 melainkan dari operasi mana saja yang memiliki  $t_{om(kum)}$  terkecil. Asumsi dasarnya sama dengan Model LAWP.

Algoritma Model MLAWP untuk penugasan N job yang memiliki O operasi pada M mesin multi-purpose non-identik adalah:

- (1) Hitung  $t_{om} = \sum_{i=1}^N \alpha_i t_{iom}$  ,  $o = 1,2,3,\dots, O; m = 1,2,3,\dots, M$
- (2) Mulai dari o yang memiliki  $\min(t_{om})$ .
- (3) Tentukan  $t_{om(kum)}$  yaitu nilai kumulatif  $t_{om}$  dari operasi-operasi yang telah dialokasikan ke mesin m sampai dengan operasi o untuk semua o dan m
- (4) Tentukan  $m_o^*$  yaitu m untuk operasi o yang diberikan oleh  $\min(t_{om(kum)})$ .
- (5) Jika telah selesai untuk semua o, lanjutkan ke langkah (6), sebaliknya kembali ke langkah (3)
- (6) Selesai.

Berikut adalah penyelesaian Contoh Kasus 2 dengan Model MLAWP.

Tabel V. Hasil perhitungan  $t_{om}$  dan  $m_o^*$  Contoh Kasus 2 dengan Model MLAWP.

o (operasi)	$t_{om}$ untuk m (mesin) =		$t_{om(kum)}$ untuk m (mesin) =		$m_o^*$
	1	2	1	2	
Iterasi 1					
1	3,6	5,8	3,6	5,8	
2	2,8	5,2	2,8	5,2	
3	2,2	5,0	2,2	5,0	1
Iterasi 2					
1	3,6	5,8	5,8	5,8	
2	2,8	5,2	5,0	5,2	1
Iterasi 3					
1	3,6	5,8	8,6	5,8	2

Jadi akhirnya diperoleh urutan penugasan: operasi 1 di mesin 2, operasi 2 di mesin 1, dan operasi 3 di mesin 1. Jika distribusi beban mesin untuk Contoh Kasus 2 dibandingkan berdasarkan Model LAWP dan MLAWP seperti ditunjukkan oleh Tabel VI, terlihat bahwa Model MLAWP memberikan pemerataan beban yang lebih baik. Demikian juga dengan total bebannya, Model MLAWP memberikan beban lebih kecil dibandingkan dengan Model LAWP. Minimasi total beban dan pemerataan distribusi beban diharapkan akan memberikan kecepatan produksi lebih besar dan *flowtime* yang lebih pendek.

Tabel VI. Distribusi beban mesin Contoh Kasus 2 berdasarkan Model LAWP dan MLAWP.

m	$t_{om(kum)}$ berdasarkan Model LAWP	$t_{om(kum)}$ berdasarkan Model MLAWP
1	10,2	5,0
2	5,2	5,8
Rerata	7,2	5,4

### 2.4. Model Modified Least Average Weighted Processing time with Alternative Routing (MLAWP-AR)

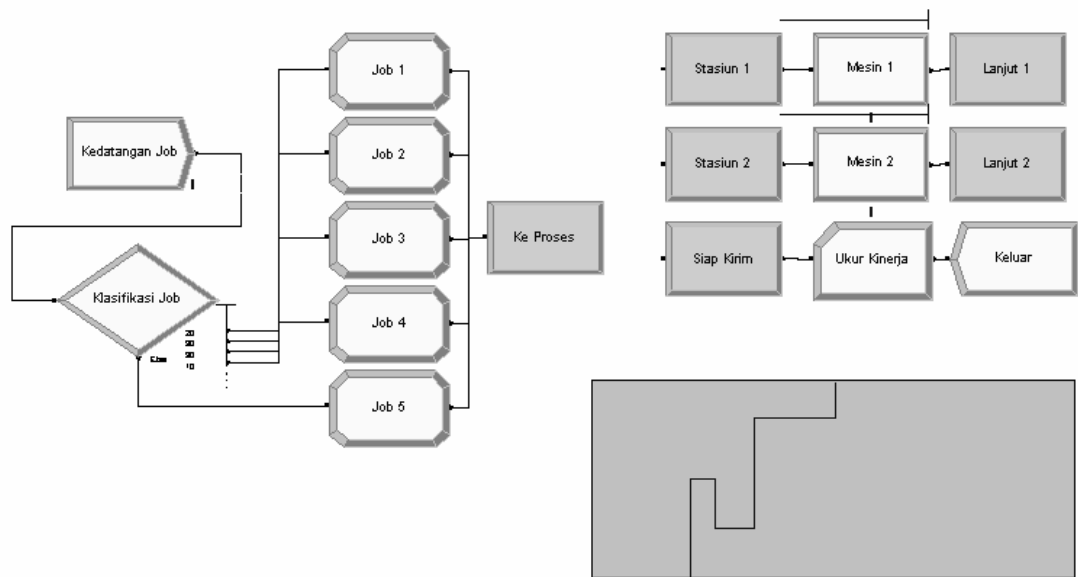
Model ini adalah pengembangan Model MLAWP yang bertujuan untuk memperoleh pemerataan beban yang lebih baik dengan cara memberikan alternatif penugasan mesin untuk salah satu operasi. Operasi yang dipilih untuk diberikan alternatif penugasannya adalah operasi yang terdapat pada mesin dengan beban terbesar. Alternatif mesinnya adalah mesin dengan beban terkecil. Operasi dipilih sedemikian rupa sehingga waktu operasi mesin alternatif adalah waktu yang relatif kecil. Model ini diterapkan pada saat pengendalian operasi produksi. Operasi yang memiliki alternatif pengalokasian pada dua mesin akan dialokasikan ke mesin yang memiliki antrian terpendek pada saat operasi tersebut siap. Antrian terpendek dianggap dapat mewakili antrian beban terkecil meskipun tidak mutlak, karena sebenarnya beban mesin tergantung tidak hanya pada panjang antrian tetapi juga jenis *job* yang mengantri.

Jika diterapkan pada Contoh Kasus 2, dari Tabel VI akan tampak bahwa beban mesin terbesar adalah mesin 2. Karena mesin 2 hanya ditugasi operasi 1, maka operasi 1 dipilih untuk diberikan alternatif pengalokasian pada mesin 1. Jadi ketika sistem berjalan, job yang datang akan dibawa ke mesin 1 atau 2 untuk dijalankan operasi pertamanya, tergantung pada panjang antrian terpendek di mesin mana.

### 3. Simulasi untuk Pengukuran Kinerja Sistem dan Hasil

Karena penugasan mesin seperti diuraikan di depan hanya didasarkan pada rerata karakteristik *job* dan proses, maka diperlukan suatu studi simulasi untuk mengevaluasi kinerja sistem sesungguhnya yang dinamik dan probabilistik. Dengan simulasi yang dilakukan, fenomena antrian yang selalu terdapat dalam sistem produksi probabilistik tetapi tidak dipertimbangkan saat penugasan, dapat diamati.

Simulasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Arena 7.01. Gambar berikut menunjukkan model dalam Arena 7.01 untuk Contoh Kasus 2.



Gambar 1. Model simulasi Arena 7.01 untuk Contoh Kasus 2

Evaluasi 246 kasus untuk membandingkan pengaruh pemberian bobot pada Model LAWP terhadap Model LAP memberikan hasil bahwa 88% kasus menunjukkan Model LAWP memberikan kinerja lebih baik daripada Model LAP. Kegagalan 12% kasus diperkirakan disebabkan oleh prosedur penugasan yang selalu dimulai dari operasi 1 sehingga peluang untuk mengalokasikan beban seminimum mungkin hilang sebagian.

Evaluasi 5 kasus untuk membandingkan pengaruh perubahan prosedur penugasan pada Model MLAWP terhadap Model LAWP memberikan hasil 60% kasus menunjukkan Model MLAWP memberikan kinerja lebih baik daripada Model LAWP. Kegagalan 40% kasus diperkirakan disebabkan oleh terlalu besarnya perbedaan nilai-nilai waktu operasi sehingga perbedaan perilaku Model MLAWP dengan Model LAWP tidak terlihat.

Evaluasi 41 kasus untuk membandingkan pengaruh alternatif penugasan pada Model MLAWP-AR terhadap Model MLAWP memberikan hasil 68% kasus menunjukkan Model MLAWP-AR memberikan kinerja lebih baik daripada Model LAWP. Kegagalan 32% kasus diperkirakan disebabkan oleh penggunaan kriteria panjang antrian dalam pemilihan rute alternatif, karena panjang antrian tidak selalu tepat untuk mengukur kondisi beban suatu mesin.

### 4. Kesimpulan, Keterbatasan, dan Pengembangan

Dari uraian di depan dapat disimpulkan bahwa pengembangan Model LAP (Subramaniam, 2000) menjadi Model MLAWP-AR melalui beberapa tahap penelitian tersebut di depan secara umum dapat meningkatkan kinerja sistem. Model ini diharapkan dapat dipakai sebagai pedoman awal penugasan fasilitas produksi secara umum, tidak hanya mesin, yang bersifat multi-purpose. Keterbatasan model-model di depan semata karena model-model tersebut belum pernah diterapkan dan diujikan pada sistem nyata. Dengan demikian, terbuka peluang untuk penerapan dan pengujian model ini di sistem nyata. Ke depan, penulis akan mencoba menerapkan model ini pada sistem produksi jasa, dengan menempatkan pekerja di sistem jasa tersebut seperti

fasilitas produksi/mesin yang *multi-purpose*. Selain itu, model akan dikembangkan lebih lanjut ke paralelisasi mesin jika terdapat kesenjangan besar pada beban antar mesin, yang diharapkan dapat meningkatkan lagi kinerja sistem.

### 5. Daftar Notasi

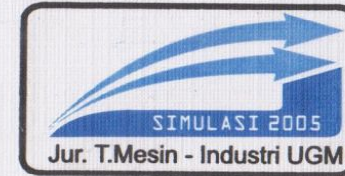
$t_{nom}$	= waktu proses <i>job</i> $n$ operasi ke- $o$ pada mesin $m$
$t_{om}$	= waktu proses rerata (terbobot) operasi ke- $o$ dari semua <i>job</i> pada mesin $m$
$t_{om(kum)}$	= kumulatif $t_{om}$ semua operasi yang telah teralokasi pada mesin $m$ sampai dengan operasi ke- $o$
$m$	= indeks mesin
$m_o^*$	= mesin terpilih untuk ditugas operasi $o$
$n$	= indeks <i>job</i>
$o$	= indeks operasi
$\alpha_n$	= proporsi <i>job</i> $n$

### 6. Daftar Pustaka

- (1) Kusumaningrum, A., 2005, *Penugasan Mesin Multi-purpose dengan Metode Modified Least Average Weighted Processing time*, Skripsi Sarjana Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.
- (2) Laniewati, 2004, *Penugasan Mesin Multi-purpose dengan Metode LAWP with Alternative Routing*, Skripsi Sarjana Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.
- (3) Subramaniam, V., Lee, G.K., Ramesh, T., Hong, G.S., dan Wong, Y.S., 2000, Machine Selection Rule in A Dynamic Job Shop, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 16, 902-908.
- (4) Suharyanti Y., 2004, Model Pemanfaatan Kapasitas Stasiun Non-kendala untuk Peningkatan Kapasitas Lintasan Produksi, *Prosiding Seminar Nasional Viable Manufacturing System 2004: Peran Teknologi Industri dalam Pengembangan Advanced Manufacturing Technology Pasca Krisis*, Yogyakarta.
- (5) Suharyanti, Y., 2003, Model Penggunaan Kapasitas Bersama untuk Meningkatkan Kapasitas Jaringan Manufaktur, *Proceedings Seminar Sistem Produksi VI 2003: Pemberdayaan Industri Pendukung untuk Optimasi Rantai Pasok Manufaktur*, Yogyakarta.
- (6) Tjahjono, M.E., 2003, *Penugasan Mesin-mesin Multi-purpose*, Skripsi Sarjana Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.
- (7) Tjahjono, M.E., Suharyanti, Y., dan Wigati, S.S., 2003, Penentuan Penugasan Mesin-mesin Multi-purpose dengan Memperhatikan Frekuensi Kedatangan Job dan Kerandoman Waktu Proses, *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2003*, Yogyakarta.



# SERTIFIKAT



Diberikan kepada

**YOSEPHINE SUHARYANTI, MT.**

Atas partisipasinya sebagai

**PEMAKALAH**

dalam acara

**Seminar Nasional**

**“Teknologi Simulasi Dan Aplikasinya Untuk Optimalisasi Industri”**

Yang diselenggarakan oleh Laboratorium Desain Simulasi dan Komputasi

Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM

Tanggal 1-2 Juni 2005, KPTU Fakultas Teknik UGM

Yogyakarta, 2 Juni 2005

Dekan Fakultas Teknik  
UNIVERSITAS GADJAH MADA



Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA  
NIP. 130895706

Ketua Jurusan Teknik Mesin  
UNIVERSITAS GADJAH MADA

Ir. Sutrisno, MSME, Ph.D.  
NIP. 130 895705

Ketua Panitia



Ir. Aliq, MT  
NIP. 3300003832