

Aplikasi Metode Group Technology dalam Memperbaiki Tata Letak Mesin untuk Meminimalkan Jarak Perpindahan Bahan

Abdurrozzaq Hasibuan

Luthfi Parinduri

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik
Universitas Islam Sumatera Utara

Abstrak

Perencanaan dan pengaturan tata letak pabrik berpengaruh pada proses pemindahan bahan karena biaya proses pemindahan bahan dapat mencapai 30% - 90% dari total biaya produksi. Selama ini sebuah perusahaan mebel logam melakukan proses pembuatan mebel logam berdasarkan lokasi mesin-mesin yang ada. Penempatan penambahan mesin ataupun bahan yang digunakan hanya berdasarkan ruang yang ada. Jarak antara proses (mesin) satu dengan yang lain tidak dipertimbangkan sehingga terjadi kesimpangsiuran proses. Bahan setengah jadi harus menunggu hingga jumlah tertentu untuk dipindahkan. Untuk itu dilakukan pengaturan tata letak mesin-mesin yang ada dengan menggunakan Metode *Group Technology*. Metode yang digunakan adalah metode *Rank Order Clustering*, *Similarity Coefficient* dan *p-median*. Dengan metode ini jarak perpindahan bahan berhasil dikurangi hingga 68 %.

Kata-kata Kunci : *Group Technology, Rank Order Clustering, Pengangkutan Material*

Abstract

Material handling process is affected by planning and setting layout facility since cost of material handling can reached 30% - 90% total production cost. In a metal furniture factory products were made without good setting layout facility. The machines and material were set at empty places. Distances between machines were not set so the traffic would get traffic jam. Unfinished material must wait until the number requirement for handling is reached. The layout setting of machines will be set with *Group Technology*. The methods used are *Rank Order Clustering*, *Similarity Coefficient* and *p-median*. The result of this method can reduce distance of material handling until 68%

Key words : *Discrete System Simulation, Manufacturing*

Pendahuluan

Biaya proses pemindahan bahan dapat mencapai 90% dari total biaya produksi. Pengaturan tata letak mesin juga bergantung pada macam, bentuk dan jumlah produk yang akan dibuat. Kesemuanya ini akan menentukan jenis order dan tata letak fasilitas produksi yang diperlukan. Menurut Singh, dalam industri manufaktur 60% - 80% jenis order barang merupakan *batch order*. Pada penelitian yang lain didapatkan 50% order juga berupa *batch order*.

Sebuah perusahaan mebel logam ini

menerima order dalam bentuk *batch order* dan pemesanan yang berulang. Disini ini terdapat empat unit produksi yaitu unit potong kawat, potong pipa, produksi 1 dan produksi 2. Hasil dari unit potong kawat dan potong pipa merupakan komponen dasar untuk kedua unit yang lain. Proses di unit produksi 1 dan unit produksi 2 saling terkait, namun penempatan mesin yang ada belum beraturan sehingga tidak jarang hasil dari unit produksi 1 dibawa ke unit produksi 2 dan dikembalikan lagi ke unit produksi 1 untuk proses lebih lanjut. Akibat kesimpang-siuran

proses, maka jarak perpindahan bahan menjadi semakin panjang. Untuk memperpendek jarak perpindahan tersebut dilakukan perancangan ulang dengan menggunakan *Metode Group Technology (GT)*, yaitu perpaduan antara tata letak produk dengan tata letak proses.

Tata letak pabrik merupakan suatu tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas pabrik guna menunjang kelancaran proses produksi. Pengaturannya dengan memanfaatkan luas area yang ada untuk menempatkan mesin dan fasilitas penunjang produksi yang berdampak pada kelancaran gerak dari perpindahan bahan. Hal yang diatur adalah mesin dan departemen. Selain pengaturan tersebut, pemilihan salah satu jenis tata letak fasilitas juga dipengaruhi oleh volume produksi dan variasi produk.

Industri yang memproduksi produk dengan jumlah variasi produk sedang dapat dikategorikan dalam GT. Industri dengan periode produksi pendek dan sistem produksi yang berubah terus menerus tidak disarankan menggunakan metode GT.

Menurut beberapa pendapat tau filosofi dari GT, terdapat pengertian yaitu ide dasar GT adalah menguraikan suatu sistem manufaktur ke dalam sub sistem. Prinsip GT adalah merealisasi masalah-masalah yang memiliki kesamaan dengan mengelompokkan masalah berdasarkan kesamaan agar didapatkan solusi tunggal untuk sekelompok masalah sehingga dapat menghemat waktu dan usaha. GT juga merupakan suatu filosofi yang mengimplikasikan ide untuk mengetahui dan memanfaatkan kesamaan dalam tiga cara berbeda. GT merupakan suatu filosofi manufaktur yang mengidentifikasi dan mengelompokkan benda kerja menurut kesamaan desain maupun produksi. Benda kerja yang sama disusun dalam *part families (PF)* sehingga diyakini dapat menghasilkan efisiensi manufaktur.

Keuntungan dari kode GT adalah desain sistem manufakturing sel dan perencanaan proses. Keuntungan dari penggunaan GT dapat berupa pengurangan frekuensi pemindahan bahan. Pada implementasinya perlu dilakukan identifikasi PF dan

penyusunan ulang mesin produksi ke dalam mesin sel.

Blocplan merupakan suatu algoritma untuk membangun dan mengubah tata letak. *Blocplan* digunakan untuk menghitung aliran atau frekuensi perpindahan dalam bentuk matrik. Software ini menawarkan pendekatan heuristik untuk menyelesaikan masalah tata letak.

Data aliran produk dapat digunakan untuk menghitung aliran atau frekuensi dari perjalanan matrik. Hubungan antar tiap elemen berupa indikator hubungan antar fasilitas *i* dan *j*. Penentuan bentuk bangunan serta penambahan beberapa fasilitas dapat dilakukan secara manual.

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, dilakukan serangkaian langkah penelitian sebagai berikut :

1. Melakukan analisis terhadap produk yang ada, mulai dari data jenis produk, jumlah produk, urutan proses, jenis dan ukuran mesin yang digunakan, kapasitas angkut dan jumlah produk yang dipindahkan
2. Memilih produk yang akan dianalisis dan menentukan metode penyelesaian yang ada di *Group Technology*
3. Membuat matrik *indicator machine-part* dan menyelesaikannya dengan metode *Rank Order Clustering* untuk mendapatkan jumlah *part family*.
4. Dengan menggunakan *p-median* yang merupakan salah satu penyelesaian *mathematical programming approach*, dilakukan pengelompokkan komponen (*part*) yang memiliki kesamaan.
5. Melakukan perhitungan frekuensi perpindahan dari jumlah produk yang dipindahkan berdasarkan *part family* yang ada.
6. Menentukan jumlah kebutuhan mesin untuk tiap-tiap *part family*.
7. Mengatur lay out dengan bantuan software *Blocplan*.
8. Menghitung jarak perpindahan dengan menggunakan *aisle distance* dan membandingkannya dengan jarak perpindahan pada tata letak lama.

Hasil dan Pembahasan

Data Produk yang dianalisis

Data produk yang dianalisis merupakan produk yang sering dipesan dalam jumlah besar dan berulang. Dalam hal ini ada 8 jenis dengan jumlah komponen sebanyak 75 buah. Produk tersebut merupakan jenis kebutuhan rumah tangga, yaitu *hanger and wire shelf, three layer, corner rack, curtain rod, vanity mirror, stool, cloth dryer* dan *bath shelf*. Tiap produk terdiri dari beberapa komponen yang dirakit. Perakitan dilakukan melalui beberapa proses. Prosesnya dapat berupa pengelasan, pemotongan kawat, proses *punch*, pembuatan ulir, pembuatan lubang, penekukan, pengerolan, pemotongan, penggerindaan serta pengeringan.

Konfigurasi Sel

Dari hasil perhitungan *matrix indicator machine-part* dan konfigurasi sel, pembobotan berakhir pada iterasi ke 63. Hasilnya disimpulkan ada 2 kelompok sel yang membentuk diagonal sehingga dikatakan ada 2 *part family* (PF) dengan terjadi *bottleneck*. Jumlah PF didapatkan dengan bantuan *Rank Order Clustering* (ROC). Jumlah PF ini akan digunakan dalam perhitungan p-median.

Tahap berikutnya merupakan tahap untuk menentukan nilai koefisien kesamaan (*similarity coefficient*) antara dua jenis *part* yang diproses pada mesin yang sama. Hasilnya berupa matrik simetri dengan nilai berkisar dari 0 hingga 1, angka 1 berarti antara *part* i dan j diproses dengan mesin k. Angka 0 berarti antara *part* i dan k tidak diproses pada mesin yang sama sehingga tidak memiliki kemiripan proses. Angka mendekati 1 berarti antara *part* i dan j, prosesnya sama.

Untuk mendapatkan anggota tiap PF, digunakan hasil matrik dan jumlah PF. Hasil dari perhitungan merupakan suatu fungsi tujuan yaitu dengan memaksimalkan koefisien kesamaan s_{ij} dari tiap *part* i dalam kelompok j. Pada proses pengelompokan PF 1 terdiri dari 51 *part* dan PF 2 terdiri dari 24 *part*.

Frekuensi Perpindahan

Frekuensi perpindahan bahan dari satu jenis mesin ke mesin lain didapatkan berdasarkan data rata-rata banyak perpindahan *batch* tiap produk dalam waktu satu bulan. Frekuensi tersebut juga dipengaruhi oleh kapasitas angkut, berat dan volume produk atau material. Besar frekuensi perpindahan dalam 1 bulan dari mesin 1 ke mesin lain untuk 1 jenis *part* dapat mencapai mencapai 80 kali dengan jarak perpindahan 13,5 m. Untuk jarak perpindahan terjauh pada PF 1 sebesar 45,75 m. Pada PF 2 frekuensi perpindahan hingga 73 kali dengan jarak 15,8 m. Sedangkan jarak tempuh terjauhnya adalah 28 m. Frekuensi perpindahan juga dipengaruhi oleh bentuk dan banyaknya permintaan tiap-tiap produk. Sedangkan jarak perpindahan selain dipengaruhi oleh jarak letak mesin antar unit juga terdapat pembatas sehingga perpindahannya harus keluar dulu dari masing-masing unit yang ada.

Jumlah Kebutuhan Mesin

Berdasarkan perhitungan kapasitas produksi dan jumlah permintaan, didapatkan jumlah kebutuhan mesin tiap PF. Kebutuhan dan jumlah mesin yang tersedia tidak selalu sama. Kelebihan mesin akan diatur penempatannya berdasarkan kebutuhan dari tiap PF atau luas ruang yang tersedia.

Dari beberapa jenis mesin pada umumnya terjadi kekurangan bila bagian produksi bekerja hanya 8 jam sehari. Berdasarkan pertimbangan manajemen untuk kekurangan jumlah mesin diantisipasi dengan cara lembur, sub-kontrak, modifikasi mesin atau beli peralatan baru.

Mesin yang ditambahkan adalah mesin *tap*, namun dengan cara modifikasi mesin bor duduk yang jumlahnya berlebih. Kekurangan dari unit mesin potong kawat, *tap* (pembuat ulir), bor tinggi, gerinda potong, mesin rol, *guillotine* dan gerinda duduk dilakukan penambahan alat. Kekurangan mesin las dikerjakan dengan cara sub kontrak.

Tujuan Penelitian

1. Meningkatkan kapasitas produksi dari sistem manufaktur yang di amati melalui penambahan alokasi sumberdaya peralatan.
2. Meningkatkan produktifitas proses dengan cara memperpendek waktu siklus produksi dan mengurangi jumlah barang dalam proses.

Model Simulasi Sistem

Sistem merupakan kesatuan dari elemen-elemen yang terhubung melalui mekanisme tertentu dan terikat dalam hubungannya interdependensi. Sistem memiliki sesuatu yang menjadi tujuan bersama. Dan lingkungan suatu sistem memiliki batas dengan sistem lain yang berada disekitarnya. Sistem juga memiliki hubungan bersifat umpan balik yang menyebabkan sistem senantiasa dinamis. Model merupakan suatu representasi atau formulasi dalam bahasa tertentu dari suatu sistem nyata. Dalam melakukan studi sistem, bahwa sebenarnya simulasi merupakan turunan dari model matematika dimana sistem, berdasarkan sifat perubahannya sendiri dikategorikan menjadi dua yaitu sistem diskrit dan sistem kontinyu. Sistem diskrit mempunyai maksud bahwa jika keadaan variabel-variabel dan sistem berubah seketika itu juga pada poin waktu terpisah. Sedangkan sistem kontinyu mempunyai arti jika keadaan variabel-variabel dalam sistem berubah secara terus menerus (kontinyu) mengikuti jalannya waktu. Simulasi merupakan alat analitis numeris terhadap model untuk melihat sejauh mana input mempengaruhi output atas performansi sistem. Klasifikasi model simulasi terdiri atas tiga dimensi yang berbeda, yaitu :

1. Menurut kejadian perubahan sistem yang berlangsung :

Model Simulasi Statis vs Dinamis.

Model statis merupakan representasi dari sebuah sistem pada waktu tertentu sedangkan model dinamis

menggambarkan suatu sistem yang lambat laun terjadi tanpa batas waktu.

2. Menurut kepastian dari probabilitas perubahan sistem ;

Model Simulasi Deterministik vs Stokastik

Model simulasi dikatakan deterministik jika dalam model tersebut mengandung komponen probabilitas yang pasti. Kebalikannya model simulasi stokastik adalah model yang kemungkinan perubahannya sangat acak.

3. Menurut sifat perubahannya ;

Model Simulasi Kontinyu vs Diskrit

Dalam simulasi sistem kontinyu, maka perubahan keadaan suatu sistem akan berlangsung terus menerus seiring dengan perubahan waktu, sebagai contoh adalah perubahan debit air dalam sebuah tangki reservoir yang dilubang bagian bawahnya. Akan tetapi untuk simulasi sistem diskrit, perubahan keadaan sistem hanya akan berlangsung pada sebagian titik perubahan waktu, seperti perubahan sistem yang terjadi pada suatu sistem manufaktur dan penanganan material.

Metodologi Penelitian

Objek Penelitian

Objek penelitian ini merupakan studi kasus pada proses produksi produk Kopel Kendaraan Bermotor pada perusahaan "X"

Sumber Data

Data-data yang diambil dan digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Kemampuan Produksi Perusahaan.
2. Data performansi manufaktur perusahaan : Cycle time/take time produk, waktu proses tiap stasiun kerja, waktu transportasi material dalam lini produksi, jumlah resource yang dimiliki, rentang waktu line stop/Downtime dan failure, jumlah output setiap satuan waktu tertentu, waktu tunggu tiap stasiun kerja, kecepatan alat pemindah material (AGV, Conveyor, Crane Hoist, trolley, dll), dan berbagai data mengenai ukuran kinerja proses produksi.

3. Data pendukung yang secara tidak langsung mempengaruhi kinerja produksinya, seperti : keberadaan perusahaan sub-kontrak dan kemampuannya yang meliputi jumlah produk yang mampu dipasok pada waktu tertentu, ketepatan waktu pengiriman, dan lain-lain.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa cara, antara lain observasi, wawancara, dan studi pustaka.

Uji Statistik

Uji statistik atau yang biasa disebut dengan uji hipotesis adalah sebuah proses untuk pengambilan keputusan tentang bagaimana harga parameter suatu populasi. Hipotesis adalah asumsi atau dugaan mengenai suatu hal yang dibuat (9). Untuk menjelaskan hal itu sering dituntut untuk melakukan pengujian. Uji Statistik yang digunakan dalam penelitian meliputi Goodness of Fit (Chi-square Tes), uji rata-rata, uji variansi, uji kesamaan dua rata-rata dan uji kesamaan dua variasi.

Validasi Model Simulasi

Validasi model adalah merupakan langkah untuk menguji apakah model yang telah disusun dapat merepresentasikan sistem nyata yang diamati secara benar. Model dikatakan valid jika tidak memiliki karakteristik dan perilaku yang berbeda secara signifikan dari sistem nyata yang diamati. Guna menentukan ukuran kuantitatif validitas model digunakan alat uji statistik. Adapun uji yang dilakukan meliputi uji keseragaman data uotput, uji keseragaman dua rata-rata, uji kesamaan dua variansi, dan uji kecocokan (dua sisi). Tabel 2, ringkasan hasil proses pengujian Validitas model :

Tabel 1. Ringkasan Hasil Uji Distribusi Data Sampel

Data sampel	Distribusi	Parameter Distribusi
Waktu proses Mesin Bubut -1	Normal	NORM (15.2, 1.27)
Waktu proses Mesin Bubut -2	Normal	NORM (14.3, 0.961)
Waktu proses Mesin Bubut Bor/Drill	Triangular	TRIA (6.74, 7.16, 7.47)
Waktu proses Mesin Bubut Frais/Mill	Uniform	UNIF (4.62, 5.58)
Waktu proses Inspeksi-1	Triangular	TRIA (0.39, 0.477, 0.6)
Waktu proses Inspeksi-2	Normal	NORM (7.13, 0.93)
Waktu Tranper part ke Dept. Produksi	Triangular	TRIA (2.26, 3.22, 3.91)
Waktu Transper Antar Proses	Uniform	UNIF (0.76, 1.3)

Tabel 2. Ringkasan hasil Uji Validitas model

No	Model Validasi	Batas Kritis Kiri-Kanan	Nilai Statistik Uji	Keterangan
1.	Keseragaman output/data	61.4-52.6	Mean =57	Valid
2.	Kesamaan rata-rata. (t-tes)	-2.04-2.04	T	Valid
3.	Kesamaan variansi. (f-tes)	0.476-2.101	F	Valid
4.	Kecocokan Distribusi Frekuensi. (x-Tes)	X	X	Valid

Analisa Hasil Simulasi

Pada analisa output hasil simulasi, harus ditentukan terlebih dahulu metode yang tepat untuk menganalisanya. Pendekatan untuk menentukan metode analisa yang tepat dari suatu model simulasi adalah dengan menilai tipe simulasi yang ada. Berkenaan dengan metode yang analisis, maka simulasi dibedakan menjadi dua jenis yaitu "*Terminating Simulation*" dan "*Non-Terminating Simulation*".

Simulasi yang merepresentasikan sebuah mekanisme kejadian yang memiliki "*initial condotion*" dapat dikatakan sebagai sebuah simulasi yang bertipe "*Terminating*". Kondisi inisial dapat dipahami sebagai sebuah kondisi dimana keadaan sistem akan di "*Set-up*" seperti keadaan semula setiap akan melakukan simulasi.

Dua hal yang biasanya menjadi perhatian dalam mengamati sebuah sistem selain ciri "*Terminating*" dan "*Non-Terminating*" adalah fase perubahannya yaitu fase "*Transient*" dan fase "*Steady-State*". Dalam menganalisa hasil simulasi perlu membedakan pengambilan data antar sistem yang masih berada dalam fase "*Transient*" dan fase "*Steady-State*".

Untuk menganalisis output hasil simulasi sistem nyata dipilih metode analisis pengelompokan nilai rata-rata atau *Batching Mean methods*. Pertimbangan memilih metode ini karena metode *Batching Mean Methods* lebih cocok dan dapat menghilangkan kecenderungan bias yang dimiliki oleh metode-metode lain seperti metode replikasi, metode *Squential Batch* ataupun metode *Regeneresi* Sistem.

Tabel 3. Ringkasan Ukuran Kinerja Model simulasi awal

Ukuran Kinerja	Rata-rata
Output/jam (unit)	5.12
Produktifitas rata-rata (output/input)	51.12%
Waktu Siklus Produk Jadi-1 (jam)	6.547
Waktu Siklus Produk Jadi-2 (jam)	8.49
Jumlah antrian pada stasiun pembubutan (unit)	5
Utilitas rata-rata Mesin Bubut	1
Jumlah antrian pada proses Bor (unit)	0.418

Desain pengembangan model

Proses pengembangan sistem dilakukan dengan dasar indentifikasi stasiun-stasiun proses yang menjadi titik hambatan. Pada stasiun-stasiun prose yang menjadi titik hambatan akan dilakukan penambahan alokasi sumberdaya peralatan guna meningkatkan kinerjanya. Akan tetapi, penambahan pada satu stasiun kerja belum tentu akan meningkatkan kinerja secara keseluruhan, bisa jadi hanya akan meningkatkan kinerja pada stsiun proses tersebut dan memindahkan titik hambat yang ada. Oleh karenanya penambahan jumlah alokasi sumberdaya peralatan didasarkan pada pandangan kolektifitas sistem. Hal tersebut akan membuat proses penambahan alokasi sumberdaya tidak bisa dilakukan dengan sekaligus, akan tetapi harus dengan proses iterarif sampai diperoleh hasil yang diharapkan.

Pada Tabel 4 terjadi antrian barang dalam proses yang cukup besar pada stasiun pembuatan. Maka untuk proses pengembangan iterasi pertama dilakukan penambahan satu unit mesin bubut pada stasiun tersebut. Dari skenario ini, melakukan modifikasi pada model perogram simulasi yang telah disusun. Dan setelah program tersebut dimodifikasi, maka dilakukan kembali analisa terhadap hasilnya, yang dihasilkan pada Tabel 5.

Dari Tabel tersebut ternyata diperoleh hasil bahwa stasiun yang menjadi titik hambat berpindah dari stasiun pembuatan kesetsiun pengeboran, dengan demikian dilakukan penambahan sumberdaya peralatan pada stasiun tersebut.

Tabel 4. Ringkasan Hasil Simulasi dan Uji "Sign Tes" pada metode "Batch Mean"

Batch ke-	Waktu Akhir Sim (menit)	Prpduk Jadi			Rata-rata Produk Jam	Sign	R	Data Rill Per Hari	Data Rill Per Jam	Square Error	Absolut Error
		1	2	Total							
1	240	15	12	27	6.75	+	1	53	6.63	0.02	0.13
2	480	36	18	54	6.75	+	0	55	6.88	0.02	0.13
3	720	59	25	84	7.00	+	0	54	6.75	0.06	0.25
4	960	81	35	116	7.25	+	0	54	6.75	0.25	0.50
5	1200	105	42	147	7.35	+	0	56	7.00	0.12	0.35
6	1440	124	52	176	7.33	-	1	54	6.75	0.34	0.58
7	1680	142	63	205	7.32	-	0	56	7.00	0.10	0.32
8	1920	153	76	229	7.16	-	0	60	7.50	0.12	0.34
9	2160	187	83	270	7.50	+	1	59	7.38	0.02	0.13
10	2400	217	73	290	7.25	-	1	56	7.00	0.06	0.25
11	2640	210	93	303	6.89	-	0	52	6.50	0.15	0.39
12	2880	247	54	301	6.27	-	0	59	7.38	1.22	1.10
13	3120	265	67	332	6.38	+	1	59	7.38	0.98	0.99
14	3360	276	73	349	6.23	-	1	56	7.00	0.59	0.77
15	3600	287	114	401	6.68	+	1	55	6.88	0.04	0.19
16	3840	350	123	473	7.39	+	0	57	7.13	0.07	0.27
17	4080	338	127	465	6.84	-	1	57	7.13	0.08	0.29
18	4320	261	119	380	5.28	-	0	58	7.25	3.89	1.97
19	4560	405	147	552	7.26	+	1	55	6.88	0.15	0.39
20	4800	418	161	579	7.24	-	1	57	7.13	0.01	0.11

							10			8.29	9.44
Rata-rata produk per jam total 20 batch						6.906					
Standar deviasi Produk Per jam 20 batch						5.541					
Variasi Produk Per jam 20 batch				0.278							
n =				20							
R =				10							

Runs Test :

$E(R) = (2n - 1) / 3$	13	Mean Square	0.41
$Var(R) = (16n-29) / 90$	3.233	Mean Absolute Error	0.47
$Stdev(R) = \text{sqrt}(Var)$	1.798	T(0.975,19) (3,233/sqr(20))	1.513

Tabel 5. Ringkasan Ukuran Kinerja Model Pengembangan -1

Ukuran Kinerja	Rata-rata
Output/jam (unit)	4,99
Produktifitas rata-rata (output/imput)	49.99%
Waktu Siklus Pruduk Jadi-2 (jam)	5.43
Waktu Siklus Pruduk Jadi-1 (jam)	5.49
Jumlah Antrian Pada Stasiun Pembubutan (unit)	6.85
Jumlah Antrian pada proses Bor (unit)	42.74

Tabel 6. Ringkasan Ukuran Kinerja Model Pengembangan -1

Ukuran Kinerja	Rata-rata
Output/jam (unit)	5.98
Produktifitas rata-rata (output/imput)	59.8%
Waktu Siklus Pruduk Jadi-2 (jam)	2.41
Waktu Siklus Pruduk Jadi-1 (jam)	2.21
Jumlah Antrian Pada Stasiun Pembubutan (unit)	6.63
Jumlah Antrian pada proses Bor (unit)	0

Proses pengembangan seperti itu harus dilakukan terus-menerus secara iteratif sampai hasil yang dikehendaki. Tabel di bawah ini menunjukkan ringkasan hasil proses desain pengembangan model sistem yang didasari pada penambahan

alokasi sumberdaya peralatan, kinerja sistem yang di wakili oleh parameter jumlah output per hari (8 jam). Sedangkan alokasi tempat penambahan sumberdaya peralatan sesuai dengan pergerakan titik hambat disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 7. Ringkasan Hasil Pengembangan Sistem dalam 4 Iterasi

Iterasi Ke -	Skenario Pengembangan	Output standar (unit)		Kenaikan Inkremental
		Per Hari (8 Jam)	Per bulan (25 Hari)	
0	Model Awal	5,12	919,2	0
1	Penambahan 1 unit mesin	4,99	798,4	-120,8
2	Penambahan 2 unit mesin	5,98	956,8	37,6
3	Penambahan 3 unit mesin	6,68	1068,8	112
4	Penambahan 4 unit mesin	7,98	1272,8	208
5	Penambahan 5 unit mesin	8,42	1347,2	71,4
6	Penambahan 6 unit mesin	10,51	1681	334,6

Tabel 8. Skenario Alokasi Penambahan Sumberdaya Peralatan

Penambahan Mesin Ke	Stasiun Proses yang di Tambah Alokasinya	Stasiun Proses Titik Hambat
0 (model awal)	Tidak ada	Pembubutan (Lathing)
1	Pembubutan (Lathing)	Pengeboran (Drilling)
2	Pengeboran (Drilling)	Pembubutan (Lathing)
3	Pembubutan (Lathing)	Frais (Milling)
4	Frais (Milling)	Pembubutan (Lathing)
5	Pembubutan (Lathing)	Pengeboran (Drilling)
6	Pengeboran (Drilling)	Pembubutan (Lathing)

Kesimpulan

1. Penambahan Mesin tidak selalu mengakibatkan bertambahnya output standart. Dengan penambahan satu unit, output standart menurun 5,12 unit per jam menjadi 4,99 unit per jam. Hal tersebut mengidentifikasikan bahwa peningkatan kinerja pada satu stasiun proses tidak selalu mengakibatkan kenaikan kinerja sistem secara kolektif
2. Alternatif terpilih adalah alternatif 6 dengan penambahan 6 unit mesin. Alternatif pengembangan ini mengakibatkan kenaikan output sebesar 100%. Alternatif ini juga memiliki tingkat kenaikan inkremental paling besar yaitu 334,6 unit dalam satu bulan
3. Alokasi penambahan mesin produksi sesuai dengan alternatif terbaik adalah 3 unit mesin pada stasiun pembubutan, 2 unit mesin pada stasiun pengeboran dan 1 unit mesin pada stasiun frais.

Daftar Pustaka

- Arya Wirabhuana *Desain Peningkatan Kinerja Sitem Manufaktur dengan Pendekatan Simulasi Sistem Diskrit*, Skripsi, 2000.
- , *Sistem Modelin Corp*, ARENA User's Guide 1995.
- Banks, J, JS. Carson, and B.L. Nelson, *Discreate-Event System Simulation*, Prentice Hall, New Jersey, 1996
- Hoover, Steawart V. & Ronald F Perry, *Simulation, Problem Solving Approach*, Addison Wesley, USA
- Krottmaier. J, *Optimazing Engineering Design*, McGraw-Hill International Editions, Singapore, 1994, USA, 1990
- Kelton, D.W., Averill m Law, Deborah A Sadowsky, *Simulation With Arena*, WCB McGraw-Hill, 1998
- Laboratorium Perancangan dan Optimasi Sistem Industri (POSI), *Prosiding Lokakarya Pemodelan Sistem, Tiori, Metodologi dan Aplikasi Dalam Industri*, ITB, Bandung, 1997.

- Law, A.M, and David W Kelton,
Simulation Modeling and Analysis,
McGraw-Hill, New York, 1991.
- Simatupang, Togar, *Pemodelan Sistem*,
Nindita, Klaten, 1996.
- Sudjana, *Metode Statistika* Tarsito,
Bandung, 1996.