

PROSIDING

Seminar Sistem Produksi XI Dan Seminar Nasional VI Manajemen dan Rekayasa Kualitas

"Operational Excellence towards Sustainability"

Hilton Hotel, Bandung - Indonesia, 1 Oktober 2015

**SSP XI
SNMRK VI**

Penyelenggara :



Kata Pengantar

Seminar Sistem Produksi (SSP) dan Seminar Nasional Manajemen Rekayasa Kualitas (SNMRK) merupakan dua dari sekian seminar nasional dalam bidang keteknik industri. SSP telah dilaksanakan sebanyak 10 kali dalam 3 dekade terakhir, sementara SNMRK telah dilaksanakan sebanyak 5 kali dalam 1 dekade terakhir. Alhamdulillah, pada tahun ini, SSP dan SNMRK kembali dilaksanakan melalui satu seminar yang dilaksanakan di Kota Bandung, 1 Oktober 2015. Seminar ini melibatkan kepanitiaan dari beberapa universitas, yakni Program Studi Teknik Industri Universitas Telkom, Program Studi Teknik Industri Institut Teknologi Nasional, dan Kelompok Keahlian Sistem Manufaktur Institut Teknologi Bandung dengan dukungan dari Badan Kerjasama Penyelenggara Pendidikan Tinggi Teknik Industri, Badan Kejuruan Teknik Industri, dan Ikatan Sarjana Teknik Industri dan Manajemen Industri.

SSP XI dan SNMRK VI memiliki tema “*Operational Excellence towards Sustainability*” untuk menyambut tantangan perdagangan bebas yang akan dihadapi bangsa Indonesia dalam waktu dekat. Melalui seminar ini, para peneliti dan akademisi diharapkan dapat bertukar pikiran mengenai hasil penelitiannya dan dapat berdiskusi untuk memberikan saran perbaikan untuk meningkatkan daya saing bangsa Indonesia di dunia Industri.

Jurnal makalah yang berkontribusi pada seminar ini sebanyak 58 makalah yang berasal dari 22 perguruan tinggi dan 1 orang praktisi yang dikelompokkan ke dalam 11 macam topik penelitian baik terkait dengan manajemen dan rekayasa kualitas maupun sistem produksi. Semoga penyelenggaraan seminar ini dapat memberi manfaat dalam memajukan keilmuan di Indonesia, khususnya di bidang manufaktur.

Bandung, September 2015

Panitia Seminar Sistem Produksi XI &
Seminar Nasional VI Manajemen dan Rekayasa Kualitas

STRUKTUR KEPANITIAN SSP XI DAN SNMRK VI

Steering Committee & Reviewer

1. Prof. Ir. Harsono Taroepratjeka, MSIE, Ph.D.
2. Prof. Dr. Ir. Bermawi P. Iskandar, M.Sc., Ph.D.
3. Prof. Dr. Abdul Hakim Halim
4. Prof. Dr. Ir. Dradjad Irianto, M. Eng.
5. Dr. Iwan I. Wiratmadja
6. Dr. Ir. T.M.A. Ari Samadhi, MSIE., Ph.D.
7. Ir. Rachmawati Wangsaputra, M.T., Ph.D.
8. Dr. Ir. Anas Ma'ruf, M.T.
9. Dr. Ir. Sukoyo, M.T.
10. Dr. Wisnu Aribowo, S.T., M.T.
11. Dr. Kusmaningrum Leksananto
12. Cahyadi Nugraha, S.T., M.T.
13. Arif Imran, Ph.D
14. Ir. Emsosfi Zaini, M.T.
15. Dr. Ir. Dida Dyah Damayanti, M.EngSC
16. Dr. Ir. Luciana Andrawina, M.T.
17. Dr. Kinley Aritonang
18. Catharina Badra Nawangpalupi, Ph.D.
19. Dr. Ir. Tjutju Tarliah Dimiyati, MSIE
20. Dr. Cucuk Nur Rosyidi, S.T., M.T.
21. Moses Laksono Singgih, S.T., MSc, MRegSc, Ph.D.

Operating Committee

1. Muhammad Akbar, S.T., M.T.
2. Sugih Arijanto, S.T., M.M.
3. Drs. Hari Adianto, M.T.
4. Rio Aurachman, S.T., M.T.
5. Atya Nur Aisha, S.T., M.T.
6. Asisten Laboratorium Sistem Produksi ITB

Afiq Bariz	Dennis Adiprawira	Ratna Widya
Ahmad Imaduddin	Jordan Syein	Rizka Septriana Maharani
Amalia Dwi Lestari	Miranda Jayatri	Tommy Anglomas
Anugrah Rusdianto	Mustika Sari	Vionita Atricia Wijaya
Arini Rahmawati	Nurul Lathifah	Yasmin Aruni
Arsy Karima Zahra	Qurrota A'yuni	Yuni Bella Pertiwi
Citra Bulan Astrid	Rania Dian Savitri	
7. Asisten Mahasiswa Prodi Teknik Industri ITENAS

Arty Dewi Raspati	Fithri H Megantari	
Pandu Djati Sentano	Rima Novyani Putri	
Anggita Muthia Dewi		
8. Asisten Mahasiswa Prodi Teknik Industri Universitas Telkom

Vito Abisena	Aminah Umi Khamidah	Syifa Pratiwi Arianti
Riska Anggreani	Sita Nurlailly	Shadika
Anna Annida N	Annisa Puspa Sari	Ghyna Nur Fajrianti
Terrin Eliska	Noviana	

GRUP-4

*Perencanaan, Pengendalian
Produksi & Sistem Produksi*

Putri, N. T. & Mustaqim, R.

PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU PEMBUATAN READYMIX K-350 DENGAN METODE LOT SIZING DINAMIS (STUDI KASUS : PT.IGASAR)

(Halaman D-1)

Wadana, B. R. & Ma'ruf, A.

USULAN PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA NOVEL HEURISTIC APPROACH UNTUK MEMINIMASI MAKESPAN DI CV KAWANI TEKNO NUSANTARA

(Halaman D-15)

Rifqi, M. & Ma'ruf, A.

USULAN PENJADWALAN PRODUKSI HYBRID DENGAN PENDEKATAN WORKLOAD CONTROL DI PERUSAHAAN MANUFAKTUR MAKE-TO-ORDER

(Halaman D-27)

Puspawardhani, G. & Yusriski, R.

PENJADWALAN JOB UNTUK SISTEM PRODUKSI MAKE TO ORDER ASSEMBLY SHOP DENGAN TUJUAN MEMINIMUMKAN MAKESPAN

(Halaman D-41)

Khannan, M. S. A., Ma'ruf, A., Wangsaputra, R., Sutrisno, & Wibawa, T.

METODE ALGORITMA GENETIKA UNTUK PENYELESAIAN MODEL CELLULAR MANUFACTURING SYSTEM YANG MEMPERTIMBANGKAN FLEKSIBILITAS URUTAN PROSES DAN PERUBAHAN DEMAND

(Halaman D-49)

Dilianaputri, A. & Wangsaputra, R.

PERANCANGAN MEKANISME SISTEM PRODUKSI TARIK PADA LINI PRODUKSI LEADING EDGE SKIN PESAWAT A320 PT. DIRGANTARA INDONESIA

(Halaman D-63)

Metode Algoritma Genetika untuk Penyelesaian Model Cellular Manufacturing System yang Mempertimbangkan Fleksibilitas Urutan Proses dan Perubahan Demand

Muhammad Shodiq Abdul Khannan

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta
Jalan Babarsari no 2, Tambakbayan Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 485363 Fax. (0274) 486256
Email: shodiq@upnyk.ac.id

Anas Maruf

Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10, Bandung, 40132
Tel: 022-2506449, Fax: 022-2506449
Email: maruf@ti.itb.ac.id

Rachmawati Wangsaputra

Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10, Bandung, 40132
Tel: 022-2506449, Fax: 022-2506449
Email: rwangsap@lspitb.org

Sutrisno

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta
Jalan Babarsari no 2, Tambakbayan Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 485363 Fax. (0274) 486256
Email: trisno_upnv@yahoo.co.id

Tri Wibawa

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta
Jalan Babarsari no 2, Tambakbayan Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 485363 Fax. (0274) 486256
Email: tri.wibawa@upnyk.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan usulan alternatif penyelesaian model Cellular Manufacturing System yang mempertimbangkan Fleksibilitas Urutan Proses dan Perubahan Demand. Masalah yang dihadapi adalah faktor waktu komputasional yang lama jika diselesaikan dengan linear programming untuk ukuran masalah yang besar. Kasus model CMS termasuk kasus non-deterministic polynomial yang kompleks (NP-Hard). Penelitian ini menggunakan algoritma genetika untuk mendapatkan solusi dengan waktu yang lebih singkat dan dengan solusi terbaik yang mendekati solusi optimum dibandingkan jika menggunakan Integer Linear Programming. Solusi berupa konfigurasi formasi cell dengan kriteria minimasi total biaya yang terdiri atas biaya perpindahan material dalam sel dan biaya perpindahan material antar sel. Berdasarkan eksperimen yang dilakukan metode Algoritma Genetika efektif untuk memecahkan permasalahan tersebut.

Kata kunci: Cellular Manufacturing System, Fleksibilitas Urutan Operasi, Perubahan Demand

1. PENDAHULUAN

Cellular Manufacturing System (CMS) menjadi topik yang banyak diteliti dalam satu dekade terakhir. Jenis Cellular Manufacturing System bisa dibagi menjadi 2 kategori yaitu Robust CMS dengan konfigurasi mesin-cell yang tetap dan redesigning CMS dengan konfigurasi mesin-cell yang bisa berubah menyesuaikan dengan perubahan demand (Ebara, 2006), (Jayakumar, 2010), (Khannan, 2012a), (Khannan, 2012b). Robust CMS cocok untuk karakteristik perusahaan yang mesin cenderung susah dipindahkan atau membutuhkan biaya dan usaha yang sangat besar untuk memindahkan mesin. Redesigning CMS mempunyai keuntungan bisa menyesuaikan konfigurasi mesin-cell di setiap rolling period dalam satu planning period (Khannan, 2012b). Respon yang cepat pada perubahan pasar dan kebutuhan konsumen dan efisiensi sistem manufaktur menjadi keunggulan Cellular Manufacturing System (Renna, 2010)

Model matematis CMS pada awalnya untuk meminimasi biaya intracell material handling dan intercell material handling (Ebara, 2006) kemudian berkembang dengan menambahkan faktor biaya yang eksis di dalam aplikasi nyata di industri seperti biaya tetap mesin, biaya variabel mesin, biaya rekonfigurasi mesin (Jayakumar, 2010), kemudian Khannan (2012b) menambahkan parameter biaya setup ke dalam model. Penugasan part ke mesin bisa dalam bentuk satu part utuh (Ebara, 2006) dan bisa juga dalam bentuk penugasan pada level operasi (Jayakumar, 2010). Metode yang sering dipakai untuk menyelesaikan masalah dalam penelitian terdahulu adalah metode *Integer Linear Programming*. Metode ini akan relatif mudah diterapkan dalam kasus dengan ukuran yang kecil. Ketika banyak unsur yang harus dipertimbangkan seperti halnya penelitian yang dilakukan Khannan (2014) yang memasukkan faktor ketidakpastian demand, penugasan operator dan perencanaan produksi maka metode Integer Linear Programming akan tidak cocok untuk ukuran kasus yang besar karena membutuhkan waktu komputasional yang lama untuk mendapatkan solusi yang optimal. Kasus model CMS dengan ukuran yang besar termasuk kasus non-deterministic polynomial yang kompleks (NP-Hard). Salah satu alternatif yang bisa dipakai adalah dengan metode metaheuristik Algoritma Genetika.

Ma'ruf (1995) menerapkan metode Algoritma Genetika untuk penjadwalan yang mempertimbangkan alternatif urutan proses. Paksi (2014) mengusulkan metode Algoritma Genetika untuk penjadwalan fleksibel job shop untuk kasus dual constraint. Dengan contoh sukses adopsi metode Algoritma Genetika dalam kasus penjadwalan tersebut maka perlu dikembangkan metode yang lebih efisien dalam menyelesaikan model matematis Cellular Manufacturing System. Dalam penelitian ini akan dilakukan penerapan metode Algoritma Genetika untuk model matematis yang relatif sederhana sebagai dasar nantinya untuk menyelesaikan model yang lebih rumit.

2. MODEL MATEMATIS

Model matematis yang digunakan adalah model yang dikembangkan oleh Khannan (2012a). Fungsi tujuan dari model matematis adalah minimasi total biaya material handling dengan perencanaan berada pada level operasi dan mempertimbangkan kapasitas mesin.

2.1 Asumsi

Asumsi yang diambil:

1. Waktu operasi untuk pemrosesan semua tipe part dalam mesin yang berbeda diketahui dan deterministik.
2. Setiap part harus diproses berdasarkan urutan pemrosesan yang diketahui
3. Kapabilitas dan kapasitas mesin untuk setiap tipe diketahui dan dianggap konstan selama periode perencanaan.
4. Permintaan untuk setiap tipe part di setiap periode diketahui dan deterministik.
5. Biaya penyusutan untuk setiap tipe mesin untuk setiap periode diketahui.
6. Part dipindahkan dalam *batch*. Biaya *intercell material handling* diketahui dan konstan (independen terhadap jumlah *cell*)
7. Biaya operasi untuk setiap tipe mesin konstan dan diketahui.
8. Biaya variabel untuk setiap mesin diketahui. Biaya variabel tergantung/dependen terhadap beban kerja yang dialokasikan ke mesin.
9. Biaya relokasi setiap mesin dari satu *cell* ke *cell* yang lain dalam periode perencanaan diketahui.
10. Waktu yang dibutuhkan untuk relokasi diasumsikan sama dengan nol.
11. Jumlah *cell* maksimum sudah ditentukan dan selalu konstan selama periode perencanaan.
12. Jumlah mesin maksimum dalam satu *cell* sudah ditentukan, jumlah mesin minimum dalam satu *cell* tidak

ditentukan

13. Setiap mesin bisa melaksanakan satu atau lebih operasi (fleksibilitas mesin) tanpa biaya modifikasi
14. Setiap operasi bisa dilaksanakan di tipe mesin yang berbeda (Fleksibilitas urutan proses)
15. Backorder tidak diijinkan
16. Tidak ada antrian produksi
17. Tidak mempertimbangkan inventori.
18. Mesin selalu siap dan tersedia selama periode waktu perencanaan
19. Nilai waktu-uang tidak dipertimbangkan
20. Ukuran *batch* konstan untuk semua produk dan seluruh periode.

2.2 Perancangan Fungsi Tujuan

Tujuan dalam perancangan *Cellular Manufacturing System* adalah meminimalkan biaya yang terkait, namun karena masalah kompleksitas dan keterbatasan waktu komputasional tidak semua biaya yang terkait bisa dipertimbangkan. Biaya-biaya yang terkait dalam perancangan *CMS* yang akan dipertimbangkan adalah biaya intracell material handling dan intercell material handling.

2.3 Variabel Keputusan

Keputusan yang akan diambil dalam perancangan *CMS* ini adalah:

1. Penugasan pemrosesan setiap tipe operasi j dari part p ke mesin m dalam cell c
2. Penugasan setiap tipe mesin m ke cell c dalam setiap periode

2.4 Parameter Input

Parameter input yang harus tersedia selama periode perencanaan adalah:

1. *Product mix*: kumpulan tipe part yang harus diproduksi
2. *Product demand*: : kuantitas dari setiap tipe part yang harus diproduksi di setiap periode
3. Urutan operasi: daftar perintah operasi yang harus dikerjakan untuk setiap periode
4. Waktu operasi: waktu yang diperlukan untuk memproses untuk setiap part
5. Kapabilitas mesin: kemampuan setiap jenis mesin untuk melakukan operasi
6. Kapasitas mesin: jumlah waktu mesin yang tersedia untuk produksi dalam setiap periode
7. Mesin yang tersedia: kumpulan mesin yang akan digunakan untuk membentuk *manufacturing cell*

2.5. Fungsi Batasan

Constraint/Batasan yang harus ada/dipertimbangkan adalah:

1. Kapasitas mesin harus cukup untuk memproduksi product mix tertentu dalam level *demand* tertentu untuk setiap periode
2. Ukuran *cell* harus ditentukan
3. Jumlah *cell* dalam sistem dalam sistem harus ditentukan

Notasi

Indeks

- c : indeks untuk *manufacturing cell* ($c=1, \dots, C$)
- m : indeks untuk tipe mesin ($m=1, \dots, M$)
- p : indeks untuk jenis part ($p=1, \dots, P$)
- j : indeks untuk operasi yang dibutuhkan oleh part p ($j=1, \dots, Op$)
- h : indeks untuk periode waktu ($h=1, \dots, H$)

Parameter input

- P = jumlah tipe part
- Op = jumlah operasi untuk tipe part p
- M = jumlah tipe mesin
- C = jumlah maksimum *cell* yang bisa dibentuk
- $O_{mp} = \begin{cases} 1 & \text{jika part } p \text{ memerlukan proses di mesin } m \\ 0 & \text{sebaliknya} \end{cases}$
- B_p^{inter} = ukuran *batch* untuk perpindahan *intercell* dari part tipe p
- B_p^{intra} = ukuran *batch* untuk perpindahan *intracell* dari part tipe p
- C^{inter} = Biaya *intercell material handling* (per *batch*)
- C^{intra} = Biaya *intracell material handling* (per *batch*)

F^{inter} = Biaya *intercell material handling (robust)*

F^{intra} = Biaya *intracell material handling (robust)*

UB = maksimal ukuran *cell*, maksimum jumlah mesin per *cell*

$D_{av,p}$ = rata-rata *demand* untuk part tipe p

t_{jpm} = waktu pemrosesan yang dibutuhkan untuk memproses operasi j dari part tipe p di mesin tipe m dalam satuan waktu (jam)

$a_{jpm} = \begin{cases} 1 & \text{jika operasi } j \text{ untuk part tipe } p \text{ memerlukan proses di mesin } m \\ 0 & \text{sebaliknya} \end{cases}$

T_m = kapasitas waktu dari mesin m dalam satuan waktu (jam)

Model Robust CMS

Fungsi Tujuan

Minimasi

$$Z^f = F^{intra} + F^{inter} \quad (1)$$

Fungsi Batasan

$$\sum_{c=1}^C \sum_{m=1}^M a_{jpm} \cdot x_{jpmc} = 1 \quad \forall j, p \quad (2)$$

$$\sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^{O_p} D_p \cdot t_{jpm} \cdot x_{jpmc} \leq T_m \cdot N_{mc} \quad \forall m, c \quad (3)$$

$$\sum_{m=1}^M N_{mc} \leq UB \quad \forall m, c \quad (4)$$

Sub Fungsi Tujuan

(i) Biaya intracell material handling (F^{intra})

$$F^{intra} = H \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^{O_p-1} \sum_{c=1}^C \left[\frac{D_p}{B_p^{intra}} \right] C^{inter} \times \left(\sum_{m=1}^M |x_{j+1pmc} - x_{jpmc}| - \left| \sum_{m=1}^M x_{j+1pmc} - \sum_{m=1}^M x_{jpmc} \right| \right) \quad (5)$$

(ii) Biaya intercell material handling (F^{inter})

$$F^{inter} = H \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^{C_p-1} \sum_{c=1}^C \left[\frac{D_p}{B_p} \right] C^{inter} \times \left| \sum_{m=1}^M x_{(j+1)pmch} - \sum_{m=1}^M x_{jpmch} \right| \quad (6)$$

Fungsi tujuan *nonlinear* pada persamaan (1) adalah minimasi total penjumlahan biaya *intracell material handling* (F^{intra}) dan biaya *intercell material handling* (F^{inter}). Biaya *intracell material handling* (F^{intra}) pada persamaan (5) adalah penjumlahan perkalian (sum product) antara jumlah transfer *intracell* (Demand dibagi jumlah batch [D_p/B_p]) untuk semua operasi part tipe p dan biaya transfer *intracell* batch dari setiap part (C^{intra}). Biaya *intercell material handling* (F^{inter}) pada persamaan (6) adalah penjumlahan perkalian (sum product) antara jumlah transfer *intercell* transfer (Demand dibagi jumlah batch [D_p/B_p]) untuk semua operasi part tipe p dan biaya transfer *intercell*/batch batch dari setiap part (C^{inter}).

Persamaan fungsi pembatas (2) memastikan setiap operasi part diproses hanya 1 mesin diantara beberapa alternatif mesin yang bisa memproses. Pertidaksamaan (3) adalah fungsi pembatas kapasitas yang memastikan kapasitas mesin tidak terlampaui dan bisa memproses demand. Pertidaksamaan (3) juga menentukan jumlah dari setiap tipe mesin di setiap *cell* termasuk duplikasi mesin (N_{mc}). Pertidaksamaan (4) memastikan ukuran maksimal *cell* tidak terlampaui/ menjamin jumlah mesin yang dialokasikan ke setiap *cell* tidak melebihi ukuran maksimum *cell*.

3. METODE PENCARIAN SOLUSI USULAN

Pencarian solusi dalam problem formasi mesin-cell dalam paper ini menggunakan metode Algoritma Genetika. Algoritma Genetika dibuat menggunakan bahasa pemrograman Delphi dengan spesifikasi komputer AMD A4-1250 APU WIN8.1 dengan RAM 4 GB dan HD 320 GB.

3.1 Dasar Algoritma Genetika

Algoritma Genetika adalah model *engineering* yang meniru proses evolusi berdasarkan prinsip genetika dan proses seleksi alamiah (Ebara, 2006), Zuhri (2014). Metode ini banyak digunakan dalam berbagai bidang baik bidang *science* mau pun *engineering* (Zuhri, 2014). Salah satu aplikasi Algoritma Genetika digunakan dalam masalah optimisasi (Ebara, 2006). Proses pencarian solusi dilakukan seperti halnya suatu individu terpilih untuk bertahan hidup dalam proses evolusi. Dari sekumpulan individu dalam satu populasi akan terpilih individu elit yang mempunyai probabilitas yang

tinggi untuk bertahan hidup. Dari individu yang terpilih dilakukan persilangan (dari dua individu yang berbeda) dan mutasi (dari individu yang sama dengan gen yang berbeda). Jumlah dari sekumpulan individu disebut ukuran populasi dan karakteristik individu diekspresikan dengan kromosom (Ebara, 2006).

3.2 Ekspresi Kromosom

Representasi kromosom terbagi menjadi dua jenis yaitu representasi langsung dan representasi tidak langsung (Ma'ruf, 1995). Representasi langsung merupakan kromosom langsung merepresentasikan suatu solusi fisibel. Sedangkan representasi tidak langsung adalah kromosom yang membutuhkan suatu prosedur tambahan untuk mendapatkan solusi yang fisibel.

Ebara (2006) menggunakan jenis kromosom representasi langsung. Variabel keputusan Y_{pc} dan X_{mc} oleh Ebara direpresentasikan dengan kromosom seperti di bawah ini:

1	1	0	1	1	1
---	---	---	---	---	---

Kromosom di atas merepresentasikan keputusan part 1 ditugaskan di cell 1 bernilai nol (part 1 tidak ditempatkan di cell 1), dan mesin 1 ditempatkan di cell 1 bernilai 1 (mesin 1 ditempatkan di cell 1).

Kromosom representasi langsung seperti yang dilakukan Ebara (2006) di atas mempunyai kelemahan yaitu membutuhkan gen yang sangat panjang jika ukuran masalah semakin besar dan variabel yang ada di model matematis semakin kompleks. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan kromosom representasi tidak langsung. Kromosom yang digunakan terdiri atas tiga layer sebagai berikut.

	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	Nomor job-operasi
Layer pertama	1	1	2	3	3	Jenis mesin ke-m yang ditugaskan ke cell 1
Layer kedua	4	6	7	6	5	Jenis mesin ke-m yang ditugaskan ke cell 2
Layer ketiga	3	5	5	8	8	Jenis mesin ke-m yang ditugaskan ke cell 3

3.3 Inisialisasi

Pembuatan populasi awal dilakukan dengan mengacak nilai gen di setiap layer. Pengacakan dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu pengacakan layer 1, layer 2 dan layer 3. Dalam rangka mendapatkan individu yang diinginkan, individu-individu yang ada dicek agar memenuhi fungsi batasan. In order to generate the desired individuals, the individuals are generated by checking the constraint (persamaan (2) and (3)).

3.4 Evaluasi Kesesuaian

Evaluasi kesesuaian dilakukan untuk mengecek seberapa dekat suatu solusi dan seberapa dekat individu dengan solusi optimal. Kualitas kromosom dievaluasi dengan menggunakan fungsi tujuan

$$\text{Minimasi } Zf = F^{\text{intra}} + F^{\text{inter}} \quad (1)$$

Setiap individu diseleksi untuk mendapatkan individu yang superior dengan menghitung fungsi total biaya yang terdiri atas biaya intracell material handling dan intercell material handling. Kesesuaian dari setiap individu (*fitness of each individual*) dievaluasi dengan persamaan berikut:

$$TF = \sum_{n=0}^N F_n, \quad (7)$$

$$f_n(t) = \frac{TF}{F_n} \left/ \sum_{n=0}^N \frac{TF}{F_n} \right., \quad (8)$$

$$fit_n = f_n(t)^2, \quad (9)$$

3.5 Seleksi dan Reproduksi

Dalam rangka mendapatkan individu untuk reproduksi, probabilitas seleksi PS_n dihitung dengan rumus berikut:

$$PS_n = \frac{fit_n}{\sum_{n=0}^N fit_n}. \quad (10)$$

Berdasarkan probabilitas seleksi, individu yang dipilih untuk reproduksi dipilih menggunakan preservasi elite dan seleksi dengan sistem roulette.

3.6 Penylangan

Dari individu yang dipilih untuk reproduksi, dua individu yang akan dikombinasikan, dilakukan penylangan kromosom pada dua point dalam kromosom-kromosom tersebut. Penylangan dilakukan dengan sistem penylangan 2 titik.

3.7 Mutasi

Mutasi atau modifikasi gen dilakukan dengan sistem dua titik dalam satu kromosom.

4. PENGUJIAN NUMERIS

Data numeris yang digunakan adalah data dari Jayakumar (2010) dan Khannan (2012a) dengan ukuran 8 mesin dan 12 part. Kriteria pengujian Algoritma Genetika menggunakan angka berikut:

Ukuran populasi : 100

Mutasi : 5%

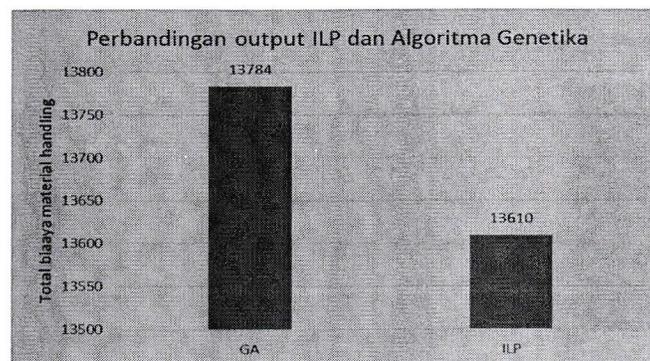
Cross over : 20%

Hasil pengujian berdasarkan nilai fungsi tujuan untuk meminimasi total biaya bisa disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1: Output Total biaya dari beberapa iterasi (dalam \$).

Iterasi ke	Biaya intracell material handling	Biaya intercell material handling	Total biaya material handling
1	15069	3317	18386
2	17030	3973	21004
3	13108	3050	16159
4	11286	2807	14093
5	10052	3406	13458

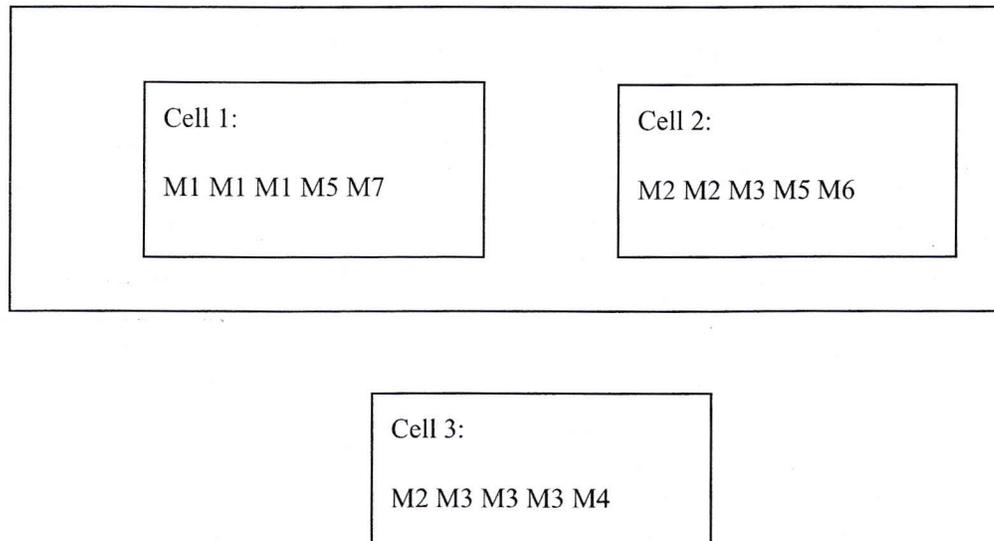
Perbandingan nilai total biaya material handling menggunakan Algoritma Genetika dan Integer Linear Programming bisa dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1: Perbandingan nilai total biaya material handling menggunakan Algoritma Genetika dan Integer Linear Programming.

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa solusi menggunakan Algoritma Genetika mendekati solusi dengan Integer Linear Programming dengan selisih 1,27% atau sebesar \$174.

Konfigurasi solusi terbaik untuk variabel keputusan N_{mc} dengan nilai $Z = \$13458$ adalah seperti pada Gambar 2.



Gambar 2: Konfigurasi mesin-cell untuk Robust Cellular Manufacturing System

5. KESIMPULAN

Penelitian ini telah menerapkan Algoritma Genetika untuk mencari solusi model Robust Cellular Manufacturing System yang mempertimbangkan fleksibilitas urutan proses dan perubahan demand. Output dari algoritma genetika yang dikembangkan menunjukkan bahwa biaya mendekati solusi optimum. Solusi Total biaya material handling yang dihasilkan masih lebih tinggi dan termasuk kategori solusi terbaik dan bukan solusi optimal. Hal ini disebabkan karena pencarian bersifat random tergantung dari inisial awal yang digunakan dipilih secara acak. Waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan solusi terbaik lebih singkat dibandingkan dengan metode *Integer Linear Programming*. Penelitian selanjutnya bisa menggunakan metode Algoritma Genetika untuk model yang lebih kompleks.

PENGAJUAN

Penelitian ini merupakan bagian penelitian skim hibah Penelitian antar Perguruan Tinggi (PEKERTI) antara Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta dengan Institut Teknologi Bandung menggunakan dana dari Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat DIKTI tahun 2015 dengan nomer kontrak ST/30/IV/2015/LPPM.

REFERENSI

Ebara, H., Hirotsu, D., Takahashi, K., dan Morikawa, K. (2006) *Cellular manufacturing system capable of responding to changes in demand*, In *Reconfigurable Manufacturing System and Transformable Factories, III, chapter 17* 341-353, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Jayakumar, V. dan Raju, R. (2010) An adaptive cellular manufacturing system design with routing flexibility and dynamic system reconfiguration, *European Journal of Scientific Research* **47** No.4, 595-611

Khannan, M. S. A., Maruf, A. (2012a) Pengembangan model robust cellular manufacturing system yang mempertimbangkan kapasitas mesin, fleksibilitas urutan proses dan perubahan demand, *Prosiding Seminar Sistem Produksi X*, Bandung.

Khannan, M. S. A., Maruf, A. (2012b) Development of robust and redesigning cellular manufacturing system model considering routing flexibility, setup cost, and demand changes, *Proceedings of Asia Pasific Industrial Engineering & Management System Conference 2012 V. Kachitvichyanukul, H. T. Luong, and R. Pitakaso Eds.*, Thailand

Khannan, M. S. A., Maruf, A., Wangsaputra, R., Sutrisno, S. (2014) Cellular manufacturing system model under demand uncertainty, *Proceedings of Asia Pasific Industrial Engineering & Management System Conference 2014*, Korea Selatan

Malhotra, V., Raj, T., dan Arora, A. (2009), Reconfigurable manufacturing system: an overview, *International Journal of Machine Intelligence*, **Vol. 1, Issue 2**, pp.38-46

Renna, J. (2010), Capacity reconfiguration management in reconfigurable manufacturing systems, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* **46**, pp 395-404

Ma'ruf, A. (1995). *Pengembangan Metode Penjadwalan dengan Mempertimbangkan Alternatif Urutan Proses Menggunakan Algoritma Genetika*. Tesis. Program Studi Teknik dan Manajemen Industri, Institut Teknologi Bandung.

Paksi, A. B. N. (2014) *Penjadwalan Fleksibel Job Shop dengan Dual-Resource Constraint untuk Meminimasi Tardiness Menggunakan Algoritma Genetika*, Tugas Sarjana. Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung.

Zukhri, Z., (2014) *Algoritma Genetika Metode Komputasi Revolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Muhammad Shodiq Abdul Khannan adalah staf pengajar di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Indonesia. Ia mendapatkan gelar ST dari Program Studi Teknik Industri Universitas Gadjah Mada dan mendapatkan gelar M.T. dari Program Studi Teknik Program Studi Teknik dan Manajemen Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung pada tahun 2012. Topik penelitian yang digeluti Cellular Manufacturing System dan Collaborative Production Planning. Alamat emailnya adalah shodiq@upnyk.ac.id

Anas Ma'ruf mendapatkan gelar Doktor dari program studi Mechanical and Structural Engineering di Toyohashi University of Technology, Jepang pada tahun 2000. Mulai tahun 2007 Ia menjadi Associate Professor pada Manufacturing System Research Group, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung. Topik penelitian yang digelutinya adalah CAD/CAM, intelligent manufacturing system dan production planning dan control for MTO industry. Alamat email beliau maruf@ti.itb.ac.id

Prosiding Seminar Sistem Produksi XI dan Seminar Nasional Manajemen Rekayasa Kualitas VI (2015)

M. S. A. Khannan, A. Maruf, R. Wangsaputra, S. Sutrisno, T. Wibawa

Rachmawati Wangsaputra mendapatkan gelar Doktor dari New Mexico State University, Mexico pada tahun 2000. Beliau adalah dosen Lektor Kepala di Manufacturing System Research Group, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung. Topik penelitian yang digeluti adalah real time scheduling, intelligent manufacturing system dan production planning dan control for MTO industry Alamat email beliau rwangsap@lspitb.org

Sutrisno adalah staf pengajar di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Indonesia. Ia mendapatkan gelar MT dari Program Studi Teknik Program Studi Teknik dan Manajemen Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung. Topik penelitian yang digeluti Multiple Criteria Decision Making, Rekayasa Kualitas dan Sistem Manufaktur. Alamat emailnya adalah trisno_upnv@yahoo.co.id

Tri Wibawa is adalah staf pengajar di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Indonesia. Ia mendapatkan gelar MT dari Program Studi Teknik Program Studi Teknik dan Manajemen Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung. Topik penelitian yang digeluti Perencanaan dan Pengembangan Produk, dan Sistem Manufaktur. Alamat emailnya adalah tri.wibawa@upnyk.ac.id

