

PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN ALGORITMA TABU SEARCH

Triwiyanto Silaban, Puryani, Eko Nursubiyantoro

Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. Babarsari 2 Tambakbayan, Yogyakarta, 55281
Telp/Fax.: (0274) 486256 email : industri_fti@upnyk.ac.id

ABSTRAK

PT. MBG Putra Mandiri adalah perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur. Perusahaan ini menerapkan sistem make to order dengan memproduksi produk ketika mendapat pesanan dari konsumen. Job shop adalah jenis penjadwalannya, Penelitian untuk 4 produk yang dipesan yaitu valve, assy gripper, assy blower, dan flexible hose calender. Perusahaan ini melakukan penjadwalan produksi berdasarkan due date sebelum melakukan proses. Tujuan dari penelitian adalah meminimasi makespan sehingga dapat mengurangi keterlambatan yang ada. Algoritma tabu search disertai dengan gantt chart sebagai tolak ukur penyesuaian dalam perhitungan dilakukan untuk proses penjadwalan ulang. Kesimpulan dari penelitian adalah menghasilkan nilai makespan yang lebih kecil dibandingkan dengan sebelum dilaksanakannya penelitian.

Kata kunci: *Penjadwalan, Minimasi Makespan, Algoritma Tabu Search*

Pendahuluan

Suatu industri manufaktur yang memproduksi berdasarkan *order* harus dapat menyelesaikan *order* tersebut dalam tenggang waktu yang telah disepakati dengan pemesan. PT MBG Putra Mandiri yang bergerak dibidang manufaktur sering mempunyai masalah produksi, sering terjadi keterlambatan dalam penyelesaian pesanan dari konsumen. Perusahaan menerima pesanan berupa produk *valve, assy gripper, assy blower, dan flexible hose calender*. Penjadwalan berdasarkan data *due date*, adanya keterlambatan pengiriman pada produk *assy blower*. Batas pengiriman *assy blower* adalah tanggal 16 April 2014 pada siang hari, tetapi produk tersebut baru selesai pada tanggal 16 April 2014 pada pukul 08.00 malam. Waktu penyelesaian pesanan tersebut lebih lama dari yang diharapkan, sehingga membuat PT. MBG Putra Mandiri membatasi order yang diterima. Faktor terlambatnya waktu produksi ini membuat PT. MBG Putra Mandiri perlu melakukan penjadwalan ulang untuk minimasi waktu penyelesaian proses produksi agar dapat menyelesaikan pesanan tersebut lebih cepat dari waktu sebelumnya. Salah satu metode penyelesaian permasalahan penjadwalan yang cukup efektif adalah metode algoritma *heuristic*, yaitu suatu jenis algoritma yang termasuk ke dalam jenis algoritma sub-optimal.

Salah satu metode algoritma *heuristic* yang cukup populer adalah *neighborhood search methods*, dimana didalamnya terdapat tiga macam metode, yaitu : *Genetic Algorithm, Simulated Annealing dan Tabu Search*. Ide tentang *tabu search* pertama kali diperkenalkan oleh Glover pada tahun 1970. *Tabu*



Search didasarkan pada kesimpulan bahwa penyelesaian masalah, untuk memenuhi kualitas sebagai metode yang mempunyai kecerdasan, harus menggabungkan *adaptive memory* dan *responsive exploration*. Kemampuan *adaptive memory* pada *tabu search* memungkinkan untuk mengimplementasikan prosedur yang mampu untuk mencari lingkup solusi secara efisien dan ekonomis. Sebagai sebuah algoritma, TS dalam penyelesaiannya harus melewati setiap tahapan tertentu yang telah diatur (Glover, 1986, dalam Dwi, 2010), tahapan-tahapan tersebut adalah :

1. Membangkitkan solusi awal,
2. Menentukan kriteria aspirasi,
3. Melakukan *move*.

Ada beberapa macam *move* yang dapat dipilih selama proses pencarian ini berlangsung :

a. *Local Search*

Terdiri dari dua macam, yaitu:

1) *Insertion*

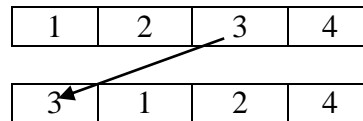
Insertion memilih secara acak satu bagian struktur untuk dipindah kebagian yang lain.

Contoh :



Gambar 1. Ilustrasi Struktur Awal *Insertion*

Jika dengan proses random didapat atribut ke-3, maka struktur dapat berubah menjadi :

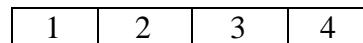


Gambar 2. Ilustrasi Struktur Akhir *Insertion*

2) *Swap*

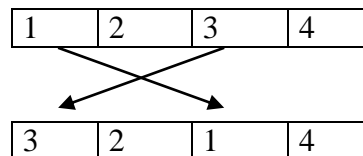
Swap memilih secara acak dua bagian struktur untuk selanjutnya ditukar posisinya.

Contoh :



Gambar 3. Ilustrasi Struktur Awal *Move*

Jika random menghasilkan 1 dan 3, maka struktur menjadi:



Gambar 4. Ilustrasi Struktur Akhir *Move*

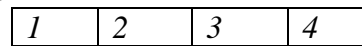


b. *Neighborhood Search*

Pencarian dengan teknik ini setiap kemungkinan atribut dari setiap struktur dapat dipindah-pindah. Permutasi *n-change neighborhood* mengambil n elemen dari matrik solusi (dimana berhubungan dengan item yang sedang diproduksi pada suatu mesin pada satu waktu), dan untuk tiap-tiap pengubahan item yang sedang diproduksi dengan item lain. Perubahan yang dipakai oleh dua *neighborhood* dengan melakukan swap elemen matrik atau kombinasi elemen itu dengan menukar elemen lain dalam matrik.

Bila x adalah solusi dari *search space* X , maka sebuah solusi $y = N^n$ change. (x) jika y dan x berbeda paling banyak/tidak lebih dari n elemen N^n change = $\{y \in i, X: y$ dapat diperoleh dari x dengan mengubah pada tidak lebih n elemen $x_{t,k}$ dari nilai saat ini ke dalam sebuah elemen himpunan $(0,1,\dots,P)\}$.

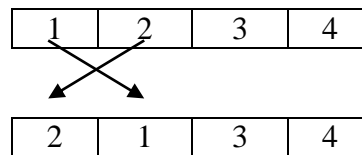
Contoh : Struktur awal



Gambar 5. Ilustrasi Struktur Awal *Neighborhood*

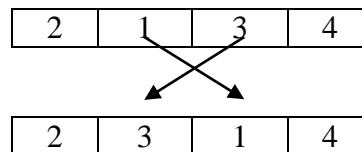
Dipilih 3 *change neighborhood*, maka struktur atribut di atas dapat berubah menjadi:

Contoh 1



Gambar 6. Ilustrasi Struktur Akhir 1 *Neighborhood*

Contoh 2



Gambar 7. Ilustrasi Struktur Akhir 2 *Neighborhood*

- Untuk menghindari terulangnya langkah yang diambil, maka dilakukan *tabu test*. *Tabu test* memanfaatkan *tabu list* yang sudah ada. *Tabu list* berisi atribut solusi-solusi yang telah dikunjungi sebelumnya. Tujuan sebenarnya dari *tabu list* bukan untuk mencegah terulangnya langkah yang telah diambil, tetapi lebih kepada agar tidak mundur. Untuk mencegah perulangan, daftar solusi yang telah dicapai disimpan dalam sebuah tabel. Bagaimanapun juga situasi perulangan jarang terjadi, karena telah dikombinasikan beberapa *neighborhood*, dimana akan memperluas *search space*, membuat kemungkinan mengulang solusi yang telah dikunjungi menjadi hampir tidak mungkin. Solusi pada tabel ini tabu. Pengecualiannya hanya untuk blocksage



situation. Jika situasi ini terjadi, lalu semua jalur akan menjadi tabu. Untuk menghindari ini dipakai jalur paling awal dalam tabu list.

5. Alternative *move* yang lolos *tabu test* masih harus melewati *aspiration test*, apakah bisa melewati *aspiration threshold* atau tidak, jika tidak maka teruskan iterasi berikutnya.
6. Jika alternative *move* mempunyai *aspiration criteria* yang lebih baik dari pada *aspiration threshold* maka dilakukan eksekusi terhadap alternatif *move* tersebut dan memperbaharui memori yang tidak relevan.
7. Jika aturan pemberhentian sudah memenuhi syarat pemberhentian, maka pencarian berhenti.

Metodologi

Penelitian pada penjadwalan dengan produk *assy gripper*, *valve*, *assy blower*, dan *flexible hose calender* di PT. MBG Putra Mandiri yaitu produk yang dipesan pada tanggal 1 April 2014. Data yang dipergunakan adalah data jumlah mesin, data pesanan, data waktu operasi, dan data proses produksi. Pengolahan data dilakukan dengan langkah-langkah: Membuat OPC masing-masing produk, Membuat penjadwalan dan *gantt chart* awal perusahaan, Melakukan penjadwalan dengan algoritma *Tabu Search*, Membuat *gantt chart* berdasarkan penjadwalan algoritma *Tabu Search*. Analisis dilakukan terhadap waktu penyelesaian produk atau *makespan* dan menghitung nilai efisiensinya.

Hasil dan Pembahasan

Penjadwalan awal perusahaan dilakukan berdasarkan *due date* yang paling awal dengan urutan pengerjaan *assy gripper*, *valve*, *assy blower*, dan *assy flexible hose calender*. Urutan prioritas *job* secara lengkap disajikan dalam Tabel 1, berikut:

Tabel 1. Prioritas *Job*

Nama	Run time	Jumlah	Σ Run Time	Σ Run Time	Tgl	Tgl	Prioritas
	(menit)		(jam)	Kira2 (hari)	Pesanan	Due Date	
<i>Valve</i>	553,03	30,00	276,52	17,28	01 April 2014	14 April 2014	2
<i>Assy Gripper</i>	970,13	10,00	161,69	10,11	01 April 2014	10 April 2014	1
<i>Blower</i>	821,66	20,00	273,89	17,12	01 April 2014	16 April 2014	3
<i>Flexible Hose Calender</i>	125,55	22,00	46,04	2,88	01 April 2014	20 April 2014	4



Urutan pengerjaan *job* pada penjadwalan awal perusahaan secara lengkap disajikan dalam Tabel 2, berikut:

Tabel 2. Pengelompokan Keseluruhan *Job* Setiap Mesin

		<i>Job</i>												
1	Mesin Bubut 1	2	6	8	22	26	28	30	36	48	60	34	61	52
2	Mesin Bubut 2	4	12	15	24	38	40	43	50	57				
3	Mesin Milling 1	1	9	23	27	29	39	41	33	51				
4	Mesin Milling 2	3	11	16	25	31	37	44	49	53				
5	Mesin las	10	14	55	32									
6	Mesin Gerinda	20	42	45	35									
7	Mesin CNC 1	7	5	56										
8	Mesin CNC 2	17	18	62										
9	Mesin oven	13												
10	Roller	54												
11	Meja Rakit	19	63	46	58									
12	Meja Inspeksi	21	64	47	59									

Penjadwalan awal perusahaan berakhir pada operasi ke-59 dan mempunyai nilai *makespan* sebesar 746.345,70 detik, secara lengkap disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Waktu Proses Meja Inspeksi

No Operasi	Waktu Mulai	Waktu Proses	Waktu Selesai
21	213.806,40	456,70	214.263,10
64	627.844,76	1.724,10	629.568,86
47	642.653,80	1.161,90	643.815,70
59	744.234,30	2.111,40	746.345,70

Pengolahan data dengan *Tabu Search* dilakukan sebanyak 7 kali iterasi, sebagai berikut:

1. Iterasi 1

Melakukan *swap* operasi 43 dengan operasi 50 di mesin bubut 2. Urutan operasi pada mesin bubut 2 menjadi 4 → 12 → 15 → 24 → 38 → 40 → **50** → **43** → 57. Hal ini berdampak pada *swap* operasi 44 dengan 49 di mesin milling 2. Urutan operasi pada mesin milling 2 menjadi 3 → 11 → 16 → 25 → 31 → **49** → **44** → 53.

Iterasi 1 mempunyai nilai *makespan* sebesar 745327,56 detik, nilai ini lebih kecil dari nilai penjadwalan sebelumnya, maka dimasukkan dalam *tabu list*.

2. Iterasi 2



Berdasarkan penjadwalan pada iterasi 1, maka iterasi 2 dilakukan *swap* operasi 40 dengan operasi 50 di mesin bubut 2. Urutan operasi pada mesin bubut 2 menjadi 4 → 12 → 15 → 24 → 38 → **50** → **40** → 43 → 57. Hal ini berdampak pada *swap* operasi 41, 33, dan 51 di mesin milling 1. Urutan operasi pada mesin milling 1 menjadi 1 → 9 → 23 → 27 → 29 → 39 → **33** → **51** → **41**.

Iterasi 2 mempunyai nilai *makespan* sebesar 745327,56 detik, nilai ini sama dengan penjadwalan sebelumnya, maka tetap dimasukkan dalam *tabu list*.

3. Iterasi 3

Berdasarkan penjadwalan pada iterasi 2, maka iterasi 3 dilakukan *swap* operasi 61 dengan operasi 52 di mesin bubut 1. Urutan operasi pada mesin bubut 1 menjadi 2 → 6 → 8 → 22 → 26 → 28 → 30 → 36 → 48 → 60 → 34 → **52** → **61**.

Iterasi 3 mempunyai nilai *makespan* sebesar 717629,10 detik, nilai ini lebih kecil dari penjadwalan sebelumnya maka dapat dimasukkan dalam *tabu list*.

4. Iterasi 4

Berdasarkan penjadwalan pada iterasi 3, maka iterasi 4 dilakukan *swap* operasi 38 dengan operasi 50 di mesin bubut 2. Urutan operasi pada mesin bubut 2 menjadi 4 → 12 → 15 → 24 → **50** → **38** → 40 → 43 → 57. Hal ini berdampak pada perubahan pada beberapa urutan operasi pada mesin milling 1. Urutan operasi pada mesin milling 1 menjadi 1 → 9 → 23 → 27 → 29 → 33 → 51 → 39 → 41.

Iterasi 4 mempunyai nilai *makespan* sebesar 716785,20 detik, nilai ini lebih kecil dari penjadwalan sebelumnya maka dapat dimasukkan dalam *tabu list*.

5. Iterasi 5

Berdasarkan penjadwalan pada iterasi 4, maka iterasi 5 dilakukan *swap* operasi 8 dan operasi 28 di mesin bubut 1. Urutan operasi pada mesin bubut 1 menjadi adalah 2 → 6 → 28 → 22 → **26** → **8** → 30 → 36 → 48 → 60 → 34 → 52 → 61. Hal ini berdampak pada *swap* operasi 9 dan operasi 29 di mesin milling 1. Urutan operasi pada mesin milling 1 menjadi 1 → **29** → 23 → 27 → **9** → 33 → 51 → 39 → 41.

Iterasi 5 mempunyai nilai *makespan* sebesar 711219,20 detik, nilai ini lebih kecil dari penjadwalan sebelumnya, maka dapat dimasukkan dalam *tabu list*.

6. Iterasi 6

Berdasarkan penjadwalan pada iterasi 5, maka iterasi 6 dilakukan *swap* operasi 26 dengan operasi 30 di mesin bubut 1. Urutan operasi pada mesin bubut 1 menjadi 2 → 6 → 28 → 22 → **30** → 8 → **26** → 36 → 48 → 60 → 34 → 52 → 61.

Iterasi 6 mempunyai nilai *makespan* sebesar 717629,10 detik, nilai ini sama dengan penjadwalan sebelumnya maka tetap dapat dimasukkan dalam *tabu list*.



7. Iterasi 7

Berdasarkan penjadwalan pada iterasi 6, maka iterasi 7 dilakukan *swap* operasi 16 dengan operasi 31 di mesin milling 2. Urutan operasi pada mesin bubut 1 menjadi 3 → 11 → **31** → 25 → **16** → 37 → 49 → 44 → 53.

Iterasi 7 mempunyai nilai *makespan* sebesar 710033,40detik, nilai ini sama dengan penjadwalan sebelumnya maka dapat dimasukkan dalam *tabu list*.

Urutan pengerjaan keseluruhan *job* pada penjadwalan *Tabu Search* akhir pada iterasi 7 secara lengkap disajikan dalam Tabel 4, berikut:

Tabel 4. Pengelompokkan Keseluruhan *Job* Setiap Mesin Akhir Iterasi 7

		<i>Job</i>													
1	Mesin Bubut 1	2	6	8	22	30	28	26	36	48	60	34	52	61	
2	Mesin Bubut 2	4	12	15	24	50	38	40	43	57					
3	Mesin Milling 1	1	29	23	27	9	33	51	39	41					
4	Mesin Milling 2	3	11	31	25	16	37	49	44	53					
5	Mesin las	10	14	55	32										
6	Mesin Gerinda	20	42	45	35										
7	Mesin CNC 1	7	5	56											
8	Mesin CNC 2	17	18	62											
9	Mesin oven	13													
10	Roller	54													
11	Meja Rakit	19	46	63	58										
12	Meja Inspeksi	21	47	64	59										

Penjadwalan akhir iterasi 7 dengan *Tabu Search* berakhir pada operasi ke-59 dan mempunyai nilai *makespan* sebesar 710.033,40 detik, secara lengkap disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Waktu Proses Meja Inspeksi Akhir Iterasi 7

No Operasi	Waktu Mulai	Waktu Proses	Waktu Selesai
21	305389,10	456,70	305845,80
47	636453,74	1161,90	637615,64
64	676808,76	1724,1	678532,86
59	707922,00	2111,40	710033,40

Analisis dari penelitian ini adalah pada *makespan* penjadwalan awal perusahaan untuk seluruh pesanan produk *assy gripper*, *valve*, *blower*, dan *flexible hose calender* sebesar 746345,70 detik dengan urutan pekerjaan awal seperti yang



ada pada Tabel 2. Pada penjadwalan dengan algoritma *tabu search* didapat makespan untuk seluruh pesanan produk sebesar 710.033,40 detik dengan urutan pekerjaan pada Tabel 4. Setelah dilakukan penjadwalan dengan menggunakan algoritma *tabu search* didapat pengurangan makespan sebesar 36.312,30 detik atau 10,08 jam.

Penjadwalan dengan algoritma *tabu search* dapat membuat solusi yang lebih baik karena dengan penjadwalan ini dapat mengatasi keterlambatan penyelesaian dan pengiriman produk *assy blower* yang sebelumnya baru dapat dikirim pada tanggal 16 April 2014 pukul jam 8 malam, setelah dilakukan penjadwalan ulang dengan algoritma *tabu search* produk *assy blower* dapat dikirim pada tanggal 16 April 2014 pukul 9 pagi. Hal ini dapat memenuhi batas waktu pengiriman *assy blower* yang sesuai dengan perjanjian dikirim pada siang hari.

Penjadwalan dengan menggunakan metode algoritma *tabu search* menghasilkan makespan yang lebih baik. Berikut adalah nilai efisiensi yang diperoleh ketika menggunakan metode algoritma *tabu search*.

$$\text{Efisiensi} = \frac{746345,70 - 710033,40}{710033,40} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{36312,30}{710033,40} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi} = 5,114 \%$$

Kesimpulan

Penjadwalan dengan algoritma *tabu search* dapat memperbaiki keterlambatan pada pengiriman produk *assy blower*, dapat menyelesaikan produk tepat pada waktu yang disepakati dengan produsen. Penjadwalan ini memiliki waktu penyelesaian produk lebih singkat dari penjadwalan perusahaan, dengan *makespan* lebih kecil. Makespan penjadwalan dengan algoritma *tabu search* sebesar 710.033,40 detik mempunyai selisih 10,08 jam dengan nilai efisiensi sebesar 5,114 % dari penjadwalan awal perusahaan.

Saran

Penjadwalan dengan algoritma *tabu search* dapat digunakan oleh perusahaan untuk memperbaiki sistem penjadwalan agar mendapat waktu penyelesaian produk yang lebih baik guna mengatasi keterlambatan pesanan.



Daftar Pustaka

- Anthony, S. P., 2009, *Penjadwalan Job Shop dengan Artificial Immune System*, Skripsi, Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional “veteran” Yogyakarta, Yogyakarta.
- Baker, K. R., 1974, *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Berlianty, I., dan Arifin, M., 2010, *Teknik-Teknik Optimasi Heuristik*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Dwi, D.A., 2010, *Minimasi Waktu Pengerjaan Produk dengan Penjadwalan Menggunakan Metode Tabu Search*, Skripsi, Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “veteran”, Yogyakarta
- Gandey, E., 2011, *Pengertian Sistem Produksi*, www.efry-day.blogspot.com, diakses 25 Oktober 2013.
- Hakim, A. N., dan Prasetyawan, Y., 2008, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Nugroho, A., 2009, *Penjadwalan Job Shop Pada Permasalahan Bottleneck dengan Pendekatan Algoritma Genetika*, Skripsi, Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional “veteran” Yogyakarta, Yogyakarta.
- Setiadi, K., 2011, *Usulan Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Algoritma Ant Colony System*, Tugas Akhir, Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha, Bandung
- Suyanto, 2010, *Algoritma Optimasi*, Graha Ilmu, Yogyakarta

