



PENJADWALAN MESIN DENGAN ALGORITMA MODRAK & PANDIAN UNTUK MEMINIMASI MAKESPAN

(Studi kasus pada PT. Muda Badan Usaha Universitas (BUU)
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta)

Roro Risha Dwiapritasari¹, Puryani, ST., MT.², Laila Nafisah, ST., MT.²

1. Mahasiswa Jurusan Teknik Industri

2. Dosen Jurusan Teknik Industri

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Jl. Babarsari 2 Tambakbayan, Yogyakarta, 55281

Telp. (0274) 485363 Fax.: (0274) 486256 email : jur_tiu@upn.veteran.ac.id

ABSTRAK

Penjadwalan mesin sangat diperlukan pada perusahaan. Pengaturan penjadwalan mesin yang kurang tepat dapat menyebabkan keterlambatan dalam penyelesaian order dan penambahan waktu kerja (overtime). Hal tersebut terjadi pada PT Muda Badan Usaha (BUU) Universitas Pembangunan “Veteran” Yogyakarta yang mengalami overtime apabila terdapat order yang mendesak dan waktu penyelesaian yang pendek. Oleh karena itu, perusahaan memerlukan jadwal usulan untuk meminimasi makespan dan mengurangi overtime.

Algoritma Modrak & Pandian merupakan sebuah metode untuk pola aliran General Flowshop dimana dimungkinkan adanya variasi antara pekerjaan atau pekerjaan yang datang tidak harus dikerjakan di semua mesin. Algoritma Modrak dan Pandian menggunakan aturan Johnson untuk menentukan urutan terbaik. Penggunaan Algoritma Modrak & Pandian bertujuan untuk meminimasi makespan.

Hasil penelitian ini didapatkan jadwal usulan dengan hasil makespan yang lebih kecil dibandingkan dengan kondisi riil perusahaan dan terdapat beberapa order yang tidak perlu dilakukan overtime karena dengan waktu normal dapat diselesaikan sebelum due-date yang telah ditentukan. Dengan jadwal tersebut dapat meminimasi makespan pada perusahaan dan mengurangi overtime sehingga dapat mempersingkat waktu kerja.

Kata kunci: *Penjadwalan, Algoritma Modrak & Pandian, Makespan, Overtime.*

1. PENDAHULUAN

Semua perusahaan pasti menginginkan pekerjaannya dapat terlaksana secara efektif dan efisien agar tujuannya tercapai. Dengan adanya penjadwalan dalam sebuah perusahaan maka sistem produksi dan pengaturan sumber dayanya baik tenaga kerja maupun fasilitas akan lebih terkontrol dan dapat meningkatkan produktivitas.

PT Muda Badan Usaha Universitas (BUU) UPN “Veteran” Yogyakarta sebagai lembaga bisnis berperan aktif untuk menjembatani potensi UPN “Veteran” Yogyakarta dengan pihak masyarakat yang membutuhkannya. BUU memiliki beberapa unit usaha yang terdiri dari: Jasa Konstruksi, Katering dan Kantin, Percetakan, Perdagangan Umum, dan beberapa unit usaha lainnya. Namun, penelitian ini hanya dilakukan pada usaha percetakan. Kegiatan produksi untuk usaha percetakan pada perusahaan ini berdasarkan pesanan (*make*

to order). Perusahaan mengerjakan semua *order* cetak untuk semua jurusan yang ada di Universitas Pembangunan “Veteran” Yogyakarta.

Banyaknya *order* yang terkadang mendesak dan waktu penyelesaian (*makespan*) yang terlalu panjang sering terjadi penumpukan pekerjaan. Hal itu menjadi faktor perusahaan beberapa kali mengalami keterlambatan dan perlu melakukan *overtime*. Penumpukan yang terjadi diakibatkan, antara lain dari pengaturan jadwal pengerjaan yang belum optimal, waktu penyelesaian yang disepakati pendek, dan sumber daya yang dimiliki kurang mencukupi.

Oleh karena itu, dibuat penjadwalan mesin sesuai dengan karakteristik perusahaan yang memiliki aliran proses masing-masing *order* melewati jumlah stasiun kerja yang berbeda tetapi semua urutan prosesnya sama atau biasa disebut dengan pola aliran *general flowshop*. Hal itu sesuai dengan karakteristik dari Algoritma Modrak & Pandian yaitu memiliki pola aliran *general flowshop* dan memiliki banyak jenis *order*.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Penjadwalan

Penjadwalan (Baker,1974) merupakan alokasi dari sumber daya terhadap waktu untuk menghasilkan sebuah kumpulan pekerjaan. Dengan pengaturan penjadwalan yang efektif dan efisien, perusahaan akan dapat memenuhi *order* tepat pada *due date* serta kualitas yang telah ditentukan.

Tujuan penjadwalan (Baker, 1974):

1. Meningkatkan utilisasi penggunaan sumber daya, atau dengan kata lain mengurangi waktu tunggu dari sumber daya tersebut, sehingga total waktu proses dapat berkurang dan produktivitasnya dapat meningkat.
2. Mengurangi *work-in-process* (barang setengah jadi)
3. Mengurangi keterlambatan

Penjadwalan dibagi menjadi beberapa klasifikasi berdasarkan 4 faktor, salah satunya adalah pola aliran proses. Pola aliran proses dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

a. Flowshop

Dalam aliran proses *flowshop* dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

▪ *Pure flowshop*

Berbagai *job* akan mengalir pada lini produksi yang sama dan tidak memungkinkan adanya variasi.

▪ *General flowshop*

Dimungkinkan adanya variasi antara pekerjaan atau pekerjaan yang datang tidak harus dikerjakan di semua mesin.

b. Jobshop

Setiap *job* memiliki pola aliran kerja yang berbeda. Aliran proses yang tidak searah ini mengakibatkan pekerjaan yang dikerjakan di suatu mesin dapat berupa pekerjaan baru atau pekerjaan yang sedang dikerjakan (*work in process*) atau pekerjaan yang akan menjadi produk jadi (*finished goods*) telah diproses di mesin tersebut.

2.2 Algoritma Modrak & Pandian

Algoritma Modrak & Pandian dikembangkan oleh Modrak, V. dan Pandian, R., S. (2010). Algoritma Modrak & Pandian adalah pengembangan dari metode *Campbell Dudek and Smith* (CDS) dengan perbedaan pola aliran proses, metode CDS memiliki pola aliran proses *pure flowshop* sedangkan Algoritma Modrak & Pandian memiliki pola aliran proses *general flowshop*.

Algoritma Modrak & Pandian membagi menjadi 2 kelompok mesin untuk penentuan urutan penyelesaian. Permasalahan pada pola aliran *flowshop* dengan 2 mesin dengan tujuan untuk meminimasi jarak produksi disebut dengan istilah *Johnson's Problem*. Perumusan masalah pada aturan *Johnson*, pekerjaan *j* dikarakterisasikan melalui

pemrosesan waktu t yang diperlukan pada mesin 1, dan t diperlukan pada mesin 2, sesudah operasi mesin 1 selesai.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian dilakukan di PT Muda Badan Usaha Universitas (BUU) UPN “Veteran” Yogyakarta bagian percetakan khususnya pada penjadwalan mesin yang digunakan untuk mengerjakan *order*. *Order* yang ada akan berulang untuk semester/ periode yang sama, hanya yang membedakan jumlahnya saja.

3.2 Data yang Digunakan

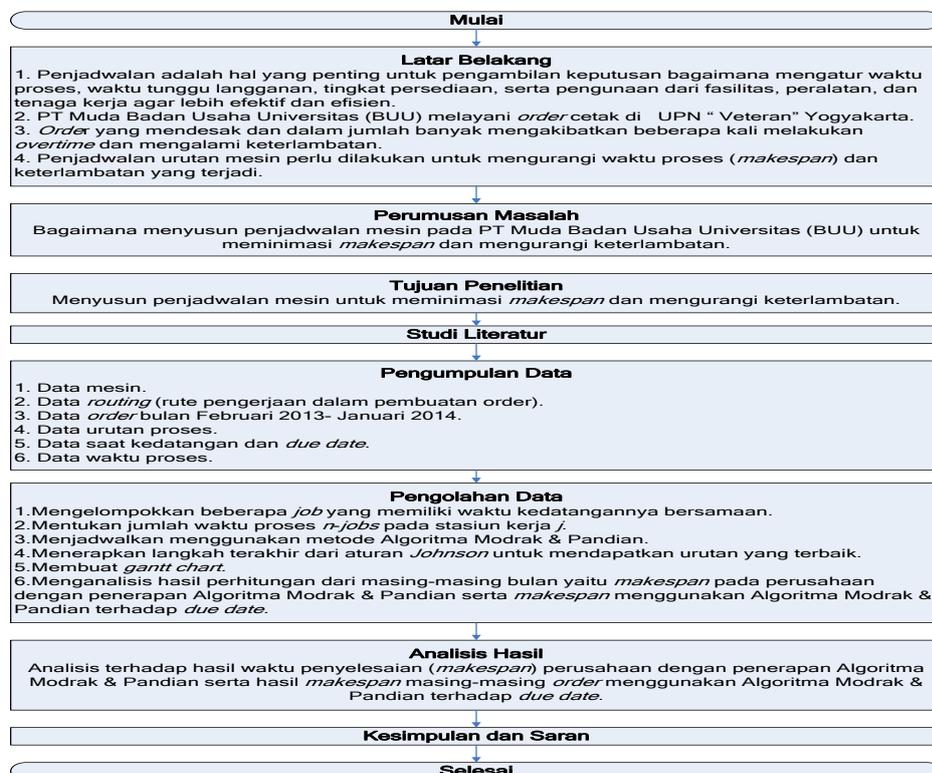
Data-data yang digunakan dalam penelitian, yaitu:

1. Data primer
 - a. Data mesin, berupa jumlah mesin dan kapasitas mesin.
 - b. Data *routing*, berupa urutan proses tiap masing-masing *order*.
2. Data sekunder
 - a. Data *order* bulan Februari 2013- Januari 2014, *order* yang berulang setiap semester yang sama berupa data banyak jumlah *order* dan jumlah isi per 1 *order*.
 - b. Data urutan proses.
 - c. Data saat kedatangan dan *due date*, berupa data waktu masuk, data waktu di proses, data waktu selesai, jumlah jam kerja masing-masing *order*, dan *due date*.
 - d. Data waktu proses, data waktu proses tidak memperhitungkan banyaknya jumlah *order* dan kapasitas mesin.

3.3 Kerangka Penelitian

Langkah-langkah penelitian dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar

3.1.



Gambar 3.1. Kerangka penelitian

4. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS HASIL

4.1 Pengolahan Data

4.1.1 Perhitungan dengan algoritma modrak & pandian

Pengolahan data pada penelitian menggunakan metode Algoritma Modrak & Pandian dengan beberapa langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mengelompokkan beberapa *job* yang memiliki waktu kedatangannya bersamaan.

Tabel 4.5. Data kelompok *order* bulan Februari 2013 kelompok 1

No	Jenis <i>order</i>	Tanggal masuk	Order di proses		Order selesai		Jumlah jam kerja/hari	Due date	Keterangan
			Tanggal	Jam	Tanggal	Jam			
1	Biro AA (lembar jawab PMB)	07-Feb-13	07-Feb-13	08.10	19-Feb-13	12.00	8	20-Feb-13	Kelompok 1
2	Invoice	07-Feb-13	07-Feb-13	09.00	23-Feb-13	10.35	8	23-Feb-13	
3	Faktur penerimaan	07-Feb-13	07-Feb-13	10.15	23-Feb-13	13.30	8	23-Feb-13	
4	Info campus	07-Feb-13	07-Feb-13	11.00	18-Feb-13	11.40	12	20-Feb-13	
5	Amplop BC putih	07-Feb-13	07-Feb-13	13.30	23-Feb-13	15.45	8	23-Feb-13	

Keterangan:

Hari minggu: Tanggal 3, 10, 17, 24 ; Hari libur: Tanggal 10

2. Menentukan jumlah waktu proses *n-jobs* pada stasiun kerja *j*.
Contoh untuk bulan Februari 2103 kelompok 1

Tabel 4.6. Waktu proses bulan Februari 2013 kelompok 1

No	Job	Waktu proses di stasiun kerja ke- (jam)									
		SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5	SK-6	SK-7	SK-8	SK-9	SK-10
1	Biro AA (lembar jawab PMB)	0,24	0,18				1,67	20,17	25,17		
2	Invoice	0,24	0,18			0,92		2,17	2,67	0,57	0,3
3	Faktur penerimaan	0,24	0,18			0,85		1,97	2,42	0,53	0,29
4	Info campus	0,24	0,18	24,00			3,45	9,77	12,17	12,17	4,17
5	Amplop BC putih	0,24	0,18		5,25			20,17	25,17		
	Jumlah	1,18	0,90	24,00	5,25	1,77	5,12	54,25	67,60	13,27	4,76

3. Membuat dua kelompok dari *j*-stasiun kerja sedemikian rupa, sehingga jumlah waktu proses stasiun kerja kelompok I sama/sebanding dengan jumlah waktu proses stasiun kerja kelompok II.

Contoh perhitungan:

Untuk kombinasi no. 1

$$\begin{aligned}
 I &= SK\ 2 + SK\ 3 + SK\ 5 + SK\ 7 + SK\ 10, \quad II = SK\ 1 + SK\ 4 + SK\ 6 + SK\ 8 + SK\ 9 \\
 &= 0,90 + 24,00 + 1,77 + 54,25 + 4,76 \quad = 1,18 + 5,25 + 5,12 + 65,10 + 13,27 \\
 &= \mathbf{85,68} \quad = \mathbf{92,42}
 \end{aligned}$$

Alternatif pembagian grup dari *j* stasiun kerja (SK) :

1. $\sum_{j=1}^1 T_j = 85,68$ dan $\sum_{j=2}^{10} T_j = 92,42$, selisih 6,72
2. $\sum_{j=1}^2 T_j = 85,96$ dan $\sum_{j=3}^{10} T_j = 92,14$, selisih 6,18
3. $\sum_{j=1}^3 T_j = 90,03$ dan $\sum_{j=4}^{10} T_j = 88,07$, selisih 1,96
4. $\sum_{j=1}^4 T_j = 89,31$ dan $\sum_{j=5}^{10} T_j = 88,79$, selisih 0,52
5. $\sum_{j=1}^5 T_j = 89,03$ dan $\sum_{j=6}^{10} T_j = 89,07$, selisih **0,04**

Grup yang terpilih dari beberapa alternatif diatas adalah alternatif 5, karena memiliki selisih paling kecil.

4. Menentukan total stasiun kerja di masing-masing kelompok. Menyatakan jumlah stasiun kerja di kelompok I = *a* dan jumlah stasiun kerja di kelompok II

= b. Kelompok I terdiri dari 5 SK dan Kelompok II terdiri 5 SK dapat dilihat pada Tabel 4.7. dan Tabel 4.8.

Tabel 4.7. Kelompok I bulan Februari 2013 kelompok 1

No	Job	Stasiun Kerja (SK)				
		SK-1	SK-4	SK-5	SK-8	SK-9
1	Biro AA (lembar jawab PMB)	0,24			25,17	
2	Invoice	0,24		0,92	2,67	0,57
3	Faktur penerimaan	0,24		0,85	2,42	0,53
4	Info campus	0,24			12,17	12,17
5	Amplop BC putih	0,24	5,25		25,17	
Jumlah		1,18	5,25	1,77	67,6	13,27
Total		89,07				

Tabel 4.8. Kelompok II bulan Februari 2013 kelompok 1

No	Job	Stasiun Kerja (SK)				
		SK-2	SK-3	SK-6	SK-7	SK-10
1	Biro AA (lembar jawab PMB)	0,18		1,67	20,17	
2	Invoice	0,18			2,17	0,3
3	Faktur penerimaan	0,18			1,97	0,29
4	Info campus	0,18	24	3,45	9,77	4,17
5	Amplop BC putih	0,18			20,17	
Jumlah		0,9	24	5,12	54,25	4,76
Total		89,03				

5. Menentukan waktu operasi pada T jobs di masing-masing kelompok menggunakan persamaan (2.1) dan (2.2)

$$T^I_j = (a, t_{11}) + [(a-1). t_{12}] + [(a-2). t_{13}] + \dots + (1.t_{1a}) \dots \dots \dots (2.1)$$

Formula sama untuk semua jobs J_2, J_3, J_n .

$$T^{II}_j = (b, t_{1m}) + [(b-1). t_{1m-1}] + [(b-2). t_{1m-2}] + \dots + (1.t_{1a}) \dots \dots \dots (2.2)$$

Formula sama untuk semua jobs J_2, J_3, J_n .

Perhitungan sebagai berikut :

1. $T^I_{j1} = (5 \times 0,24) + (4 \times 0) + (3 \times 0) + (2 \times 25,17) + (1 \times 0) = 51,54$
2. $T^I_{j2} = (5 \times 0,24) + (4 \times 0) + (3 \times 0,92) + (2 \times 2,67) + (1 \times 0,57) = 9,87$
3. $T^I_{j3} = (5 \times 0,24) + (4 \times 0) + (3 \times 0,85) + (2 \times 2,42) + (1 \times 0,53) = 9,12$
4. $T^I_{j4} = (5 \times 0,24) + (4 \times 0) + (3 \times 0) + (2 \times 12,17) + (1 \times 12,17) = 37,71$
5. $T^I_{j5} = (5 \times 0,24) + (4 \times 5,25) + (3 \times 0) + (2 \times 25,17) + (1 \times 0) = 72,54$
6. $T^{II}_{j6} = (5 \times 0,18) + (4 \times 0) + (3 \times 1,67) + (2 \times 20,17) + (1 \times 0) = 46,25$
7. $T^{II}_{j7} = (5 \times 0,18) + (4 \times 0) + (3 \times 0) + (2 \times 2,17) + (1 \times 0,30) = 5,54$
8. $T^{II}_{j8} = (5 \times 0,18) + (4 \times 0) + (3 \times 0) + (2 \times 1,97) + (1 \times 0,29) = 5,13$
9. $T^{II}_{j9} = (5 \times 0,18) + (4 \times 24,00) + (3 \times 3,45) + (2 \times 9,77) + (1 \times 4,17) = 130,96$
10. $T^{II}_{j10} = (5 \times 0,18) + (4 \times 0) + (3 \times 0) + (2 \times 20,17) + (1 \times 0) = 41,24$

6. Mentabulasi nilai-nilai yang sudah dihitung pada langkah 5 ke dalam dua baris. Tabulasi waktu proses pada langkah 5 dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Tabulasi horizontal bulan Februari 2013 kelompok 1

Kelompok/ Job	Biro AA (lembar jawab PMB)	Invoice	Faktur penerimaan	Info campus	Amplop BC putih
T^I_j	51,54	9,87	9,12	37,71	72,54
T^{II}_j	46,25	5,54	5,13	130,96	41,24

7. Menerapkan langkah terakhir dari aturan *Johnson* untuk mendapatkan urutan yang terbaik. Langkah aturan *Johnson* adalah sebagai berikut:

Poin 1:

Menentukan nilai tabulasi waktu proses diantara seluruh *job*.

Poin 2a:

Jika nilai tabulasi waktu proses *order* berada pada Kelompok T^I_j , maka jadwalkan *job* dengan waktu terpendek itu pada posisi *available* berikutnya dimulai dari urutan paling awal dan lanjutkan ke Poin 3. Penentuan nilai tabulasi waktu proses terpendek dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10. Tabulasi vertikal bulan Februari 2013 kelompok 1

Kelompok/Job	T^I_j	T^{II}_j
Biro AA (lembar jawab PMB)	51,54	46,25
Invoice	9,87	5,54
Faktur penerimaan	9,12	5,13
Info campus	37,71	130,96
Amplop BC putih	72,54	41,24

Poin 2b:

Bila waktu proses terpendek berada pada Kelompok T^{II}_j , maka jadwalkan *job* dengan waktu terpendek itu pada posisi berikutnya (dengan urutan terbalik) dimulai dari urutan terakhir dan lanjutkan ke Poin 3. Untuk waktu proses terpendek yang sama pilih salah satu secara sembarang.

Poin 3:

Mengeluarkan *job* yang sudah dijadwalkan dari daftar *job*. Bila masih ada *job* yang belum dijadwalkan, maka kembali ke Poin 1. Bila seluruh *job* sudah dijadwalkan maka *stop*. Urutan yang didapat adalah sebagai berikut:

$$(4) - (1) - (5) - (2) - (3)$$

8. Menghitung waktu *makespan* berdasarkan urutan yang diperoleh pada langkah Perhitungan waktu *makespan order* bulan Februari 2013 kelompok 1 dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} &\text{Waktu selesai (F) order 1 pada SK-1} \\ &= \text{waktu mulai (S) + waktu proses order 1 di SK-1} \\ &= 0,00 + 0,24 = 0,24 \end{aligned}$$

9. Membuat *gant chart*

Dibawah ini contoh *gant chart* penjadwalan untuk bulan Februari 2013 kelompok 1 dapat dilihat pada Gambar 4.2.

10. Menganalisis hasil perhitungan dari masing-masing bulan yaitu *makespan* pada perusahaan dengan penerapan Algoritma Modrak & Pandian serta *makespan* menggunakan Algoritma Modrak & Pandian terhadap *due date* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Contoh perhitungan:

$$\text{Order 1 bulan Februari kelompok 1 : } \frac{\text{Makespan}}{\text{Jumlah jam kerja/hari}} = \frac{82,98 \text{ jam}}{8 \text{ jam/hari}} = 10,37$$

≈ 11 hari

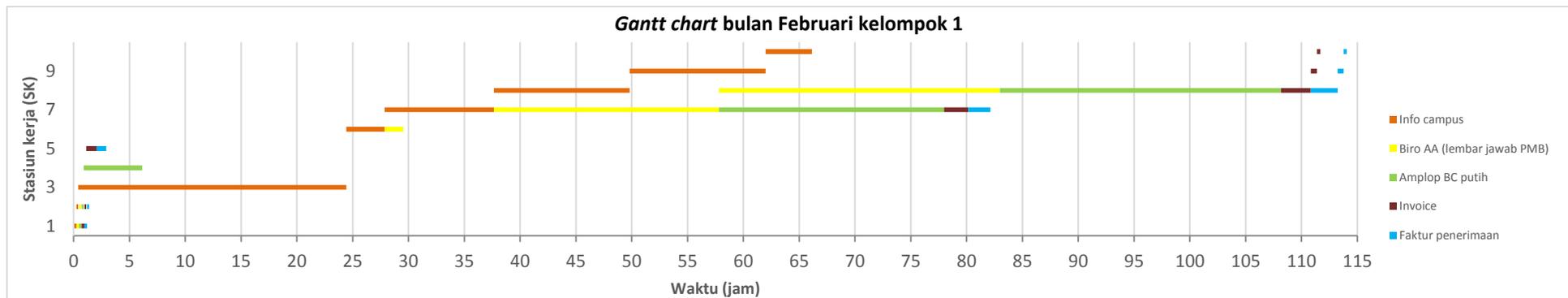
Order masuk : tanggal 07-Feb-13 = 07 + 11 hari = 19 Februari 2013

Perhitungan jam/waktu : 10 hari x 8 jam kerja/hari = 80 jam

Makespan = 82,98 jam , sisa *makespan* : 82,98 jam - 80 jam = 2,98 jam atau 2 jam 59 menit

Jam kerja di mulai pukul 08.00 = 08.00 + 2.59 = 10.59

Jadi, waktu penyelesaian *order* 1 bulan Februari kelompok 1 = Tanggal 19 Februari 2013 pada pukul 10.59.



Gambar 4.2. Gantt chart bulan Februari 2013 kelompok 1

Tabel 4.11. Perhitungan waktu *makespan order* bulan Februari 2013 kelompok 1

No	Job	SK-1		SK-2		SK-3		SK-4		SK-5		SK-6		SK-7		SK-8		SK-9		SK-10	
		S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F
1	Info campus	0,00	0,24	0,24	0,42	0,42	24,42					24,42	27,87	27,87	37,64	37,64	49,81	49,81	61,98	61,98	66,15
2	Biro AA (lembar jawab PMB)	0,24	0,48	0,48	0,66							27,87	29,54	37,64	57,81	57,81	82,98				
3	Amplop BC putih	0,48	0,72	0,72	0,90			0,90	6,15					57,81	77,98	82,98	108,15				
4	Invoice	0,72	0,96	0,96	1,14					1,14	2,06			77,98	80,15	108,15	110,82	110,82	111,39	111,39	111,69
5	Faktur penerimaan	0,96	1,20	1,20	1,38					2,06	2,91			80,15	82,12	110,82	113,24	113,24	113,77	113,77	114,06

Keterangan: S = Start ; F = Finish

Tabel 4.12. Perbandingan hasil penjadwalan Modrak & Pandian dengan perusahaan

No	Jenis order	Realisasi perusahaan							Algoritma Modrak & Pandian			
		Tanggal masuk	Order di proses		Order selesai		Jumlah jam kerja/hari	Due date	Makespan (jam)	Makespan (jam)	Hasil perhitungan	
			Tanggal	Jam	Tanggal	Jam					Tanggal	Jam
1	Biro AA (lembar jawab PMB)	07-Feb-13	07-Feb-13	08.10	19-Feb-13	12.00	8	20-Feb-13	83,28	82,98	19-Feb-13	10.59
2	Invoice	07-Feb-13	07-Feb-13	09.00	23-Feb-13	10.35	8	23-Feb-13	112,54	111,69	22-Feb-13	15.42
3	Faktur penerimaan	07-Feb-13	07-Feb-13	10.15	23-Feb-13	13.30	8	23-Feb-13	114,35	114,06	23-Feb-13	10.04
4	Info campus	07-Feb-13	07-Feb-13	11.00	18-Feb-13	11.40	12	20-Feb-13	108,23	66,15	13-Feb-13	14,09
5	Amplop BC putih	07-Feb-13	07-Feb-13	13.30	23-Feb-13	15.45	8	23-Feb-13	109,65	108,15	22-Feb-13	12.09

- 4.1.2 Rekapitulasi hasil minimasi *makespan*
 Dibawah ini rekapitulasi hasil minimasi *makespan* dengan menggunakan Algoritma Modrak & Pandian dapat dilihat pada Tabel 4.13.
- 4.1.3 Rekapitulasi hasil minimasi keterlambatan
 Dibawah ini rekapitulasi hasil minimasi keterlambatan dengan menggunakan Algoritma Modrak & Pandian dapat dilihat pada Tabel 4.14.
- 4.1.4 Revisi jadwal penyelesaian
 Dibawah ini revisi jadwal penyelesaian yang tidak memerlukan penambahan waktu kerja (*overtime*) dengan menggunakan Algoritma Modrak & Pandian dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.13. Rekapitulasi minimasi *makespan*

Bulan Februari 2013 kelompok 1			
No	Jenis order	Makespan perusahaan (jam)	Makespan dengan Algoritma Modrak & Pandian (jam)
1	Biro AA (lembar jawab PMB)	83,28	82,98
2	Invoice	112,54	111,69
3	Faktur penerimaan	114,35	114,06
4	Info campus	108,23	66,15
5	Amplop BC putih	109,65	108,15
Bulan Februari 2013 kelompok 2			
No	Jenis order	Makespan perusahaan (jam)	Makespan dengan Algoritma Modrak & Pandian (jam)
1	Nota kantin mawar	183,52	183,08
2	Blangko maba	158,36	148,43
3	Buku RAT koperasi UPN	187,27	182,51
4	Buku jurnal (FTM)	82,44	46,18
Bulan Februari 2013 kelompok 3			
No	Jenis order	Makespan perusahaan (jam)	Makespan dengan Algoritma Modrak & Pandian (jam)
1	Buku buletin ekonomi	101,48	101,09
2	Kop surat kecil	98,31	88,29
3	Nota cuci mobil+motor	100,13	84,35
4	Kop surat warna (F4) Tambang	22,4	13,92
5	Kop surat warna (F4) Lingkungan	23,19	20,34
6	Kop surat warna (F4) Geologi	26,27	26,76
7	Kop surat warna (F4) Minyak	38,11	33,18
8	Kop surat warna (F4) Geofisika	40,26	39,6
9	Buku modul sedimentologi	110,3	97,47
10	Amplop merpati B/W tambang	213,27	105,18
11	Amplop merpati B/W minyak	115,44	103,76
12	Amplop merpati B/W geologi	117,17	102,34
13	Amplop merpati B/W geofisika	117,86	100,92
14	Amplop merpati B/W lingkungan	118,67	99,5
15	Amplop warna minyak	76,45	46,02
16	Amplop warna geologi	77,55	52,44
17	Amplop warna tambang	72,74	58,86
18	Amplop warna geofisika	78,34	65,28
19	Amplop warna lingkungan	79,16	71,7
Bulan Februari 2013 kelompok 4			
No	Jenis order	Makespan perusahaan (jam)	Makespan dengan Algoritma Modrak & Pandian (jam)
1	Buku modul web	12,65	9,52
2	Buku modul algoritma	28,04	24,51
3	Buku modul grafika	28,58	20,09
4	Buku modul sistem digital	27,47	6,68
5	Buku modul pemrograman	20,16	15,92
6	Stopmap pertanian	80,22	35,81
7	Kop surat warna (F4) pertanian	80,53	27,93
8	Kop surat warna (A4) pertanian	80,95	34,52
9	Amplop merpati pertanian	82,31	31,85

Tabel 4.14. Rekapitulasi hasil minimasi keterlambatan bulan Februari 2013

No	Jenis order	Hasil realisasi perusahaan		Due date	Hasil perhitungan Algoritma Modrak & Pandian	
		Tanggal	Jam		Tanggal	Jam
1	Nota cuci mobil+motor	07-Mar-13	09.19	06-Mar-13	06-Mar-13	08.21
2	Amplop merpati pertanian	09-Mar-13	15.10	08-Mar-13	04-Mar-13	15.51

Tabel 4.15. Ringkasan revisi waktu penyelesaian bulan Februari 2013

No	Jenis order	Realisasi perusahaan							Algoritma Modrak & Pandian				
		Tanggal masuk	Order di proses		Order selesai		Jumlah jam kerja/hari	Due date	Hasil perhitungan		Revisi jam kerja/hari	Revisi penyelesaian	
			Tanggal	Jam	Tanggal	Jam			Tanggal	Jam		Tanggal	Jam
1	Info campus	07-Feb-13	07-Feb-13	11.00	18-Feb-13	11.40	12	20-Feb-13	13-Feb-13	14.09	8	16-Feb-13	10.09
2	Buku jurnal (FTM)	11-Feb-13	11-Feb-13	13.18	18-Feb-13	11.35	12	23-Feb-13	14-Feb-13	18.11	8	16-Feb-13	14.11
3	Buku modul sedimentologi	26-Feb-13	27-Feb-13	08.20	11-Mar-13	11.00	12	11-Mar-13	07-Mar-13	09.29	8	09-Mar-13	12.21
4	Buku modul web	28-Feb-13	28-Feb-13	08.15	01-Mar-13	09.56	12	03-Mar-13	28-Feb-13	17.52	8	01-Mar-13	09.32
5	Buku modul grafika	28-Feb-13	28-Feb-13	10.18	02-Mar-13	13.30	12	03-Mar-13	01-Mar-13	16.06	8	02-Mar-13	12.06
6	Buku modul sistem digital	28-Feb-13	28-Feb-13	11.25	02-Mar-13	11.27	12	03-Mar-13	28-Feb-13	14.41	8	28-Feb-13	14.41
7	Buku modul pemrograman	28-Feb-13	28-Feb-13	13.56	01-Mar-13	15.36	12	03-Mar-13	01-Mar-13	11.56	8	01-Mar-13	15.56

4.2 Analisis Hasil

Dari hasil perhitungan menggunakan metode Algoritma Modrak & Pandian didapatkan hasil *makespan* yang lebih kecil dibandingkan dengan kondisi riil perusahaan seperti salah satu contohnya yaitu *order invoice*, *makespan* pada perusahaan yaitu 112,54 jam, sedangkan *makespan* dengan Algoritma Modrak & Pandian lebih kecil yaitu 111,69 jam. Dengan melakukan penjadwalan menggunakan Algoritma Modrak & Pandian dapat meminimasi *makespan* kurang lebih 95% dari keseluruhan *order* sehingga pekerjaan dapat lebih cepat selesai. Selain itu, masalah keterlambatan yang terjadi dapat di minimumkan dengan meminimasi *makespan* tersebut. Dari hasil perhitungan menggunakan Algoritma Modrak & Pandian terdapat 25 *order* dari 260 *order* yang dapat di minimasi keterlambatannya.

Terdapat 45 jenis *order* yang diselesaikan oleh perusahaan, 21 jenis *order* diantaranya diselesaikan dengan menambah jam kerja (*overtime*). Dari 21 *order* yang membutuhkan lembur, jika dijadwalkan dengan Algoritma Modrak & Pandian didapatkan 14 jenis *order* antara lain kartu praktikum, konsep ijazah, panca prasetya, pengumuman pengambilan ijazah, buku modul, nota, kwitansi pembayaran, block note, lembar jawab, undangan wisuda, sertifikat karya cendikia, majalah info kampus, buku jurnal, dan buku PKK tidak memerlukan *overtime* karena dengan waktu normal yaitu 8 jam kerja/hari sudah dapat diselesaikan sebelum *due-date* yang ditentukan.

Salah satu contoh pada *order* wisuda yaitu undangan untuk orang tua, dengan Algoritma Modrak & Pandian dapat diselesaikan pada tanggal 19-Maret-2013 pukul 15.37 dengan 8 jam kerja (waktu normal) dan masih lebih awal dibandingkan *due-datenya* yaitu tanggal 06-April-2013 sedangkan penyelesaian riilnya pada tanggal 25-April-2013 pukul 09.24 dengan 16 jam kerja (*overtime*).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Jadwal yang diusulkan dapat meminimasi *makespan* kurang lebih 95% dari keseluruhan *order* dan dapat diselesaikan lebih awal sebelum *due date* yang telah ditentukan.
2. Terdapat 25 *order* yang dapat minimisasi keterlambatannya antara lain nota cuci mobil+motor, amplop merpati pertanian, modul praktikum statistik, buku laporan kwitansi pembayaran, majalah info kampus, buku agenda surat masuk, kop surat warna, kartu praktikum geomorfologi, nota kantin mawar, lembar jawab ujian mahasiswa fisip, invoice, kop surat warna FTI, stop map warna berkop, dan amplop warna (Tambang)
3. Beberapa *order* yang dapat diselesaikan tanpa *overtime* antara lain info kampus, buku jurnal (FTM), buku modul sedimentologi undangan orang tua, sertifikat karya cendikia, konsep ijazah, pengumuman pengambilan ijazah, panca prasetya, dan lembar jawab fisip.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian:

1. Melakukan pengaturan jam kerja dengan baik agar dapat mengurangi adanya waktu menganggur.
2. Menambah mesin film/*paper plate* atau mesin yang paling sering digunakan sehingga tidak perlu dilakukan subkontrak yang dapat menghemat biaya produksi dan waktu.
3. Melakukan pencatatan data waktu proses yang lebih detail dengan memperhitungkan banyaknya jumlah *order* dan kapasitas mesin.

4. Algoritma Modrak & Pandian dapat digunakan sebagai salah satu alat pemecah masalah dalam menjadwalkan *job* pada mesin yang tersedia pada perusahaan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, M.I., 2007, *Penerapan Algoritma Heuristik Pour dalam Menyelesaikan Penjadwalan Flow Shop untuk Meminimasi Makespan*, Tugas Akhir Teknik Industri, UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Assauri, S., 1998, *Manajemen Produksi dan Operasi*, Lembaga Penerbit FE UI, Jakarta.
- Aziza, S., Prassetiyo, H., dan Imran, A., 2013, *Penjadwalan Kelompok Buku Cerita Menggunakan Algoritma Modrak (2010) dengan Kriteria Meminimasi Makespan*, *Jurnal online Institute Teknologi Nasional*, vol. 02, no.02, ejurnal.itenas.ac.id/, diakses 23 Desember 2013.
- Baker, K.R., 1974, *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley and Sons, New York.
- Bedworth, D.D., James E.B., 1982, *Integrated Production Control Systems Management, Analysis, and Design*, John Wiley and Sons, New York.
- Conway, R.W., Maxwell, W.L., and Miller, L.W., 1967, *Theory of Scheduling* Adison, Wesley Company, Massachusetts.
- Endi, 2007, *Penjadwalan Produksi*, <http://thesis.binus.ac.id/>, diakses 19 Januari 2014.
- Gazpersz, V., 2001, *Production Planning and Inventory Control*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ginting, R., 2007, *Sistem Produksi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Ginting, R., 2009, *Penjadwalan Mesin*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Jovan, 2006, *Manfaat Penjadwalan*, <http://elib.unikom.ac.id/>, diakses 20 Januari 2014.
- Komarudin, 2010, *Flowshop Scheduling – Penjadwalan Flowshop*, <http://staff.blog.ui.ac.id/>, diakses 12 Maret 2014.
- Kusuma, H., 1999, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Modrák, V., Pandian, R.S., 2010, *Flow Shop Scheduling Algorithm to Minimize Completion Time for N-Jobs M-Machines Problem*, *International Journal of Tehnički vjesnik*, vol. 17, no.3.
- Morton, T.E., David W.P., 1993, *Heuristic Scheduling System with Application to Production System and Management*, John Wiley and Sons, New York.
- Nasution, A, H., Prasetyawan, Y., 2008, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Okta, 2011, *Flowshop*, http://tugas_simulasi.blogspot.com/2011/03/flow-shop.html, diakses 12 Maret 2014
- Rahmawati, S., 2010, *Penjadwalan-Scheduling*, <http://keluar.zona.nyaman.wordpress.com/>, diakses 19 Januari 2014.
- Render, B., Heizer, J., 2001, *Prinsip – prinsip Manajemen Operasi*, Penerbit Salemba Empat. Jakarta.
- Rizky, 2012, *Pengertian Penjadwalan Produksi*, www.fourseasonnews.com/, diakses 20 Januari 2014.
- Tagawa, S., 1996, *A New Concept of Jobshop Scheduling System Hierarchical Decision Model*, *International Journal of Production Economics*, vol. 44, no.12.