

# Penjadwalan Kelompok Buku Cerita Menggunakan Algoritma Modrak (2010) dengan Kriteria Minimisasi *Makespan*\*

SASHA AZIZA, HENDRO PRASSETIYO, ARIF IMRAN

Jurusan Teknik Industri  
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: sasha.aziza@yahoo.com

## ABSTRAK

*PT. X merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri percetakan dan bersifat job order. Perusahaan mencetak buku cerita, Al-Quran, soal untuk ujian nasional dan kertas untuk pemilihan umum. Kertas digunakan sebagai bahan baku utama dari produk-produk tersebut. Penelitian ini difokuskan kepada produk buku cerita, dimana buku cerita memiliki berbagai jenis kertas yang digunakan. Pada penelitian ini akan dibuat jadwal urutan job yang baru dengan tujuan untuk meminimisasi makespan. Penjadwalan urutan job dibuat dengan menggunakan Algoritma Modrak (2010) dengan kriteria minimisasi waktu penyelesaian (makespan) pada  $n$ -jobs  $m$ -machine. Hasil penjadwalan menggunakan Algoritma Modrak memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan sistem penjadwalan yang dilakukan perusahaan saat ini.*

**Kata kunci:** *Flowshop, minimisasi makespan, Algoritma Modrak.*

## ABSTRACT

*PT. X is a printing company, the characteristic is job order. The company print books, Al-Quran, national exams papers and papers for the general election. Papers are being used as a raw material for those products. This research focused on the storybook product, that it have variety paper used. In this research we use Modrak's Algorithm to schedule the job order. The aim is to minimize the makespan on  $n$ -jobs  $m$ -machine. The results using Modrak's Algorithm produces a better results than the current scheduling system.*

**Keywords:** *Flowshop, makespan minimization, Modrak's Algorithm.*

---

\* Makalah ini merupakan ringkasan yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Pengantar

Penjadwalan adalah proses pengurutan pembuatan produk secara menyeluruh pada beberapa mesin (Conway, et, al, 1967). PT. X merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri percetakan dan bersifat *job order*.

Manfaat yang didapat dari penjadwalan diantaranya adalah sebagai acuan informasi dalam mengestimasi kemampuan perusahaan dalam menyelesaikan *order* konsumen dan meminimasi keterlambatan batas waktu penyelesaian pesanan (*due date*). PT. X hanya melakukan penjadwalan urutan *job* sesuai dengan banyaknya jumlah jenis produk yang menjadi *order* konsumen. Dengan sistem penjadwalan dan pola aliran produksi perusahaan saat ini, waktu penyelesaian (*makespan*) menjadi besar, terlihat dari banyaknya *idle time*. Maka dari itu dibutuhkan sebuah penjadwalan untuk memberikan urutan *job* yang lebih baik dengan tujuan untuk meminimisasi waktu penyelesaian (*makespan*).

### 1.2 Identifikasi Masalah

Pada penelitian ini dalam pembuatan jadwal produksi kertas buku cerita digunakan sebuah penjadwalan *flow shop* dengan kriteria minimisasi *makespan* untuk permasalahan *n-jobs m-machine* berdasarkan penelitian Modrak (2010). Tujuan dari penerapan Algoritma ini adalah dapat menghasilkan urutan *job* yang efektif untuk menyelesaikan permasalahan urutan yang melibatkan banyak pekerjaan, mesin, dan operasi yang bergantung pada urutan pekerjaannya. Algoritma ini dapat direkomendasikan pada perusahaan industri dengan tipe aliran *flow shop* dimana semua *job* melewati lintasan yang sama dari stasiun kerja ke stasiun kerja lainnya dan memiliki urutan stasiun kerja yang sama, tetapi tidak semua *job* dikerjakan pada setiap stasiun kerja hanya sesuai dengan kebutuhan atau jenis produk yang diproduksi.

Tujuan penelitian ini adalah membuat penjadwalan kelompok buku cerita menggunakan Algoritma Modrak (2010) dengan kriteria minimisasi *makespan*. Batasan masalah dari penelitian ini diantaranya, penjadwalan dilakukan pada produk kertas untuk buku cerita, data *order* kertas buku cerita yang digunakan dimulai dari Bulan Januari s/d Maret 2013, dan data waktu transportasi tidak menjadi bahan pertimbangan saat produksi berlangsung. Asumsi dari penelitian ini diantaranya, kerusakan mesin saat produksi berlangsung diabaikan, pergantian hari diabaikan, dan waktu *set up* sudah termasuk kedalam waktu proses.

## 2. STUDI LITERATUR

### 2.1 Konsep Dasar Penjadwalan

Permasalahan penjadwalan akan muncul jika terdapat beberapa pekerjaan yang dapat dilakukan dalam waktu yang sama sedangkan jumlah mesin dan peralatan yang tersedia terbatas. Untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan keterbatasan sumber daya yang dimiliki, maka diperlukan suatu teknik penjadwalan terhadap sumber-sumber tersebut secara efisien.

Baker (1974) menjelaskan tujuan penjadwalan adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan produktivitas mesin dengan mengurangi waktu mengganggu mesin.
2. Mengurangi keterlambatan suatu pekerjaan dengan cara mengurangi maksimum keterlambatan dan mengurangi jumlah pekerjaan yang terlambat.
3. Mengurangi persediaan barang setengah jadi dengan mengurangi rata-rata pekerjaan

yang menunggu dalam antrian suatu mesin karena mesin yang digunakan sedang melakukan pekerjaan.

Menurut Narasimhan *et al.* (1995) penjadwalan yang baik seharusnya sederhana, mudah dimengerti dan dapat dilaksanakannya oleh pihak manajemen dan oleh siapapun yang menggunakannya. Aturan-aturan penjadwalan seharusnya cukup kuat tetapi mempunyai tujuan yang realistis, sehingga cukup fisibel untuk memecahkan masalah yang tidak terprediksi sebelumnya dan membolehkan suatu perencanaan ulang.

Penyusunan suatu penjadwalan produksi yang semata-mata hanya berdasarkan pada intuisi belaka jelas akan dapat mempengaruhi jumlah hasil produksi yang sebenarnya maupun yang dihasilkan. Dalam hal ini penjadwalan yang demikian itu akan menyebabkan timbulnya waktu yang tidak produktif (*idle time*), kapasitas produk yang dihasilkan oleh mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi menjadi rendah, dan waktu penyelesaian (*makespan*) yang besar. Ini jelas merupakan faktor yang merugikan perusahaan. Fungsi pokok dari penjadwalan produksi adalah agar arus produksi dapat berjalan lancar sesuai dengan waktu yang direncanakan. Dapat dikatakan bahwa penjadwalan produksi dilakukan agar mesin-mesin dapat bekerja secara optimal dengan biaya produksi seminimal mungkin dengan penyerahan barang tepat pada waktunya sesuai pesanan konsumen (*order*).

## **2.2 Penjadwalan Sistem Produksi *Flowshop***

*Flow shop* adalah proses penentuan urutan pekerjaan yang memiliki lintasan produk yang sama. Pada pola *flowshop*, operasi dari suatu *job* hanya dapat bergerak satu arah, yaitu dari proses awal di mesin awal sampai proses akhir di mesin terakhir dan jumlah tahapan proses umumnya sama dengan jumlah jenis mesin yang digunakan. Dalam penjadwalan *flowshop*, sejumlah pekerjaan (*job*) memiliki urutan pekerjaan mesin yang sama. Suatu penjadwalan bisa dimodelkan sebagai permasalahan penjadwalan *flowshop* apabila urutan pekerjaannya searah.

## **2.3 Algoritma Penjadwalan *Flowshop* Kriteria Minimisasi Maksimum *Completion Time* pada *n-jobs m-machine* Modrak dan Pandian (2010)**

Dalam sebuah kondisi dimana dilakukan perbandingan antara CDS dengan Algoritma Modrak dengan  $m=5$ , pada 4 mesin memiliki nilai *makespan* yang sama, tetapi terdapat 1 mesin dimana penerapan Algoritma Modrak memberikan hasil yang lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan Metode CDS.

Permasalahan *flow shop* dengan 2 mesin dengan tujuan untuk meminimisasi jarak produksi juga disebut dengan istilah *Johnson's Problem*. Hasil-hasil yang sebenarnya telah diperoleh melalui Johnson yang sekarang adalah menjadi dasar-dasar standar di dalam teori penjadwalan. Perumusan *problem* tersebut, pekerjaan  $j$  dikarakterisasikan melalui pemrosesan waktu  $t$  yang diperlukan pada mesin 1, dan  $t$  diperlukan pada mesin 2, sesudah operasi mesin 1 selesai.

Permasalahan penjadwalan pada *m-machine flowshop scheduling problems* (FSSP) termasuk permasalahan NP-hard untuk  $m \geq 3$  [3]. FSSPs dapat dikategorikan: *dynamic* dan *static*. *Flowshop dynamic* sangat bergantung pada satu pekerjaan yang datang secara terus menerus dari waktu ke waktu. Permasalahan urutan penjadwalan pada *flowshop static* dinotasikan sebagai permasalahan yang menentukan urutan yang terbaik pada *n-jobs m-machine* di dalam pola aliran *flowshop*. Kriteria optimalitas pada masalah urutan penjadwalan aliran pola *flowshop* biasanya lebih spesifik terhadap minimisasi *makespan* yang

didefinisikan sebagai total waktu penyelesaian untuk memastikan semua *job* selesai dijadwalkan pada semua mesin. Jika *job* dikerjakan tidak sepenuhnya, dimana waktu antara saat dimana pekerjaan ke-*i* telah siap untuk dikerjakan sampai pekerjaan tersebut diselesaikan, maka disebut *flow time*. Beberapa kasus untuk menghitung *completion time* ( $C_{max}$ ) membutuhkan asumsi. Contoh seperti permasalahan FSSP tidak akan muncul waktu mengganggu mesin. Pembatas itu ditulis karena sangat penting dalam kondisi atau situasi demikian. Penjadwalan deterministik *job shop* terbatas pada set  $J$  dari  $n$ -*jobs* menjadi  $m$ -*machine*. Masing-masing pekerjaan  $J_n$  harus diproses pada setiap mesin, dengan urutan yang konstan dari  $m$ -operasi  $O_{1i}, O_{2i}, O_{3i} \dots O_{mi}$

Algoritma Modrak bertujuan untuk meminimasi *makespan* untuk menentukan *permutation flowshop scheduling* (PFSSP) yang bersifat klasik statis dan deterministik pada  $n$  *job* dan  $m$  *machine* dengan memperhatikan urutan *job*. Urutan *job* pada pola aliran *flow shop* dan masalah penjadwalan, dimana antrian *jobs* yang diperbolehkan dengan beberapa mesin di dalam proses urutan, diasumsikan *jobs* dapat menunggu diantara mesin lainnya. Dalam penelitian ini fungsi objektivitas model penjadwalan untuk permasalahan PFSSP dapat meminimasi *makespan* ketika mesin diijinkan mengganggu.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir metodologi penelitian terdapat pada Gambar 1.

1. Identifikasi Masalah  
Berdasarkan hasil observasi, dapat diidentifikasi sistem penjadwalan yang dilakukan PT. X untuk produk kertas buku cerita dibuat berdasarkan banyaknya jumlah jenis produk yang menjadi *order* konsumen. Perusahaan melakukan proses produksi pada setiap *job* yang akan dikerjakan disesuaikan dengan kapasitas dan jumlah tenaga kerja.
2. Studi Literatur  
Studi literatur dibutuhkan untuk pemahaman konsep dan teori penjadwalan, serta pengetahuan yang relevan terhadap penelitian ini misalnya pola aliran *flow shop* dan penggunaan Algoritma yang memiliki relevansi dengan penelitian.
3. Metode Pemecahan Masalah

**Tabel 1. Karakteristik Algoritma Modrak dan CDS**

KARAKTERISTIK		
Algoritma	Pola Aliran	Jumlah Job
<b>MODRAK</b>	Digunakan untuk pola aliran <i>general flow shop</i> .	<i>n-jobs m-machine</i>
<b>CDS</b>	Digunakan untuk pola aliran <i>pure flow shop</i> .	<i>n-job m-machine</i>
Informasi didapat dari (Bedworth & Bailey, 1987) dan (Modrak, 2010)		

4. Pengumpulan Data  
Pengumpulan data untuk penelitian tugas akhir adalah:
  1. Data *order* kertas untuk buku cerita Bulan Januari s/d Maret 2013.
  2. Data stasiun kerja.
  3. Data saat kedatangan dan *due date*.

*Penjadwalan Kelompok Buku Cerita Menggunakan Algoritma Modrak (2010)  
dengan Kriteria Minimisasi Makespan*

4. *Data routing*.  
*Data routing* memberikan informasi tentang rute pengerjaan dalam pembuatan satu buah buku cerita.
  5. Data urutan proses.
  6. Data waktu pengerjaan.
5. Pengolahan Data  
Sub bab ini berisi penetapan fungsi tujuan penjadwalan dan penentuan waktu penyelesaian (*makespan*) dengan algoritma Modrak (2010).
6. Analisis  
Analisis *makespan* dengan Algoritma Modrak, analisis hasil *makespan* dengan Algoritma Modrak terhadap sistem perusahaan, analisis urutan *job* dengan Algoritma Modrak terhadap sistem perusahaan, dan analisis hasil Algoritma Modrak terhadap *due date*.
7. Kesimpulan dan Saran  
Penelitian diakhiri dengan kesimpulan dari seluruh tahapan yang telah dilakukan dengan tujuan awal yang telah ditetapkan. Tahapan ini juga menghasilkan saran yang bisa digunakan oleh perusahaan.



**Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian**

#### 4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Penentuan waktu penyelesaian (*makespan*) dengan Algoritma Modrak (2010) untuk kelompok kertas buku cerita Bulan Januari 2013 adalah sebagai berikut:

*Step 1:*

Tentukan jumlah waktu proses  $n$ -jobs pada stasiun kerja  $j$ . Ulangi langkah ini untuk stasiun kerja  $j = 1, 2, 3, \dots, m$ . Data waktu proses kertas buku cerita Bulan Januari 2013 dapat dilihat pada Tabel 4.23.

**Tabel 2. Data Waktu Proses Kertas Buku Cerita Bulan Januari 2013 (jam)**

No	SK	Job									Jumlah
		K-1a	K-1b	K-2a	K-2b	K-2c	K-3	K-4	K-5	K-6	
1	SK-1	-	-	-	-	-	5,85	6,12	6,14	6,15	24,26
2	SK-2	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	-	-	-	-	27,95
3	SK-3	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	54,99
4	SK-4	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	12,78
5	SK-5	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	8,37
6	SK-6	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	5,13
7	SK-7	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	7,56

*Step 2:*

Buatlah 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.

$$\sum_{j=1}^i T_j \sim \sum_{j=a+1}^m T_j \rightarrow \text{minimum} \quad (1)$$

Contoh perhitungan adalah sebagai berikut:

- (No. 1) Kelompok I = SK-1 + SK-2 + SK-3, dan Kelompok II = SK-4 + SK-5 + SK-6 + SK-7.
- (No. 2) Kelompok I = SK-1 + SK-2 + SK-4, dan Kelompok II = SK-3 + SK-5 + SK-6 + SK-7.
- Pemilihan SK di tiap kelompoknya didapat dari hasil kombinasi.

Alternatif pembagian grup dari  $j$  stasiun kerja (SK) adalah sebagai berikut:

- $\sum_{j=1}^1 T_j = 107,20$  dan  $\sum_{j=2}^7 T_j = 33,84$ , selisih 73,36
- $\sum_{j=1}^2 T_j = 64,99$  dan  $\sum_{j=3}^7 T_j = 76,05$ , selisih 11,06
- $\sum_{j=1}^3 T_j = 60,58$  dan  $\sum_{j=4}^7 T_j = 80,46$ , selisih 19,88
- $\sum_{j=1}^4 T_j = 57,34$  dan  $\sum_{j=5}^7 T_j = 83,70$ , selisih 26,36
- $\sum_{j=1}^5 T_j = 92,03$  dan  $\sum_{j=6}^7 T_j = 49,01$ , selisih 43,02
- $\sum_{j=1}^6 T_j = 87,62$  dan  $\sum_{j=7}^7 T_j = 53,42$ , selisih 34,20
- $\sum_{j=1}^7 T_j = 84,38$  dan  $\sum_{j=8}^7 T_j = 56,66$ , selisih 27,72
- $\sum_{j=1}^8 T_j = 45,41$  dan  $\sum_{j=9}^7 T_j = 95,63$ , selisih 50,22
- $\sum_{j=1}^9 T_j = 42,17$  dan  $\sum_{j=10}^7 T_j = 98,87$ , selisih 56,70
- $\sum_{j=1}^{10} T_j = 37,76$  dan  $\sum_{j=11}^7 T_j = 103,28$ , selisih 65,52
- $\sum_{j=1}^{11} T_j = 95,72$  dan  $\sum_{j=12}^7 T_j = 45,32$ , selisih 50,40
- $\sum_{j=1}^{12} T_j = 91,31$  dan  $\sum_{j=13}^7 T_j = 49,73$ , selisih 41,58
- $\sum_{j=1}^{13} T_j = 88,07$  dan  $\sum_{j=14}^7 T_j = 52,97$ , selisih 35,10
- $\sum_{j=1}^{14} T_j = 49,10$  dan  $\sum_{j=15}^7 T_j = 91,94$ , selisih 42,84

*Penjadwalan Kelompok Buku Cerita Menggunakan Algoritma Modrak (2010)  
dengan Kriteria Minimisasi Makespan*

- 15.  $\sum_{j=1}^{15} T_j = 45,86$  dan  $\sum_{j=16}^7 T_j = 95,18$ , selisih 49,32
- 16.  $\sum_{j=1}^{16} T_j = 41,45$  dan  $\sum_{j=17}^7 T_j = 99,59$ , selisih 58,14
- 17.  $\sum_{j=1}^{17} T_j = 76,14$  dan  $\sum_{j=18}^7 T_j = 64,90$ , selisih 11,24
- 18.  $\sum_{j=1}^{18} T_j = 72,90$  dan  $\sum_{j=19}^7 T_j = 68,14$ , selisih 4,76
- 19.  $\sum_{j=1}^{19} T_j = 68,49$  dan  $\sum_{j=20}^7 T_j = 72,55$ , selisih 4,06
- 20.  $\sum_{j=1}^{20} T_j = 26,28$  dan  $\sum_{j=21}^7 T_j = 114,76$ , selisih 88,48

Grup yang terpilih dari beberapa alternatif diatas adalah alternatif 19, karena memiliki selisih paling kecil.

**Step 3:**

Tentukan total stasiun kerja di masing-masing kelompok. Nyatakan jumlah stasiun kerja di kelompok I = a dan jumlah stasiun kerja di kelompok II = b. Kelompok I terdiri dari 3 SK dan Kelompok II terdiri 4 SK dapat dilihat pada Tabel 3 s/d Tabel 4.

**Tabel 3. Kelompok I Kertas Buku Cerita Bulan Januari 2013 (jam)**

No	SK	Job									Jumlah	Total
		K-1a	K-1b	K-2a	K-2b	K-2c	K-3	K-4	K-5	K-6		
1	SK-3	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	6,11	54,99	68,49
2	SK-5	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	8,37	
3	SK-6	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	5,13	

**Tabel 4. Kelompok II Kertas Buku Cerita Bulan Januari 2013 (jam)**

No	SK	Job									Jumlah	Total
		K-1a	K-1b	K-2a	K-2b	K-2c	K-3	K-4	K-5	K-6		
4	SK-1	-	-	-	-	-	5,85	6,12	6,14	6,15	24,26	72,55
5	SK-2	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	-	-	-	-	27,95	
6	SK-4	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	12,78	
7	SK-7	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	7,56	

**Step 4:**

Tentukan waktu operasi pada T jobs di masing-masing kelompok dengan formula sebagai berikut:

$$T_{jI}^I = (a, t_{11}) + [(a-1). t_{12}] + [(a-2). t_{13}] + \dots + (1.t_{1a}) \tag{2}$$

Formula sama untuk semua jobs  $J_2, J_3, J_n$ .

$$T_{jI}^{II} = (b, t_{1m}) + [(b-1). t_{1m-1}] + [(b-2). t_{1m-2}] + \dots + (1.t_{1a}) \tag{3}$$

Formula sama untuk semua jobs  $J_2, J_3, J_n$ .

Perhitungan sebagai berikut:

$$T_{jI}^{II} = (3 \times 6,11) + (2 \times 0,93) + (1 \times 0,57) = 20,76$$

$$T_{j2}^I = (3 \times 6,11) + (2 \times 0,93) + (1 \times 0,57) = 20,76$$

$$T_{j3}^I = (3 \times 6,11) + (2 \times 0,93) + (1 \times 0,57) = 20,76$$

$$T_{j4}^I = (3 \times 6,11) + (2 \times 0,93) + (1 \times 0,57) = 20,76$$

$$T_{j5}^I = (3 \times 6,11) + (2 \times 0,93) + (1 \times 0,57) = 20,76$$

$$T_{j6}^I = (3 \times 6,11) + (2 \times 0,93) + (1 \times 0,57) = 20,76$$

$$T_{j7}^I = (3 \times 6,11) + (2 \times 0,93) + (1 \times 0,57) = 20,76$$

$$T_{j8}^I = (3 \times 6,11) + (2 \times 0,93) + (1 \times 0,57) = 20,76$$

$$T_{j9}^I = (3 \times 6,11) + (2 \times 0,93) + (1 \times 0,57) = 20,76$$

$$T_{jI}^{II} = (b \cdot t_{im}) + [(b-1) \cdot t_{im-1}] + [(b-2) \cdot t_{im-2}] + \dots + (1 \cdot t_{ia+1})$$

$$T_{j1}^{II} = (4 \times 0) + (3 \times 5,59) + (2 \times 1,42) + (1 \times 0,84) = 20,45$$

$$T_{j2}^{II} = (4 \times 0) + (3 \times 5,59) + (2 \times 1,42) + (1 \times 0,84) = 20,45$$

$$T_{j3}^{II} = (4 \times 0) + (3 \times 5,59) + (2 \times 1,42) + (1 \times 0,84) = 20,45$$

$$T_{j4}^{II} = (4 \times 0) + (3 \times 5,59) + (2 \times 1,42) + (1 \times 0,84) = 20,45$$

$$T_{j5}^{II} = (4 \times 0) + (3 \times 5,59) + (2 \times 1,42) + (1 \times 0,84) = 20,45$$

$$T_{j6}^{II} = (4 \times 5,85) + (3 \times 0) + (2 \times 1,42) + (1 \times 0,84) = 27,08$$

$$T_{j7}^{II} = (4 \times 6,12) + (3 \times 0) + (2 \times 1,42) + (1 \times 0,84) = 28,16$$

$$T_{j8}^{II} = (4 \times 6,14) + (3 \times 0) + (2 \times 1,42) + (1 \times 0,84) = 28,24$$

$$T_{j9}^{II} = (4 \times 6,15) + (3 \times 0) + (2 \times 1,42) + (1 \times 0,84) = 28,28$$

Step 5:

Mentabulasi nilai-nilai yang sudah dihitung pada langkah 4 ke dalam dua baris. Tabulasi waktu proses pada langkah 4 dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Tabulasi Waktu Proses Kertas Buku Cerita Bulan Januari 2013 (jam)**

Kelompok / Job	K-1a	K-1b	K-2a	K-2b	K-2c	K-3	K-4	K-5	K-6
$T_j^I$	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76	20,76
$T_j^{II}$	20,45	20,45	20,45	20,45	20,45	27,08	28,16	28,24	28,28

Step 6:

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

Poin 1:

Tentukan nilai tabulasi waktu proses kertas buku cerita terpendek diantara seluruh *job*.

Poin 2a:

Jika nilai tabulasi waktu proses kertas buku cerita berada pada Kelompok  $T_j^I$ , 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 6.

**Tabel 6. Penentuan Nilai Tabulasi Waktu Proses Terpendek**

Kelompok / Job	$T_j^I$	$T_j^{II}$
<b>K-1a</b>	20,76	20,45
<b>K-1b</b>	20,76	20,45
<b>K-2a</b>	20,76	20,45
<b>K-2b</b>	20,76	20,45
<b>K-2c</b>	20,76	20,45
<b>K-3</b>	20,76	27,08
<b>K-4</b>	20,76	28,16
<b>K-5</b>	20,76	28,24
<b>K-6</b>	20,76	28,28

Poin 2b:

Bila waktu proses terpendek berada pada Kelompok  $T_j^{II}$ , 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:

Keluarkan *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:

*Penjadwalan Kelompok Buku Cerita Menggunakan Algoritma Modrak (2010)  
dengan Kriteria Minimisasi Makespan*

(K-3) - (K-4) - (K-5) - (K-6) - (K-2c) - (K-2b) – (K-2a) – (K-1b) – (K-1a)

*Step 7:*

Hitung waktu *makespan* berdasarkan urutan yang diperoleh pada *Step 6*. Perhitungan waktu *makespan* kertas buku cerita Bulan Januari 2013 dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7. Perhitungan Waktu *Makespan* Buku Cerita Bulan Januari 2013 (jam)**

No. Urutan	Job	SK-1		SK-2		SK-3		SK-4		SK-5		SK-6		SK-7	
		Start	Finish												
1	K-3	0	5,85	-	-	5,85	11,96	11,96	13,39	13,39	14,31	14,31	14,88	14,88	15,72
2	K-4	5,85	11,97	-	-	11,97	18,08	18,08	19,50	19,50	20,43	20,43	21,00	21,00	21,84
3	K-5	11,97	18,11	-	-	18,11	24,22	24,22	25,64	25,64	26,57	26,57	27,14	27,14	27,98
4	K-6	18,11	24,26	-	-	24,26	30,37	30,37	31,79	31,79	32,72	32,72	33,29	33,29	34,13
5	K-2c	-	-	0	5,59	30,37	36,48	36,48	37,90	37,90	38,83	38,83	39,40	39,40	40,24
6	K-2b	-	-	5,59	11,18	36,48	42,59	42,59	44,01	44,01	44,94	44,94	45,51	45,51	46,35
7	K-2a	-	-	11,18	16,77	42,59	48,70	48,70	50,12	50,12	51,05	51,05	51,62	51,62	52,46
8	K-1b	-	-	16,77	22,36	48,70	54,81	54,81	56,23	56,23	57,16	57,16	57,73	57,73	58,57
9	K-1a	-	-	22,36	27,95	54,81	60,92	60,92	62,34	62,34	63,27	63,27	63,84	63,84	64,68

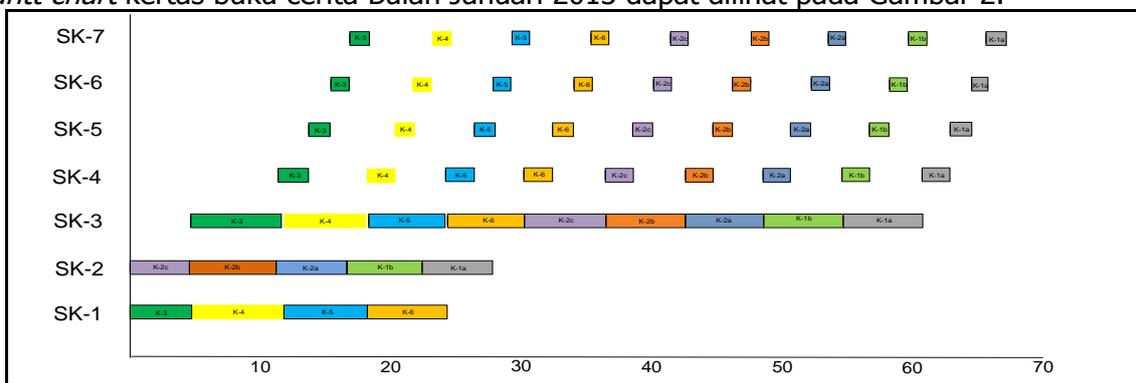
Contoh perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Urutan *job* dilihat dari *step 3*.
2. *Start* pada K-3 dimulai dari = 0.
3. Nilai *finish* didapat dari waktu proses K-3 pada SK-1. .
4. *Start* K-4 dimulai setelah proses sebelumnya (K-3) selesai.
5. *Finish* K-4 = *Start* proses (K-4) + waktu proses K-4 pada SK-1

*Step 8:*

Hasil akhir membuat *gantt chart*.

*Gantt chart* kertas buku cerita Bulan Januari 2013 dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. *Gantt Chart* Kertas Buku Cerita Bulan Januari 2013**

## 5. ANALISIS

### 5.1 Analisis Hasil Waktu Penyelesaian (*Makespan*) dengan Penerapan Algoritma Modrak

Waktu penyelesaian (*makespan*) Bulan Januari s/d Maret 2013 dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8. Waktu Penyelesaian (*Makespan*) Bulan Januari s/d Maret 2013**

Bulan	Sistem Perusahaan (jam)	Hasil Pengolahan Data (jam)
Januari	66,22	64,68
Februari	66,20	64,66
Maret	66,19	64,64

Dari Tabel 8 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Waktu penyelesaian (*makespan*) dalam memproduksi buku cerita Bulan Januari adalah 64,68 jam = 8 hari 0,68 jam
2. Waktu penyelesaian (*makespan*) dalam memproduksi buku cerita Bulan Februari adalah 64,66 jam = 8 hari 0,66 jam
3. Waktu penyelesaian (*makespan*) dalam memproduksi buku cerita Bulan Maret adalah 64,64 jam = 8 hari 0,64 jam

Ketepatan pemilihan Algoritma berpengaruh terhadap hasil waktu penyelesaian (*makespan*). Kondisi di perusahaan dimana dalam satu mesin dapat dilakukan lebih dari satu pekerjaan atau bersifat *n-jobs m-machine* dan semua *job* melewati lintasan yang sama dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja lainnya yang memiliki urutan yang sama, tetapi tidak semua *job* dikerjakan pada setiap stasiun kerja, hanya disesuaikan dengan kebutuhan atau jenis produk yang diproduksi. Dengan karakteristik sistem perusahaan tersebut tepat dengan pemilihan Algoritma Modrak. Apabila sebuah pemilihan metode tidak tepat, justru akan menghasilkan waktu penyelesaian (*makespan*) yang lebih besar.

## 5.2 Analisis Urutan *Job* dengan Algoritma Modrak Terhadap Sistem Perusahaan

Urutan *job* dengan Algoritma Modrak terhadap sistem perusahaan Bulan Januari 2013 dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9. Urutan *Job* Dengan Algoritma Modrak Terhadap Sistem Perusahaan Bulan Januari 2013**

Perbandingan	Urutan <i>Job</i>								
	K-6	K-2a	K-1a	K-1b	K-4	K-2b	K-5	K-2c	K-3
Sistem Perusahaan	K-6	K-2a	K-1a	K-1b	K-4	K-2b	K-5	K-2c	K-3
Hasil Pengolahan Data	K-3	K-4	K-5	K-6	K-2c	K-2b	K-2a	K-1b	K-1a

Berdasarkan Tabel 9 dapat dianalisis bahwa pengaruh urutan *job* hasil pengolahan data dengan sistem perusahaan sebelumnya cukup berbeda, dimana hal tersebut memberikan pengaruh terhadap waktu penyelesaian (*makespan*). Pengaruh tersebut harus diperhatikan oleh perusahaan dalam melakukan produksi untuk pemenuhan *order* konsumen. Penerapan Algoritma Modrak memperhatikan urutan *job* dalam sebuah produksi, sedangkan perusahaan hanya melakukan pengurutan hanya melakukan penjadwalan urutan *job* sesuai dengan banyaknya jumlah jenis produk yang menjadi *order* konsumen.

Hal tersebut menunjukkan penerapan metode baru memberikan dampak waktu penyelesaian (*makespan*) yang lebih cepat sehingga untuk mengerjakan *order* yang akan datang, *due date* dapat menjadi bahan pertimbangan yang akan berdampak berkurangnya ongkos produksi bagi perusahaan.

### 5.3 Analisis Hasil Waktu Penyelesaian (*Makespan*) Menggunakan Algoritma Modrak Terhadap *Due Date*

Analisis hasil waktu penyelesaian (*makespan*) dengan menggunakan Algoritma Modrak terhadap *due date* dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10. Perbandingan Hasil Pengolahan Data dengan *Due Date***

Bulan	Saat Datang	<i>Due Date</i>	<i>Makespan</i>		Waktu Selesai
			Jam	Hari	
Januari	19 Januari 2013	10 Februari 2013	64,68	8 hari 0,68 jam	27 Januari 2013
Februari	8 Februari 2013	3 Maret 2013	64,66	8 hari 0,66 jam	16 Februari 2013
Maret	20 Maret 2013	19 April 2013	64,64	8 hari 0,64 jam	29 Maret 2013

Analisis hasil waktu penyelesaian (*makespan*) terhadap *due date* berdasarkan Tabel 10 dapat dilihat bahwa untuk Bulan Januari dibutuhkan waktu 64,68 jam atau 8 hari 0,68 jam, dimana *order* dapat diselesaikan pada tanggal 27 Januari 2013 sebelum tanggal *due date* yang telah disepakati. Begitu pula dengan Bulan Februari 64,66 jam atau 8 hari 0,66 jam, dan untuk Bulan Maret 64,64 jam atau 8 hari 0,64 jam. Waktu selesai lebih cepat dari *due date* yang telah disepakati antara pihak perusahaan dan konsumen.

Dapat dikatakan bahwa hal tersebut disebabkan karena urutan *job* dipertimbangkan dalam perhitungan tersebut sehingga tidak ada *order* konsumen yang melebihi *due date* dan menghasilkan waktu penyelesaian (*makespan*) yang lebih cepat dan hal tersebut akan berdampak berkurangnya ongkos produksi bagi perusahaan.

## 6. KESIMPULAN

### 6.1 Ringkasan

Penjadwalan kertas buku cerita menggunakan Algoritma Modrak (2010) dengan kriteria minimisasi *makespan* disesuaikan dengan pola aliran perusahaan yang bersifat *general flow shop* dengan pola kedatangan *job* bersifat statis, dan sifat informasi yang diterima bersifat deterministik. Penerapan Algoritma Modrak (2010) dengan kondisi yang ada memberikan *makespan* yang lebih baik dari sistem perusahaan sebelumnya. *Makespan* untuk Bulan Januari sebesar 64,68 jam = 8 hari 0,68 jam, untuk Bulan Februari adalah 64,66 jam = 8 hari 0,66 jam, dan Bulan Maret adalah 64,64 jam = 8 hari 0,64 jam. *Makespan* dengan penerapan Algoritma Modrak memberikan hasil *order* tidak ada yang melebihi *due date* sehingga memberikan dampak ongkos produksi yang lebih minimum.

### 6.2 Saran

Urutan *job* merupakan sebuah hal yang harus diperhatikan dalam melakukan penjadwalan untuk kertas buku cerita di PT. Karya Kita Bandung. Hal tersebut dapat mempengaruhi waktu penyelesaian (*makespan*) lebih cepat yang akan memberikan dampak penurunan biaya produksi, dengan kondisi yang ada Algoritma Modrak mampu menurunkan waktu penyelesaian (*makespan*).

## REFERENSI

Baker, K. R., 1974, *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley & Sons, New York.

Bedworth, D. D., & Bailey, J. E., 1987, *Integrated Production Control System*, John Wiley & Sons, New York.

Conway, R. W. L., & Miller, L. W., 1967, *Theory of Scheduling*, Addison-Wesley Publishing Company, USA.

Modrak, V., & Pandian R. S., 2010 *Flow Shop Scheduling Algorithm To Minimize Completion Time For n-jobs m-machine Problem*, ISSN 1330-3651, UDC/UDK 658.514;004.421.2, No. 273-278

Narashiman, S. L., McLeavey, D. W., & Billington, P. J., 1995, *Production Planning Management*, 2<sup>nd</sup> edition, Prentice Hall Inc., New Jersey.