

**PENJADUALAN PRODUKSI *n job m mesin*  
UNTUK SISTEM PRODUKSI JOB SHOP  
DI PERUSAHAAN & INDUSTRI MESIN ANEKA MESIN  
MALANG**

**Moh. Hartono<sup>1</sup>**

**ABSTRACT**

This research has to find a production schedule with making a job schedule that have to be done on its machine to minimized makespan and total tardines. In this research used branch and bound method because of the research location involve the job shop scheduling the use data to find the scheduling is the job process routing on each machine and its process time. Then using Computer to account process easier in its interaction / makespan and total for devices.

From the result can be concluded that production schedule routing for machine 1: 1-2-3-4-5-7-8-9-10, machine 2 : 3-10, machine 3 : 1-2-3-4-5-7-8-9-10, machine 4 : 4-5-7-9, machine 5 : 1-2-8-10, machine 6 : 11, machine 7 : 6 and the makespan value is 565,46 and overall tardines is 0.

**Key Words : Makespan, Scheduling, machine**

**PENDAHULUAN**

Setiap perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur menginginkan tujuannya tercapai, yaitu mendapatkan keuntungan (*profit*) yang sebesar-besarnya dengan pengeluaran yang sekecil mungkin. Untuk mencapai tujuan tersebut, perusahaan perlu mengadakan perencanaan produksi sebelum melakukan aktivitasnya. Salah satu dari aktivitas perencanaan produksi adalah penjadualan produksi, yang mana penjadualan produksi merupakan proses pengurutan pengerjaan produk secara menyeluruh pada beberapa mesin atau pengalokasian sumber-sumber daya produksi untuk mengerjakan sekumpulan job-job dalam jangka waktu tertentu. Dengan adanya sebuah perencanaan produksi disertai dengan

penjadualan produksi yang baik maka diharapkan proses produksi dapat berjalan lebih lancar.

Perusahaan & Industri Mesin *Aneka Mesin* adalah perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi mesin, yang mana proses produksinya bersifat multi produk dan kelangsungan produksinya berdasarkan pesanan (*job order*). Produk yang dihasilkan mempunyai spesifikasi bentuk yang berbeda, sehingga menyebabkan waktu penyelesaian untuk tiap produknya berbeda pula. Hal ini mengakibatkan beban kerja yang dialami oleh tiap-tiap jenis mesin yang digunakan tidaklah sama. Kondisi semacam ini dapat menyebabkan timbulnya waktu menganggur (*idle time*) dan kemacetan pada mesin-mesin tertentu serta penumpukan komponen pada mesin

<sup>1)</sup> Dosen Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang

lainnya, yang pada akhirnya mengakibatkan perusahaan tidak dapat memenuhi pesanan konsumen tepat pada waktunya.

Guna memenuhi pesanan konsumen tersebut, maka diperlukan suatu alternatif pemecahan masalah tanpa harus menambah fasilitas produksi yang ada, yaitu dengan menerapkan suatu metode penjadualan produksi yang tepat pada sistem tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan urutan jadwal produksi yang optimal dengan meminimalkan nilai makespan dan total tardiness dengan menggunakan metode Branch and Bound .

## TINJAUAN PUSTAKA

### Penjadualan Produksi

Masalah utama dalam penjadualan adalah penugasan pekerjaan ke mesin. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhinya yaitu :

- a. Banyaknya mesin, misal M1, M2, M3, .....dst.
- b. Banyaknya pekerjaan, misal P1, P2, P3,.....dst.
- c. Setiap pekerjaan mempunyai operasi.
- d. Setiap operasi mempunyai waktu untuk berproduksi tertentu.

Dari beberapa faktor-faktor diatas maka bisa dikatakan bahwa permasalahan penjadualan job dapat dinyatakan sebagai berikut :

“ Ada sekumpulan n job yang akan diproses, dimana tiap job memiliki waktu

set up, waktu proses, dan due date. Untuk menyelesaikannya, tiap job diproses pada beberapa mesin. Dalam hal ini diperlukan untuk menjadualkan job-job tersebut pada mesin-mesin untuk mengoptimalkan kriteria performansi “.

Dari pengertian tersebut, dapat disimpulkan bahwa tujuan dari penjadualan job adalah untuk mengoptimalkan kriteria performansi tertentu dan kriteria yang dioptimalkan ini dapat berupa kriteria performansi tunggal atau gabungan dari beberapa kriteria performansi tertentu.

Ada beberapa kriteria performansi yang dapat digunakan untuk mengevaluasi ukuran keberhasilan dari suatu penjadualan. Kriteria itu adalah sebagai berikut :

↳ Makespan adalah total waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh job.

$$M = \sum_{i=1}^n t_i$$

dimana :

$t_i$  : waktu proses job ke i

M : makespan

↳ Mean Flow Time (MFT) adalah waktu rata-rata suatu job berada dalam sistem.

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n}$$

$F_i = C_i - r_i$

Dimana :

$\bar{F}$  : mean flow time

$F_i$  : flow time job ke i



$P^0$  didefinisikan sebagai permasalahan pengurutan pada satu mesin untuk  $n$  job. Masalah  $P^0$  ini dapat dijadikan lagi sebagai partial sequence (urutan bagian) untuk  $n$  sub problem yaitu  $P_1^1, P_2^1, \dots, P_n^1$  sebagai posisi urutan terakhir, jika dari subproblem itu dipilih nilai minimumnya. Begitu pula dengan pada subproblem  $P_1^1$  jika ditemukan nilai minimum maka harus dibuat sebuah urutan bagian lagi menjadi  $P_{12}^2, P_{32}^2, \dots, P_{n2}^2$ . Untuk level berikutnya juga sama cara penyelesaiannya sampai ditemukan tidak bisa subproblem itu dicabangkan lagi.

Algoritma Branch and Bound

1. Inisialisasi  $P_0^0, V_0 = 0$ , dan  $q_0 = \sum_{j=1}^n t_j$
2. Buat subproblem pertama  $P_\sigma^k$  dari daftar aktif jika  $k = n$  stop.  $\sigma$  adalah optimal sequence. Bila tidak, test  $dk \geq \sum_{j=1}^n t_j$ , bila ya ke stop 3 dan bila tidak ke step 4.
3. Tentukan job  $j$ , yaitu job yang mempunyai due date paling lambat pada job  $\sigma^1$ . Buat sub problem :

$$\begin{aligned}
 &P_{j\sigma}^{k+1} d_j \\
 &qj\sigma = q\sigma - t_j \\
 &vj\sigma = v\sigma \\
 &bj\sigma = v\sigma
 \end{aligned}$$

tempatkan  $P_{j\sigma}^{k+1} d_j$  pada daftar aktif, dan dirangking dengan melihat lower bound, kemudian ke step 2.

4. Buat  $(n - k)$  sub problem  $P_{j\sigma}^{k+1} d_j$  untuk semua  $i \in \sigma^1$

Hitung :

$$qj\sigma = q\sigma - t_j$$

$$vj\sigma = v\sigma + qj\sigma - d_j$$

$$bj\sigma = vj\sigma$$

Rangking  $P_{i\sigma}$  berdasarkan lower boundnya.

Dasar pemikiran dari metode Branch & Bound ini dikembangkan oleh Ignall dan Schrage, yaitu solusi yang dihasilkan dengan menggunakan sistem struktur pohon branching seperti terlihat pada gambar 1. Dimana  $\sigma$  adalah solusi urutan awal yang terjadi, bukan pada akhir urutan. Dengan kata lain, urutan job disusun berdasarkan arah maju (*forward direction*) dan bukan arah mundur (*backward direction*) pada struktur pohon branching tersebut.

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Pengumpulan data**

Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua jenis yaitu :

- a. Data primer meliputi data waktu produksi, data routing mesin, jumlah mesin yang digunakan, dan jumlah job yang akan dikerjakan.
- b. Data sekunder meliputi data permintaan dari konsumen, proses produksi dari pembuatan produk, peta proses operasi, dan peralatan pendukung untuk proses pengerjaan produk.

### Pengolahan data

Dari data waktu produksi selanjutnya dilakukan pengolahan data guna mendapatkan waktu standart yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu job pada tiap tahapan proses. Tahapan-tahapannya meliputi uji kecukupan, uji keseragaman, perhitungan waktu normal, allowance dan perhitungan waktu standart.

### Penjadwalan Mesin

Dengan menggunakan data waktu standard pengerjaan job pada masing-masing mesin selanjutnya dibuat urutan pengerjaan job pada tiap mesin dengan menggunakan metode Branch and Bound. Karena dalam penelitian ini melibatkan jumlah job dan mesin yang cukup banyak (11 job 7 mesin) maka akan membutuhkan

iterasi yang cukup banyak sehingga untuk mendapatkan solusi penjadwalan beserta makespan dan total tardiness dibantu dengan menggunakan komputer.

## ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada 6 (enam) periode terakhir terhitung dari bulan Oktober 2000 sampai bulan Maret 2001 Perusahaan & Industri Mesin Aneka Mesin mendapat job atau pesanan untuk mengerjakan mesin pemecah batu sistem roll . Daftar jumlah pesanan produk tersebut dapat dilihat dalam tabel 1.

**Tabel 1. Data Permintaan Produk**

Periode (bulan)	Nama Produk
	Mesin Pemecah Batu Sistem Roll
Oktober 2000	3
Nopember 2000	3
Desember 2000	3
Januari 2001	4
Pebruari 2001	3
Maret 2001	4
Jumlah	20

Dari gambar produk diperoleh komponen atau bagian dari mesin pemecah batu tersebut adalah sebagai berikut :

1. Corong penampung
2. Rumah lagger
3. Tutup rumah lagger
4. Roll polos
5. Roll bergerigi
6. Rumah pegas

7. Pegas
8. Ulir pengatur
9. Kerangka
10. Ring
11. Poros
12. Cross joint
13. Ban mobil
14. Pulley penarik

Dimana masing-masing komponen tersebut membutuhkan proses permesinan

yang berbeda-beda sehingga selanjutnya yang dimaksudkan job dalam penelitian ini adalah pengerjaan masing-masing komponen tersebut.

Waktu proses, urutan pengerjaan pada mesin (proses permesinan) dan due date untuk masing-masing komponen dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2**  
**. Routing Mesin, Waktu Proses, Due Date**  
**Komponen Mesin Pemecah Batu Sistem Roll**

No.	Nama Komponen	Routing Mesin	Waktu Proses (menit)	Due Date (menit)
1.	Corong penampung	3, 5, 1	40, 40, 30	75, 76, 74
2.	Rumah lagger	3, 5, 1	45, 25, 25	79, 80, 78
3.	Tutup rumah lagger	3, 2, 1	40, 40, 25	73, 73, 72
4.	Roll polos	3, 4, 1	45, 50, 30	95, 97, 94
5.	Roll bergerigi	3, 4, 1	35, 40, 25	65, 67, 64
6.	Rumah pegas	3, 7, 4, 1	45, 55, 50, 30	124, 126, 125, 123
7.	Pegas	-	-	-
8.	Ulir pengatur	3, 4, 1	40, 50, 30	90, 91, 89
9.	Kerangka	3, 5, 1	60, 30, 20	89, 90, 88
10.	Ring	-	-	-
11.	Poros	3, 4, 1	15, 75, 15	117, 118, 116
12.	Cross joint	3, 5, 2, 1	45, 35, 20, 25	96, 97, 95, 95
13.	Ban mobil	-	-	-
14.	Pulley penarik	3, 5, 6	60, 25, 45	106, 107, 108

Untuk komponen yang tidak ada routing mesin berarti komponen tersebut dipesan atau dibeli dari luar perusahaan.

Keterangan nomor untuk mesin : Mesin Gerinda = mesin 1, Mesin Bor = mesin 2, Mesin Blender = mesin 3, Mesin Bubut = mesin 4, Mesin Las =

mesin 5, Mesin Sekrap = mesin 6, dan Mesin Frais = mesin 7.

Dari proses perhitungan waktu standart untuk job/komponen yang dikerjakan oleh perusahaan diperoleh hasil sebagai berikut :

**Tabel 3.**  
**Hasil pengolahan data komponen corong penampung (job 1)**

Mesin	N	N'	SD	X	BKA	BKB	PR	Wn	Ws
3	20	4	1,04	21,35	24,35	18,23	13,54	24,126	0,943
5	20	5	1,095	18,6	21,886	15,314	13,54	21,018	0,943
1	20	6	18,95	18,95	22,523	15,377	13,54	21,413	0,943

**Tabel 4.**

**Hasil pengolahan data komponen rumah lagger (job 2)**

Mesin	N	N'	SD	X	BKA	BKB	PR	Wn	Ws
3	20	3	1,099	23,552	26,847	20,253	13,54	26,611	1,026
5	20	2	0,788	19,9	22,264	17,536	13,54	22,487	1,026
1	20	3	0,813	19,85	20,288	15,412	13,54	20,171	1,026

**Tabel 5**

**Hasil pengolahan data komponen tutup rumah lagger (job 3)**

Mesin	N	N'	SD	X	BKA	BKB	PR	Wn	Ws
3	20	7	1,314	19,6	23,542	15,658	13,54	22,148	0,906
2	20	3	0,94	20,6	23,421	17,779	13,54	23,278	0,906
1	20	4	0,788	15,9	18,264	13,536	13,54	17,967	0,906

Tabel 6

## Hasil pengolahan data komponen roll polos (job 4)

Mesin	N	N'	SD	X	BKA	BKB	PR	Wn	Ws
3	20	2	0,933	24,35	27,15	21,55	13,54	27,516	1,28
4	20	1	0,786	30,75	33,109	28,391	13,54	34,748	1,28
1	20	3	0,826	19,05	21,527	16,573	13,54	21,527	1,28

Tabel 7

## Hasil pengolahan data komponen roll bergerigi (job 5)

Mesin	N	N'	SD	X	BKA	BKB	PR	Wn	Ws
3	20	4	0,768	15,8	18,103	13,497	13,54	17,854	0,828
4	20	2	0,696	19,8	21,888	17,712	13,54	22,374	0,828
1	20	8	1,099	15,05	18,347	11,753	13,54	17,006	0,828

Tabel 8

## Hasil pengolahan data komponen rumah pegas (job 6)

Mesin	N	N'	SD	X	BKA	BKB	PR	Wn	Ws
3	20	4	1,234	23,95	27,653	20,247	13,54	27,063	1,63
7	20	2	1,348	34,65	38,695	30,605	13,54	39,153	1,63
4	20	2	0,967	28,75	31,65	25,85	13,54	32,487	1,63
1	20	13	0,826	9,05	11,527	6,573	13,54	10,227	1,63

Tabel 9

## Hasil pengolahan data komponen ulir pengatur (job 7)

Mesin	N	N'	SD	X	BKA	BKB	PR	Wn	Ws
3	20	3	0,788	19,1	21,464	16,736	13,54	21,583	1,19
4	20	2	1,234	30,95	34,643	27,247	13,54	34,974	1,19
1	20	2	0,759	20,05	22,327	17,773	13,54	22,657	1,19

Tabel 10.

## Hasil pengolahan data komponen kerangka (job 8)

Mesin	N	N'	SD	X	BKA	BKB	PR	Wn	Ws
3	20	2	1,501	40,4	44,903	35,897	13,54	45,652	1,354
5	20	3	0,826	19,05	21,527	16,573	13,54	21,527	1,354
1	20	8	0,718	9,9	12,005	7,745	13,54	11,187	1,354

Tabel 11

## Hasil pengolahan data komponen poros (job 9)

Mesin	N	N'	SD	X	BKA	BKB	PR	Wn	Ws
3	20	7	1,05	15,45	18,6	12,3	13,54	17,459	1,551
4	20	1	1,387	54,15	58,311	49,989	13,54	61,189	1,551
1	20	3	0,851	20,75	23,302	18,198	13,54	23,448	1,551

Tabel 12

## Hasil pengolahan data komponen cross joint (job 10)

Mesin	N	N'	SD	X	BKA	BKB	PR	Wn	Ws
3	20	1	0,786	25,75	28,109	23,391	13,54	29,098	1,208
5	20	17	1,538	14,45	19,064	9,836	13,54	16,338	1,208
2	20	2	0,759	19,05	21,237	16,773	13,54	21,527	1,208
1	20	4	0,768	14,8	17,103	12,497	13,54	16,724	1,208

**Tabel 13**  
**Hasil pengolahan data komponen pulley penarik (job 11)**

Mesin	N	N'	SD	X	BKA	BKB	PR	Wn	Ws
3	20	3	1,72	41,7	46,86	36,54	13,54	47,121	1,316
5	20	17	1,536	14,6	19,207	9,993	13,54	16,498	1,316
6	20	3	1,137	25,15	28,56	21,74	13,54	28,419	1,316

Dimana :

- N : jml pengamatan elemen kerja yg diukur
- BKB : batas kontrol bawah
- N' : jml pengamatan yg harus dilakukan
- PR : performance rating
- SD : standart deviasi
- Wn : waktu normal
- X : nilai rata-rata dari group data
- Ws : waktu standart
- BKA : batas kontrol atas

Selanjutnya dengan menggunakan data waktu standard pada masing-masing mesin untuk tiap job dan routing proses akan dibuat urutan pengerjaan job pada masing-masing mesin dengan menggunakan algoritma Branch and Bound. Dengan menggunakan bantuan komputer untuk menghitung hasil tiap step algoritma, makespan dan total tardiness diperoleh hasil :

Mesin	Urutan Job
1	1-2-3-4-5-7-8-9-10
2	3-10
3	1-2-3-4-5-7-8-9-10
4	4-5-7-9
5	1-2-8-10
6	11
7	6

dengan besarnya nilai makespan 565.46 dan total tardiness sama dengan nol.

**KESIMPULAN**

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Perusahaan & Industri Mesin Aneka Mesin Malang, dan dengan menerapkan metode Branch and Bound, maka diperoleh urutan pengerjaan job yaitu :

Mesin	Urutan Job
Gerinda	1-2-3-4-5-7-8-9-10
Bor	3-10
Blender	1-2-3-4-5-7-8-9-10-11
Bubut	4-5-7-9
Las	1-2-8-10
Sekrap	11
Freis	6

Dengan besarnya nilai minimasi makespan 565.46 dan total tardiness sama dengan nol.

**DAFTAR PUSTAKA**

Arikunto, Suharsimi, 1993. *Prosedur Penelitian (Suatu Pendekatan Praktek)*, Jakarta, PT. Rineka Cipta.

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

Bedworth, D.D., 1982. *Integreted Production Control Systems, Management, Analysis Design*

- 2/E. New York, John Wiley & Sons.
- Biegel, J.E., 1980. *Production Control : A Quantitative Approach*, New Delhi, Prentice Hall of India.
- Elsayed, E., 1994. *Analysis And Control of Production Systems*, New Jersey, Prentice Hall International.
- Kusiak, A., 1990. *Intelligent Manufacturing Systems*, New Jersey, Prentice Hall International.
- Morton, T.E., and Pentico, D.W., 1993. *Heuristic Scheduling Systems*, New York, John Wiley & Sons.
- Pinedo, M., 1995. *Scheduling, Theory, Algorithn, And Systems*, New Jersey, Prentice Hall International.
- Taha, A.H., 1996. *Riset Operasi Suatu Pengantar*, Jakarta, P.T. Binarupa Aksara.
- Wignjosoebroto.S., 1995. *Ergonomi, Studi Gerak Dan Waktu*, Jakarta, P.T. Guna Widya.