

# **JADWAL PRODUKSI PRODUK *COMBINATION DOUBLE WINDLASS* MENGGUNAKAN PENDEKATAN *SHIFTING BOTTLENECK HEURISTIC* UNTUK MEMINIMASI *MAKESPAN* DI PT PINDAD (Persero)\***

**Dzakiy Sulaiman, Emsosfi Zaini, Arnindya Driyar M.**

Jurusan Teknik Industri  
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: dzakiysulaiman@gmail.com

## **ABSTRAK**

*Makalah ini membahas algoritma penjadwalan job shop shifting bottleneck heuristic untuk meminimisasi makespan. Algoritma ini dilakukan dengan cara menjadwalkan mesin satu per satu. Algoritma ini pada dasarnya dibentuk dari graph yang terdiri dari simpul-simpul yang menunjukkan operasi. Graph tersebut dihubungkan dengan busur conjunctive yang menghubungkan operasi-operasi yang dikerjakan dalam job yang sama, dan busur disjunctive menghubungkan operasi-operasi yang dikerjakan dalam mesin yang sama. Berdasarkan hasil penjadwalan produksi pembuatan combination double windlass dengan menggunakan algoritma shifting bottleneck heuristic, diperoleh makespan sebesar 3.996 menit.*

**Kata kunci:** *Job shop, shifting bottleneck heuristic, makespan*

## **ABSTRACT**

*This paper discusses the scheduling algorithm of job shop shifting bottleneck heuristic for the makespan minimization. This algorithm is done by scheduling the machine one by one. This algorithm is essentially formed of a graph consisting of nodes that indicate the operation. The graph associated with conjunctive arcs connecting operations are done in the same job, and the disjunctive arcs connecting operations are performed in the same machine. Based on the results of scheduling the production of the combination double windlass by using shifting bottleneck heuristic algorithm, makespan obtained for 3.996 minutes.*

**Keywords:** *Job shop, shifting bottleneck heuristic, makespan*

---

\* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir 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

Industri manufaktur pada umumnya tidak lepas dengan kegiatan sistem produksi. Kegiatan sistem produksi mencakup segala aspek yang dibutuhkan oleh perusahaan dari menentukan jumlah produk yang akan diproduksi hingga produk tersebut selesai dikemas dan siap digunakan. Kegiatan sistem produksi tidak lepas dari kegiatan penjadwalan produksi seperti penjadwalan mesin dan penjadwalan *job* sehingga kegiatan produksi pada suatu perusahaan akan efektif dan efisien.

Penjadwalan merupakan kegiatan pengalokasian sumber daya untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan tertentu untuk memenuhi tujuan yang ingin dicapai dalam jangka waktu tertentu (Baker, 1974). Masalah penjadwalan produksi muncul karena adanya keterbatasan sumber daya yang dimiliki sehingga memungkinkan terjadinya penggunaan sumber yang sama pada saat yang bersamaan. Keterbatasan tersebut menyebabkan jadwal yang tidak sesuai, karena jadwal yang tidak sesuai maka yang terjadi adalah target produksi terlambat, perusahaan dikenai biaya *penalty*, ongkos produksi tinggi dan waktu penyelesaian produksi pun besar.

Penelitian ini dilakukan pada divisi mesin industri dan jasa departemen sarana kapal laut PT PINDAD (Persero). Jenis produk yang dihasilkan bervariasi dengan jumlah permintaan yang berubah-ubah, tergantung dari pesanan dari konsumen. Produk yang diamati pada penelitian ini yaitu komponen kapal *tug boat combination double windlass*. Pada proses produksi produk *combination double windlass* terdapat penumpukan barang setengah jadi (*work in process*) di setiap stasiun kerjanya. Hal tersebut terjadi karena belum optimalnya sumber daya atau mesin yang digunakan dalam pengerjaan setiap produknya sehingga sejumlah operasi dari beberapa *job* harus dikerjakan di mesin yang sama dan pada saat waktu yang bersamaan. Kondisi ini dapat berpengaruh terhadap besarnya waktu penyelesaian seluruh pekerjaan (*job*).

Permasalahan yang terjadi dapat diselesaikan dengan cara memperbaiki jadwal produksi sehingga waktu penyelesaian yang didapat menjadi singkat, utilitas sumber daya menjadi tinggi dan produktifitas dalam produksi menjadi meningkat. Metode yang digunakan dalam membuat jadwal produksi tersebut ialah metode *shifting bottleneck heuristic*. Metode tersebut digunakan dengan alasan kesesuaian dengan keadaan yang terdapat dalam perusahaan, dimana perusahaan memiliki kriteria paralel mesin dalam menyelesaikan pesanan.

### 1.2 Identifikasi Masalah

Pada kondisi nyata sering dijumpai penumpukan barang setengah jadi di lantai produksi, hal tersebut diakibatkan karena penggunaan sumber daya yang sama pada saat waktu yang bersamaan. Penumpukan barang setengah jadi tersebut akan mengganggu aktifitas kelancaran produksi dan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi produk pun lama sehingga pada saat pengiriman barang untuk konsumen bisa dikatakan terlambat. Metode yang digunakan untuk membuat jadwal produksi menggunakan algoritma *shifting bottleneck heuristic* yang dapat meminimasi *makespan*.

## 2. STUDI LITERATUR

### 2.1 Penjadwalan Produksi

Menurut Baker (1974), penjadwalan adalah proses pengalokasian sumber-sumber daya untuk melakukan sekumpulan tugas (*job*) dalam jangka waktu tertentu. Definisi dari Baker

(1974) mengandung dua arti, yaitu:

1. Penjadwalan merupakan fungsi pengambilan keputusan, yaitu menentukan jadwal (nilai praktis).
2. Penjadwalan merupakan suatu teori, yaitu sekumpulan prinsip-prinsip dasar, model-model, teknik-teknik, dan kesimpulan-kesimpulan logis dalam proses pengambilan keputusan yang memberikan pengertian dalam fungsi penjadwalan (nilai konseptual).

Persoalan penjadwalan timbul apabila beberapa pekerjaan akan dikerjakan secara bersamaan, sedangkan sumber yang dimiliki terbatas. *Input* dari suatu penjadwalan mencakup jenis dan banyaknya *part* yang akan diproses, urutan ketergantungan antar operasi, waktu proses untuk masing-masing operasi, serta fasilitas yang dibutuhkan untuk setiap operasi. *Output* dari penjadwalan meliputi *dispatch list*, yaitu urutan pemrosesan *part* serta waktu mulai dan selesai dari pemrosesan *part* (*starting and completion time*).

## **2.2 Penjadwalan Sistem Produksi Job Shop**

Penjadwalan mempunyai metode yang berbeda-beda untuk setiap tipe sistem produksi karena setiap sistem mempunyai karakteristik yang berbeda satu dengan yang lainnya. Demikian pula dengan sistem produksi *job shop*. Ciri khas persoalan *job shop* adalah aliran pekerjaan dalam *shop* tidak searah (*non undirectional*). Waktu proses dan *routing* dari sejumlah *job* yang akan dijadwalkan ke dalam suatu tabel matriks yang disebut matriks waktu proses dan matriks *routing*, kemudian hasil penjadwalan digambarkan dalam *Gantt Chart*.

Dalam permasalahan *job shop*,  $N$  *job* harus diproses pada  $M$  mesin dengan asumsi-asumsi yang ditentukan. Setiap *job* mempunyai beberapa operasi yang harus diproses di mesin yang berbeda. Oleh karena itu diperlukan pengurutan (*sequencing*) dari tiap operasi pada masing-masing *job*, agar diperoleh performansi yang baik. Kriteria performansi yang baik sangat bergantung pada tujuan dan kebijakan manajemen. Sehingga dalam penjadwalan *job shop* diperlukan *input* berupa jumlah *job*, jumlah operasi dalam tiap *job*, dan urutan proses beserta mesin yang memprosesnya (*routing*).

Dalam permasalahan *job shop*,  $N$  *job* diproses pada  $M$  mesin dengan asumsi-asumsi yang ditentukan. Setiap *job* mempunyai beberapa operasi yang harus diproses di mesin yang berbeda. Oleh karena itu, diperlukan pengurutan (*sequencing*) dari tiap operasi pada masing-masing *job* agar diperoleh performansi yang baik. Kriteria performansi yang baik tergantung dari tujuan dan kebijakan manajemen sehingga dalam penjadwalan *job shop* diperlukan input berupa jumlah *job*, jumlah operasi tiap *job*, dan urutan proses (*routing*) beserta mesin yang memprosesnya. *Routing* adalah urutan tipe mesin yang diperlukan untuk mengerjakan suatu *job*, kemudian *job* yang akan dijadwalkan ditabulasikan ke dalam matriks *routing*. Contoh tabel matriks *routing* dapat dilihat pada Tabel 1. Waktu proses adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan suatu *job*.

**Tabel 1. Matriks Routing Job Shop**

No Job	Operasi Ke-		
	1	2	3
<i>Job 1</i>	M2	M1	M3
<i>Job 2</i>	M3	M1	M2
<i>Job 3</i>	M2	M3	M1
<i>Job 4</i>	M1	M3	M2

Matriks waktu proses dapat dilihat pada Tabel 2.

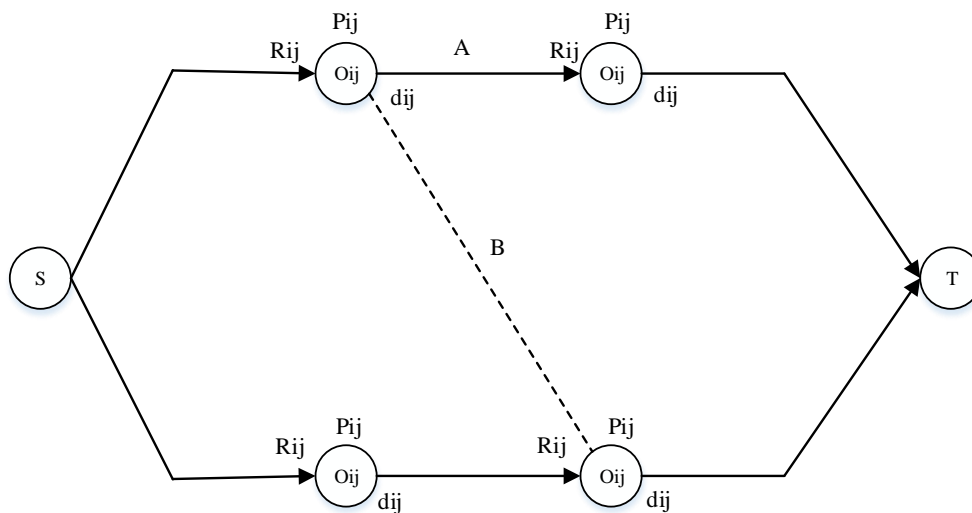
**Tabel 2. Matriks Waktu Proses Job Shop**

No Job	Operasi ke- (menit)		
	1	2	3
Job 1	2	5	8
Job 2	1	3	4
Job 3	3	2	4
Job 4	4	1	2

### 2.3 Shifting Bottleneck Heuristic

Algoritma ini merupakan suatu metode heuristik untuk membuat jadwal produksi yang dapat meminimasi *makespan* untuk pola aliran *job shop*. Algoritma ini dilakukan dengan cara menjadwalkan mesin satu per satu, dan mesin yang dipilih diantara mesin-mesin yang belum terjadwal adalah mesin yang diidentifikasi sebagai *bottleneck*, yaitu mesin yang mempunyai keterlambatan (*lateness*) maksimum. Algoritma *shifting bottleneck heuristic* ini menawarkan solusi yang lebih baik dari metode-metode heuristik yang didasari teknik *priority dispatching*. Metode penjadwalan algoritma *shifting bottleneck* ini menggunakan model *directed graph* sebagai model dasarnya. Metode ini merupakan suatu metode *heuristic* untuk membuat jadwal produksi yang dapat meminimasi *makespan* untuk pola aliran *job shop* (Pinedo & Chao, 1999).

Metode penjadwalan algoritma *shifting bottleneck* ini menggunakan model *directed graph* sebagai model dasarnya. Model *directed graph* dapat dilihat pada Gambar 1 Berikut ini.



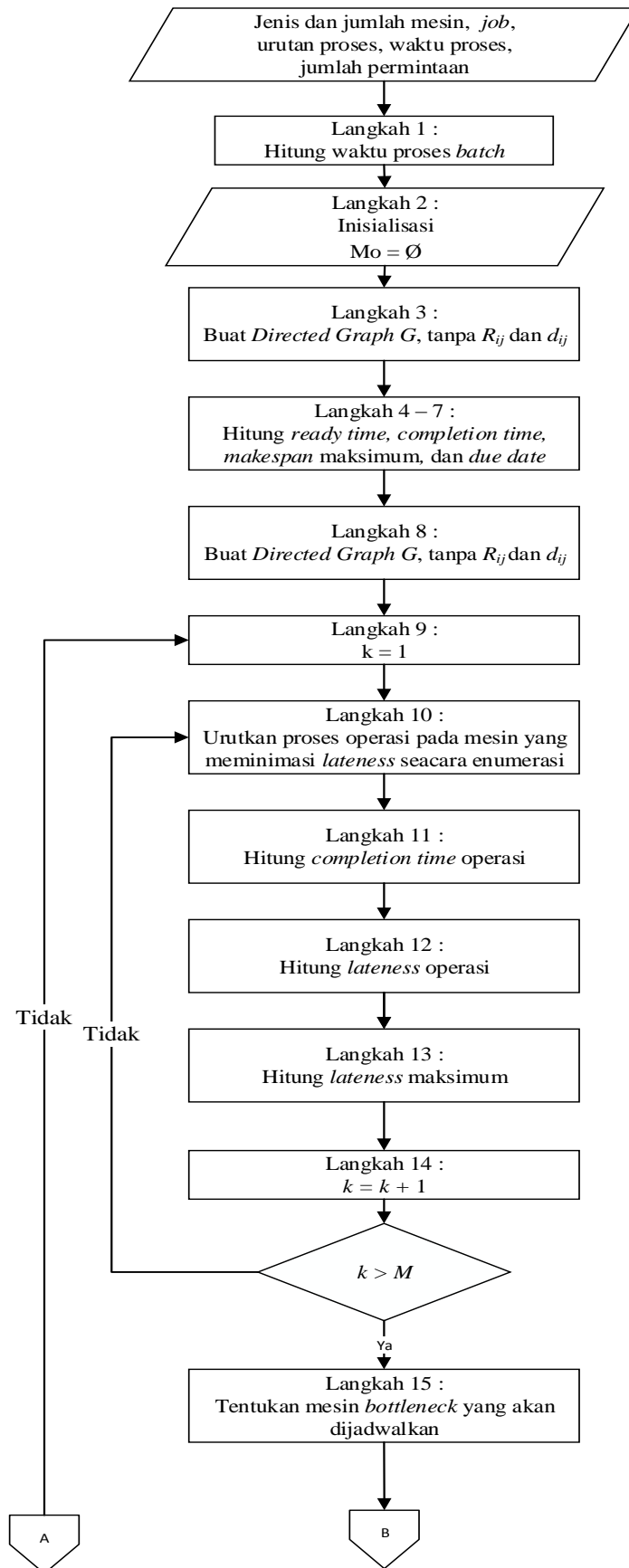
**Gambar 1. Model Directed Graph**

Keterangan:

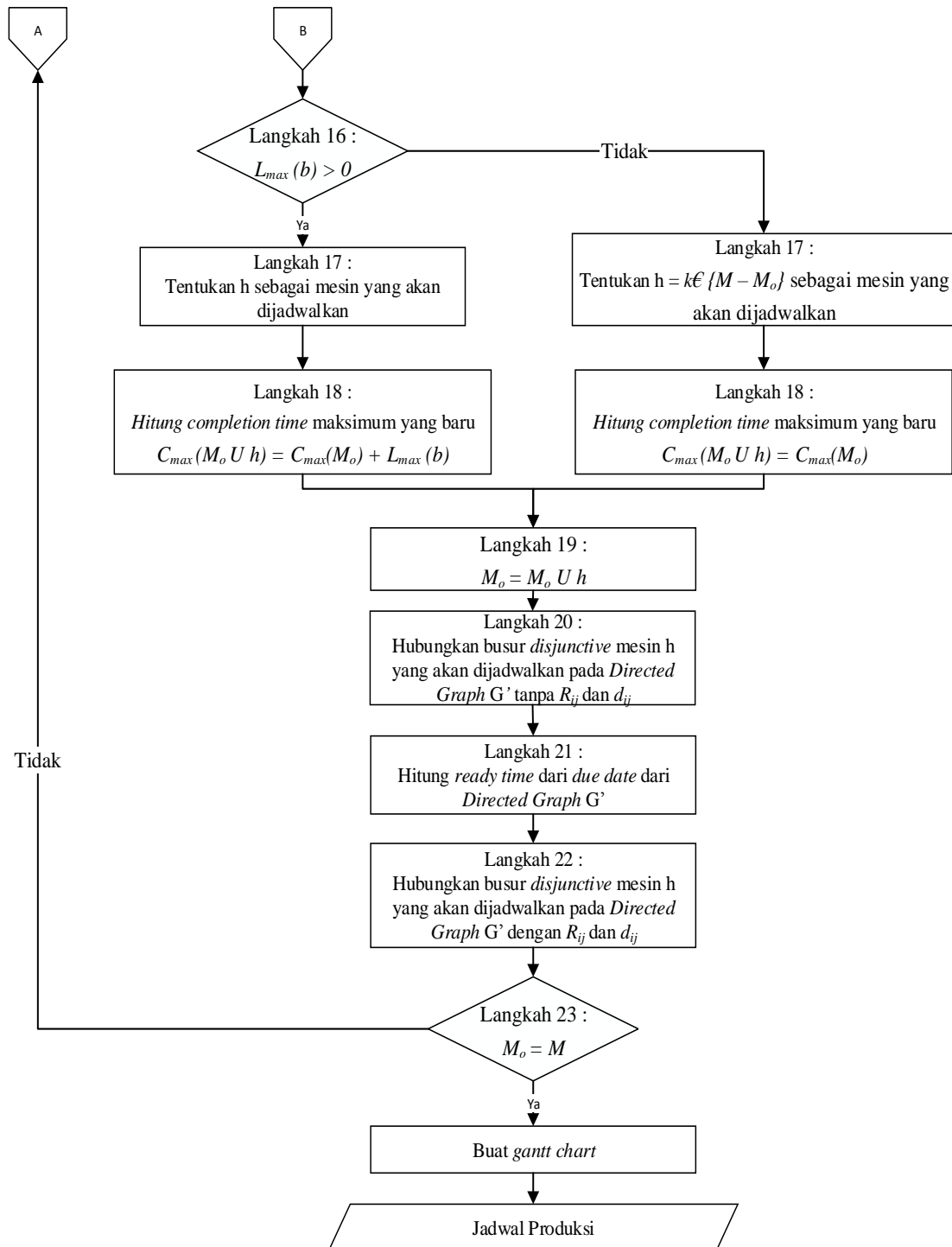
- Busur *conjunctive*
- > Busur *disjunctive*

Untuk setiap *directed graph* terdapat simpul yang berbobot  $P_{ij}$  dan dua busur A dan B. Simpul ini identik dengan operasi ( $_{ij}$ ) untuk semua *job*. Busur A adalah busur *conjunctive* yang menghubungkan urutan operasi dari *job* yang sama. Sedangkan busur B adalah busur *disjunctive* yang menghubungkan urutan operasi yang dikerjakan pada mesin yang sama. Terdapat langkah-langkah perhitungan pembuatan jadwal produksi dengan menggunakan algoritma *shifting bottleneck heuristic*. Langkah-langkah perhitungan dapat dilihat pada Gambar 2.

Jadwal Produksi Produk Combination Double Windlass Menggunakan Pendekatan Shifting Bottleneck Heuristic untuk Meminimasi Makespan di PT PINDAD (Persero)



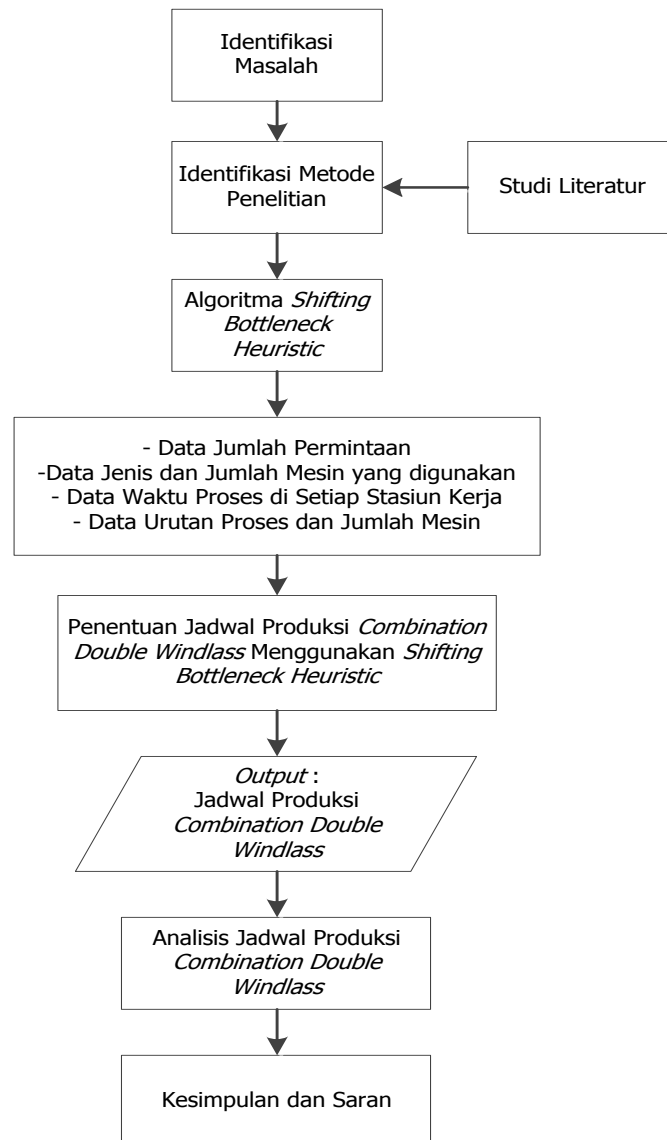
Gambar 2. Algoritma Shifting Bottleneck Heuristic



Gambar 2. Algoritma *Shifting Bottleneck Heuristic* (Lanjutan)

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Langkah-langkah pemecahan masalah dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Metodologi Penelitian**

## 4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

### 4.1 PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data menjelaskan sejarah singkat dan data umum perusahaan PT PINDAD (Persero) dan data-data hasil pengamatan di PT PINDAD (Persero) seperti produk yang diamati, data permintaan produk, data jenis dan jumlah mesin yang digunakan, data urutan proses operasi, data waktu proses produksi, dan data waktu *setup* mesin proses produksi. Data jenis dan jumlah mesin yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3. Sedangkan data waktu proses produksi dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 3. Data Jenis dan Jumlah Mesin yang Digunakan**

Data Jumlah Mesin yang Digunakan			
Stasiun Kerja	Nama Stasiun Kerja (Mesin)	Jumlah Mesin (Unit)	Kode
1	Huron	1	M1
2	Toshiba	1	M2
3	Vertimaster	1	M3

**Tabel 3. Data Jenis dan Jumlah Mesin yang Digunakan (lanjutan)**

Data Jumlah Mesin yang Digunakan			
Stasiun Kerja	Nama Stasiun Kerja (Mesin)	Jumlah Mesin (Unit)	Kode
4	Waldrich Sign	1	M4
5	Wotan	1	M5
6	Liber	1	M6
7	Yasda	1	M7
8	Femco	1	M8
9	Ogawa	1	M9
10	Bubut Konvensional	12	M10
11	Bor Konvensional	3	M11
12	Frais Konvensional	5	M12
13	Gerinda	1	M13
Total		30	

**Tabel 4. Data Waktu Proses Produksi**

No Job	Job	Waktu Operasi (Menit)			
		1	2	3	4
1	FRAME ASSY	120			
2	MAIN SHAFT	30	2100	960	180
3	PARALLEL A28X16X90	120	180	45	-
4	BUSHING BLOCK	240	72	-	-
5	CABLE LIFTER CH 17.5	720	180	60	-
6	SPACER-RD-ID75L17	30	30	-	-
7	CLUTCH ASSY-CL17-LK66	360	180	-	-
8	ROPE DRUM	240	-	-	-
9	ROPE DRUM (ASSY)	960	60	-	-
10	BUSHING HOUSE-ID80L75	240	270	-	-
11	PIN NUT	120	-	-	-
12	PLATE 1	30	-	-	-
13	PLATE 2	120	60	-	-
14	PLATE 3	60	60	-	-
15	THREAD ROD	288	-	-	-
16	RING	30	-	-	-
17	PULL SHAFT	180	90	45	-
18	SPACER	30	-	-	-
19	SPACER 2	30	-	-	-
20	DELTA LINK	45	-	-	-
21	PARALLEL KEY-W16X145	240	360	-	-
22	WARPING END D180-ID55	60	240	-	-
23	CLUTCH BODY-LK92L110	534	45	-	-
24	THREAD ROD ASSY-TR28	324	-	-	-
25	PULL SHAFT-TR28	180	100.2	45	-
26	RING-TR28	30	-	-	-
27	SPACER-TR28	30	-	-	-
28	DELTA LINK-L332	45	-	-	-
29	LINK PLATE-L318	30	-	-	-
30	SPACER ID23L34	30	-	-	-
31	PIN NUT-D50L69	120	-	-	-
32	BRAKE PIN-D22L60	41.4	15	-	-
33	BRAKE PIN-D35L70	36	15	-	-
34	PIN 4	30	15	-	-
35	PIN 2	30	15	-	-



**Tabel 4. Data Waktu Proses Produksi (Lanjutan)**

No Job	Job	Waktu Operasi (Menit)			
		1	2	3	4
36	<i>PIN 1</i>	30	15	-	-
37	<i>SPACER ID90L95</i>	60	-	-	-
38	<i>SPACER RD-ID90L20</i>	45	45	-	-
39	<i>SPACER ID 65L10</i>	30	-	-	-

Data waktu *setup* mesin proses produksi dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Data Waktu *Setup* Mesin Proses Produksi**

No Job	Job	Waktu Setup (Menit)			
		1	2	3	4
1	<i>FRAME ASSY</i>	24			
2	<i>MAIN SHAFT</i>	6	420	192	36
3	<i>PARALLEL A28X16X90</i>	24	36	45	-
4	<i>BUSHING BLOCK</i>	48	12	-	-
5	<i>CABLE LIFTER CH 17.5</i>	144	36	12	-
6	<i>SPACER-RD-ID75L17</i>	6	12	-	-
7	<i>CLUTCH ASSY-CL17-LK66</i>	72	36	-	-
8	<i>ROPE DRUM</i>	24	-	-	-
9	<i>ROPE DRUM (ASSY)</i>	192	12	-	-
10	<i>BUSHING HOUSE-ID80L75</i>	48	6	-	-
11	<i>PIN NUT</i>	24	-	-	-
12	<i>PLATE 1</i>	6	-	-	-
13	<i>PLATE 2</i>	24	12	-	-
14	<i>PLATE 3</i>	12	12	-	-
15	<i>THREAD ROD</i>	6	-	-	-
16	<i>RING</i>	6	-	-	-
17	<i>PULL SHAFT</i>	36	18	9	-
18	<i>SPACER</i>	6	-	-	-
19	<i>SPACER 2</i>	6	-	-	-
20	<i>DELTA LINK</i>	9	-	-	-
21	<i>PARALLEL KEY-W16X145</i>	48	72	-	-
22	<i>WARPING END D180-ID55</i>	12	48	-	-
23	<i>CLUTCH BODY-LK92L110</i>	102	9	-	-
24	<i>THREAD ROD ASSY-TR28</i>	66	-	-	-
25	<i>PULL SHAFT-TR28</i>	36	19.8	9	-
26	<i>RING-TR28</i>	6	-	-	-
27	<i>SPACER-TR28</i>	6	-	-	-
28	<i>DELTA LINK-L332</i>	9	-	-	-
29	<i>LINK PLATE-L318</i>	6	-	-	-
30	<i>SPACER ID23L34</i>	6	-	-	-
31	<i>PIN NUT-D50L69</i>	24	-	-	-
32	<i>BRAKE PIN-D22L60</i>	8.4	30	-	-
33	<i>BRAKE PIN-D35L70</i>	12	30	-	-
34	<i>PIN 4</i>	6	3	-	-
35	<i>PIN 2</i>	6	3	-	-
36	<i>PIN 1</i>	6	3	-	-
37	<i>SPACER ID90L95</i>	12	-	-	-
38	<i>SPACER RD-ID90L20</i>	9	9	-	-
39	<i>SPACER ID 65L10</i>	6	-	-	-

## 4.2 PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data akan menjelaskan mengenai proses perhitungan dan hasil perhitungan dari data yang sudah dikumpulkan sebelumnya. Terdapat notasi-notasi perhitungan pembuatan jadwal produksi dengan menggunakan algoritma *shifting bottleneck heuristic*. Notasi-notasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- N = jumlah *job*
- M = jumlah mesin
- J = jumlah operasi
- i = urutan *job* ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ )
- j = urutan operasi ( $j = 1, 2, 3, \dots, J$ )
- k = urutan mesin ( $k = 1, 2, 3, \dots, M$ )
- $t_{ij}$  = waktu proses *job* ke-*i* operasi ke-*j*
- $Q_i$  = jumlah permintaan *job* ke-*i*
- $P_{ij}$  = waktu proses *batch job* ke-*i* operasi ke-*j*
- $S_{ij}$  = waktu *set up* proses *batch job* ke-*i* operasi ke-*j*
- $M_0$  = himpunan mesin yang telah dijadwalkan
- $R_i$  = *ready time job* ke-*i*
- $R_{ij}$  = *ready time job* ke-*i* operasi ke-*j*
- $C_i$  = *completion time job* ke-*i*
- $C_{ij}$  = *completion time job* ke-*i* operasi ke-*j*
- $d_{ij}$  = *due date job* ke-*i* operasi ke-*j*
- $L_{ij}$  = *lateness job* ke-*i* operasi ke-*j*
- G = *directed graph*, pada kondisi  $M_0 = \emptyset$
- G' = *directed graph* yang sudah dimodifikasi, pada kondisi  $M_0 \neq \emptyset$

Pada pengolahan data dilakukan perhitungan jadwal produksi produk *combination double windlass* dengan menggunakan algoritma *shifting bottleneck heuristic*. Proses perhitungan dilakukan dengan dua kali iterasi perhitungan, pada satu iterasinya terdapat 23 langkah perhitungan hingga mendapatkan jadwal produksi berupa *gantt chart*. Pada hasil perhitungan didapat waktu penyelesaian produk tersebut sebesar 3996 menit. Setelah mengetahui hasil tersebut dilakukan perhitungan *flow time* setiap *job*, *idle time* atau waktu menganggur setiap mesin dan utilitas setiap mesin.

## 5. ANALISIS

Analisis terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Secara umum analisis ini meliputi analisis metode penjadwalan produksi yang digunakan dalam memecahkan masalah, analisis hasil penjadwalan, dan analisis penerapan metode penjadwalan produksi di perusahaan.

### 5.1 ANALISIS METODE PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA SHIFTING BOTTLENECK HEURISTIC

Masalah penjadwalan produksi yang akan diselesaikan dengan menggunakan algoritma ini pada dasarnya dibentuk dari *graph* yang terdiri dari simpul-simpul yang menunjukkan operasi. *Graph* tersebut dihubungkan dengan busur *conjunctive* yang menghubungkan operasi-operasi yang dikerjakan dalam *job* yang sama, dan busur *disjunctive* menghubungkan operasi-operasi yang dikerjakan dalam mesin yang sama.

Penjadwalan dilakukan pada *job i* operasi *j* yang dioperasikan pada suatu mesin dan mengalami kondisi *bottleneck*, yaitu mesin yang memiliki *lateness* maksimum diantara mesin-mesin lainnya. Nilai dari *completion time* yang telah dihasilkan selanjutnya dijumlahkan dengan nilai *lateness* maksimum pada salah satu mesin yang akan dijadwalkan,

dan hasil tersebut merupakan nilai dari *makespan*.

## **5.2 ANALISIS HASIL PENJADWALAN**

Penjadwalan produksi menggunakan algoritma *shifting bottleneck heuristic* memerlukan data-data produksi berupa waktu proses operasi, urutan proses operasi, jumlah permintaan, jenis dan jumlah mesin yang digunakan. Setelah melakukan pengolahan data, diperoleh waktu untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan (*job*) sebesar 3.996 menit.

## **5.3 ANALISIS PENERAPAN METODE PENJADWALAN PRODUKSI DI PERUSAHAAN**

Berdasarkan hasil penjadwalan produksi pembuatan komponen kapal *tug boat* yaitu *combination double windlass* dengan menggunakan algoritma *shifting bottleneck heuristic*, diperoleh *makespan* sebesar 3.996 menit sedangkan hasil penjadwalan produksi dengan prioritas *short processing time* diperoleh *makespan* sebesar 4.320 menit. Hal ini berarti penjadwalan produksi dengan menggunakan algoritma *shifting bottleneck heuristic* menghasilkan *makespan* yang lebih kecil sehingga metode penjadwalan produksi ini bisa dipertimbangkan untuk diterapkan di perusahaan.

## **6. KESIMPULAN**

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian adalah:

1. Pemecahan masalah yang diusulkan adalah algoritma *shifting bottleneck heuristic* untuk menyelesaikan permasalahan *job shop* dengan kriteria minimisasi *makespan*.
2. Waktu penyelesaian produksi produk *combination double windlass* sebesar 3.996 menit lebih rendah dari waktu penyelesaian produksi dari perusahaan sebesar 4.320 menit dengan prioritas *short processing time*.
3. Nilai *Flow time* yang tertinggi pada *job* ke 5 dengan nilai 3996 menit dengan itu nilai tersebut adalah nilai *makespan* atau waktu penyelesaian produk *combination double windlass*. Nilai *idle time* yang tertinggi yaitu pada mesin *waldrich sign* dengan waktu menganggur 3852 menit, sehingga utilitas mesinnya pun kecil yaitu dengan nilai 3,60%, sedangkan untuk utilitas tertinggi didapat pada mesin *liber* dengan nilai 73,87% dengan nilai *idle time* sebesar 1044 menit.

## **REFERENSI**

Baker, K.R, 1974, *Introducing to Sequencing and Scheduling*, JohnWiley & Son, New York.

Pinedo, M. and Chao, X., 1999, *Operations Scheduling with Applications in Manufacturing and Services*, McGraw – Hill.