

PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN MEMPERTIMBANGKAN UKURAN *LOT* *TRANSFER BATCH* UNTUK MINIMASI *MAKESPAN* KOMPONEN *ISOLATING COCK* DI PT PINDAD

¹Vita Ardiana Sari, ²Dida Diah Damayanti, ³Widia Juliani
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom
¹vitardianasari@gmail.com, ²didadiah@gmail.com, ³widiajuliani@yahoo.com

Abstrak— PT PINDAD adalah salah satu perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) bagian industri manufaktur dalam bidang Alat Utama Sistem Persenjataan (Alutsista) dan produk komersial. Salah satu produk dalam bidang transportasi adalah *Air Brake System* terdiri dari beberapa *assembly*, salah satunya *assembly* *Isolating Cock* yang terdiri dari Rumah *Isolating Cock*, Flens, Penutup, dan Baut Ventilasi. *Makespan* dan batasan waktu penyelesaian *order* membuat perusahaan berusaha memenuhi pesanan tepat waktu. Usaha yang dilakukan perusahaan adalah menambah *shift* kerja. Ukuran *lot transfer batch* yang digunakan mempengaruhi *makespan*. *Makespan* yang panjang dikarenakan penyelesaian *order* menggunakan aturan *First Come First Served* tanpa memperhatikan ukuran *lot transfer batch*. Dalam mencapai tujuan minimasi *makespan*, maka diusulkan penjadwalan dengan algoritma Campbell, Dudek, dan Smith (CDS) dengan ukuran *lot transfer batch* komponen Rumah *Isolating Cock subplot* satu 6 unit dan *subplot* dua 6 unit, komponen Flens *subplot* satu 9 unit dan *subplot* dua 3 unit, komponen Penutup *subplot* satu 4 unit dan *subplot* dua 8 unit, serta komponen Baut Ventilasi *subplot* 12 unit, dilakukan lima kali pengulangan sehingga total 60 unit *Isolating Cock* dapat minimasi *makespan* dari 117 jam atau 18 *shift* kerja menjadi 45,8 jam atau 8 *shift* sehingga menghemat waktu penyelesaian sebesar 60,85%.

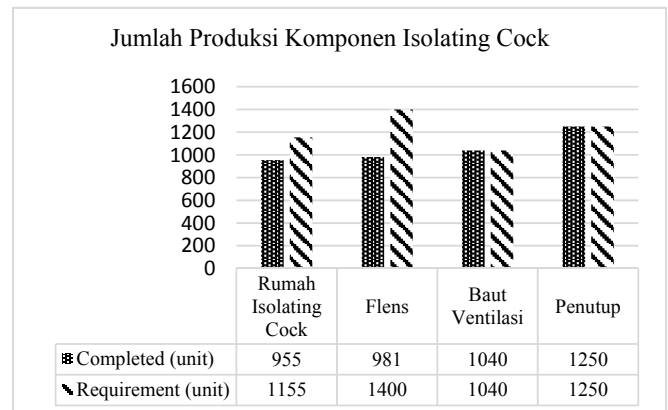
Kata Kunci : CDS, *Lot splitting*, *Transfer batch*

I. PENDAHULUAN

PT PINDAD (Persero) merupakan perusahaan BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang bergerak dalam bidang Alutsista (Alat Utama Sistem Persenjataan) dan produk komersial. Salah satu divisi di PT PINDAD adalah Divisi Mesin Industri dan Jasa (MIJAS) yang menghasilkan produk-produk komersial antara lain mesin listrik, sistem pengereman kereta api, peralatan kapal laut, dan jasa pemesinan. MIJAS menaungi Departemen Pemesinan

(DEPSIN) yang bertugas membuat seluruh komponen produk PT PINDAD [1].

Air Brake System adalah sistem pengereman kereta api yang digunakan pada kereta penumpang terdiri dari beberapa *assembly*, salah satunya yaitu *Isolating Cock*. Komponen-komponen produk *Isolating Cock*, yaitu Rumah *Isolating Cock*, Flens, Penutup, dan Baut Ventilasi. *Isolating Cock* berfungsi untuk menutup saluran pada gerbong/kereta paling akhir. *Isolating Cock* diproduksi berdasarkan *make to order* atau barang dikerjakan ketika ada pesanan. *Customer* PT. PINDAD untuk produk *Isolating Cock* adalah PT. INKA. Pada tahun 2014 PT PINDAD mendapat *order* *Isolating Cock* sebanyak 600 pasang. Setiap pasang terdiri atas *Isolating Cock* kanan dan *Isolating Cock* kiri, sehingga jumlah *order* seluruhnya adalah 1.200 unit.



Gambar 24 Jumlah produksi komponen *Isolating Cock* untuk *order* PT INKA

Gambar 1 menunjukkan jumlah produksi komponen *Isolating Cock* dan dibandingkan dengan kebutuhan. Hal tersebut menunjukkan bahwa komponen Rumah *Isolating Cock* dan Flens mengalami keterlambatan. Setiap menjelang

akhir *due date* seringkali timbul masalah penumpukan beban sisa pengerjaan pesanan yang masih banyak. Upaya yang dilakukan perusahaan untuk memenuhi *order* adalah dengan penambahan *shift* kerja. Saat ini PT PINDAD secara normal menggunakan dua *shift* kerja. Namun PT PINDAD menyediakan tiga *shift* untuk hari kerja dan waktu lembur pada hari Sabtu dan Minggu. Penambahan *shift* kerja dan jam lembur berpengaruh terhadap biaya yang dikeluarkan perusahaan. Peningkatan jumlah produksi yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan penjadwalan ulang terhadap komponen-komponen Isolating Cock. Oleh karena itu dibutuhkan suatu perbaikan dalam penjadwalan yang digunakan pada proses produksi komponen-komponen Isolating Cock. Dengan adanya perbaikan dalam penjadwalan tersebut, diharapkan dapat mengurangi *makespan* sehingga bisa mengurangi jam lembur.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh jadwal produksi komponen Isolating Cock dengan *makespan* yang paling pendek dengan pengaturan ukuran *lot transfer batch* untuk mengurangi jam lembur. Penjadwalan adalah pengurutan pembuatan/pengerjaan produk secara menyeluruh yang dikerjakan pada beberapa buah mesin [2]. *Lot* adalah sebuah kuantitas dari sebuah item baik itu pembelian, produksi, atau transportasi. Sebuah *lot* dipindahkan atau ditransfer dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja lain disebut *transfer batch*. Salah satu cara untuk mengurangi *lead time* produksi dan WIP untuk sebuah *process batch* adalah menggunakan *lot splitting* dan memindahkan *lot* tersebut pada operasi selanjutnya dengan *transfer batch* yang lebih kecil [3].

Gambar 2 mengenai konsep penelitian. Data yang digunakan adalah data *order*, data jenis dan jumlah mesin,

data waktu proses, data waktu *setup* mesin, data proses *routing*, dan data waktu kerja karyawan. Kemudian melakukan penjadwalan menggunakan algoritma CDS. Urutan tersebut digunakan untuk menentukan urutan *job* yang digunakan untuk produksi komponen Isolating Cock dengan mempertimbangan *lotsize transfer batch*. *Makespan* yang paling pendek digunakan sebagai usulan penjadwalan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap Pengumpulan Data

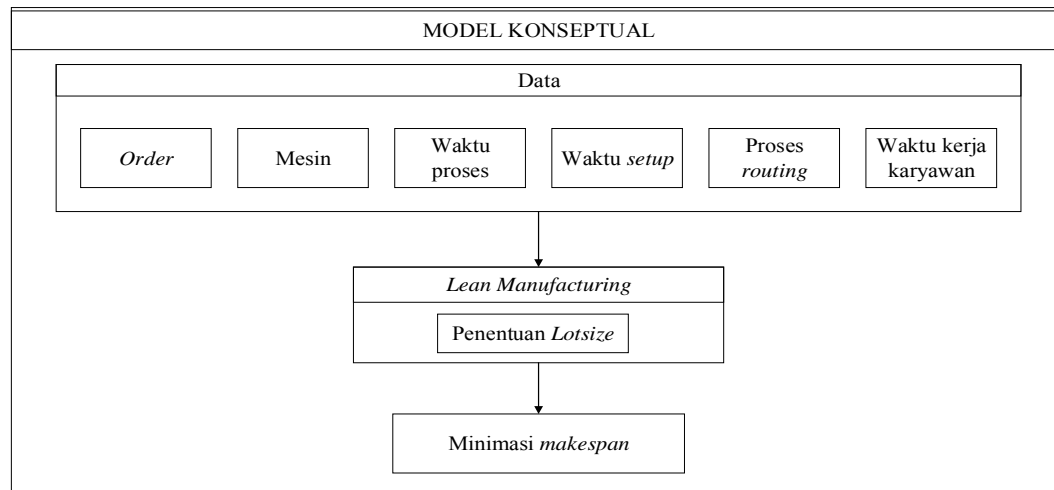
Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengobservasi DEPSIN, wawancara dengan karyawan bagian DEPSIN dan pengambilan data sekunder langsung dari bagian *Production Control*. Data yang diperoleh adalah:

- Data *order* meliputi *No. order*, nama komponen, jumlah, *start date*, dan *finish date*. Tabel I menunjukkan data *order* pada tahun 2014.

TABEL 7
DATA ORDER

No. Order	Deskripsi	Quantity (unit)	Basic start date	Basic finish date
32200001421	Isolating Cock	1,200	15-09-14	31-12-14

- Data mesin yang digunakan untuk produksi komponen-komponen Isolating Cock, meliputi jenis mesin, jumlah mesin, dan kode mesin
- Data waktu proses yang dihitung melalui pengamatan
- Data waktu *setup* meliputi *setup fixture*, *setup tools*, dan *setup* benda kerja.
- Data proses *routing*



Gambar 25 Model konseptual

TABEL II
DATA ROUTING

Nama Komponen	Proses	Operasi	Kode Mesin	Setup fixture (menit)	Setup tools (menit)	Setup benda kerja (menit)	Waktu Baku (menit)
Rumah IC	Bubut 1	O-1A	L08	6.15	3.1	3.05	14.73
	Bubut 2	O-2A	L09	2.95	0.8	3.1	3.48
	Bubut 3	O-3A	L04	2.95	2.8	3.1	9.09
	Bubut 4	O-4A	L10	2.95	3.7	3.1	10.63
	Bubut 5	O-5A	L11	2.95	2.9	3.1	8.11
	Bor	O-6A	D01	0.3	0.35	1.05	26.11
Flens	Bubut 1	O-1B	L04	2.95	1	3.05	5.42
	Bubut 2	O-2B	L10	2.95	3.9	3.05	16.27
	Bor	O-3B	D01	0.3	0.35	0.95	10.69
	Frais	O-4B	M06	0.3	0.6	0.95	1.47
Penutup	Bubut 1	O-1C	L10	-	0.7	1.05	3.3
	Bubut 2	O-2C	L11	-	2.9	1.1	8.65
Baut Ventilasi	Bubut 1	O-1D	L08	2.95	3	3.05	6.94

TABEL III
UKURAN LOT TRANSFER BATCH EXISTING

Nama Komponen	Proses	Operasi	Sublot 1 (unit)	Sublot 2 (unit)	Sublot 3 (unit)
Rumah IC	Bubut 1	O-1A	60	-	-
	Bubut 2	O-2A	30	30	-
	Bubut 3	O-3A	25	25	10
	Bubut 4	O-4A	20	20	20
	Bubut 5	O-5A	60	-	-
	Bor	O-6A	60	-	-
Flens	Bubut 1	O-1B	60	-	-
	Bubut 2	O-2B	60	-	-
	Bor	O-3B	60	-	-
	Frais	O-4B	60	-	-
Penutup	Bubut 1	O-1C	60	-	-
	Bubut 2	O-2C	60	-	-
Baut Ventilasi	Bubut 1	O-1D	60	-	-

Tabel II menunjukkan data *routing* yang berisi data mesin yang digunakan untuk produksi, data waktu baku untuk setiap proses, dan waktu *setup* untuk setiap proses.

a. Data waktu kerja karyawan, yaitu tersedia tiga *shift* kerja terdiri dari 6,5 jam kerja/*shift*.

B. Tahap Pengolahan Data

1. Penjadwalan *Order* Kondisi Existing

Pada penjadwalan kondisi *existing*, mendahulukan *order* yang diterima. Pada bulan Agustus sampai Desember 2014 terdapat empat *order* yang bersamaan yaitu Rumah IC, Flens, Penutup, dan Baut Ventilasi. Ukuran *lot* yang digunakan pada saat ini ditunjukkan Tabel III.

Waktu yang digunakan untuk produksi 60 komponen-komponen Isolating Cock adalah 18 *shift* kerja. Tabel IV menunjukkan waktu (*shift*) yang digunakan untuk produksi komponen-komponen Isolating Cock pada tanggal 17 sampai 25 November 2014 dengan tanda *ceklis*.

TABEL IV
PRODUKSI BULAN NOVEMBER 2014

Komponen	Proses	Operasi	Kode Mesin	Tgl	17		18		19		20		21		22		23		24		25	
				Shift	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Rumah IC	Bubut 1	O-1A	L08		√	√	√	√														
	Bubut 2	O-2A	L09						√													
	Bubut 3	O-3A	L04						√	√	√											
	Bubut 4	O-4A	L10							√	√	√										
	Bubut 5	O-5A	L11								√	√	√									
	Bor	O-6A	D01										√	√	√	√	√	√				
Flens	Bubut 1	O-1B	L04								√	√	√									
	Bubut 2	O-2B	L10										√	√	√							
	Bor	O-3B	D01															√	√			
Penutup	Bubut 1	O-1C	L10					√	√													
	Bubut 2	O-2C	L11						√	√	√											
Baut V.	Bubut 1	O-1D	L08									√	√	√								

2. Penjadwalan *Order* Kondisi Usulan

a. Mengurutkan *job* menggunakan algoritma CDS

TABEL V
WAKTU PROSES DAN *SETUP* BENDA KERJA PADA MESIN

Job i	Waktu proses dan <i>setup</i> benda kerja pada mesin (menit)						
	L08	L09	L04	L10	L11	D01	M06
Rumah IC (A)	17.78	6.58	12.19	13.73	11.21	27.16	0
Flens (B)	0	0	8.47	0	19.32	11.64	2.42
Penutup (C)	0	0	0	4.35	9.75	0	0
Baut Ventilasi (D)	9.99	0	0	0	0	0	0

Tabel V menunjukkan data yang digunakan untuk proses pengurutan *job* berdasarkan algoritma CDS. Waktu yang digunakan adalah waktu baku proses dan waktu *setup* benda kerja.

- Langkah 1 : Menghitung jumlah iterasi
Mesin yang digunakan untuk pengerjaan komponen-komponen Isolating Cock jumlahnya adalah tujuh mesin, terdiri dari lima mesin bubut, satu mesin bor, dan satu mesin frais.

$$K = m-1 = 7-1 = 6$$

- Langkah 2 : Mengurutkan *job*
Mulai dari iterasi pertama ($k=1$), yaitu kombinasi antara dua kelompok mesin dengan setiap kelompoknya terdiri dari satu mesin. Kelompok mesin satu adalah mesin pertama, yaitu mesin L08. Kelompok mesin dua adalah mesin ke tujuh, yaitu mesin M06. Selanjutnya membandingkan waktu antar komponen (*job*) pada kedua mesin tersebut. Tandai waktu yang terkecil antara dua mesin tersebut pada setiap *job*.

TABEL VI
DATA $k=1$

		$k=1$	
		M1 (menit)	M2 (menit)
<i>Job</i> i		L08	M06
A		17.78	0
B		0	2.42
C		0	0
D		9.99	0

Berdasarkan Tabel VI waktu terkecil untuk *job* A terletak pada M2. Waktu terkecil untuk *job* B terletak pada M1. Waktu terkecil untuk *job* C terletak pada M1 dan M2, karena nilainya sama maka pilih sembarang. Waktu terkecil untuk *job* D terletak pada M2. Kemudian mengurutkan *job* berdasarkan waktu terkecil. Semua waktu terkecil menunjukkan angka nol (0), sehingga *job* yang dijadwalkan pertama adalah yang selisihnya paling sedikit antar *job*.

Selisih yang paling kecil adalah pada *job* C yaitu antara 0 dengan 0 sehingga selisihnya adalah 0. Waktu terkecil telah dipilih pada M2, sehingga urutan jadwal untuk *job* C dilakukan di akhir (posisi nomer 4). Selisih terkecil selanjutnya setelah *job* C adalah *job* B yaitu antara 0 dengan 2,42 sehingga selisihnya adalah 2,42. Waktu terkecil terletak pada M1, sehingga urutan jadwal untuk *job* B dilakukan di awal (posisi nomer 1). Selisih terkecil selanjutnya setelah *job* B adalah *job* D yaitu antara 9,99 dengan 0, sehingga selisihnya adalah 9,99. Waktu terkecil terletak pada M2, sehingga urutan jadwal untuk *job* D dilakukan di akhir sebelum *job* C (posisi nomer 3). Selisih terkecil selanjutnya setelah *job* D adalah *job* A yaitu antara 17,78 dengan 0, sehingga selisihnya adalah 17,78. Waktu terkecil terletak pada M2, sehingga urutan jadwal untuk *job* A dilakukan di akhir sebelum *job* D (posisi nomer 2). Oleh karena itu, hasil pengurutan *job* adalah B-A-D-C.

TABEL VII
HASIL URUTAN *JOB*

k_i	Urutan <i>job</i>			
	1	2	3	4
$k=1$	B	A	D	C
$k=2$	B	A	D	C
$k=3$	C	B	A	D
$k=4$	C	B	A	D
$k=5$	B	A	C	D
$k=6$	B	A	C	D

Pilihan	Urutan <i>job</i>			
	1	2	3	4
1	B	A	D	C
2	C	B	A	D
3	B	A	C	D

Tabel VII menunjukkan urutan *job* yang sama dieliminasi sehingga menghasilkan tiga urutan *job*.

b. Menentukan Ukuran *Lot*

Divisi Tempa dan Cor bisa mengirimkan *raw material* setiap minggu. *Order* bulan Agustus-Desember 2014 adalah 1.200 unit. Dalam rentang tersebut terdapat 20 minggu. Pengiriman dari DEPSIN ke Departemen *Assembly* dilakukan setiap seminggu sekali. Ukuran *lot* pertama yang diusulkan berdasarkan target tiap minggu yaitu $1.200 \text{ unit} / 20 \text{ minggu} = 60 \text{ unit/minggu}$. Sehingga target tiap minggu adalah 60 unit produk Isolating Cock. Oleh karena itu, ukuran *lot* pertama adalah 60 unit. Ukuran *lot* kedua yang diusulkan berdasarkan target tiap hari yaitu $60 \text{ unit} / 5 \text{ hari} = 12 \text{ unit/hari}$. Target tiap minggu adalah 60 unit produk Isolating Cock, sehingga pengerjaan 12 unit/hari berulang lima kali. Oleh karena itu, ukuran *lot* kedua adalah 12 unit. Selanjutnya dihitung ukuran *sublot* untuk masing-masing komponen Isolating Cock. Penjadwalan dilakukan dengan membandingkan *makespan* antara ukuran *lot batch* dengan ukuran *lot transfer batch*.

Komponen Flens

Data waktu pengerjaan komponen Flens pada setiap prosesnya adalah $P1 = 8,47$ menit, $P2 = 19,32$ menit, $P3 = 11,64$ menit, dan $P4 = 2,42$ menit. Selanjutnya tetapkan bahwa $u = 1$. Kemudian mencari nilai v_i . Nilai v dicari mulai dari v_2 [4].

a. Menghasilkan pemecahan dasar

- Langkah 1: Set $u = 1$ dan letakkan mesin pertama pada pemecahan

Selanjutnya tetapkan bahwa $u = 1$.

$$u = 1$$

- Langkah 2: Temukan $\max_{v>u} \{q_{uv}\}$

Kemudian mencari nilai v_i . Nilai v dicari mulai dari v_2 .

$$v_2 = \frac{P2}{P1} = \frac{19,32}{8,47} = 2,28099$$

$$v_3 = \frac{P2+P3}{P1+P2} = \frac{19,32+11,64}{8,47+19,32} = 1,11407$$

$$v_4 = \frac{P2+P3+P4}{P1+P2+P3} = \frac{19,32+11,64+2,42}{8,47+19,32+11,64} = 0,84656$$

$$\max_{v>u} \{q_{uv}\}$$

nilai v maksimum berada pada $v = 2 \neq m$
 $q[1][2] = q12 = 2,28099$

Nilai m adalah 4 karena komponen Flens dikerjakan oleh 4 mesin. Proses perhitungan nilai v berhenti jika nilai v maksimal terletak pada v_m . Perolehan nilai v maksimal belum terletak pada v_4 , sehingga perhitungan v dilanjutkan pada $u = 2$.

➤ Langkah 3: Tambahkan mesin v ke pemecahan setelah mesin u. Bila $v = m$, berhenti. Mulai $u = v$ dan kembali ke langkah 2.

Selanjutnya tetapkan bahwa $u = 2$. Kemudian mencari nilai v_i . Nilai v dicari mulai dari v_3 .

$$u = 2$$

$$v_3 = \frac{p_3}{p_3 + p_4} = \frac{11,64}{11,64 + 11,64} = 0,60248$$

$$v_4 = \frac{p_3 + p_4}{p_3 + p_4} = \frac{11,64 + 11,64}{11,64 + 11,64} = 0,45413$$

$\max_{v>u} \{q_{uv}\}$

nilai v maksimum berada pada $v = 3 \neq m$
 $q[2][3] = q_{23} = 0,60248$

Nilai m adalah 4 karena komponen Flens dikerjakan oleh 4 mesin. Proses perhitungan nilai v berhenti jika nilai v maksimal terletak pada v_m . Perolehan nilai v maksimal belum terletak pada v_4 , sehingga perhitungan v dilanjutkan pada $u = 3$.

Selanjutnya tetapkan bahwa $u = 3$. Kemudian mencari nilai v_i . Nilai v dicari mulai dari v_4 .

$$u = 3$$

$$v_4 = \frac{p_4}{p_4} = \frac{11,64}{11,64} = 0,2079$$

$\max_{v>u} \{q_{uv}\}$

nilai v maksimum berada pada $v = 4 = m$
 $q[3][4] = q_{34} = 0,2079$

b. Solusi untuk *sublot* konsisten ($s = 2$)

➤ Langkah 1 : Temukan pecahan dasar dan mulai $u = 2$
 Selanjutnya tetapkan bahwa $u = 2$.
 $u = 2$

➤ Langkah 2 : Bila $[u] = m$ (mesin $[u]$ adalah mesin terakhir dalam pemecahan), lanjut ke langkah 4
 $u = 2 \neq m$
 maka lanjut ke langkah 3

➤ Langkah 3 : Bila $P(1, [u]-1) \leq P([u]+1, m)$, mulai $u = u+1$ dan kembali ke langkah 2

$$u = 2$$

$$P(1, [u]-1) \leq P([u]+1, m)$$

$$P(1, [2]-1) \leq P([2]+1, 4),$$

$$P(1, 1) \leq P(3, 4),$$

$$8,47 \leq [(11,64+2,42)=14,06]$$

$$u = 3$$

$$P(1, [u]-1) \leq P([u]+1, m)$$

$$P(1, [3]-1) \leq P([3]+1, 4),$$

$$P(1, 2) \leq P(4, 4),$$

$$[(8,47+19,32)=27,79] \leq 2,42$$

➤ Langkah 4 : Mulai $L_1 = U / (1+q_{[u-1][u]})$ dan $L_2 = U - L_1$
 $q[3][4] = q_{34} = 0,2079$

Untuk ukuran *lot batch* pertama 60 unit / minggu :

$$U = 60 \text{ unit}$$

$$L_1 = U / (1+q_{[u-1][u]}) = \frac{60}{(1+0,2079)} = 49 \text{ unit}$$

$$L_2 = U - L_1 = 60 - 49 = 11 \text{ unit}$$

Untuk ukuran *lot batch* kedua 12 unit / hari :

$$U = 12 \text{ unit}$$

$$L_1 = U / (1+q_{[u-1][u]}) = \frac{12}{(1+0,2079)} = 9 \text{ unit}$$

$$L_2 = U - L_1 = 12 - 9 = 3 \text{ unit}$$

Hasil perhitungan *lot transfer batch* usulan pertama dan kedua dapat dilihat pada Tabel VIII.

TABEL VIII
 USULAN UKURAN LOT TRANSFER BATCH

Nama Komponen	Proses	Operasi	Usulan 1		Usulan 2	
			Sublot 1	Sublot 2	Sublot 1	Sublot 2
			(unit)	(unit)	(unit)	(unit)
Rumah IC	Bubut 1	O-1A	28	32	6	6
	Bubut 2	O-2A	28	32	6	6
	Bubut 3	O-3A	28	32	6	6
	Bubut 4	O-4A	28	32	6	6
	Bubut 5	O-5A	28	32	6	6
	Bor	O-6A	28	32	6	6
Flens	Bubut 1	O-1B	49	11	9	3
	Bubut 2	O-2B	49	11	9	3
	Bor	O-3B	49	11	9	3
	Frais	O-4B	49	11	9	3
Penutup	Bubut 1	O-1C	19	41	4	8
	Bubut 2	O-2C	19	41	4	8
Baut Ventilasi	Bubut 1	O-1D	60	-	12	-

Proses pengurutan *job* menggunakan algoritma CDS digunakan untuk menjadwalkan komponen-komponen Isolating Cock dengan ukuran *lot transfer batch*, yaitu produk ditransfer ke mesin berikutnya ketika tiap *sublot* selesai dikerjakan pada mesin tertentu. A adalah Rumah IC, B adalah Flens, C adalah Penutup, dan D adalah Baut Ventilasi. Bila menggunakan ukuran *lot transfer batch* usulan pertama, maka *makespan* untuk 60 unit buah produk Isolating Cock dengan urutan B-A-D-C dan B-A-C-D adalah sama yaitu 3.701,81 menit = 61,7 jam atau 10 *shift* kerja, sedangkan *makespan* dengan urutan C-B-A-D adalah 3.954,08 menit = 65,9 jam atau 11 *shift* kerja. Bila menggunakan ukuran *lot transfer batch* usulan kedua, maka *makespan* untuk 60 unit buah produk Isolating Cock dengan urutan B-A-D-C dan B-A-C-D adalah sama yaitu 2.781,5 menit = 46,4 jam atau 8 *shift* kerja, sedangkan *makespan* dengan urutan C-B-A-D adalah 2.749,3 menit = 45,8 jam atau 8 *shift* kerja. Durasi waktu pengerjaan komponen-komponen Isolating Cock dengan ukuran *lot transfer batch* usulan pertama dapat dilihat pada Tabel IX dan

usulan kedua pada Tabel X. Waktu *setup* benda kerja dan waktu proses telah dikalikan dengan jumlah benda yang dikerjakan pada *sublot* tersebut. *Gantt chart* untuk usulan pertama dapat dilihat pada Gambar 3 dan usulan kedua pada Gambar 4.

A. Analisis Penjadwalan *Order* Kondisi *Existing*

Penjadwalan yang saat ini dilakukan oleh *Planner* bagian PPIC PT PINDAD mengacu pada kedatangan *order* yang pertama atau disebut FCFS. Berdasarkan penjadwalan bulan November dengan ukuran *lot* sesuai kondisi *existing*, maka *makespan* untuk 60 unit produk Isolating Cock bisa dikirim ke Departemen *Assembly* dengan waktu produksi sebesar 18 *shift* kerja. Durasi penyelesaian pekerjaan ini berpengaruh pada

Departemen *Assembly* karena komponen-komponen Isolating Cock akan dirakit. Setiap *order* memiliki waktu pengerjaan yang berbeda-beda sehingga ketika *Planner* tidak tepat mempertimbangkan pengurutan *order* yang dikerjakan, maka berdampak pada waktu pengerjaan dapat lebih lama. Ketika *order* komponen Baut Ventilasi datang lebih awal daripada komponen Rumah IC, maka operasi yang dilakukan pertama adalah O-1D atau proses Bubut 1 pada komponen Baut Ventilasi. Sehingga menyebabkan operasi O-1A atau proses Bubut 1 pada komponen Rumah IC ditunda karena menggunakan mesin yang sama. Padahal penyelesaian komponen Rumah IC yang paling berat karena melalui proses yang lebih banyak daripada komponen yang lain.

TABEL IX
DURASI Pengerjaan Penjadwalan dengan Ukuran Lot Transfer Batch Usulan Pertama

Job	Kode Mesin	Setup fixture (menit)	Setup tools (menit)	Sublot 1			Sublot 2		
				Setup benda kerja (menit)	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Setup benda kerja (menit)	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)
C	L10	-	0.7	19.95	62.7	83.35	43.05	135.3	178.35
C	L11	-	2.9	20.9	164.35	188.15	45.1	354.65	399.75
B	L04	2.95	1	149.45	265.58	418.98	33.55	59.62	93.17
B	L10	2.95	3.9	149.45	797.23	953.53	33.55	178.97	212.52
B	D01	0.3	0.35	46.55	523.81	571.01	10.45	117.59	128.04
B	M06	0.3	0.6	46.55	72.03	119.48	10.45	16.17	26.62
A	L08	6.15	3.1	85.4	412.44	507.09	97.6	471.36	568.96
A	L09	2.95	0.8	86.8	97.44	187.99	99.2	111.36	210.56
A	L04	2.95	2.8	86.8	254.52	347.07	99.2	290.88	390.08
A	L10	2.95	3.7	86.8	297.64	391.09	99.2	340.16	439.36
A	L11	2.95	2.9	86.8	227.08	319.73	99.2	259.52	358.72
D	L08	2.95	3	183	416.4	605.35	-	-	-

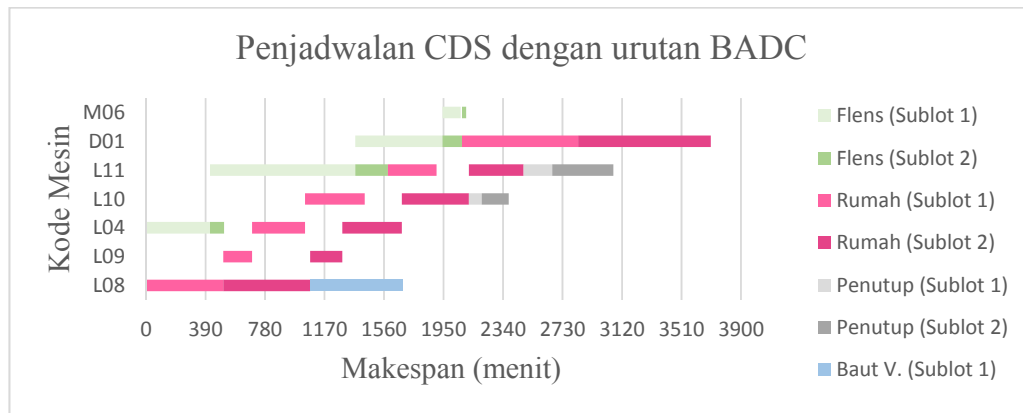
B. Analisis Ukuran Lot Transfer Batch

Setiap komponen memiliki waktu pengerjaan yang berbeda-beda sehingga ketika operator tidak tepat mempertimbangkan jumlah ukuran *lot transfer batch* yang dipindahkan, maka berdampak pada waktu pengerjaan. Waktu pengerjaan sangat bergantung pada waktu penyelesaian komponen Rumah IC karena komponen tersebut memiliki operasi yang lebih banyak daripada komponen lainnya. Sehingga ukuran *lot transfer batch* komponen Rumah IC sangat berpengaruh. Semakin besar jumlah *sublot* komponen Rumah IC, maka semakin lama proses pada mesin yang digunakan dan menyebabkan *idle* pada mesin selanjutnya.

C. Analisis Penjadwalan *Order* Usulan

1. Analisis Algoritma CDS

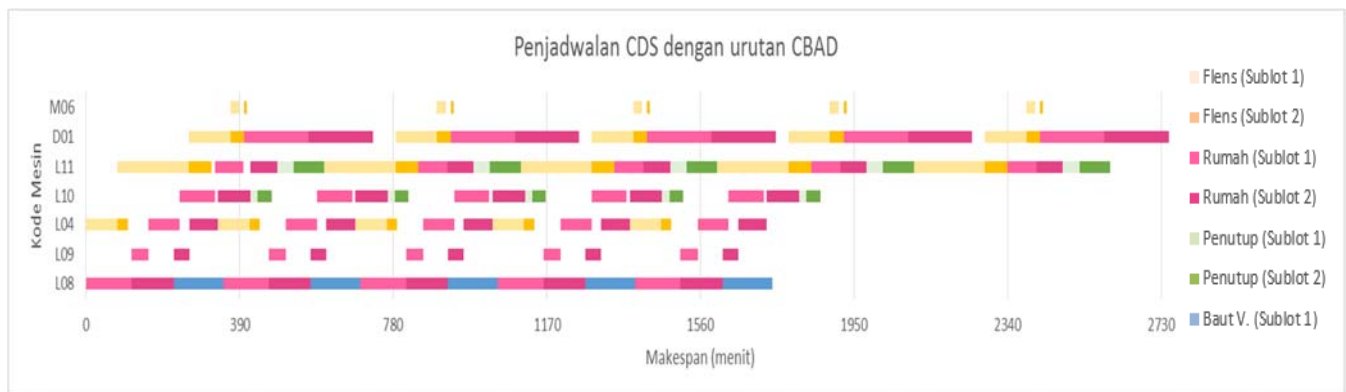
Penjadwalan produksi yang diusulkan adalah penjadwalan *flow shop* dengan algoritma CDS untuk meminimasi *makespan* pengerjaan komponen-komponen Isolating Cock karena berpengaruh terhadap waktu pengiriman produk ke Departemen *Assembly*. Penjadwalan mempertimbangkan urutan pengerjaan komponen dan ukuran *lot transfer batch*. Penjadwalan dengan algoritma CDS menghasilkan tiga urutan *job* yang berbeda, namun untuk urutan *job* B-A-C-D dan B-A-D-C menghasilkan *ganttt chart* dan *makespan* yang sama karena *job* C (Penutup) dan *job* D (Baut Ventilasi) tidak dikerjakan dalam mesin yang sama sehingga keduanya tidak bergantung satu sama lain.



Gambar 26 Gantt chart penjadwalan dengan lot transfer batch usulan pertama

TABEL X
DURASI Pengerjaan Penjadwalan dengan ukuran Lot Transfer Batch Usulan Kedua

Job	Kode Mesin	Setup fixture (menit)	Setup tools (menit)	Sublot 1			Sublot 2		
				Setup benda kerja (menit)	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Setup benda kerja (menit)	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)
C	L10	-	0.7	4.2	13.2	18.1	8.4	26.4	34.8
C	L11	-	2.9	4.4	34.6	41.9	8.8	69.2	78
B	L04	2.95	1	27.45	48.78	80.18	9.15	16.26	25.41
B	L10	2.95	3.9	27.45	146.43	180.73	9.15	48.81	57.96
B	D01	0.3	0.35	8.55	96.21	105.41	2.85	32.07	34.92
B	M06	0.3	0.6	8.55	13.23	22.68	2.85	4.41	7.26
A	L08	6.15	3.1	18.3	88.38	115.93	18.3	88.38	106.68
A	L09	2.95	0.8	18.6	20.88	43.23	18.6	20.88	39.48
A	L04	2.95	2.8	18.6	54.54	78.89	18.6	54.54	73.14
A	L10	2.95	3.7	18.6	63.78	89.03	18.6	63.78	82.38
A	L11	2.95	2.9	18.6	48.66	73.11	99.2	48.66	147.86
D	L08	2.95	3	36.6	83.28	125.83	-	-	-



Gambar 27 Gantt chart penjadwalan dengan lot transfer batch usulan kedua

2. Analisis Penjadwalan tanpa

Penjadwalan untuk ukuran *batch* 60 unit produk Isolating Cock tanpa ukuran *lot transfer batch* menggunakan algoritma CDS dengan urutan *job* B-A-D-C, C-B-A-D, dan B-A-C-D menghasilkan *makespan* yang sama yaitu 5.350,9 menit. Penjadwalan tanpa penentuan ukuran *lot transfer batch* memiliki *makespan* yang lebih besar daripada penjadwalan dengan penentuan ukuran *lot transfer batch*. Hal tersebut berpengaruh terhadap banyaknya *shift* kerja operator untuk menyelesaikan produk Isolating Cock. *Makespan* menjadi lebih panjang karena terjadi *waiting* dari proses yang sedang berlangsung ke proses selanjutnya. Produksi 60 unit Isolating Cock membutuhkan *setup fixture* dan *setup tools* sebanyak satu kali, dan *setup* benda kerja sebanyak 60 kali.

3. Analisis Ukuran *Lot Transfer Batch* Usulan

Ukuran *lot* yang dihitung terdiri dari dua usulan, yaitu 60 unit dan 12 unit. Pada usulan pertama menghasilkan *makespan* yang lebih besar karena masih terjadi *idle* pada semua mesin, kecuali L08. Produksi 60 unit Isolating Cock membutuhkan *setup fixture* dan *setup tools* sebanyak satu kali, dan *setup* benda kerja sebanyak 60 kali. Sedangkan pada usulan kedua, yaitu mengerjakan tiap 12 unit produk selama lima kali sehingga jumlah akhirnya 60 unit dalam seminggu, menghasilkan *makespan* yang lebih kecil karena pada mesin L08 dan L11 tidak terjadi *idle*. Produksi 60 unit Isolating Cock membutuhkan *setup fixture* dan *setup tools* sebanyak lima kali, dan *setup* benda kerja sebanyak 60 kali.

IV. KESIMPULAN

Penjadwalan komponen-komponen Isolating Cock pada bulan Agustus-Desember 2014 menggunakan algoritma CDS urutan *job* C-B-A-D (Penutup-Flens-Rumah IC-Baut Ventilasi) dan ukuran *lot batch* 12 unit diulang sebanyak lima kali (60 unit) dengan pengaturan *lot transfer batch* pada komponen Rumah IC *sublot* satu 6 unit dan *sublot* dua 6 unit, komponen Flens *sublot* satu 9 unit dan *sublot* dua 3 unit, komponen Penutup *sublot* satu 4 unit dan *sublot* dua 8 unit, serta komponen Baut Ventilasi *sublot* satu 12 unit, dapat meminimasi *makespan* dari 117 jam atau 18 *shift* kerja menjadi 2.749,3 menit = 45,8 jam atau 8 *shift* sehingga menghemat waktu penyelesaian sebesar 60,85%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] www.pindad.com. (2014, November 25). Diambil kembali dari www.pindad.com : www.pindad.com/industrial-machinery-and-services
- [2] Ginting, R. (2009). *Penjadwalan Mesin*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [3] Nicholas, J. M. (1998). *Competitive Manufacturing Management: Continuous Improvement, Lean Production, Customer-Focused Quality*. Singapore: McGraw-Hill.

- [4] Baker, K. R., & Trietsch, D. (2009). *Principles of Sequencing and Scheduling*. Canada: John Wiley & Sons Inc.