

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

PRODUCTION SCHEDULLING CONSIDER LOT SIZE TRANSFER BATCH FOR MINIMIZING *MAKESPAN* OF ISOLATING COCK COMPONENT AT PT PINDAD

Vita Ardiana Sari¹, Dida Diah Damayanti², Widia Juliani³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom
¹vitardianasari@gmail.com, ²didadijah@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 disebabkan 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 *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* 12 unit, dilakukan lima kali pengulangan sehingga total 60 unit Isolating Cock dapat minimasi *makespan* dari 117 jam atau 18 *shift* kerja menjadi adalah 45,8 jam atau 8 *shift* sehingga menghemat waktu penyelesaian sebesar 60,85%.

Kata kunci : CDS, *Transfer Batch*

Abstract

PT PINDAD is one of the BUMN (Badan Usaha Milik Negara) part of the manufacturing industry in the field of Primary Equipment and Weapons Systems (Alutsista) and commercial product. One of the products in the field of transport is the *Air Brake System* consists of several *assembly*, one *Isolating Cock assembly* consisting of *Rumah Isolating Cock*, *Flens*, *Penutup*, and *Baut Ventilasi*.

Makespan and *order completion time limit* makes the company trying to fulfill orders on time. The work done by the company is adding shifts. *Lot size transfer batch* used can affect the *makespan*. *Makespan* caused lengthy *order completion* using *First Come First Served* rule regardless of *lot size transfer batch*.

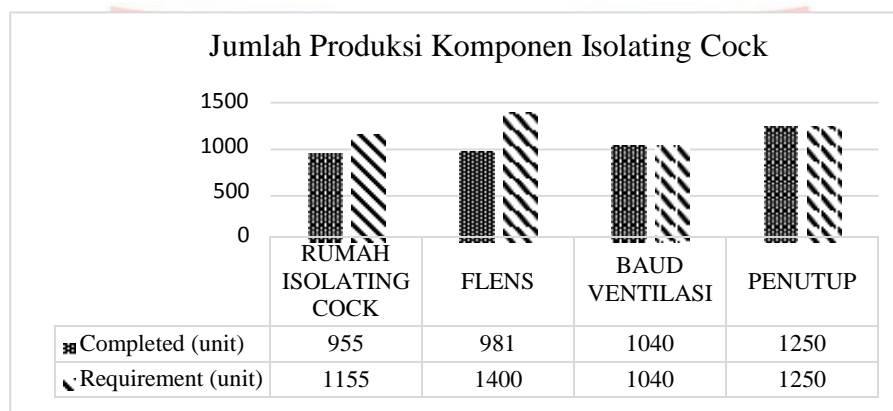
In achieving the goal of minimizing *makespan*, it is proposed scheduling algorithm Campbell, Dudek, and Smith (CDS) with calculated the *lot size transfer batch* *Rumah Isolating Cock* component with *sublot* size 6 units and 6 units, *Flens* components with *sublot* size 9 units and 3 units, *Penutup* component with *sublot* size 4 units and 8 units, and *Baut Ventilasi* components with *sublot* size 12 units, repeat for five times so 60 units *Isolating Cock* can minimizing *makespan* from 117 hours or 18 shifts to 45.8 hours or 8 shifts thus saving the time of completion of 60,85%.

Keywords : CDS, *Transfer Batch*

1. 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. Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat 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.



Gambar 1 Jumlah Produksi Komponen Isolating Cock untuk *order* PT INKA

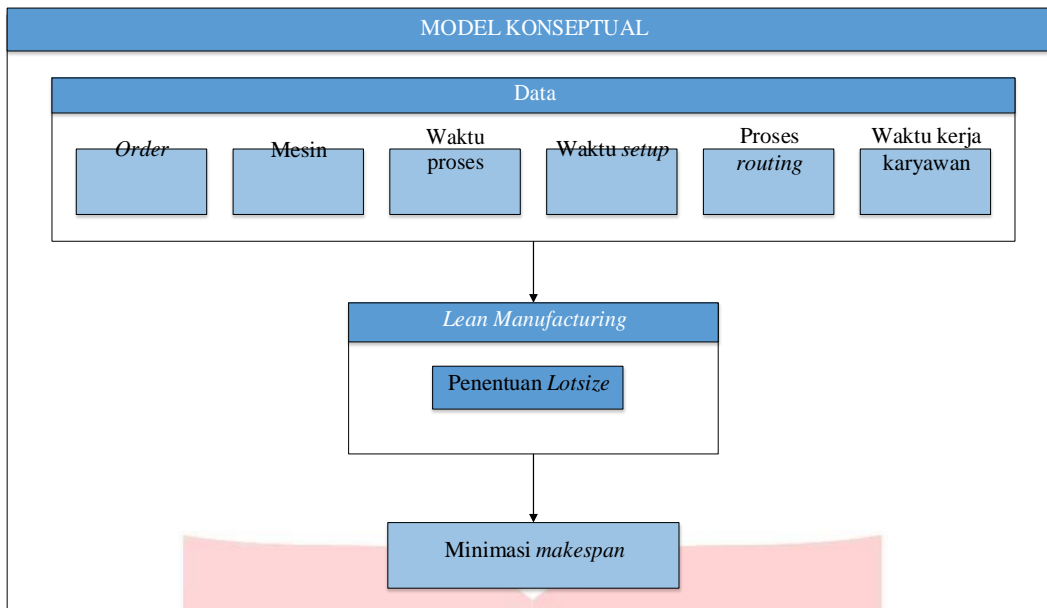
Upaya yang dilakukan perusahaan untuk memenuhi *order* adalah dengan penambahan *shift* kerja. Saat ini PT PINDAD secara normal menggunakan dua *shift* kerja. Namun PT PINDAD menyediakan tiga *shift* untuk hari kerja dan waktu lembur pada hari Sabtu dan Minggu. Setiap satu *shift* terdiri dari 6,5 jam kerja. 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.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Anastasia A. R. yaitu menjadwalkan produksi dengan mempertimbangkan ukuran *lot transfer* di PT Budi Manunggal Yogyakarta. Penelitian membandingkan ukuran *lot* awal 30 dengan usulan ukuran *lot* 15, 10 dan 5. *Makespan* paling pendek diperoleh pada ukuran *lot* 10 sehingga menghemat waktu penyelesaian sebesar 3,24 jam atau 6% dari jadwal aktual.^[2]

Penelitian kedua dilakukan oleh Sumiharni B. dan Fidiarti K. yaitu menerapkan konsep *Lean Manufacturing* untuk meningkatkan kapasitas produksi. Salah satu cara yang dilakukan untuk minimasi waktu transportasi adalah memanfaatkan *transfer batch* dengan membagi *lot* menjadi dua *sublot*.^[3]

2. Penjadwalan dengan Lot Size

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.^[4] *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.^[5]



Gambar 2 Model Konseptual

Gambar 2 menunjukkan inputan 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 *job* yang dipilih adalah urutan *job* dengan *makespan* paling pendek. Selanjutnya menentukan ukuran *lot transfer batch*.

3. Pengumpulan dan Pengolahan Data

3.1 Pengumpulan Data

1. Routing Mesin

Tabel 1 *Routing* Mesin

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 1 menunjukkan data *routing* mesin untuk produksi komponen Rumah IC, Flens, Penutup, dan Baut Ventilasi. Data waktu *setup* merupakan hasil peneliti pertama (Rahayu Novita Tanzil).

2. Ukuran *Lot Transfer Batch Existing*

Pada penjadwalan kondisi *existing* menggunakan aturan FCFS, 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 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Ukuran *Lot Transfer Batch Existing*

Nama Komponen	Proses	Operasi	Sublot 1	Sublot 2	Sublot 3
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	-	-

3.2 Pengolahan Data

1. Perhitungan Waktu Baku

Perhitungan waktu baku dilakukan dengan menghitung waktu siklus rata-rata untuk setiap proses operasi masing-masing komponen. Selanjutnya menghitung waktu normal dan waktu baku. Namun sebelum dilakukan perhitungan, data pengamatan dilakukan uji keseragaman dan kecukupan data terlebih dahulu. Untuk waktu proses pada mesin adalah penjumlahan waktu baku dengan waktu *setup* benda kerja, sehingga diperoleh waktu proses pada Tabel 3.

Tabel 3 Waktu Proses Pada Mesin

<i>Job i</i>	Waktu proses 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
Baud Ventilasi (D)	9.99	0	0	0	0	0	0

2. Penjadwalan CDS

$$k = m - 1 = 7 - 1 = 6$$

Tabel 4 Data k=3

<i>Job i</i>	k=3	
	M1 L08, L09, L04	M2 L11, D01, M06
A	36.55	38.37
B	8.47	33.38
C	0	9.75
D	9.99	0

Terdapat tujuh mesin, sehingga dilakukan perhitungan jumlah k atau kombinasi untuk urutan job. Kemudian mengurutkan job pada setiap k dengan menggunakan aturan Johnson. Berdasarkan Tabel 4 proses pengurutan *job* pada k=3 yaitu kombinasi antara dua kelompok mesin dengan setiap kelompoknya terdiri dari tiga mesin. Kelompok mesin satu adalah mesin pertama, kedua dan ke tiga, yaitu L08, L09, dan L04. Kelompok mesin dua adalah mesin ke lima, keenam dan ke tujuh, yaitu L11, D01 dan M06. Selanjutnya membandingkan waktu antar komponen (*job*) pada kedua mesin tersebut. Hasil pengurutan *job* k=3 adalah C-B-A-D.

Tabel 5 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

Berdasarkan Tabel 5, ada tiga urutan job yang sama dengan urutan lainnya, sehingga hanya ada tiga urutan job yang dihitung *makespan*. Bila menggunakan aliran *job one piece flow*, maka *makespan* untuk satu unit produk Isolating Cock adalah 120,55 menit. Hasil *makespan* untuk ketiga urutan *job* bernilai sama.

3.3 Perhitungan Ukuran Lot

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. Lot yang diusulkan berdasarkan target tiap minggu yaitu $1.200/20 = 60$. 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 $P_1 = 8,47$ menit, $P_2 = 19,32$ menit, $P_3 = 11,64$ menit, dan $P_4 = 2,42$ menit. Selanjutnya ditetapkan bahwa $u = 1$. Kemudian mencari nilai v_i . Nilai v dicari mulai dari v_2 .^[6]

1. Menghasilkan pemecahan dasar

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

$$v_2 = \frac{P_2}{P_1} = \frac{19,32}{8,47} = 2,28099$$

$$v_3 = \frac{P_2 + P_3}{P_1 + P_2} = \frac{19,32 + 11,64}{8,47 + 19,32} = 1,11407$$

$$v_4 = \frac{P_2 + P_3 + P_4}{P_1 + P_2 + P_3} = \frac{19,32 + 11,64 + 2,42}{8,47 + 19,32 + 11,64} = 0,84656$$

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

nilai v maksimum berada pada $v = 2 \neq m$

$$q[1][2] = q_{12} = 2,28099$$

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

$$v_3 = \frac{P_3}{P_2} = \frac{11,64}{19,32} = 0,60248$$

$$v_4 = \frac{P_3 + P_4}{P_2 + P_3} = \frac{11,64 + 2,42}{19,32 + 11,64} = 0,45413$$

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

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 .

$$v_4 = \frac{u = 3}{11,64} = \frac{2,42}{11,64} = 0,2079$$

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

nilai v maksimum berada pada $v = 4 = m$
 $q[3][4] = q_{24} = 0,2079$

2. 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 $L_2 = U - L_1$
 $q[3][4] = q_{24} = 0,2079$

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 :

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

$$L_1 = U / (1+q_{[u-1][u]}) = \frac{12}{(1+1,15255)} = 9 \text{ unit}$$

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

Tabel 6 Hasil Perhitungan *Sublot*

Nama Komponen	Proses	Operasi	Usulan 1		Usulan 2	
			Sublot 1 (unit)	Sublot 2 (unit)	Sublot 1 (unit)	Sublot 2 (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 Isolating Cock, 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.

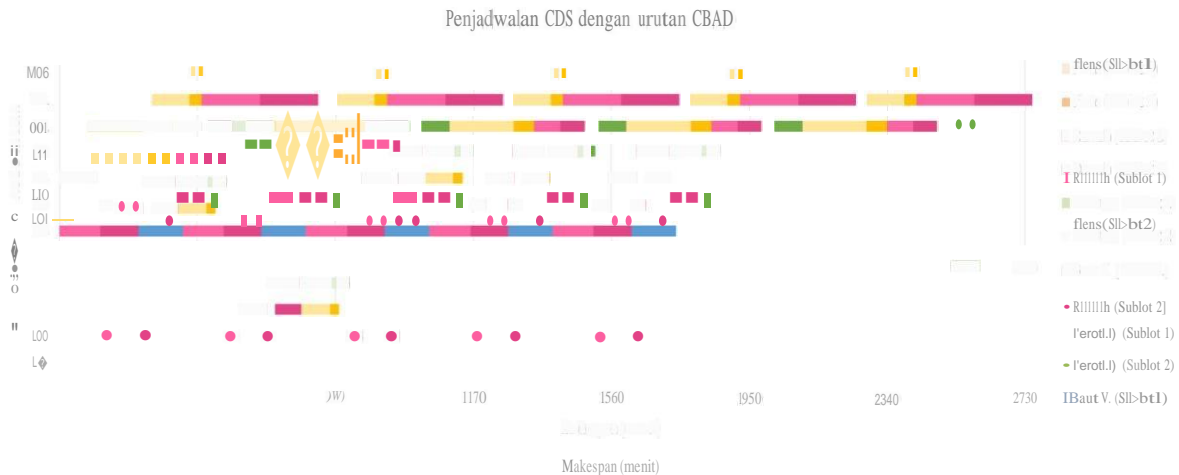
Tabel 7 Durasi Pengerjaan Penjadwalan dengan Ukuran Lot Transfer Batch Usulan Kedua

Job	Kode Mesin	Sublot 1					Sublot 2		
		Setup fixture (menit)	Setup tools (menit)	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			

4. Pembahasan

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 *gantti 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.

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. 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.



Gambar 3 Gantt Chart Penjadwalan CDS urutan CBAD dengan Ukuran *Lot Transfer Batch* Usulan Kedua

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 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 adalah 2.749,3 menit = 45,8 jam atau 8 *shift* sehingga menghemat waktu penyelesaian sebesar 60,85%.

5.2 Saran

1. Membuat aplikasi perhitungan *sublot* agar memudahkan dan lebih cepat dalam perhitungan.
2. Memperluas penjadwalan ulang pada algoritma CDS dengan menghitung semua alternatif urutan yang memungkinkan ketika durasi waktu pada beberapa *job* bernilai sama.
3. Memperluas alternatif keputusan dengan penjadwalan ulang memindahkan *job* ke mesin yang lain.
4. Memperluas alternatif keputusan dengan tambahan *fixture* sehingga dapat melakukan operasi yang sama di mesin yang berbeda dalam waktu yang sama.
5. Menerapkan pengaturan ukuran *lot transfer batch* pada pembuatan komponen-komponen yang diproduksi di DEPSIN.

Daftar Pustaka

- [1] www.pindad.com. (2014, November 25). Diambil kembali dari www.pindad.com: www.pindad.com/industrial-machinery-and-services
- [2] Rinawati, A. A. (2007). Penjadwalan Produksi Dengan Mempertimbangkan Ukuran *Lot Transfer* (Studi Kasus di PT. BUDI MANUNGGAL Yogyakarta). *Tugas Akhir*.
- [3] Batubara, S., & Kudsiah, F. (2011). Penerapan Konsep Lean Manufacturing Untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi (Studi Kasus : Lantai Produksi PT. TATA BROS SEJAHTERA). *Jurnal Teknik Industri*, ISSN : 1411-6340, 147.
- [4] Ginting, R. (2009). *Penjadwalan Mesin*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [5] Nicholas, J. M. (1998). *Competitive Manufacturing Management: Continuous Improvement, Lean Production, Customer-Focused Quality*. Singapore: McGraw-Hill.
- [6] Baker, K. R., & Trietsch, D. (2009). *Principles of Sequencing and Scheduling*. Canada: John Wiley & Sons Inc.