

PENJADWALAN MESIN PADA SISTEM PRODUKSI FLOW SHOP UNTUK MEMINIMALKAN KETERLAMBATAN

Irwan Adi Saputro

Siti Mundari

Teknik Industri-Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
sitimundari@yahoo.co.id

ABSTRAK

Tingginya tingkat permintaan dan banyaknya jenis produk yang harus diproduksi, merupakan masalah tersendiri bagi PT Bioli Lestari. Keterlambatan pengiriman barang ke konsumen menjadi pemandangan kesehariannya. Penjadwalan produksi yang sesuai dengan karakteristik perusahaan perlu didapatkan. Penelitian ini mencoba mencari metoda penjadwalan yang sesuai karakteristik tersebut di atas. Dengan metoda komparasi antara metoda konvensional dan metoda penjadwalan produksi berulang, yaitu metoda Dannenbring, metoda Palmer dan metoda Campbell Dudek Smith, akhirnya diperoleh bahwa metode Dannenbring jumlah job yang terlambat sebanyak 4 job dengan rata-rata keterlambatan (*mean lateness*) sebesar 8826.53 menit sedang metode Palmer terdapat 5 job yang terlambat dengan rata-rata keterlambatan 4512.97 menit, dan pada metode Campbell Dudek Smith jumlah job yang terlambat sebanyak 4 job dengan rata-rata keterlambatan 9162 menit. Berdasarkan kenyataan itu maka disimpulkan metode yang sesuai adalah metode Campbell Dudek Smith dengan jumlah job yang terlambat sebanyak 4 job dan rata-rata keterlambatan 9162 menit.

Kata kunci : penjadwalan, flow shop, keterlambat, Produksi Berulang.

ABSTRACT

The high rate of demand and the many type of products that have to be made, is a separate issue for PT Bioli Lestari. Delays in delivery of goods to consumers become a daily sight. Production scheduling in accordance with corporate characteristics needs. This research tries to find the method of scheduling according to the characteristics mentioned above. By the method of comparison between conventional method and repeated production scheduling method, ie Dannenbring method, Palmer method and Campbell Dudek Smith method, finally known that Dannenbring method resulted in the number of delayed work of 4 jobs with mean lateness of 8826.53 minutes medium Palmer method there are 5 jobs that are late With Mean lateness 4512.97 minutes, and on the Campbell Dudek Smith method the amount of work delayed were 4 jobs with mean lateness 9162 minutes. And the other side known that with conventional method there ware 9 jobs late. Based on that, then the corresponding method is Campbell Dudek Smith method with the number of jobs that are delayed ware 4 jobs and the mean lateness 9162 minutes.

Keywords: scheduling, flow shop, tardyness, Repetitive Production.

PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur sering kali dihadapkan oleh tuntutan konsumen yang beragam, terutama yang berhubungan dengan keragaman produk, jumlah, dan batas waktu penyerahan (*due date*). Tidak jarang tuntutan satu dengan yang lain bertentangan sehingga kompleksitas di bagian *shop floor* semakin rumit. Oleh karena itu penjadwalan *shop floor* yang baik sangat diharapkan.

PT. Bioli Lestari merupakan sebuah perusahaan manufaktur yang memproduksi beberapa komponen motor dan alat pertanian, dengan tingginya tingkat permintaan dan banyaknya jenis produk yang diproduksi, merupakan masalah tersendiri bagi perusahaan. Selama ini perusahaan sering kali mengalami keterlambatan pengiriman barang (lihat Tabel 1) yang disebabkan karena banyaknya jumlah permintaan dan sistem penjadwalan yang belum optimal. Berdasarkan hal tsb akan dirancang suatu sistem penjadwalan yang sesuai yaitu meminimalkan keterlambatan.

Tabel 1. Data Produk yang mengalami Keterlambatan (PT.Bioli ,2016)

Produk	Jumlah (unit)	Lama Penyelesaian (hari)	Due date (hari)	Keterlambatan (hari)
Boring Lapis	7500	16	14	2
Boring lubang	2000	19	16	3
Drat busi panjang	4000	16	15	1
Drat busi Pendek	3180	26	20	6
Sok drat baut M-12	3500	29	25	4
Sok bearing (42x45x14)	1500	24	22	2
Shaft water pump NS 50	500	13	10	3
Shaft water pump NS 80	750	14	11	3
Shaft water pump NS 100	1000	16	15	1

Dari Tabel 1 tersebut ternyata semua produk mengalami keterlambatan dalam penyerahan. Untuk itu diperlukan adanya metode penjadwalan yang tepat. Dengan adanya metode penjadwalan yang tepat, diharapkan waktu penyerahan produk tidak mengalami keterlambatan atau keterlambatan tersebut bisa diminimalkan.

MATERI DAN METODA

Penjadwalan merupakan bagian yang strategis dari proses perencanaan dan pengendalian produksi. Penjadwalan juga merupakan rencana pengaturan urutan kerja serta pengalokasian sumber baik waktu maupun fasilitas untuk setiap operasai yang harus diselesaikan, persoalan penjadwalan adalah persoalan pengalokasian pekerjaan ke mesin, pada kondisi mesin mempunyai kapasitas dan jumlah terbatas. Pemecahan permasalahan yang diinginkan sedangkan Penjadwalan *Flow Shop* (Baker, 1974), merupakan suatu pergerakan unit-unit yang terus menerus melalui suatu rangkaian stasiun-stasiun kerja yang disusun berdasarkan produk. Susunan suatu proses produksi jenis *flow shop* dapat diterapkan dengan tepat untuk produk-produk dengan desain yang stabil dan diproduksi secara banyak (volume produk).

Metode penjadwalan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah metode CDS, Dannenbring dan Palmer, karena penjadwalan yang terdapat di PT. Bioli Lestari bersifat penjadwalan seri. Sebagaimana kasus-kasus penjadwalan mesin pada umumnya, kasus penjadwalan mesin yang terjadi di PT. Bioli Lestari sebenarnya merupakan kasus penjadwalan biasa yang bisa diselesaikan dengan menggunakan metode penjadwalan mesin yang sudah ada (pendekatan konvensional). Namun penggunaan penjadwalan mesin dengan pendekatan konvensional akan menimbulkan suatu permasalahan. Permasalahan tersebut adalah bahwa pada metode penjadwalan mesin yang sudah ada seringkali kurang mampu memberikan gambaran keadaan yang sebenarnya dari sistem nyata. Hal ini ditandai dengan adanya asumsi bahwa setiap operasi harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum operasi yang lain dikerjakan. Hal ini tidak sesuai jika diterapkan pada tipe produksi berulang sebagaimana yang terjadi di PT. Bioli Lestari. Gambar dibawah ini memberikan ilustrasi dari kondisi tersebut. Sedangkan karakteristik tipe produksi berulang (*repetitive production*) adalah jumlah unit yang diproduksi banyak serta antar unit produksi tidak mempunyai perbedaan secara signifikan sehingga dapat memakai *resource* produksi yang identik (Kuswandi, 2010).

Untuk mendapatkan hasil penjadwalan yang sesuai, perlu juga diketahui waktu baku tiap operasi dengan cara melakukan pengamatan dan perhitungan waktu kerja, Pengukuran awal dilakukan dengan melakukan beberapa buah pengukuran yang banyaknya ditentukan oleh pengukur, biasanya sepuluh kali atau lebih. Setelah itu dilakukan pengujian keseragaman data, kecukupan data, kenormalan data, selain itu juga perlu ditentukan *performance rating* dan besarnya *allowance* atau kelonggaran yang diberikan pada operator, setelah data tersebut diketahui selanjutnya dilakukan perhitungan waktu baku dan waktu normal.

Metoda

Penelitian dilakukan dengan melakukan komporasi terhadap berbagai metoda penjadwalan (CDS, Palmer, dan Dannenbring) dengan berbasis metoda konvensional dan produksi ulang. Dari hasilkomparasi akan didapatkan metoda penjadwalan mana yang memberikan solusioptimal bagi perusahaan (Ginting, 2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Keseragaman data

Data yang utama dalam penelitian ini adalah data lama proses untuk semua job yang ada. Data lama proses yang berupa data primer diukur secara langsung dengan menggunakan digital stop watch (Ridho. 2012).

Setelah semua data waktu proses didapatkan, selanjutnya dilakukan uji keseragaman data (Wignjosoebroto, 1989). Dan hasilnya seperti terlihat pada Tabel 2.

Uji kecukupan data

Selanjutnya dilakukan uji kecukupan data untuk mengetahui apakah dari jumlah pengamatan yang dilakukan pada proses packing (10 kali pengamatan) sudah memenuhi jumlah kecukupan data atau belum (Wignjosoebroto, 1989). Dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Keseragaman Data

Job	Σxi	\bar{X}	σ	S	CL (%)	K	BKA	BKB	Keterangan
A	10.28	1.028	0.043153	0.041978	95.80219	3	1.15746	0.89854	Data Seragam
B	10.18	1.018	0.025298	0.024851	97.51491	3	1.093895	0.942105	Data Seragam
C	10.43	1.043	0.025841	0.024776	97.5224	3	1.120524	0.965476	Data Seragam
D	12.16	1.216	0.032042	0.02635	97.365	3	1.312125	1.119875	Data Seragam
E	2.01	0.201	0.024244	0.120618	87.93824	2	0.249488	0.152512	Data Seragam
F	2.05	0.205	0.027183	0.132598	86.74024	2	0.259365	0.150635	Data Seragam
G	2.04	0.204	0.026331	0.129075	87.09254	2	0.256662	0.151338	Data Seragam
H	2.1	0.21	0.026247	0.124984	87.50157	2	0.262493	0.157507	Data Seragam
I	2.27	0.227	0.023594	0.103937	89.60626	2	0.274188	0.179812	Data Seragam
J	2.1	0.21	0.026247	0.124984	87.50157	2	0.262493	0.157507	Data Seragam
K	2.07	0.207	0.024967	0.120612	87.93882	2	0.256933	0.157067	Data Seragam
L	2.16	0.216	0.03534	0.163609	83.63906	2	0.286679	0.145321	Data Seragam
M	2.42	0.242	0.025734	0.106338	89.36625	2	0.293467	0.190533	Data Seragam
N	2.59	0.259	0.02079	0.08027	91.97299	2	0.30058	0.21742	Data Seragam
O	16.85	1.685	0.035668	0.021168	97.88319	3	1.792005	1.577995	Data Seragam
P	18.08	1.808	0.032249	0.017837	98.21631	3	1.904747	1.711253	Data Seragam
Q	20.44	2.044	0.043512	0.021288	97.87121	3	2.174537	1.913463	Data Seragam
R	10.18	1.018	0.02044	0.020078	97.99218	3	1.079319	0.956681	Data Seragam

Tabel 3. Hasil Uji Kecukupan Data

Job	Σ	$(\Sigma)^2$	S	K	N'	Keterangan
A	10.28	105.6784	0.041978	3	8.1	Sudah Cukup
B	10.18	103.6324	0.024851	3	8.1	Sudah Cukup
C	10.43	108.7849	0.024776	3	8.1	Sudah Cukup
D	12.16	147.8656	0.02635	3	8.1	Sudah Cukup
E	2.01	4.0401	0.120618	2	3.6	Sudah Cukup
F	2.05	4.2025	0.132598	2	3.6	Sudah Cukup
G	2.04	4.1616	0.129075	2	3.6	Sudah Cukup
H	2.1	4.41	0.124984	2	3.6	Sudah Cukup
I	2.27	5.1529	0.103937	2	3.6	Sudah Cukup
J	2.1	4.41	0.124984	2	3.6	Sudah Cukup
K	2.07	4.2849	0.120612	2	3.6	Sudah Cukup
L	2.16	4.6656	0.163609	2	3.6	Sudah Cukup
M	2.42	5.8564	0.106338	2	3.6	Sudah Cukup
N	2.59	6.7081	0.08027	2	3.6	Sudah Cukup
O	16.85	283.9225	0.021168	3	8.1	Sudah Cukup
P	18.08	326.8864	0.017837	3	8.1	Sudah Cukup
Q	20.44	417.7936	0.021288	3	8.1	Sudah Cukup
R	10.18	103.6324	0.020078	3	8.1	Sudah Cukup

Perhitungan Waktu Normal

Menghitung waktu normal seorang operator atau pekerja dalam menyelesaikan suatu pekerjaan tanpa ada usaha berlebihan (Wignjosobroto, 1989). Dan hasilnya nampak pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Waktu Normal

Job	Skill	Effort	Condition	Consistency	100%	Σ	\bar{X}	Waktu Normal
A	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	1.028	1.11
B	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	1.018	1.10
C	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	1.043	1.13
D	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	1.216	1.32
E	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	0.201	0.22
F	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	0.205	0.22
G	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	0.204	0.22
H	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	0.21	0.23
I	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	0.227	0.25
J	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	0.21	0.23
K	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	0.207	0.22
L	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	0.216	0.23
M	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	0.242	0.26
N	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	0.259	0.28
O	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	1.685	1.82
P	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	1.808	1.96
Q	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	2.044	2.21
R	0.05	0.03	0.00	0.00	1	1.08	1.018	1.10

Perhitungan Waktu Baku

Menghitung nilai waktu baku adalah waktu pengerjaan suatu operasi kerja yang seharusnya (Wignjosoebroto, 1989). Dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Waktu Baku

Job	Kebutuhan Pribadi (%)	fatigue (%)	Delay (%)	Σ allowance	100% - Σ allowance	Waktu normal	Waktu Standard
A	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	1.11	1.26
B	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	1.10	1.25
C	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	1.13	1.28
D	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	1.32	1.49
E	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	0.22	0.25
F	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	0.22	0.25
G	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	0.22	0.25
H	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	0.23	0.26
I	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	0.25	0.28
J	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	0.23	0.26
K	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	0.22	0.25
L	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	0.23	0.26
M	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	0.26	0.30
N	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	0.28	0.32
O	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	1.82	2.07
P	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	1.96	2.22
Q	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	2.21	2.51
R	5.90	4.85	1.01	11.76	88.24	1.10	1.25

Penjadwalan dengan metode Dannenbring (konvensional)

Metode Dannenbring pada prinsipnya mengkombinasikan metode CDS dan konsep *slope index* yang dikembangkan oleh Palmer (Herwanto, 2014). Dan hasil akhir akan didapat nilai a dan b sebagaimana pada Tabel 6 berikut :

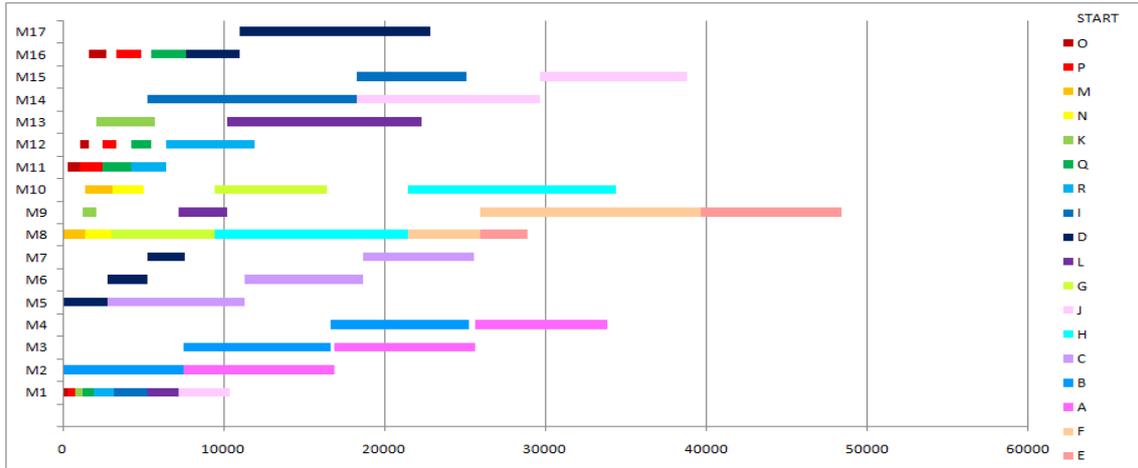
Tabel 6. Nilai a dan b Metode Dannenbring

job	Mesin																	a	b
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
A		9375	8775	8175														396075	77775
B		7500	9150	8625														378000	76950
C					8520	7320	6900											274500	134820
D					2780	2500	2340									3340	11840	110400	300000
E								2940	8750									108150	102270
F								4536	13716									168804	159732
G								6440		7000								120400	121520
H								11960		13000								223600	225680
I	2120													13000	6800			108440	286120
J	3180													11400	9120			127020	299580
K	470								800					3650				33440	55120
L	1890								3080					12075				120225	186585
M								1410		1695								27660	28230
N								1598		1921								31348	31994
O	315										795	500				1110		16140	32820
P	480										1365	825				1605		25875	51075
Q	640										1820	1220				2120		35180	69220
R	1260										2140	5500						69400	90800

Sehingga urutan pengerjaan job adalah O, P, M, N, K, Q, R, I, D, L, G, J, H, C, B, A, F, E., sedangkan hasil penjadwalan dan Gantt chart dengan menggunakan metode Dannenbring adalah sebagaimana pada Tabel 7 dan Gambar 2 berikut :

Tabel 7. Hasil penjadwalan metode Dannenbring (Pendekatan konvensional)

Urutan Job	Ci	Waktu Packing	Total	Due Date		Li
				Hari	Menit	
O	2720	1033.21	3753.21	10	14400	-10646.79
P	4905	1662.95	6567.95	12	17280	-10712.05
M	3105	445.17	3550.17	22	31680	-28129.83
N	5026	539.97	5565.97	25	36000	-30434.03
K	5715	253.86	5968.86	24	34560	-28591.14
Q	7635	2506.69	10141.69	15	21600	-11458.31
R	11935	2496.88	14431.88	17	24480	-10048.12
I	25085	1113.54	26198.54	15	21600	4598.54
D	22815	2982.52	25797.52	16	23040	2757.52
L	22330	927.13	23257.13	25	36000	-12742.87
G	16448	1751.25	18199.25	14	20160	-1960.75
J	38805	1545.22	40350.22	20	28800	11550.22
H	34408	3347.97	37755.97	22	31680	6075.97
C	25520	7674.58	33194.58	13	18720	14474.58
B	25275	9363.28	34638.28	14	20160	14478.28
A	33825	9455.26	43280.26	14	20160	23120.26
F	39660	1357.58	41017.58	18	25920	15097.58
E	48410	862.746	49272.75	12	17280	31992.75
Mean lateness						-1143.23



Gambar 2. Gantt Chart dengan Metode Dannenbring (Pendekatan Konvensional)

Dari hasil metode Dannenbring menunjukkan bahwa terdapat sembilan job yang mengalami keterlambatan.

Penjadwalan dengan metode Palmer (Konvensional)

Pada metode ini, penjadwalan berdasarkan *slope index* yang telah diurutkan secara menurun, Perhitungan *slope index* dilakukan pada seluruh job yang ada (Herwanto, J. 2014). Sehingga hasil dan urutan yang didapatkan seperti pada Tabel 8 berikut :

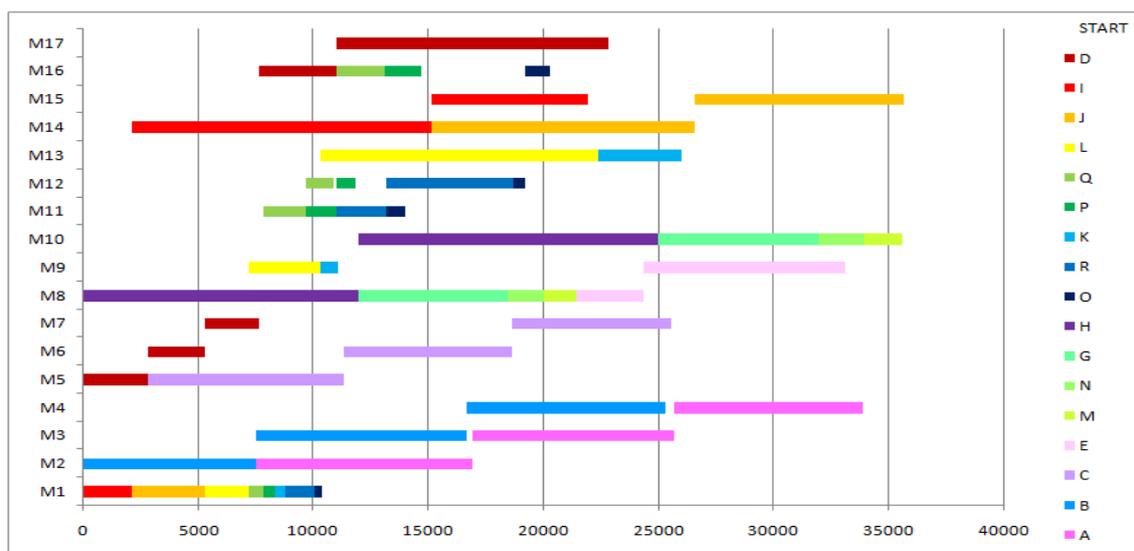
Tabel 8. Nilai *slope index*

job	Mesin																	Slope Index
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
D					2780	2500	2340									3340	11840	94800
I	2120													13000	6800			88840
J	3180													11400	9120			86280
L	1890								3080					12075				33180
Q	640										1820	1220				2120		17020
P	480										1365	825				1605		12600
K	470								800				3650					10840
R	1260										2140	5500						10700
O	315										795	500				1110		8340
H								11960		13000								1040
G								6440		7000								560
N								1598		1921								323
M								1410		1695								285
E								2940	8750									-2940
F								4536	13716									-4536
C					8520	7320	6900											-69840
B		7500	9150	8625														-150525
A		9375	8775	8175														-159150

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa urutan job yang didapat yaitu D, I, J, L, Q, P, K, R, O, H, G, N, M, E, F, C, B, A. Sedangkan hasil penjadwalan (Tabel 7) dan Gantt chart (Gambar 3) yang didapatkan adalah sebagai berikut :

Tabel 9. Hasil Penjadwalan Metode Palmer (Pendekatan Konvensional)

Urutan Job	Ci	Waktu Packing	Total	Due date		Li
				Hari	Menit	
D	22800	2982.52	25782.52	16	23040	2742.52
I	21920	1113.54	23033.54	15	21600	1433.54
J	35640	1545.22	37185.22	20	28800	8385.22
L	22345	927.13	23272.13	25	36000	-12727.87
Q	13080	2506.69	15586.69	15	21600	-6013.31
P	14685	1662.95	16347.95	12	17280	-932.05
K	25995	253.86	26248.86	24	34560	-3328.12
R	18655	2496.88	21151.88	17	24480	6898.21
O	20265	1033.21	21298.21	10	14400	-3372.03
H	24960	3347.97	28307.97	22	31680	13551.25
G	31960	1751.25	33711.25	14	20160	-1579.03
N	33881	539.97	34420.97	25	36000	4341.17
M	35576	445.17	36021.17	22	31680	16680.75
E	33098	862.75	33960.75	12	17280	22251.58
F	46814	1357.58	48171.58	18	25920	14474.58
C	25520	7674.58	33194.58	13	18720	14478.28
B	25275	9363.28	34638.28	14	20160	23120.26
A	33825	9455.26	43280.26	14	20160	23120.26
Mean lateness						5116.32



Gambar 3. Gantt Chart dengan Metode Palmer (Pendekatan konvensional)

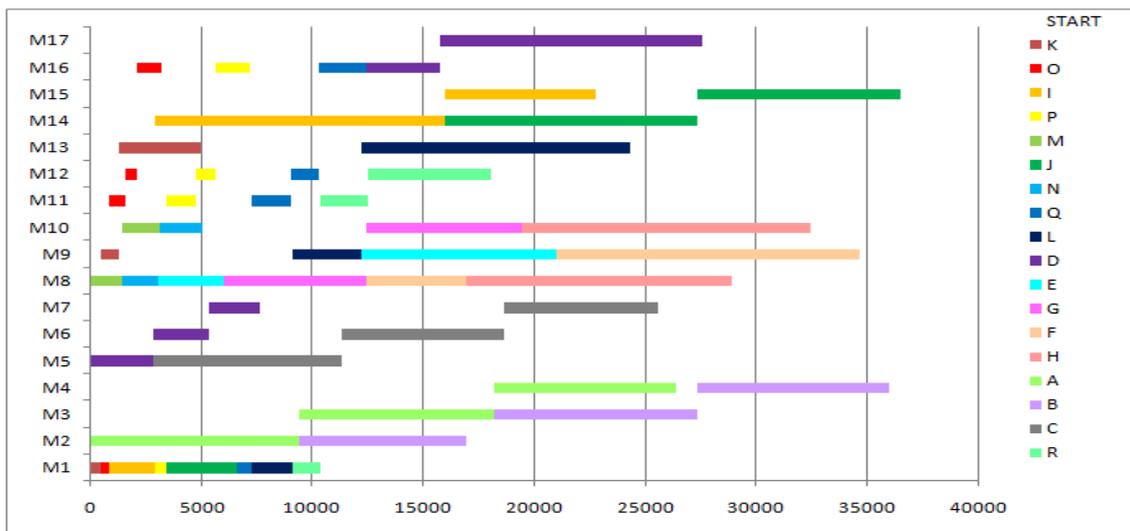
Dari hasil metode Palmer menunjukkan bahwa terdapat sebelas job yang mengalami keterlambatan.

Penjadwalan dengan metode Campbell, Dudek dan Smith (CDS) (Konvensional)

Pada metode ini, langkah pertama kali yang dilakukan adalah menentukan banyaknya K (iterasi), dimana K yang optimal adalah $(K = M-1)$, dan setiap K mempunyai 2 tahapan mesin (m1,m2) (Baker, 1974). Setelah dilakukan iterasi selanjutnya akan dipilih iterasi yang memiliki *makespan* terkecil, yakni iterasi ke-12 ($K = 12$) dengan urutan job K, O, I, P, M, J, N, Q, L, D, E, G, F, H, A, B, C, R. Berikut ini adalah hasil penjadwalan (Tabel 10) dan Gantt chart (Gambar 4) dengan metode CDS ($K = 12$) :

Tabel 10. Hasil Penjadwalan dengan Metode CDS (Pendekatan Konvensional)

Urutan Job	Ci	Waktu Packing	Total	Due date		Li
				Hari	Menit	
K	4920	253.86	5173.857	24	34560	-29386.14
O	3190	1033.21	4223.211	10	14400	-10176.79
I	22705	1113.54	23818.54	15	21600	2218.54
P	7180	1662.95	8842.948	12	17280	-8437.05
M	3105	445.17	3550.17	22	31680	-28129.83
J	36425	1545.22	37970.22	20	28800	9170.22
N	5026	539.97	5565.968	25	36000	-30434.03
Q	12365	2506.69	14871.69	15	21600	-6728.31
L	24250	927.13	25177.13	25	36000	-10822.87
D	27545	2982.52	30527.52	16	23040	7487.52
E	20925	862.746	21787.75	12	17280	4507.75
G	19388	1751.25	21139.25	14	20160	979.25
F	34641	1357.58	35998.58	18	25920	10078.58
H	41884	3347.97	45231.97	22	31680	13551.97
A	26325	9455.26	35780.26	14	20160	15620.26
B	35925	9363.28	45288.28	14	20160	25128.28
C	25520	7674.58	33194.58	13	18720	14474.58
R	17995	2496.88	20491.88	17	24480	-3988.12
Mean lateness						-1382.57



Gambar 4. Gantt Chart Hasil Metode CDS (Pendekatan Konvensional)

Dari hasil di atas menunjukkan bahwa jumlah job yang terlambat sebanyak sepuluh job.

Penjadwalan dengan Tipe Produksi Berulang

Perbedaan dengan penjadwalan konvensional adalah adanya ukuran *transfer batch*, di mana pada penjadwalan konvensional terdapat asumsi bahwa setiap operasi harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum operasi yang lain dikerjakan, namun pada penjadwalan dengan tipe produksi berulang operasi selanjutnya bisa dikerjakan apabila jumlah *transfer batch* pada proses sebelumnya telah terpenuhi (Kuswandi, 2010). Untuk itu pada penjadwalan dengan tipe produksi berulang perlu ditentukan jumlah *transfer batch*, berikut Tabel 11 menunjukkan ukuran *transfer batch* :

Tabel 11. Jumlah *Transfer Batch*

JENIS BARANG	KAPASITAS AWAL	BATCH		JUMLAH BATCH
		AWAL	AKHIR	
Boring Fa	7500	750	750	10
Boring Lapis	7500	750	750	10
Boring Full	6000	500	500	12
Boring lubang	2000	500	500	4
Boshklep ex	3500	1000	500	4
Boshklep in	5400	1000	400	6
Cincin ex	7000	2000	1000	4
Cincin in	13000	2000	1000	7
Drat busi panjang	4000	500	500	8
Drat busi Pendek	6000	1500	1500	4
Sok drat baut M-10	1000	500	500	2
Sok drat baut M-12	3500	500	500	7
Sok bearing (42x45x14)	1500	500	500	3
Sok bearing (42x45x15)	1700	500	200	4
Shaft water pump NS 50	500	250	250	2
Shaft water pump NS 80	750	250	250	3
Shaft water pump NS 100	1000	250	250	4
Shaft drat singkal	2000	500	500	4

Setelah jumlah *transfer batch* ditentukan, selanjutnya dilakukan penjadwalan dengan metode yang telah ditentukan, yakni metode Dannenbring, Palmer, dan CDS (Kuswandi, 2010).

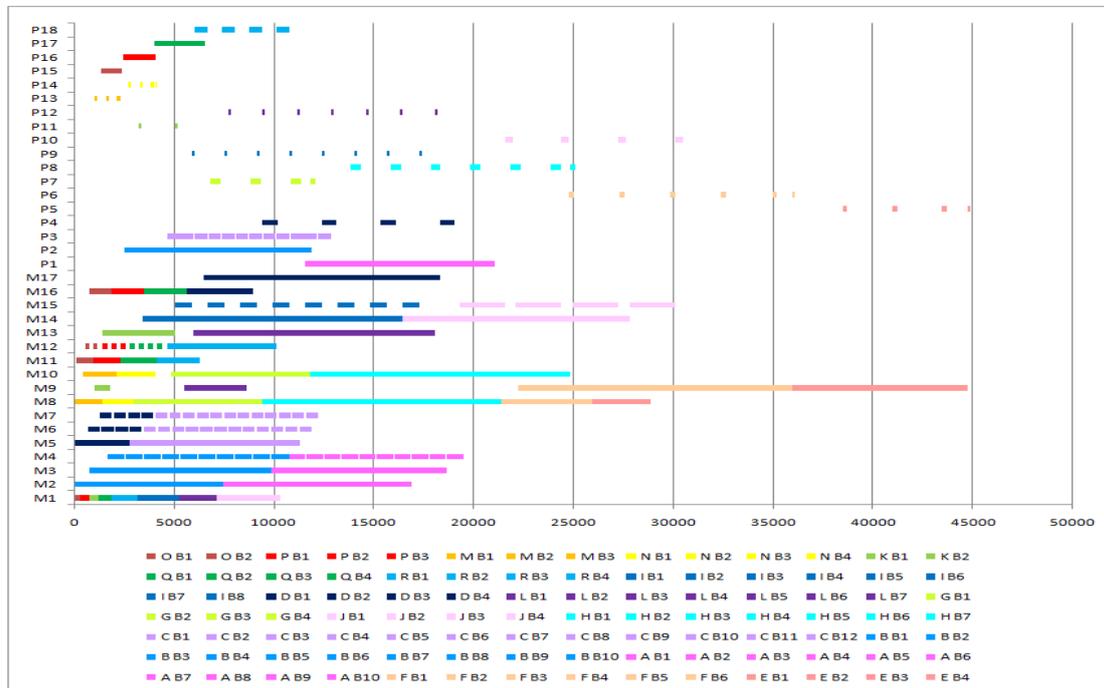
Penjadwalan dengan Metode Dannenbring (Produksi Berulang)

Dengan urutan yang sama dengan penjadwalan konvensional, maka didapatkan hasil penjadwalan sebagaimana pada Tabel 12 berikut :

Tabel 12. Hasil Penjadwalan Metode Dannenbring (Produksi Berulang)

URUTAN JOB	completion time	due date		Li
		HARI	MENIT	
O	2431.61	10	14400	-11968.39
P	4112.95	12	17280	-13167.05
M	2313.39	22	31680	-29366.61
N	4149.53	25	36000	-31850.47
K	5206.93	24	34560	-29353.07
Q	6556.69	15	21600	-15043.31
R	10796.72	17	24480	-13683.28
I	17419.19	15	21600	-4180.81
D	19060.63	16	23040	-3979.37
L	18202.45	25	36000	-17797.55
G	12098.18	14	20160	-8061.82
J	30496.30	20	28800	1696.30
H	25105.54	22	31680	-6574.46
C	12849.55	13	18720	-5870.45
B	11890.78	14	20160	-8269.22
A	21050.26	14	20160	890.26
F	36064.56	18	25920	10144.56
E	44837.25	12	17280	27557.25
		Mean lateness		-8826.53

Berdasarkan hasil penjadwalan metode Dannenbring dengan produksi berulang menunjukkan bahwa jumlah job yang mengalami keterlambatan sebanyak empat job.



Gambar 5. Gantt Chart hasil metode Dannenbring (Produksi Berulang)

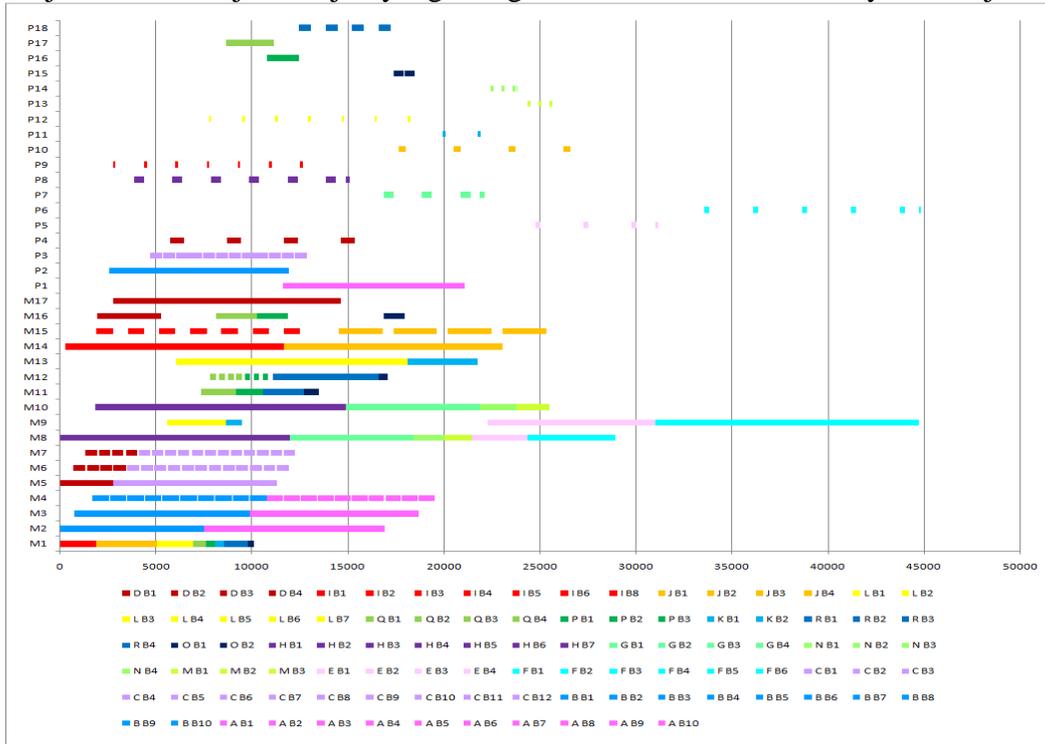
Penjadwalan dengan Metode Palmer (Produksi Berulang)

Sesuai dengan urutan yang didapatkan pada Metode Palmer pada penjadwalan konvensional, maka hasil penjadwalan yang didapatkan adalah sebagaimana pada Tabel 13 sementara diagram Gantt Nampak pada Gambar 6 berikut :

Tabel 13. Hasil Penjadwalan Metode Palmer (Produksi Berulang)

Urutan job	Ci	due date		Li
		hari	menit	
D	15325.63	16	23040	-7714.37
I	12766.69	15	21600	-8833.31
J	26556.3	20	28800	-2243.70
L	18217.45	25	36000	-17782.55
Q	11146.69	15	21600	-10453.31
P	12427.95	12	17280	-4852.05
K	21861.93	24	34560	-12698.07
R	17194.22	17	24480	-7285.78
O	18446.61	10	14400	4046.61
H	15097.54	22	31680	-16582.46
G	22090.18	14	20160	1930.18
N	23824.53	25	36000	-12175.47
M	25604.39	22	31680	-6075.61
E	31121.25	12	17280	13841.25
F	44814.56	18	25920	18894.56
C	12849.55	13	18720	-5870.45
B	11890.78	14	20160	-8269.22
A	21050.26	14	20160	890.26
Mean lateness				-4512.97

Berdasarkan hasil penjadwalan dengan metode Palmer pada produksi berulang menunjukkan bahwa jumlah job yang mengalami keterlambatan sebanyak lima job.



Gambar 6. Gantt Chart hasil metode Palmer (Produksi Berulang)

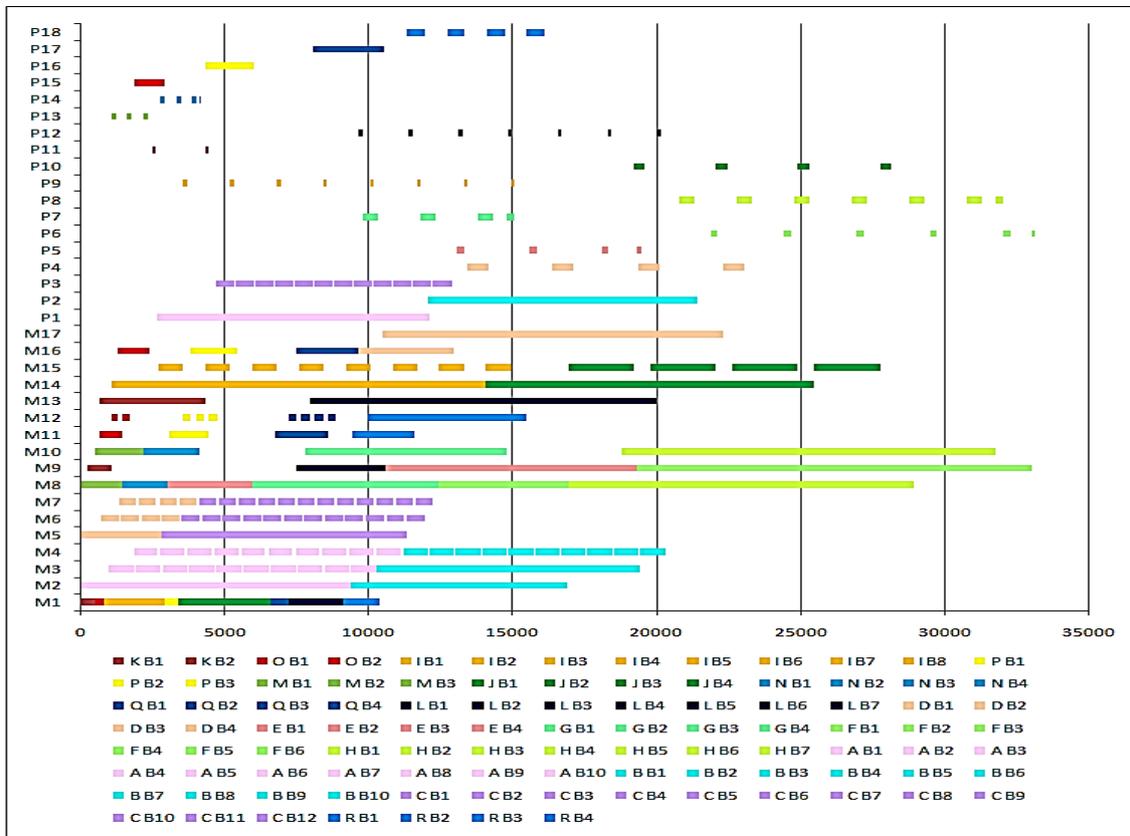
Penjadwalan dengan Metode CDS (Produksi Berulang)

Sesuai dengan urutan yang didapatkan pada Metode Palmer pada penjadwalan konvensional, maka hasil penjadwalan yang didapatkan adalah sebagaimana pada Tabel 14 sedang Gantt chartnya ada pada Gambar 7 berikut :

Tabel 14. Hasil Penjadwalan Metode CDS (Produksi Berulang)

Urutan Job	Ci	due date		Li
		Hari	Menit	
K	4411.93	24	34560	-30148.07
O	2901.61	10	14400	-11498.39
I	15039.19	15	21600	-6560.81
P	5992.95	12	17280	-11287.05
M	2313.39	22	31680	-29366.61
J	28116.30	20	28800	-683.70
N	4149.53	25	36000	-31850.47
Q	10521.69	15	21600	-11078.31
L	20122.45	25	36000	-15877.55
D	23025.63	16	23040	-14.37
E	19428.25	12	17280	2148.25
G	15038.18	14	20160	-5121.82
F	33121.56	18	25920	7201.56
H	32021.54	22	31680	341.54
A	12087.76	14	20160	-8072.24
B	21393.28	14	20160	1233.28
C	12849.55	13	18720	-5870.45
R	16069.22	17	24480	-8410.78
Mean lateness				-9162.00

Pada Penjadwalan Metode CDS untuk produksi berulang menunjukkan bahwa jumlah job yang mengalami keterlambatan sebanyak empat job.



Gambar 7. Gantt Chart Hasil Metode CDS (Produksi Berulang)

Berdasarkan perhitungan diatas maka penjadwalan dengan metode konvensional dan metode berulang rekapitulasi perbandingan ditunjukkan pada Tabel 15.

Tabel 15. Tabel Perbandingan

	Penjadwalan Konvensional			Produksi Berulang		
	Dannenbring	Palmer	CDS	Dannenbring	Palmer	CDS
jumlah job yang terlambat	9	11	10	4	5	4
rata-rata keterlambatan (menit)	-1143.23	5116.32	-1382.57	-8826.53	-4512.97	-9162
rata-rata keterlambatan (hari)	-1	4	-1	-6	-3	-6

KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sbb:

1. Pada penjadwalan yang dilakukan perusahaan terdapat 9 job yang mengalami keterlambatan, sedangkan pada penjadwalan produksi berulang mempunyai hasil yang terbaik, dengan metode yang sesuai adalah metode CDS, karena memiliki nilai *mean lateness* terkecil.
2. Penjadwalan dengan tipe produksi berulang mempunyai hasil yang lebih baik dari pada penjadwalan konvensional, hal ini disebabkan karena pada penjadwalan konvensional, waktu *idle* terlalu besar.
3. Pada penjadwalan dengan tipe produksi berulang menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran *transfer batch* hal ini dapat memperkecil waktu *idle* pula.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, K. R. 1974. *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley & Sons, New York
- Elsayed, A. 1994. *Analysis and Control of Production System*. Prentice Hall Internasional.
- Ginting, R, 2009. *Penjadwalan Mesin*. Yogyakarta. Penerbit Graha Ilmu.
- Herwanto, J. 2014. *Penjadwalan Job Shop Untuk Meminimalkan Keterlambatan Dengan Menggunakan Pendekatan Priority Dispatching (Job Aktif dan Non Delay) Method pada CV Manunggal Surabaya*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Industri, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Kusuma, H. 2009. *Manajemen Produksi Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta. Penerbit Andi.
- Kuswandi, I. 2010. Minimasi makespan dengan penjadwalan produksi pada tipe produksi berulang. *Jurnal Teknik Industri*, Universitas Trunojoyo.
- Ridho. 2012. *Pengukuran Waktu* <http://www.academia.edu/5346959> , diakses 12 Juli 2016.
- Vincent G. 1998. *Production Planning and Inventory Control* . PPIC. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Wignjosoebroto, S. 1989. *Teknik Tata Cara dan Pengukuran Kerja*. Surabaya. Penerbit Guna Widya.