



PAPER – OPEN ACCESS

Optimasi Penjadwalan Flow Shop Dengan Mesin Parallel untuk Minimasi Makespan dan Keterlambatan Menggunakan Algoritma CDS di Industri Manufaktur Pesawat Terbang

Author : Annisa Aulia Sambasa, dkk
DOI : 10.32734/ee.v2i3.695
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 2 Issue 3 – 2019 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Optimasi Penjadwalan *Flow Shop* Dengan Mesin Paralel untuk Minimasi *Makespan* dan Keterlambatan Menggunakan Algoritma CDS di Industri Manufaktur Pesawat Terbang

Annisa Aulia Sambas^a, Dida Diah Damayanti^b, Budi Santosa^c

^{a, b, c}Telkom University, Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu Bandung 40257, Indonesia

annisaauliasambas@gmail.com , didadiah@gmail.com, bschulasoh@gmail.com

Abstrak

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang produksi komponen pesawat komersil. Proses produksi dimulai dari pemotongan bahan baku sampai menjadi komponen pesawat dalam bentuk pin, bearing, washer, bushing, cap, spring, retainer dan cover. Produk yang diproduksi dalam kuantitas kecil namun memiliki variasi yang besar. Lantai produksi menggunakan *group technology layout* dan menerapkan proses manufaktur *flow shop* dengan mesin paralel. Metode Campbell, Dudek dan Smith (CDS) digunakan untuk mengetahui urutan job baru sehingga dapat meminimasi makespan dan keterlambatan. Hasil yang diperoleh akan dibandingkan dengan jadwal eksisting yang menggunakan metode (MOPNR). Dengan menggunakan MOPNR, makespan yang dihasilkan 18.895,5 menit. Dengan menggunakan metode CDS, makespan minimum yang diperoleh adalah 15.478 dan berkurang sebanyak 18% dari *makespan* aktual.

Kata kunci: Campbell dudek smith, *Flowshop*, *Makespan*, Mesin paralel, MOPNR

Abstract

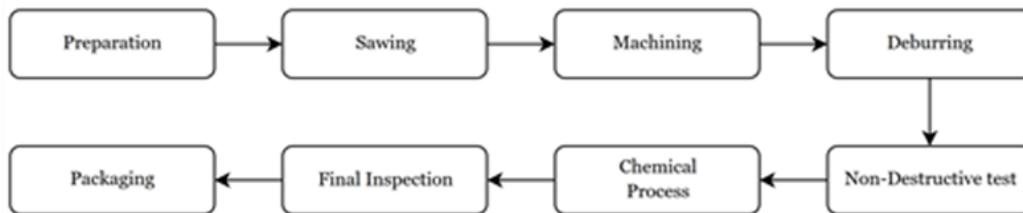
PT. XYZ is a company engaged in manufacturing services which produces commercial aircraft components. The production process start from cutting raw materials until it become aircraft components in the form of pin, bearing, washer, bushing, cap, spring, retainer and cover. Products produced are in small quantities but have large variations. The production floor using *group technology layout* and applied *flow shop* manufacturing process with parallel machine. Methods of Campbell, Dudek and Smith (CDS) are used to figure out new job sequence so as to minimize makespan and lateness. The results obtained will be compared with the existing schedule which use the Most Operation Remaining (MOPNR) method. By using MOPNR, the resulting makespan is 18895.5 minutes. By using the CDS method, the minimum makespan obtained is 15478.25 minutes and is reduced by 18% from the existing makespan.

Keywords: Campbell dudek smith, *Flowshop*, *Makespan*, MOPNR, Parallel Machine

1. Latar Belakang

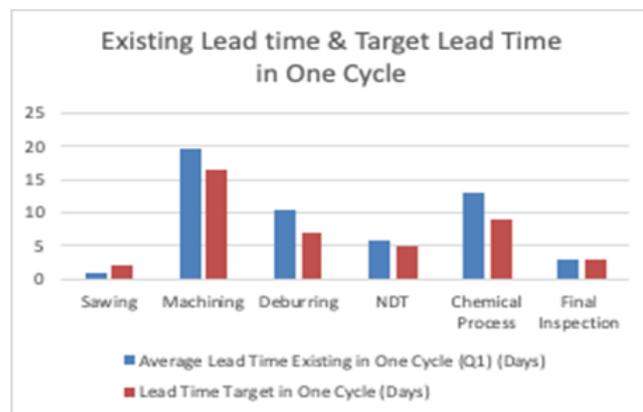
Dalam hal meningkatkan layanan kepada kostumer, perusahaan perlu untuk meningkatkan kinerja mereka dalam hal biaya dan waktu. Lamanya waktu produksi mungkin mempengaruhi keterlambatan dalam memenuhi permintaan yang ada dan juga berdampak pada menurunnya kepuasan pelanggan. Aspek yang paling penting dari kinerja waktu adalah penjadwalan. Penjadwalan adalah rincian dari tahap perencanaan sampai tahap pelaksanaan dan pengendalian produksi. Dalam membuat jadwal, perusahaan sering dihadapkan dengan beberapa kendala seperti ketersediaan mesin, sumber daya yang terbatas untuk beberap job dan *due date* yang telah dikompromikan kepada pelanggan.

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam produksi komponen pesawat komersial dan output produk berupa *primary flight center* dan *secondary flight center*. PT. XYZ menerapkan sistem *make to order*, yang mana proses produksi berlangsung berdasarkan pesanan pelanggan. Proses produksi dimulai dari pemotongan bahan baku sampai menjadi komponen pesawat dalam bentuk *pin, bearing, washer, bushing, cap, spring, retainer* dan *cover*. Produk yang diproduksi dalam jumlah sedikit namun memiliki variasi yang besar. Lantai produksi pada PT.XYZ juga menggunakan *group technology layout* dan menerapkan proses manufaktur *flow shop* dengan mesin paralel karena setiap *part number* untuk setiap jenis produk memiliki urutan proses operasi yang berbeda. Berdasarkan beberapa karakteristik tersebut, jenis *flowshop* ini diklasifikasikan ke dalam *general flowshop* dimana aliran proses tidak selalu sama. Dalam proses pembuatan delapan jenis produk, beberapa operasi dilakukan untuk mengubah *raw material* menjadi *finish goods*. Berikut ini adalah proses yang terjadi dalam pembuatan setiap jenis produk.



Gambar 1. Proses Produksi

Dalam satu tahun, PT.XYZ membagi pengiriman setiap 3 bulan sekali. Untuk setiap kuartal proses pengiriman dilakukan pada minggu di akhir bulan. Gambar 2 menunjukkan perbandingan antara *lead time* pada kondisi aktual dan target *lead time* dalam satu kuartal.



Gambar. 2. Eksisting & Target Lead Time

Lead time untuk proses permesinan lebih tinggi dan melebihi target yang ditentukan. Produk yang tidak dapat terkirim pada kuartal pertama akan dikirim pada kuartal berikutnya. Dampak dari produk yang tidak terkirim di kuartal pertama menciptakan efek domino untuk kuartal berikutnya. Setiap komponen memiliki *due date* dan frekuensi pengiriman yang berbeda. Berikut ini adalah data pesanan pelanggan pada tahun 2018 yang dapat dilihat pada Tabel di bawah ini:

Tabel 1. Purchased Orde data Januari-Desember 2018

Tahun	Quarter	Bulan	Total Order	Pengiriman	Tidak Terkirim	Persentase Produk yang Tidak Terkirim
2018	Q1	Januari	5637	4432	1205	6%
		Februari	5097	3699	1398	7%
		Maret	6224	4466	1758	9%
	Q2	April	5049	3595	1454	8%
		Mei	5202	4129	1073	6%
		Juni	6381	4494	1887	10%
	Q3	Juli	5637	4104	1533	8%
		Agustus	6072	3926	2146	12%
		September	5270	3687	1583	8%
	Q4	Oktober	5395	4103	1292	7%
		November	5295	4071	1224	7%
		Desember	6571	4464	2107	11%
Total			67830	49170	18660	100%

Perusahaan selalu berusaha untuk memenuhi target produksi tepat sebelum *due date* sehingga mereka tidak perlu membayar biaya penalti. Seperti yang dijelaskan pada paragraf sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa PT. XYZ tidak memiliki sistem penjadwalan yang optimal dalam sistem produksi dikarenakan masih terdapatnya produk yang tidak bisa dikirim secara tepat waktu karena lamanya lead time pada proses permesinan. Sistem penjadwalan yang telah dilakukan dalam menentukan urutan produksi adalah dengan menggunakan (MOPNR) yang berarti prioritas tertinggi diberikan kepada *job* yang memiliki waktu proses terpanjang. Selain itu aturan pengiriman yang digunakan oleh perusahaan belum mempertimbangkan *due date* untuk setiap *job* sehingga ada beberapa *job* yang terlambat untuk disampaikan.

1.1. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan *job* dan urutan mesin di PT.XYZ untuk mengurangi makespan dan meminimalkan keterlambatan dengan menggunakan Algoritma CDS (Campbell Dudek Smith) dan bagaimana perbandingan antara penjadwalan yang diusulkan dan penjadwalan yang ada.

1.2. Tujuan

Seiring dengan pernyataan masalah, tujuan penelitian ini menentukan urutan *job* yang baru di PT.XYZ untuk mengurangi makespan dan meminimalkan keterlambatan dengan menggunakan Algoritma CDS (Campbell Dudek Smith) dan membandingkan hasilnya antara penjadwalan yang diusulkan dan penjadwalan yang ada.

2. Landasan Teori

2.1. Penjadwalan

Penjadwalan adalah alokasi sumber daya dari waktu ke waktu untuk mencapai tujuan tertentu [1]. Penjadwalan merupakan aspek penting dalam mempertahankan posisi kompetitif perusahaan dalam kondisi pasar yang sangat cepat berubah, karena itu sangat penting untuk mengembangkan penjadwalan yang efektif dan efisien. Tujuan dari penjadwalan adalah untuk memaksimalkan atau meminimalkan kriteria seperti *makespan*, *total flow time* dan *total tardiness* [2].

2.2. Penjadwalan Flowshop

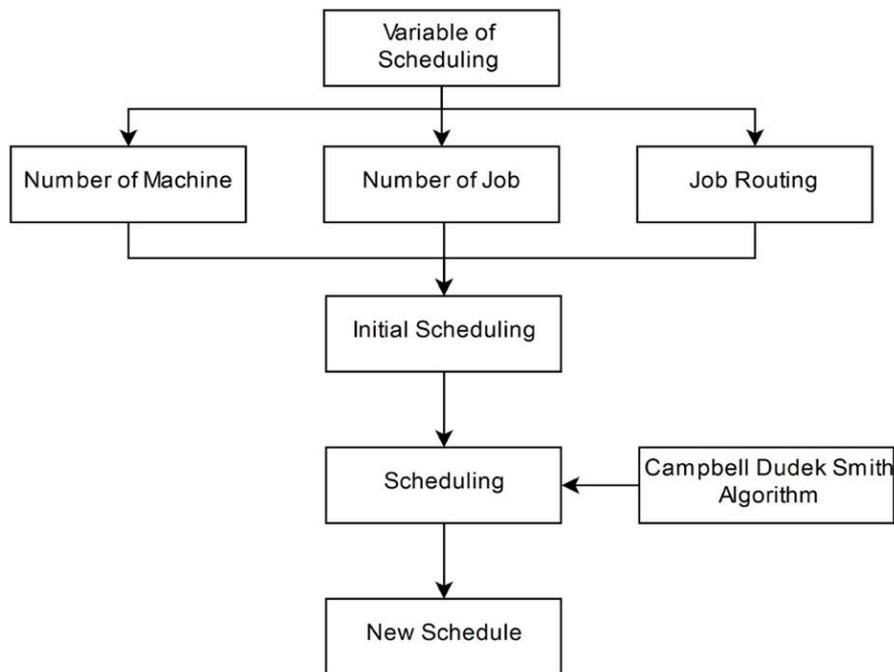
Pada penjadwalan *flowshop*, pola aliran proses yang dilalui oleh setiap jenis produk memiliki urutan tertentu. *Flowshop* dapat dibagi menjadi *pure flow shop*, dan *general flowshop*. Dalam *pure flowshop* berbagai *job* akan mengalir pada jalur produksi yang sama, dan tidak ada kemungkinan variasi. Sedangkan pada *general flowshop* berbagai *job* akan mengalir pada jalur produksi yang berbeda dan tidak semua operasi dilalui oleh sebuah *job* seperti pada *pure flowshop*. Masalah pada penjadwalan *flowshop* adalah untuk menjadwalkan proses produksi setiap *job* yang memiliki urutan proses produksi dan melalui mesin yang sama [3].

2.3. Campbell Dudek dan Algoritma Smith (CDS)

Metode ini diperkenalkan oleh Campbell, Dudek dan Smith (CDS) yang merupakan pengembangan dari aturan-aturan yang telah diusulkan oleh Jhonson, untuk setiap job atau tugas yang harus diselesaikan harus melewati proses pada setiap mesin [4]. Dalam penjadwalan ini, nilai makespan terkecil diperoleh dari (m-1) alternatif penjadwalan. Alternatif terbaik yang akan dipilih adalah urutan job / penjadwalan dengan makespan terkecil [5].

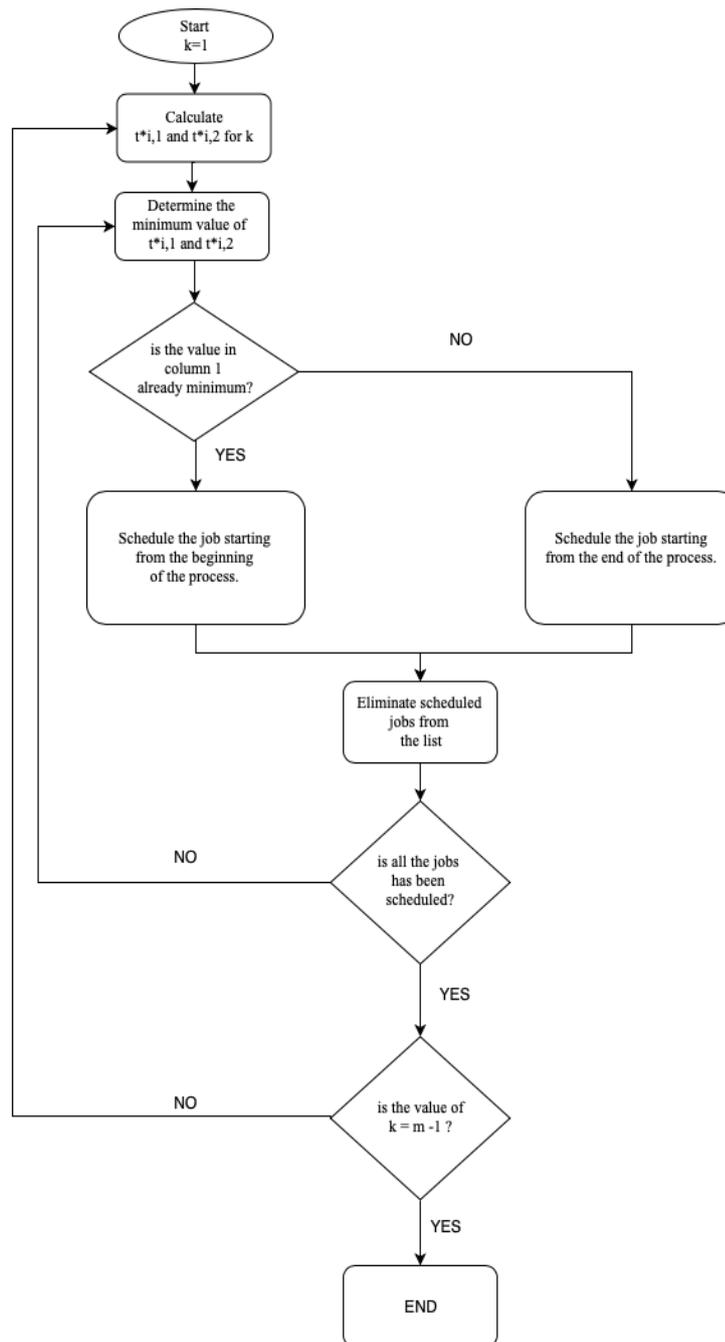
3. Metodologi

Model konseptual yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3:



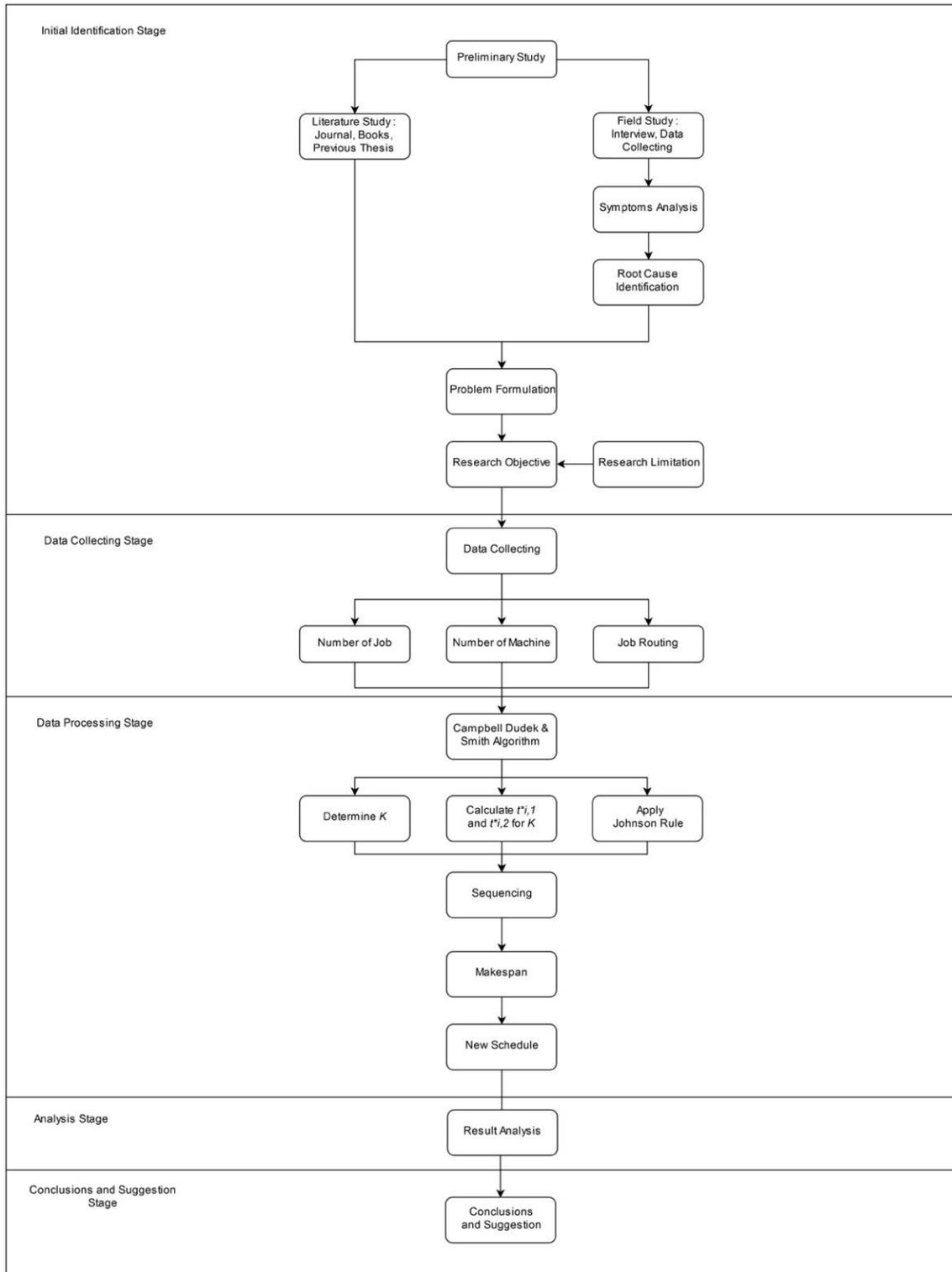
Gambar. 3. Model Konseptual

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah mesin, jumlah *job* dan *routing* dari *job*. Data ini menunjukkan kondisi penjadwalan dan makespan pada penjadwalan aktual di PT.XYZ. Makespan penjadwalan aktual akan digunakan sebagai dasar pembandingan dengan makespan dari penjadwalan usulan yang akan diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan algoritma Campbell Dudek Smith, dengan tujuan dapat meminimalkan makespan awal dan menghasilkan penjadwalan yang lebih optimal dalam bentuk urutan *job* yang baru. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan studi literatur dan mengidentifikasi permasalahan yang terjadi. Identifikasi masalah adalah dengan pengamatan langsung di lantai produksi perusahaan. Identifikasi berguna untuk menentukan *root cause* dan memperoleh data yang diperlukan. Setelah identifikasi masalah, ruang lingkup penelitian dan tujuan ditentukan. Data diperoleh dengan pengamatan langsung dari obyek penelitian dan wawancara dengan beberapa pihak terkait. Data yang dikumpulkan kemudian akan diolah menggunakan metode Campbell Dudeck Smith (CDS):



Gambar. 4. CDS Flowchart

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengolahan data, selanjutnya hasil tersebut dianalisis. Analisis ini menjelaskan bagaimana hasil yang diperoleh, apakah lebih baik dari makespan aktual atau sebaliknya. Tahap terakhir adalah kesimpulan berisi ringkasan berdasarkan masalah penelitian, tujuan yang akan dicapai dan hasil analisis. Sistematis pemecahan masalah adalah langkah-langkah yang diambil dalam melakukan penelitian untuk menyelesaikan rumusan masalah yang telah ditentukan. Berikut ini adalah sistematis pemecahan masalah dari penelitian ini yang dapat dijelaskan pada Gambar 5.



Gambar. 5. Sistematika Pemecahan Masalah

4. Hasil dan Analisis

4.1. Data Pelanggan

Data pesanan pelanggan selama tahun 2018 untuk setiap famili bisa dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Data Order Pelanggan

No.	Famili	Total Permintaan 2018	Total Permintaan 2019
1	Pin	24.186	23.277
2	Bearing	6.052	3.524
3	Washer	4.025	4.552
4	Bushing	6.499	6.930
5	Cap	6.434	6.569
6	Spring	5.800	6.569
7	Retainer	2.584	2.740
8	Cover	12.250	9.480
Total		67.830	63.641

Tabel di atas menunjukkan famili produk pada PT.XYZ yang di produksi pada setiap cell.

4.2. Simbolisasi Mesin

Ada empat jenis mesin yang digunakan dan masing-masing jenis mesin memiliki karakteristik dan kuantitas yang berbeda. Untuk menyederhanakan pengumpulan data, berikut ini merupakan simbolisasi mesin:

Tabel 3. Simbolisasi Mesin

Nama Mesin	Simbol	Jumlah
3 Axis VMC	VMC M1	2
Turn Mill QTN 100	QTN 100 M2	2
Turn Mill QTN 250	QTN 250 M3	2
Grinding	GRN M4	1

Tabel di atas menunjukkan nama, symbol dari mesin dan jumlah mesin yang digunakan dalam cell 1 yang memiliki kontribusi terbesar dalam keterlambatan pengiriman produk.

4.3. Routing Job

Sembilan operasi harus dilalui oleh *job* untuk menyelesaikan proses produksi. Namun, tidak semua *job* melewati operasi yang sama karena ada beberapa *job* yang menggunakan beberapa jenis mesin saja.

Tabel 4. Routing Kerja

No	Operasi	Kode
1	Sawing	SWG
2	3 Axis VMC	VMC
3	Turn Mill QTN 100	QTN 100
4	Turn Mill QTN 250	QTN 250
5	Grinding	GRN
6	Deburring	DBR
7	Non Destructive Test	NDT
8	Chemical Process	CPS
9	Final Inspection	FI

Ada 32 *job* yang akan dijadwalkan dalam penelitian ini, 32 *job* tersebut berasal dari cell 1 yang memiliki kontribusi terbesar dalam keterlambatan pengiriman produk. *Job* tersebut adalah produk dari famili Pin & Cap . Urutan operasi untuk ke-32 *job* tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 5. Proses Aliran Job

Simbol	Operasi								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
JOB 1	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 2	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 3	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 4	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 5	SWG	VMC	QTN 100			DBR	NDT	CPS	F1
JOB 6	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 7	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 8	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 9	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 10	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 11	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 12	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 13	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 14	SWG	VMC				DBR	NDT	CPS	F1
JOB 15	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 16	SWG		QTN 100			DBR	NDT	CPS	F1
JOB 17	SWG	VMC				DBR	NDT	CPS	F1
JOB 18	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 19	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 20	SWG		QTN 100		GRN	DBR	NDT	CPS	F1
JOB 21	SWG		QTN 100			DBR	NDT	CPS	F1
JOB 22	SWG	VMC		QTN 250		DBR	NDT	CPS	F1
JOB 23	SWG		QTN 100			DBR	NDT	CPS	F1
JOB 24	SWG			QTN 250		DBR	NDT	CPS	F1
JOB 25	SWG	VMC		QTN 250		DBR	NDT	CPS	F1
JOB 26	SWG	VMC				DBR	NDT	CPS	F1
JOB 27	SWG	VMC		QTN 250		DBR	NDT	CPS	F1
JOB 28	SWG	VMC		QTN 250		DBR	NDT	CPS	F1
JOB 29	SWG		QTN 100			DBR	NDT	CPS	F1
JOB 30	SWG		QTN 100			DBR	NDT	CPS	F1
JOB 31	SWG	VMC		QTN 250		DBR	NDT	CPS	F1
JOB 32	SWG		QTN 100			DBR	NDT	CPS	F1

Setiap *job* memiliki waktu proses yang berbeda-beda. Tabel 6 menggambarkan waktu proses untuk setiap *job* dalam satuan menit yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 6. Waktu Proses Job

Simbol	Operasi			
	2 VMC	3 QTN 100	4 QTN 250	5 GRN
JOB 1	-	414,375	-	1153,125
JOB 2	-	553,5	-	1107
JOB 3	-	4886,25	-	4017
JOB 4	-	335	-	474
JOB 5	342,5	191	-	-
JOB 6	-	290	-	480
JOB 7	-	340	-	480
JOB 8	-	167	-	295,5
JOB 9	-	290	-	480
JOB 10	-	290	-	480
JOB 11	-	289	-	478,5
JOB 12	-	289	-	478,5
JOB 13	-	290	-	480
JOB 14	446,25	-	-	-

Tabel 6. Waktu Proses *Job* (Lanjutan)

Simbol	Operasi			
	2 VMC	3 QTN 100	4 QTN 250	5 GRN
JOB 15	-	513,5	-	1027
JOB 16	-	555	-	-
JOB 17	587,5	-	-	-
JOB 18	-	387	-	774
JOB 19	-	1084,375	-	1047,5
JOB 20	-	215	-	330
JOB 21	-	950,25	-	-
JOB 22	828,5	-	617,5	-
JOB 23	-	457,5	-	-
JOB 24	-	-	303	-
JOB 25	762	-	678	-
JOB 26	4526,25	-	-	-
JOB 27	408	-	328,5	-
JOB 28	802,5	-	446,25	-
JOB 29	-	432,5	-	-
JOB 30	-	2215,5	-	-
JOB 31	322,5	-	245	-
JOB 32	-	442,5	-	-

Waktu proses yang sudah dimodifikasi ini berasal dari waktu proses dikalikan dengan ukuran batch dalam satu kuartal untuk masing-masing job dengan penambahan waktu setup dan dibagi dengan jumlah mesin yang memiliki karakteristik yang sama.

4.4. Perhitungan Algoritma CDS

Langkah pertama untuk mendapatkan konfigurasi *job* adalah dengan menentukan jumlah K. K adalah jumlah alternatif yang tersedia untuk mendapatkan urutan *job* dengan kriteria makespan terkecil. Keempat *job* (*job* 1,2,15 dan 18) yang menyebabkan keterlambatan yang harus diproses sebelum *due date* juga dianggap sebagai kriteria dalam pemilihan alternatif. Nilai K diperoleh dari rumus $K = m - 1$; dimana m adalah jumlah mesin yang digunakan. *Cell 1* menggunakan 4 mesin paralel sehingga nilai K adalah 3. Ini berarti akan terdapat 3 alternatif untuk mendapatkan urutan *job* dengan kriteria yang disebutkan di atas.

Setelah menentukan jumlah alternatif yang akan dilakukan, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai $t^*_{i, 1}$ dan $t^*_{i, 2}$ untuk mengetahui *job order* dengan mengutamakan waktu pemrosesan tercepat. Dalam iterasi ini, $t^*_{i, 1}$ dan $t^*_{i, 2}$ merupakan waktu proses yang telah dimodifikasi untuk setiap *job*. Jika waktu minimum ditemukan pada $t^*_{i, 1}$ kemudian tempatkan *job* dalam urutan depan, dan jika waktu minimum ditemukan pada $t^*_{i, 2}$ kemudian tempatkan *job* di urutan terakhir. Berikut adalah hasil dari urutan *job* dan hitung makespan untuk setiap alternatif.

K = 1	Makespan
J1-J2-J15-J18-J8-J20-J12-J11-J13-J10-J9-J6-J24-J30-J4-J21-J3-J7-J29-J32-J19-J23-J16-J17-J25-J28-J22-J27-J14-J26-J31-J5	15478,25
K = 2	Makespan
J24-J8-J20-J11-J12-J9-J10-J6-J13-J4-J7-J18-J1-J15-J2-J3-J19-J25-J22-J28-J27-J31-J5-J14-J16-J17-J21-J23-J26-J29-J30-J32	15876,245
K=3	Makespan
J8-J20-J11-J12-J6-J9-J10-J13-J24-J4-J7-J18-J1-J32-J15-J2-J21-J19-J30-J3-J25-J22-J16-J23-J28-J29-J27-J31-J5-J26-J17-J14	15878,245

Gambar. 4. Job Sequencing hasil makespan untuk Setiap Alternatif

Berdasarkan urutan *job* dan perhitungan *makespan* dari tiga iterasi di atas, perhitungan dari alternatif 1 ($K = 1$) dapat dipilih sebagai jadwal yang diusulkan karena memiliki nilai *makespan* yang lebih kecil dibandingkan dengan alternatif lain. Alternatif 1 juga memenuhi kriteria untuk meminimalkan keterlambatan mengingat 4 job (job 1,2,15 dan 18) harus diproses dan selesai sebelum *due date*.

5. Kesimpulan

Penelitian ini menerapkan modifikasi Algoritma Campbell Dudek Smith dalam memecahkan penjadwalan flow shop dengan mesin paralel. Modifikasi yang dibuat dalam bentuk menambahkan aturan dalam menentukan urutan job dengan menempatkan job yang memiliki *due date* terpendek pertama (job 1,2,15,18,21 dan 30) kemudian menyortir job yang memiliki bottleneck atau job yang memiliki batch besar ukuran. Setelah menghitung dengan menggunakan algoritma CDS, penjadwalan yang diusulkan dibandingkan dengan jadwal pada kondisi aktual dengan menggunakan *gap analysis*. Urutan job yang diusulkan adalah J1-J2-J15-J18-J8-J20-J11-J13-J10-J9-J6-J24-J30-J4-J21-J3-J7-J29-J32-J19-J23-J16-J17-J25-J28-J22-J27-J14-J26-J31-J5. Penjadwalan yang ada pada PT.XYZ memiliki nilai makespan sebesar 18.895,5 menit sementara penjadwalan yang diusulkan dari alternatif 1 menghasilkan makespan sebesar 15.478,25 menit. Urutan job yang dipilih berasal dari alternatif pertama karena alternatif pertama memenuhi kriteria pemilihan mengingat 4 job (job 1,2,15 dan 18) harus diproses dan selesai sebelum *due date* untuk meminimalkan keterlambatan. Dari perhitungan tersebut, menandakan bahwa penjadwalan yang diusulkan mengurangi *lead time* produksi sebesar 18% atau 3417,25 menit. Namun demikian, dampak pelaksanaan urutan job baru juga perlu mempertimbangkan *transfer* ukuran *lot* yang baru antara masing-masing mesin.

6. Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan hasil dari algoritma CDS sebagai solusi awal yang kemudian dioptimalkan lebih lanjut dengan menggunakan metode heuristik atau meta heuristik lainnya, menghitung ukuran *lot transfer* yang optimal berdasarkan hasil penjadwalan yang dipilih dan menambah kriteria atau parameter dalam membuat urutan penjadwalan.

Referensi

- [1] Krajewski, LJ, Ritzman, LP, Malhotra, MK (2010) "Manajemen Operasi Proses dan Supply Chains 9 Edition." Amerika Serikat. Prentice Hall
- [2] Tan, Hendy Tannady, Steven, Andrew Verrayo Limas. (2013) "Solusi Urutan Pengerjaan Job Yang Tepat DENGAN Metode Campbell-Dudek-Smith (CDS)."
- [3] Nasution, Arman Hakim. (1999) "Perencanaan dan Pengendalian Produksi." Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- [4] Ginting, R. (2009) "Penjadwalan Mesin. Edisi Pertama." Yogyakarta, Graha Ilmu
- [5] Silver, EA, Pyke, DF, Peterson, R., (1998) "Persediaan Manajemen dan Perencanaan Produksi dan Manajemen Penjadwalan." John Wiley & anak, USA