



Penerapan Algoritma Campbell Dudek Smith (CDS) untuk Optimasi Waktu Produksi Pada Penjadwalan Produksi

Chamdan Mashuri^{a,*}, Ahmad Heru Mujianto^a, Hadi Sucipto^c and Rinaldo Yudianto Arsam^b

^a Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Hasyim Asy'ari Jombang

^b Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Hasyim Asy'ari Jombang

^c Manajemen Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Hasyim Asy'ari Jombang

Naskah Diterima : 28 Oktober 2019; Diterima Publikasi : 29 September 2020

DOI : 10.21456/vol10iss2pp131-136

Abstract

Research on optimizing production time using the dudek smith campbell algorithm (CDS) in scheduling the production process aims to makepan optimization for machine operations to produce 12 size griddle products, 14 griddle sizes, 16 griddle sizes, 18 griddle sizes and 20 griddle sizes to get the makepan values. optimal. The method applied by the Campbell Dudek and Smith (CDS) algorithm, CDS is a method used in flowshop scheduling developed from Johnson's rule which is able to minimize the makespan of 2 machines arranged in series. The CDS method is very suitable for production characters who apply machine sequences to the production process. CDS produces several iterations that have the value of makespan, from those iterations, the minimum value of makespan is to determine the order of products to be produced. This research resulted in an application that can schedule products to be produced by machines automatically. From the test results with a total production of 12 pieces on each product with 6 repetitions, the minimum value of makespan is 210.12 minutes with a sequence of product works 20 pans, 18 pans, 16 pans, 14 pans, and 12 pans. Accuracy of results Application testing shows 99.99% for the first time and 99.96% for the second time when compared to manual calculations.

Keywords: Optimization; Production; Scheduling; CDS; Makespan.

Abstrak

Penelitian optimalisasi waktu produksi menggunakan algoritma campbell dudek smith (CDS) pada penjadwalan proses produksi bertujuan untuk optimasi makespan untuk pengoperasian mesin untuk memproduksi produk wajan ukuran 12, wajan ukuran 14, wajan ukuran 16, wajan ukuran 18 dan wajan ukuran 20 sehingga didapat nilai makespan yang optimal. Metode yang diterapkan algoritma Campbell Dudek and Smith (CDS), CDS merupakan metode yang digunakan dalam penjadwalan bersifat flowshop dikembangkan dari aturan Johnson yang mampu meminimalkan makespan 2 mesin yang disusun seri. Metode CDS sangat cocok pada karakter produksi yang menerapkan urutan mesin untuk proses produksi. CDS menghasilkan beberapa iterasi yang memiliki nilai makespan, dari beberapa iterasi tersebut didapat nilai makespan yang paling minimal untuk menentukan urutan produk yang akan diproduksi. Penelitian ini menghasilkan aplikasi yang dapat menjadwalkan produk yang akan diproduksi oleh mesin secara otomatis. Dari hasil pengujian dengan jumlah produksi 12 buah pada setiap produk dengan perulangan sebanyak 6 kali, maka didapatkan nilai makespan paling minimal yaitu 210,12 menit dengan urutan pengerjaan produk wajan 20, wajan 18, wajan 16, wajan 14, dan wajan 12. Akurasi hasil pengujian aplikasi menunjukkan 99,99% untuk waktu pertama dan 99,96% untuk waktu kedua jika dibandingkan dengan perhitungan manual.

Keywords : Optimasi; Produksi; Penjadwalan; CDS; Makespan.

1. Pendahuluan

Optimasi dan penjadwalan merupakan cara pengendalian dan perencanaan proses produksi. Optimasi merupakan upaya untuk mencapai sesuatu hasil menjadi lebih efisien dan efektif pada suatu masalah. Optimasi biasanya diterapkan pada masalah rekayasa atau engineering dalam melakukan perancangan maupun dalam melakukan penyelesaian kendala pada proses produksi. Kendala yang dihadapi biasanya berupa masalah waktu produksi, pembagian

sumber daya produksi dan pencapaian hasil produksi, yang didalamnya memiliki nilai berupa parameter dan variabel yang digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan kendala tersebut (Wati & Rochman, 2013).

Proses optimasi dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya yaitu dengan cara penjadwalan. Penjadwalan dapat dilakukan untuk mengatur waktu dari suatu pekerjaan, yang mencakup kegiatan mengalokasikan fasilitas, peralatan atau tenaga kerja bagi suatu kegiatan operasi dan menentukan urutan

*) Penulis korespondensi: chamdan.mashuri@gmail.com

pelaksanaan kegiatan operasi. Penjadwalan biasanya mengacu pada pengoptimalan waktu yang bertujuan untuk mencapai waktu yang efisien dan efektif dari sebuah kegiatan atau pekerjaan (Christianta & Sunarni, 2012). Penjadwalan yang dilakukan untuk mendapatkan suatu hasil yang optimal pada proses produksi biasanya menggunakan tambahan berupa metode ilmiah yang dapat menunjang optimasi proses produksi, salah satunya yaitu algoritma Campbell melakukan penjadwalan berdasarkan waktu proses terkecil dari suatu kegiatan produksi, dengan menggunakan parameter waktu dari setiap operasi proses produksi. Algoritma CDS dapat diterapkan pada perusahaan industri produksi untuk mengoptimalkan proses produksi. Algoritma CDS mampu mendapatkan hasil produksi yang lebih optimal dibanding algoritma penjadwalan lainnya. Proses produksi suatu perusahaan yang melakukan optimasi dengan menggunakan algoritma CDS mampu mengoptimalkan proses produksi antara lain dapat menekan makespan sampai seminimal mungkin, makespan memiliki arti yaitu total waktu proses yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kumpulan job. Perusahaan yang menerapkan algoritma CDS, waktu proses produksinya bisa ditekan menjadi lebih pendek dan produktivitas perusahaan semakin meningkat (Kurnia *et al.*, 2013).

Masalah Optimasi dibidang industri produksi dialami oleh PT. Logam Jaya, yaitu perusahaan yang bergerak memproduksi peralatan dapur. Perusahaan tersebut mengalami kendala untuk meminimasi waktu produksi perusahaan, terjadi keterlambatan dalam proses produksinya yang melebihi perhitungan perkiraan yang dilakukan pemilik, serta terjadi penumpukan antrian produk setengah jadi yang harus dikerjakan oleh mesin selanjutnya. Hal itu dikarenakan PT. Logam Jaya masih menggunakan penjadwalan yang manual, yaitu dengan perhitungan perkiraan pemilik perusahaan yang menyebabkan tidak pastinya waktu proses penyelesaian yang diperlukan untuk membuat suatu produk. Dampak yang terjadi dari permasalahan di atas yaitu waktu luang mesin dan proses produksi tidak akan berjalan secara efisien dan dapat berakibat pada produktivitas perusahaan. Dampak lain yang terlihat langsung dari permasalahan tersebut adalah besarnya makespan dalam sistem produksi tersebut. Besarnya makespan tersebut menyebabkan waktu produksi perusahaan semakin molor.

Oleh karena itu, penelitian yang akan dilakukan yaitu Penerapan Algoritma Campbell Dudek Smith (CDS) untuk Optimasi Waktu Produksi Pada Penjadwalan Produksi pada PT. Logam Jaya untuk memberi solusi terhadap masalah tersebut sehingga tersedia waktu yang lebih panjang untuk memproduksi produk lainnya dan mengoptimalkan proses produksi perusahaan.

2. Kerangka Teori

Industri produksi modern menjadikan penjadwalan sebagai inti utama proses produksi. Penjadwalan produksi merupakan proses pengalokasian sumber-sumber atau mesin-mesin yang ada untuk menjalankan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Penjadwalan perlu dirancang sesuai dengan karakteristik jalur produksi. Pekerjaan dasar penjadwalan adalah untuk memproses tugas sesuai dengan proses pengolahan untuk mengatur produksi dan proses pengolahannya. Tujuan dari penjadwalan adalah untuk mengatur tugas produksi ke perangkat dalam suatu proses, Karena penjadwalan memiliki banyak proses, banyak stasiun, banyak kendala dan aturan. Penjadwalan produksi sangat penting pada perusahaan yang menggunakan sistem make to order, dimana produk baru akan diproduksi sesuai permintaan dari konsumen (Yongqing & Fucheng, 2017).

Penjadwalan merupakan masalah yang serius pada proses produksi yang dikenal sebagai masalah yang kompleks. Salah satu pengendalian dan perencanaan penjadwalan produksi yang mampu menyelesaikan masalah penjadwalan yaitu dengan optimasi waktu produksi. Tujuan utama dari optimasi yaitu manajemen untuk mengembangkan kebijakan penjadwalan yang dapat meminimalkan total waktu produksi dan makespan. Optimasi penjadwalan produksi merupakan faktor penting dalam proses produksi, salah satu yang mempengaruhi didalam penjadwalan produksi adalah waktu produksi masing – masing mesin dan permintaan produksi yang tidak teratur (Bouzidi & Riffi).

Optimasi merupakan kinerja terbaik dalam proses industri yang dikenal sebagai operasi optimal, dalam manufaktur dapat dikatakan sebagai optimasi proses produksi. Optimasi mampu memberikan dampak positif pada produsen dan konsumen. Produsen mempunyai waktu yang optimal untuk memproduksi barang sehingga proses produksi barang lebih efektif. Konsumen akan diuntungkan dengan mengetahui waktu proses barang sudah selesai tanpa keterlambatan (Moreno, 2006).

Optimasi mampu melakukan pencarian dan penyelesaian satu atau lebih yang berhubungan dengan nilai nilai dari satu atau lebih fungsi objektif pada suatu masalah sehingga diperoleh satu nilai yang optimal. Optimasi bertujuan untuk meningkatkan kinerja mesin produksi sehingga mempunyai kualitas yang baik dan hasil kerja yang tinggi (Cesari, 2016).

Optimasi produksi diperlukan perusahaan dalam rangka mengoptimalkan sumberdaya yang digunakan agar suatu produksi dapat menghasilkan produk dalam kuantitas dan kualitas yang diharapkan, sehingga permasalahan yang diarahkan pada titik maksimum atau minimum suatu fungsi tujuan (Yao & Deng, 2015).

Campbell Dudek Smith (CDS) didasarkan atas algoritma Johnson. CDS mampu memecahkan persoalan n job pada m mesin flow shop ke dalam m-1 set persoalan dua mesin flow shop dengan membagi m mesin ke dalam dua grup, kemudian pengurutan job pada kedua mesin tadi menggunakan algoritma Johnson. Setelah diperoleh sebanyak m-1 alternatif urutan job, kemudian dipilih urutan dengan makespan terkecil. Setiap pekerjaan atau job yang akan diselesaikan harus melewati proses pada masing-masing mesin. Pada penjadwalan ini diusahakan untuk mendapatkan harga makespan yang terkecil dari (m-1) kemungkinan penjadwalan. Penjadwalan dengan harga makespan terkecil merupakan urutan pengerjaan job yang paling baik (Kurnia *et al.*, 2013).

Algoritma Campbell Dudek Smith (CDS) mampu mengubah masalah dari n-pekerjaan dan m-mesin yang diberikan ($m > 2$) menjadi nomor p dari 2-mesin n-job masalah pengganti, dimana $p = m-1$. Setiap masalah pengganti diselesaikan menggunakan aturan Johnson. Nilai Cmax untuk setiap masalah pengganti ditemukan menggunakan aturan Johnson. Urutan masalah pengganti menghasilkan nilai minimum Cmax setelah menerapkan aturan Johnson dipilih untuk menjadwalkan pekerjaan pada mesin [9].

Algoritma *Campbell, Dudek and Smith* (CDS) adalah pengembangan aturan *Johnson* yaitu aturan untuk meminimalkan *makespan* 2 mesin yang disusun seri dan saat ini menjadi dasar teori penjadwalan. Algoritma CDS berkaitan dengan penggunaan banyak tahap aturan *Johnson* terhadap masalah baru. Pada algoritma CDS setiap pekerjaan atau tugas yang akan diselesaikan harus melewati setiap mesin. Setiap mesin bekerja sesuai dengan jadwal urutan proses produksi. Tujuan penjadwalan dengan algoritma CDS untuk mendapatkan nilai makespan terkecil dengan urutan pengerjaan tugas paling baik (Widodo, 2014).

Algoritma CDS adalah pengembangan aturan *Johnson* untuk membuat jadwal terbaik yang akan digunakan. Algoritma CDS ini cocok untuk persoalan banyak tahapan (*multi-stage*) yang memakai aturan *Johnson* dan diterapkan pada masalah baru yang diperoleh dari yang asli dengan waktu proses $t^k_{i,1}$ dan $t^k_{i,2}$ sebagai waktu proses pada mesin pertama dan mesin terakhir. Algoritma cocok untuk menyelesaikan tipe produksi yang bersifat *flowshop* (Kurnia *et al.*, 2013).

Algoritma CDS adalah pengembangan dari aturan yang telah dikemukakan oleh *Johnson*, yang disetiap pekerjaan atau tugas yang akan diselesaikan harus melewati proses pada masing-masing mesin. Algoritma CDS pertama kali ditemukan oleh Campbell, Dudek dan Smith pada tahun 1965, yang dilakukan untuk pengurutan n pekerjaan terhadap m mesin.

Penjadwalan dengan algoritma *Campbell, Dudek and Smith* bertujuan untuk mendapatkan nilai *Makespan* terkecil yang merupakan urutan pengerjaan tugas yang paling baik. Proses penjadwalan atau penugasan kerja pada algoritma *Campbell, Dudek and Smith* dilakukan berdasarkan atas waktu kerja terkecil yang digunakan dalam melakukan produksi. Dalam permasalahan ini, digunakan n job dan m mesin. CDS memutuskan untuk urutan yang pertama $t^k_{i,1} = t_{i,1}$ dan $t^k_{i,2} = t_{i,m}$ sebagai waktu proses pada mesin pertama dan mesin terakhir. Untuk urutan kedua dirumuskan dengan: (Christianta & Sunarni, 2012).

$$t^k_{i,1} = t_{i,1} + t_{i,2} \tag{1}$$

$$t^k_{i,2} = t_{i,m} + t_{i,m-1} \tag{2}$$

Sebagai waktu proses pada dua mesin pertama dan dua mesin yang terakhir untuk urutan ke-k:

$$t^k_{i,1} = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \tag{3}$$

$$t^k_{i,2} = \sum_{j=m+1-k}^m t_{i,j} \tag{4}$$

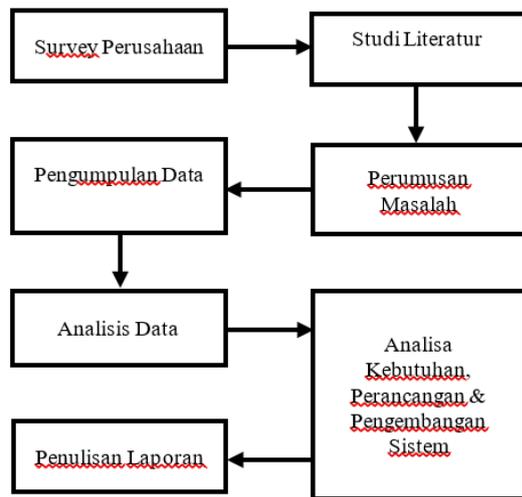
Dengan $i = Job$, $j = Mesin$, $t^k_{i,1}$ = Waktu proses suatu job ke-i dan mesin pertama, $t^k_{i,2}$ = Waktu proses suatu job ke-i dan mesin kedua, $m =$ Jumlah mesin yang dipakai, $k =$ Iterasi ($k = 1, 2, 3, \dots, (m - 1)$).

Perhitungan algoritma CDS dilakukan dengan tahapan-tahapan berikut :

1. Ambil urutan pertama ($k = 1$). Untuk seluruh tugas yang ada, carilah $t^k_{i,1}$ dan $t^k_{i,2}$ yang minimum, yang merupakan waktu proses pada mesin pertama dari kedua.
2. Jika waktu minimum didapat pada mesin pertama (misal $t_{i,1}$), selanjutnya tempatkan tugas tersebut pada urutan awal. Bila waktu minimumnya disapat pada mesin kedua (misal $t_{i,2}$), tempatkan tugas tersebut pada urutan terakhir.
3. Pindahkan tugas tersebut hanya dari daftarnya dan urutkan. Jika masih ada tugas yang tersisa, ulangi kembali langkah 1. Sebaliknya jika tidak ada lagi tugas yang tersisa, berarti pengurutan telah selesai.

3. Metode

Penelitian ini memiliki langkah langkah yang dijalankan sesuai urutan alur yang telah dibuat, dalam penelitian ini alur penelitian yang dilakukan sesuai yang tertera pada Gambar 1.



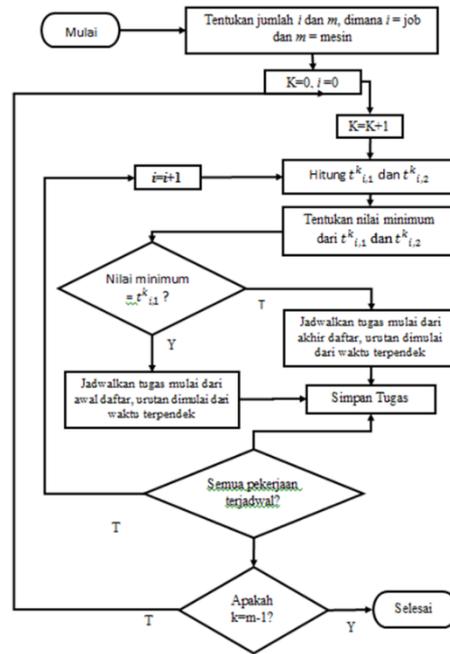
Gambar 1. Prosedur penelitian

Alur sistem akan digambarkan dalam bentuk diagram blok yang digunakan sebagai gambaran umum dari proses berjalannya sistem, pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok alur sistem

Rancangan *flowchart* algoritma *Campbell Dudek and Smith* (CDS) yang diterapkan dalam sistem dan akan berfungsi sebagai penentuan penjadwalan, dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart algoritma CDS

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan atribut yang digunakan dalam sistem akan didapatkan setelah dilakukan implementasi sistem, baik atribut waktu baku setiap operasi, jumlah produk yang akan diproduksi, dan iterasi yang dihasilkan oleh algoritma *Campbell Dudek Smith* (CDS) yang ada dalam sistem, dan akan dijabarkan mengenai hal tersebut di bawah ini.

4.1 Waktu baku dan waktu siap

Waktu baku digunakan sebagai waktu rata-rata yang digunakan perusahaan dalam mengerjakan sebuah produk pada mesin yang digunakan perusahaan, setiap produk yang akan diproduksi melewati mesin dengan urutan yang sama. Mesin yang digunakan oleh perusahaan untuk menyelesaikan produksi sebuah produk ada 7 mesin, yaitu mesin pencetakan, mesin pengecekan, mesin pengikiran, mesin pembubutan, mesin pengecekan, mesin pelabelan, dan mesin *finishing*. Setiap mesin memiliki waktu rata-rata yang berbeda sesuai produk yang diproses oleh mesin, dan waktu tersebut akan digunakan sebagai waktu baku sistem yang didapatkan dari hasil analisa data, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu baku

Job	Waktu proses (menit) pada mesin						
	1	2	3	4	5	6	7
5	32	33	73	108	110	117	134
4	60	61	99	132	134	140	156
3	89	90	126	156	159	164	180
2	113	114	146	177	179	184	199
1	130	134	161	187	190	195	210

Sedangkan waktu siap adalah waktu yang didapatkan dari hasil perkalian antara waktu baku dengan jumlah produk yang akan diproduksi, jumlah produk yang akan diproduksi yang digunakan yaitu sebanyak 12 buah produk setiap jenis wajan yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Waktu siap

Nama Mesin	Waktu proses (detik)				
	Wajan 12	Wajan 14	Wajan 16	Wajan 18	Wajan 20
Mesin pencetakan	83.38	121.34	143.05	140.72	162.96
Mesin pengecekan	3.79	4.15	5.04	5.04	5.92
Mesin pengikiran	150.04	159.73	178.52	186.84	199.05
Mesin pembubutan	134.15	153.82	154.51	165.60	174.03
Mesin pengecekan	11.52	11.28	11.84	12.24	12.84
Mesin pelabelan	24.58	24.83	24.31	27.31	31.27
Mesin finishing	75.08	77.66	82.20	83.80	85.85

Iterasi yang didapatkan dari Algoritma CDS dengan jumlah mesin 7 serta jumlah produk 5 ada 6 iterasi, yang dijabarkan di bawah ini. Berikut tabel waktu pertama dan kedua iterasi 1 pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Iterasi pertama CDS

Job	Total waktu proses (detik) manual		Total waktu proses (detik) sistem	
	$t^k_{i,1}$	$t^k_{i,2}$	$t^k_{i,1}$	$t^k_{i,2}$
1	1000.56	901.01	1000.56	901.01
2	1456.04	931.86	1456.04	931.86
3	1716.54	986.36	1716.54	986.36
4	1688.59	1005.61	1688.59	1005.61
5	1955.50	1030.14	1955.50	1030.14
Total	7817.23	4854.98	7817.23	4854.98

Iterasi pertama didapatkan dari waktu mesin pertama dan waktu mesin ketujuh. Untuk iterasi pertama (k=1), urutan yang dihasilkan dari sistem dan perhitungan manual adalah sama, yaitu 5-4-3-2-1. Sehingga didapat total waktu sebesar 210.12 menit.

Tabel 4. Total waktu iterasi pertama CDS

Job	Waktu proses (menit)						
	1	2	3	4	5	6	7
5	32	33	73	108	110	117	134
4	60	61	99	132	134	140	156
3	89	90	126	156	159	164	180
2	113	114	146	177	179	184	199
1	130	131	161	187	190	195	210

Iterasi yang dilakukan dari iterasi pertama sampai iterasi terakhir yaitu iterasi keenam tertera pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Iterasi keenam CDS

Job	Total waktu proses (detik) manual		Total waktu proses (detik) sistem	
	$t^k_{i,1}$	$t^k_{i,2}$	$t^k_{i,1}$	$t^k_{i,2}$
1	4889.03	4789.44	4889.41	4789.86
2	5701.2	5177.04	5701.63	5177.45
3	6206.88	5476.67	6207.16	5476.98
4	6452.76	5769.83	6453.04	5770.06
5	7032.24	6106.92	7032.71	6107.35
Total	30282.11	27319.9	30283.94	27321.69

Iterasi keenam didapatkan dari waktu (mesin ke 1 + mesin ke 2 + mesin ke 3 + mesin ke 4 + mesin ke 5 + mesin ke 6) dan waktu (mesin ke 7 + mesin ke 6 + mesin ke 5 + mesin ke 4 + mesin ke 3 + mesin ke 2). Untuk iterasi keenam (k=6), urutan yang dihasilkan dari sistem dan perhitungan manual adalah sama, yaitu 5-4-3-2-1, sehingga didapat total waktu sebesar 210.12 menit.

Tabel 6. Total waktu iterasi pertama CDS

Nama Mesin	Waktu Proses (detik)				
	Wajan 12	Wajan 14	Wajan 16	Wajan 18	Wajan 20
Mesin pencetakan	1000.	1456.	1716.	1688.	1955.
Mesin pengecekan	56	04	54	59	50
Mesin pengikiran	45.46	49.81	60.44	60.48	71.05
Mesin pembubutan	1800.	1916.	2142.	2242.	2388.
Mesin pengecekan	47	74	18	09	59
Mesin pelabelan	1609.	1845.	1854.	1987.	2088.
Mesin finishing	75	83	13	24	32
Mesin pengecekan	138.2	135.3	142.0	146.9	154.0
Mesin finishing	5	0	9	3	6
Mesin finishing	294.9	297.9	291.7	327.7	375.1
Mesin finishing	2	1	7	1	9
Mesin finishing	901.0	931.8	986.3	1005.	1030.
Mesin finishing	1	6	6	61	14

Setelah didapat seluruh iterasi dari algoritma CDS, maka dilakukan pengumpulan data nilai makespan dari seluruh iterasi. Dari keenam iterasi tersebut diperoleh tabel nilai makespan yang kemudian dipilih nilai makespan terkecil. Sehingga diperoleh total waktu optimal sebesar 210.12 dengan urutan pengerjaan job 5-4-3-2-1. Serta dari hasil perhitungan manual dan perhitungan menggunakan Microsoft Excel diperoleh nilai makespan minimal sebesar 210.12 yang tertera pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai *makespan* setiap iterasi

Iterasi ke	Urutan produk	Makespan
1	5-4-3-2-1	210.12
2	1-5-4-3-2	232.08
3	5-4-3-2-1	210.12
4	5-4-3-2-1	210.12
5	1-5-4-3-2	232.08
6	5-4-3-2-1	210.12

Dari hasil perbandingan didapatkan bahwa sistem memiliki akurasi $[(t^k)_{(i,1)}]$ sebesar 99,99% dan $[(t^k)_{(i,2)}]$ sebesar 99,96% dari perhitungan manual, yang artinya sistem memiliki tingkat keakuratan yang bisa dikatakan hampir sama dengan perhitungan manual



Gambar 4. Hasil perbandingan manual dan sistem

5. Kesimpulan

Optimasi waktu produksi dengan melakukan penjadwalan menggunakan algoritma Campbell Dudek and Smith (CDS) dapat mengoptimalkan waktu produksi, karena algoritma CDS menggunakan perhitungan perbandingan waktu proses pada setiap mesin yang ada di perusahaan dengan mengutamakan waktu proses terkecil untuk penjadwalannya, serta dengan melakukan perulangan sebanyak 6 iterasi untuk menentukan waktu proses terkecilnya. Dengan mengutamakan waktu proses terkecil maka dihasilkan waktu proses produksi yang paling minimal. Implementasi algoritma CDS pada optimasi waktu produksi perusahaan dengan jumlah produk yang diproduksi pada setiap jenis wajan berjumlah 12 buah menghasilkan enam iterasi dan dari enam iterasi tersebut didapatkan nilai minimal makespan yaitu 210,12 menit dengan urutan kerja wajan 20 – wajan 18 – wajan 16 – wajan 14 – wajan 12.

Dari itu didapatkan hasil nilai makespan paling minimal yaitu 210,12 menit dengan urutan pengerjaan produk wajan 20 – wajan 18 – wajan 16 – wajan 14 – wajan 12. Akurasi hasil pengujian aplikasi menunjukkan 99,99% untuk waktu pertama dan 99,96% untuk waktu kedua jika dibandingkan dengan perhitungan manual. Dari hasil tersebut maka dapat membantu proses produksi lebih optimal.

Daftar Pustaka

- Bouzidi and M. E. Riffi, 2014. Cat Swarm Optimization to Solve Job Shop Scheduling Problem," IEEE, vol. 2, pp. 4799-5979.
- C.W. Moreno, 2006. Optimization in Production Operations Optimal "Lean Operations" in Manufacturing," Advanced Process Management, vol. 513, pp. 469-8629.
- Christianta, Y. & Sunarni, T., 2012. "Usulan Penjadwalan Produksi Dengan Metode Campbell Dudek And Smith". *Jurnal Semantik 2012*, 30-35.
- Yongqing, J. and P. Fucheng, 2017. Improved Heuristic Algorithm for Modern Industrial Production Scheduling, in The 9th International Conference on Modelling, Identification and Control (ICMIC 2017), Kunming China.
- Yao, J. and Z. Deng, 2015. Scheduling Optimization in the Mass Customization of Global Producer Services," IEEE Transactions On Engineering Management , pp. 0018-9391.
- Kurnia, Yasra, R., & Afma, V.M., 2013. "Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek & Smith Pada Mesin Laser Marking Jenis Evertech Untuk Meminimalisasi Makespan". *Jurnal Profesiensi*, 93-103.
- Cesari, L.W., 2016. Optimasi Waktu Produksi dan Analisis Keperiodikan pada Graf Sistem Produksi Ber-loop dengan Menggunakan sistem Persamaan Linier Aljanar MAX-PLUS," Perpustakaan Yogyakarta, Yogyakarta.
- Alharkan, M., 2005. Algorithms for Sequencing and Scheduling, Riyadh, Saudi Arabia.
- Wati, D.A., & Rochman, Y.A., 2013. Model penjadwalan matakuliah secara otomatis berbasis algoritma particle swarm optimization. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 22-31.
- Widodo, C.E., 2014. Optimasi Penjadwalan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith Pada Perusahaan Manufaktur. Skripsi.