

Analisis Perbandingan Metode Campbell Dudek Smith (CDS) dan GUPTA untuk Optimasi Penjadwalan Produksi

Chamdan Mashuri¹, Ahmad Heru Mujianto², Hadi Sucipto³

^{1,2}Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Hasyim Asy'ari Jombang

³Manajemen Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Hasyim Asy'ari Jombang

E-mail: *¹chamdanmashuri@unhasy.ac.id, ²ahmadmujianto@unhasy.ac.id,

³hadisucipto@unhasy.ac.id

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.

Kata Kunci — Optimasi, Produksi, Penjadwalan, CDS, Makespan

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

1. PENDAHULUAN

Sistem informasi bisnis menjadi bagian yang sangat penting untuk perkembangan dunia bisnis di era industri 4.0 saat ini. Sistem informasi bisnis berperan penting untuk membantu meningkatkan kinerja, produksi dan profit dari perusahaan. PT Logam Jaya merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi alat memasak berupa wajan (Penggorengan), hingga saat ini produksi

yang dilakukan masih bersifat manual untuk menentukan urutan – urutan mesin yang bekerja. PT Logam Jaya mengalami kendala terkait penjadwalan urutan produk yang akan di produksi terlebih dahulu atau yang memberikan keuntungan optimal, dikarenakan permintaan pelanggan sering berdasarkan make by order. Peneliti melihat peluang dengan berkembangnya sistem informasi bisnis yang sangat luar biasa, sehingga peneliti membuat sistem informasi penjadwalan mesin produksi berbasis android, yang bertujuan mampu untuk mengoptimalkan waktu produksi dengan menerapkan algoritma metode CDS dan GUPTA. PT Logam Jaya menerapkan mesin dengan sistem flowshop yang lebih dari dua mesin, sehingga algoritma CDS dan GUPTA cocok dan mampu diterapkan untuk membantu permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan tersebut.

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 [1].

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 pelaksanaan kegiatan operasi. Penjadwalan biasanya mengacu pada pengoptimalan waktu yang bertujuan untuk mencapai waktu yang efisien dan efektif dari sebuah kegiatan atau pekerjaan. Industri produksi modern menyediakan penjadwalan sebagai inti utama dari proses produksi. Penjadwalan produksi adalah proses mengalokasikan sumber daya atau mesin yang ada untuk menjalankan serangkaian tugas dalam periode 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 pemrosesan [2].

Penjadwalan adalah masalah serius dalam produksi proses yang dikenal sebagai masalah yang kompleks. Salah satunya kontrol dan perencanaan penjadwalan produksi yang mampu untuk menyelesaikan masalah penjadwalan adalah dengan mengoptimalkan waktu produksi. Tujuan utama dari optimasi adalah manajemen untuk mengembangkan kebijakan penjadwalan yang dapat meminimalkan waktu produksi total dan makespan. Optimalisasi penjadwalan produksi adalah penting faktor dalam proses produksi, salah satunya mempengaruhi penjadwalan produksi adalah waktu produksi masing-masing mesin dan permintaan produksi tidak teratur [2].

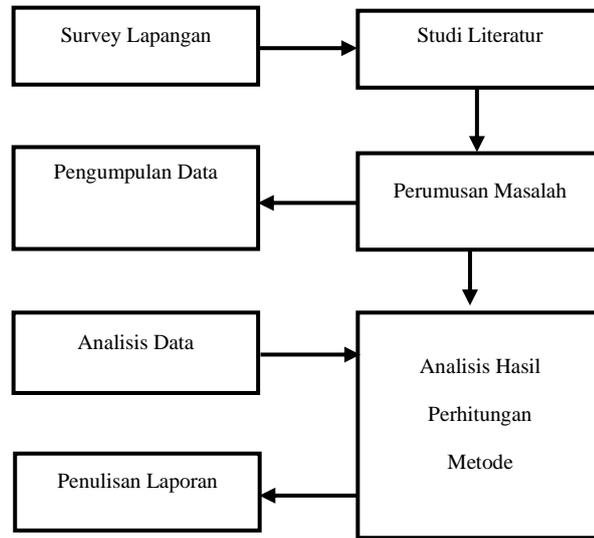
Penjadwalan yang dilakukan untuk mendapatkan suatu hasil yang optimal pada proses produksi biasanya menggunakan tambahan berupa metode ilmiah yang dapat menunjang optimasi proses produksi, salah satunya yaitu algoritma Campbell melakukan penjadwalan berdasarkan waktu proses terkecil dari suatu kegiatan produksi, dengan menggunakan parameter waktu dari setiap operasi proses produksi. Algoritma CDS dapat diterapkan pada perusahaan 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.

Metode algoritma Gupta mampu dan tepat digunakan untuk mendapatkan harga makespan yang terkecil yang merupakan urutan pengerjaan tugas yang paling baik. Metode Gupta mampu menentukan nilai index untuk setiap job, dan mengurutkan mengurutkan keempat job tersebut dengan aturan increasing index value (urutan nilai index menaik), dan ditentukannya nilai Cmax. Metode Gupta mampu menyelesaikan permasalahan mesin yang lebih dari dua. Metode Gupta menerapkan penggabungan waktu tiap proses pada mesin pertama dan mesin berikutnya untuk mencari nilai yang paling minimal [3].

2. METODE PENELITIAN

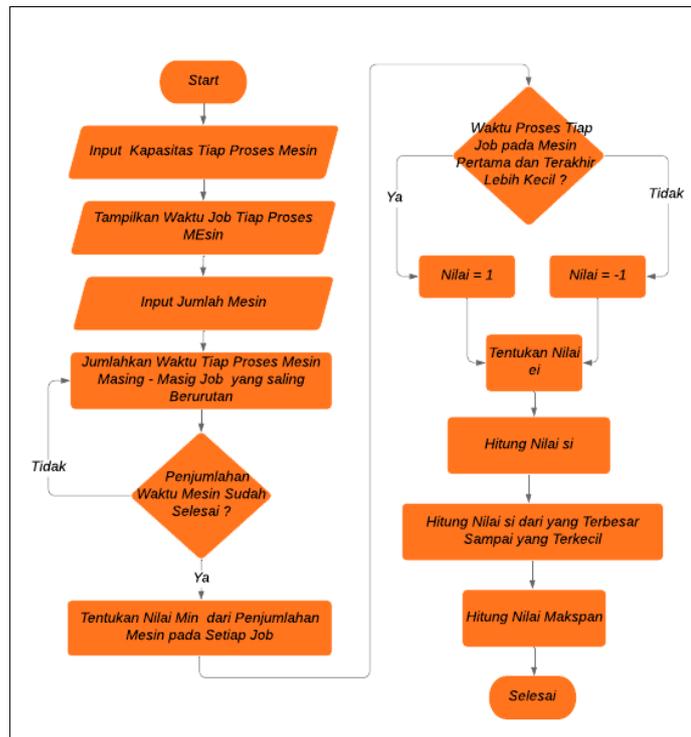
Penelitian ini memiliki langkah langkah yang dijalankan sesuai urutan alur yang telah dibuat, dalam penelitian ini alur penelitian yang dilakukan adalah mulai dari survei lapangan, studi pustaka sampai

langkah penyusunan laporan. Diagram alir penelitian dibuat bertujuan agar peneliti disiplin dalam melakukan penelitian secara teratur dan bertahap sebagai dapat dilihat pada Gambar 1 alur penelitian secara jelas.



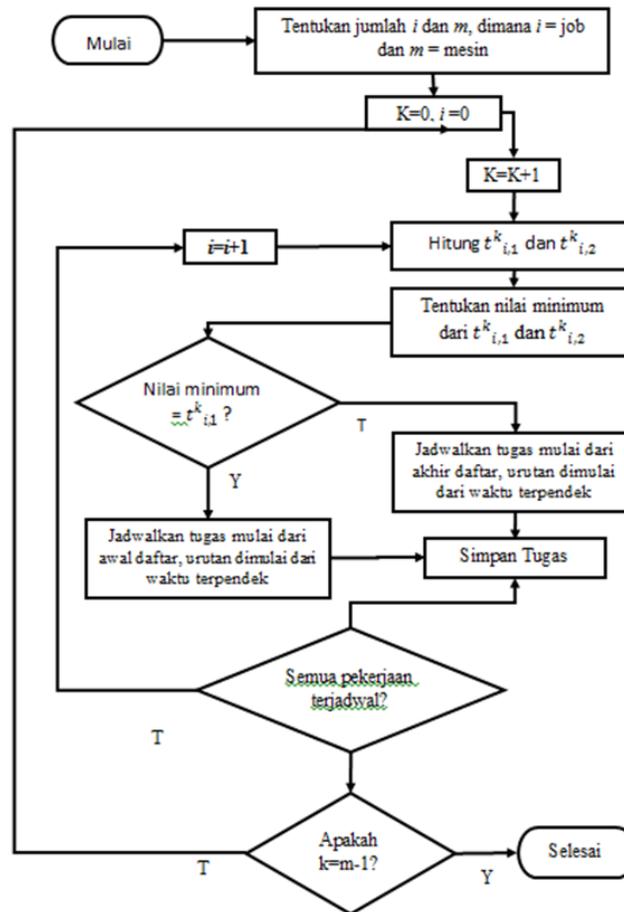
Gambar 1. Prosedur penelitian

rancangan flowchart algoritma GUPTA yang diterapkan dalam sistem dan akan berfungsi sebagai penentuan urutan job mesin dan menentukan nilai maksplan terkecil, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart algoritma GUPTA

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

2.1. Kerangka Teori

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 [4].

Optimasi merupakan kinerja terbaik dalam proses industry 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 [5].

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 [6].

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 [7].

Metode Gupta adalah menentukan nilai index untuk setiap job, kemudian mengurutkan keempat job tersebut dengan aturan increasing index value (urutan nilai index menaik), dan ditentukannya nilai Cmax. Berikut adalah langkah-langkah penjadwalan mesin dengan metode algoritma gupta [8]:

1. Menentukan nilai index untuk tiap job, dengan menggunakan rumus:

$$F(i) = \min(A/(tim-tim+1)) \dots \dots \dots (1)$$
2. Mengurutkan nilai index dari tiap-tiap job dengan aturan increasing index value (mengurutkan nilai index dari nilai index terendah ke nilai index tertinggi).
3. Menentukan nilai Cmax (Makespan)

Metode heuristik ini dikemukakan oleh Gupta pada tahun 1972. Metode Gupta biasanya digunakan dalam permasalahan jumlah mesin yang lebih dari dua, karena metode ini menggabungkan waktu tiap proses pada mesin pertama dan berikutnya untuk mencari nilai yang paling minimal dan hanya dapat digunakan pada penjadwalan flow shop murni. Kelebihan metode ini adalah dalam menentukan penjadwalan hanya memusatkan pada satu kelompok mesin dan Kekurangan Heuristic Guptanya menyelesaikan masalah untuk lebih dari 2 mesin saja. Langkah-langkah pengerjaan untuk metode heuristik Gupta adalah:

1. Tampilkan data waktu tiap job pada setiap mesin.
2. Jumlahkan waktu tiap proses mesin masing-masing job yang saling berurutan seperti: $(P1+P2), (P2+P3), (P3+P4), \dots, (P(m-1)+Pm)$ dengan keterangan $M = \text{total mesin proses}$.
3. Pilih nilai minimal dari penjumlahan-penjumlahan tersebut
4. Tentukan nilai e_i : Jika $P_{i1} < P_{im}$ maka $e_i = 1$ Jika $P_{i1} \geq P_{im}$ maka $e_i = -1$ $P_{ij} = \text{waktu job } j \text{ pada mesin}$
5. Hitung nilai s_i . $S_i = e_i / \min(P1 + P2, P2 + P3, P3 + P4, P4 + P5, P5 + Pm, \dots)$
6. Urutkan nilai s_i dari masing-masing job. Job dengan nilai s_i paling besar mendapat urutan pengerjaan pertama, dan selanjutnya, hingga urutan pengerjaan diakhiri dengan job dengan nilai s_i terkecil.
7. Dari urutan-urutan pengerjaan yang diperoleh, hitung nilai makespan masing-masing urutan

Optimasi merupakan kinerja terbaik dalam proses industry 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 [5].

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 [6].

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 [7].

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.

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.

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.

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 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*.

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:

$$t^k_{i,1} = t_{i,1} + t_{i,2} \dots\dots\dots (2)$$

$$t^k_{i,2} = t_{i,m} + t_{i,m-1} \dots\dots\dots (3)$$

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

$$t^k_{i,1} = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \dots\dots\dots (4)$$

$$t^k_{i,2} = \sum_{j=m+1-k}^k t_{i,j} \dots\dots\dots (5)$$

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

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. HASIL DAN PEMBAHASAN

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

3.1 Penerapan metode CDS

Tabel 1. Waktu baku

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

Tabel 2. Waktu siap

Nama Mesin	Waktu Proses (detik)				
	Wajan 12	Wajan 14	Wajan 16	Wajan 18	Wajan 20
Mesin pencetakan	1000.56	1456.04	1716.54	1688.59	1955.50
Mesin pengecekan	45.46	49.81	60.44	60.48	71.05
Mesin pengikiran	1800.47	1916.74	2142.18	2242.09	2388.59
Mesin pembubutan	1609.75	1845.83	1854.13	1987.24	2088.32
Mesin pengecekan	138.25	135.30	142.09	146.93	154.06
Mesin pelabelan	294.92	297.91	291.77	327.71	375.19
Mesin finishing	901.01	931.86	986.36	1005.61	1030.14

Iterasi yang didapatkan dari Algoritma CDS dengan jumlah mesin 7 serta jumlah produk 5 ada 6 iterasi, yang dijabarkan di bawah ini:

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.

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.

Tabel 3. 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

3.2 Penerapan Metode GUPTA

1. Menampilkan data waktu tiap *job* pada setiap mesin

Tabel 4. Waktu siap tiap *job* pada setiap mesin

Job/Mesin	Waktu Proses (Menit)						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Wajan 12	17	4	30	27	3	5	15
Wajan 14	24	3	32	31	2	6	16
Wajan 16	29	2	36	33	3	7	14
Wajan 18	28	3	37	34	2	8	17
Wajan 20	33	2	40	35	4	6	18

2. Menjumlahkan waktu tiap proses mesin masing – masing *job* yang salaing beurutan seperti : $(P1+P2), (P2+P3), (P3+P4), \dots, (P(m-1)+Pm)$

$M = \text{Total Mesin Proses}$

Tabel 5. Hasil penjumlahan

Job/Mesin	Waktu Proses (Menit)						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Wajan 12	204	48	360	324	36	60	180
Wajan 14	288	36	384	372	24	72	192
Wajan 16	348	24	432	396	36	84	168
Wajan 18	336	36	444	408	24	96	204
Wajan 20	396	24	480	420	48	72	216

1. Memilih nilai minimal dari penjumlahan yang terdapat pada Tabel 3.
2. Menentukan nilai e_i :
Jika $P_i < P_{im}$ maka $e_i = 1$
Jika $P_i \geq P_{im}$ maka $e_i = -1$
3. Menghitung nilai s_i .
 $S_i = e_i / \min(P1+P2, P2+P3, P3+P4, P4+Pm \dots)$
4. Mengurutkan s_i dari urutan yang memiliki nilai paling besar.

Setelah didapat hasil proses urutan dari algoritma Gupta, maka dilakukan pengumpulan data nilai index dari seluruh job mesin. Dari kelima nilai index tersebut diperoleh total waktu optimal sebesar 2054569 dengan urutan pengerjaan produk wajan 12-18-20-16-14.

Dari hasil diatas dapat dikatakan bahwa optimasi penjadwalan untuk waktu yang optimal adalah dengan mendahulukan urutan produk yang memiliki waktu proses / nilai maksepan terkecil, sehingga dari

Urutan tersebut ada beberapa waktu yang dapat dipakai untuk memproses produk yang lain.

Tabel 6. Urutan Job

Job/Mesin	Waktu Proses (Menit)						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Wajan 12	204	48	360	324	36	60	180
Wajan 18	288	36	384	372	24	72	192
Wajan 20	348	24	432	396	36	84	168
Wajan 16	336	36	444	408	24	96	204
Wajan 14	396	24	480	420	48	72	216

4. SIMPULAN

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.

5. SARAN

Kedepan agar penelitian dapat dicombinasikan antara metode CDS dan Metode GUPTA.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wati, D. A., & Rochman, Y. A. 2013. "Model Penjadwalan Matakuliah Secara Otomatis Berbasis Algoritma Particle Swarm Optimization". *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 22-31.
- [2] Mashuri, C., Mujianto, A. H., Sucipto, H., Arsam, Y. R., & Permadi, G. S. 2019. Production Time Optimization using Campbell Dudek Smith (CDS) Algorithm for Production Scheduling. *The 4th International Conference on Energy, Environment, Epidemiology and Information System*. Semarang - Indonesia: EDP Sciences.
- [3] Sugino, W., & Abdullah, H. 2013. PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE FCFS, CDS DAN GUPTA. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem informasi*, 225-230.
- [4] Bouzidi and M. E. Riffi, 2014, "Cat Swarm Optimization to Solve Job Shop Scheduling Problem," *IEEE*, vol. 2, pp. 4799-5979.
- [5] C. W. Moreno, 2006, "Optimization in Production Operations Optimal "Lean Operations" in Manufacturing," *Advanced Process Management*, vol. 513, pp. 469-8629.
- [6] L. W. CESARI, 2016, "Optimasi Waktu Produksi dan Analisis Keperiodikan pada Graf Sistem Produksi Ber-loop dengan Menggunakan sistem Persamaan Linier Aljanar MAX-PLUS," *Perpustakaan Yogyakarta, Yogyakarta*.
- [7] J. Yao and Z. Deng, 2015, "Scheduling Optimization in the Mass Customization of Global Producer Services," *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT*, pp. 0018-9391.
- [8] Darmawan, L. F., & Pramestari, D. 2018. ANALISIS PENJADWALAN PRODUKSI PRODUK OXYGEN SENSOR DENGAN METODE HEURISTIC GUPTA DAN CAMPBELL, DUDEK AND SMITH DI PT. DENSO INDONESIA. *IKRA-ITH Teknologi*, 23-33.