

# OPTIMASI WAKTU PRODUKSI MENGGUNAKAN ALGORITMA *CAMPBELL DUDEK AND SMITH* (CDS) PADA PT. LOGAM JAYA

**Rinaldo Yudianto Arsam<sup>1</sup>**

S1 informatika, Fakultas teknologi informasi, UNHAS Y Tebuireng,

Email: [aldoarsam@gmail.com](mailto:aldoarsam@gmail.com)

**Drs. Bambang Sujatmiko, M. T<sup>2</sup>**

Fakultas teknologi informasi, UNHAS Y Tebuireng, Email: [bsujatmiko@gmail.com](mailto:bsujatmiko@gmail.com)

**Chamdan Mashuri, S. Kom., M. Kom<sup>3</sup>**

Fakultas teknologi informasi, UNHAS Y Tebuireng Email: [chamdanmashuri@gmail.com](mailto:chamdanmashuri@gmail.com)

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian dengan judul **Optimasi Waktu Produksi Menggunakan Algoritma *Campbell Dudek And Smith* (CDS) Pada PT. Logam Jaya** yang bertujuan untuk menentukan urutan jadwal pengoperasian mesin untuk memproduksi produk wajan ukuran 12, wajan ukuran 14, wajan ukuran 16, wajan ukuran 18 dan wajan ukuran 20 yang optimal, sehingga mendapatkan nilai *makespan* yang optimal. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Campbell Dudek and Smith* (CDS), CDS merupakan salah satu metode yang digunakan dalam penjadwalan yang bersifat *flowshop* yang dikembangkan dari aturan *Johnson*. Aturan *Johnson* adalah suatu aturan meminimalkan *makespan* 2 mesin yang disusun seri. Metode CDS menghasilkan beberapa *iterasi* yang memiliki nilai *makespan*, dari beberapa *iterasi* tersebut digunakan nilai *makespan* yang paling minimal untuk menentukan urutan produk yang akan diproduksi oleh mesin. Hasil penelitian ini adalah sebuah 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 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.

Kata Kunci: **Optimasi, Produksi, *Flowshop*, *Campbell Dudek and Smith*, *Makespan***

## ABSTRACT

*Research has been done with the title Optimization of Production Time Using Campbell Dudek And Smith Algorithm (CDS) on PT. Logam Jaya which aims to determine the order of the machine's operating schedule for producing 12 size pans, 14 size pans, 16 size pans, 18 size pans and 20 optimal size pans, making optimal numbers. The method used in this research is Campbell Dudek and Smith (CDS), CDS is one of the methods used in a plot developed from Johnson's rules. Johnson's rule is the general rule of making two machines designed in series. The CDS method produces several iterations that have an makespan value, from several iterations, namely the minimum minimum to determine the order of products to be produced by the machine. The results of this study are an application that can be exploited by a product that will be produced by the machine automatically. From the results of testing with a production number of 12 pieces per fruit as much as 6 times, the results obtained are very minimal, namely 210.12 minutes with the order the product 20 size pans - 18 size pans - 16 size pans - 14 size pans - 12 size pans. Accuracy of the results The payment application shows 99 , 99% for the first time and 99.96% for the second time when compared to manual calculations*

Keywords: **Optimization, Production, *Flowshop*, *Campbell Dudek and Smith*, *Makespan***

## I. 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. 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 (Christianta & Sunarni, 2012).

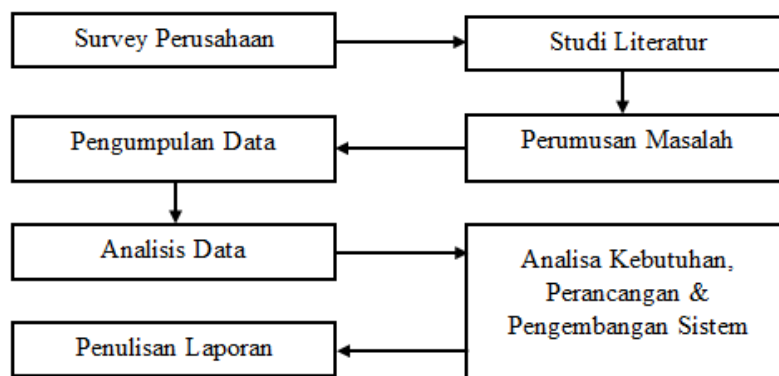
Algoritma Campbell Dudek and Smith (CDS) merupakan algoritma pendukung penjadwalan yang mengadopsi dari aturan Johnson, yaitu aturan meminimalkan 2 mesin. Algoritma CDS mampu melakukan penjadwalan berdasarkan waktu proses terkecil dari suatu kegiatan produksi, dengan menggunakan parameter waktu dari setiap operasi proses produksi. Proses produksi suatu perusahaan yang melakukan optimasi dengan menggunakan algoritma CDS mampu mengoptimalkan proses produksi antara lain dapat menekan makespan sampai seminimal mungkin, perusahaan yang menerapkan algoritma CDS, waktu proses produksinya bisa ditekan menjadi lebih pendek dan produktivitas perusahaan semakin meningkat (Kurnia dkk., 2013).

Masalah Optimasi dibidang industri produksi dialami oleh PT. Logam Jaya, yaitu perusahaan yang bergerak diproduksinya 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.

## II. METODE

### 2.1. Alur Penelitian

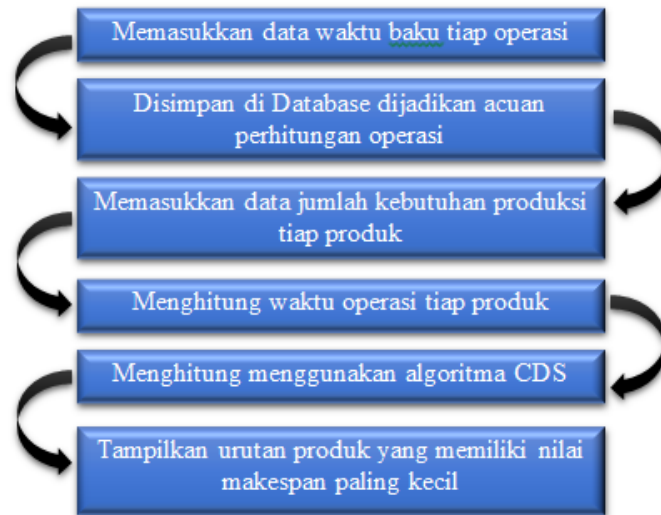
Penelitian ini memiliki langkah langkah yang dijalankan sesuai urutan alur yang telah dibuat, dalam penelitian ini alur penelitian yang dilakukan adalah :



**Gambar 2.1** Alur Penelitian

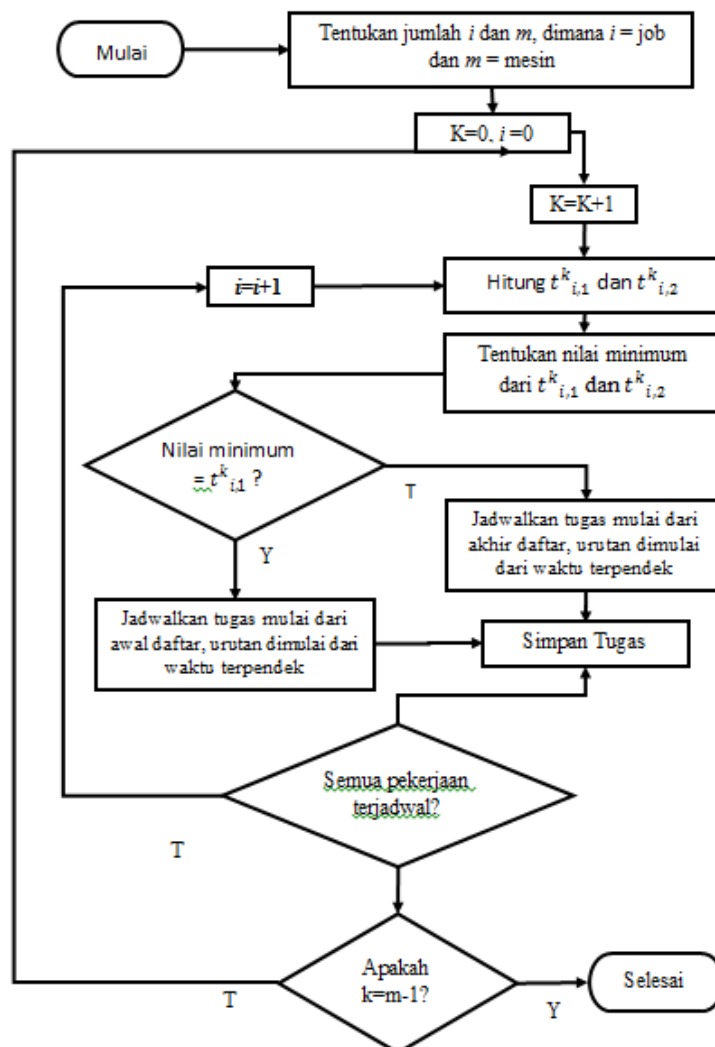
### 2.2. Alur Sistem

Pada tahapan ini akan dibuat sebagai patokan dari pembangunan sistem, alur sistem akan digambarkan dalam bentuk diagram blok yang digunakan sebagai gambaran umum dari proses berjalannya sistem, pada Gambar 3.3.



**Gambar 2.2** Diagram blok alur sistem

### 2.3. Alur Algoritma Campbell Dudek Smith (CDS)



**Gambar 2.3** Flowchart Algoritma CDS

Proses penjadwalan 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  $t_{i,1}^k = t_{i,1}$  dan  $t_{i,2}^k = t_{i,m}$  sebagai waktu proses pada mesin pertama dan mesin terakhir. Untuk urutan kedua dirumuskan dengan: (Christianta & Sunarni, 2012).

$$t_{i,1}^k = t_{i,1} + t_{i,2} \quad (1)$$

$$t_{i,2}^k = t_{i,m} + t_{i,m-1} \quad (2)$$

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

$$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \quad (3)$$

$$t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^k t_{i,j} \quad (4)$$

Keterangan:

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

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Waktu Baku & 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, yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

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 3.2.

**Tabel 3.1** 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 3.2** 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

### 3.2. Iterasi Algoritma

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

#### 1. Iterasi 1

Berikut tabel waktu pertama dan kedua iterasi 1:

**Tabel 3.3** 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

Keterangan:

- 1 = wajan ukuran 12
- 2 = wajan ukuran 14
- 3 = wajan ukuran 16
- 4 = wajan ukuran 18
- 5 = wajan ukuran 20

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.

#### 2. Iterasi 2

Berikut tabel waktu pertama dan kedua iterasi 2, pada Tabel 3.4:

**Tabel 3.4** Iterasi kedua 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	1045.91	1195.8	1046.02	1195.93
2	1505.76	1229.64	1505.86	1229.77
3	1776.84	1278	1776.98	1278.13
4	1749	1333.19	1749.07	1333.32
5	2026.44	1405.19	2026.55	1405.33
Total	8103.95	6441.82	8104.48	6442.49

Iterasi kedua didapatkan dari waktu (mesin ke 1 + mesin ke 2) dan waktu (mesin ke 7 + mesin ke 6). Untuk iterasi kedua ( $k=2$ ), urutan yang dihasilkan dari sistem dan perhitungan manual adalah sama, yaitu 1-5-4-3-2, sehingga didapat total waktu sebesar 232.08 menit.

#### 3. Iterasi 3

Berikut tabel waktu pertama dan kedua iterasi 3, pada Tabel 3.5:

**Tabel 3.5** Iterasi ketiga 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	2846.28	1334.04	2846.48	1334.18
2	3422.39	1364.88	3422.59	1365.07
3	3918.96	1420.08	3919.16	1420.22
4	3991.08	1480.08	3991.16	1480.25
5	4414.92	1559.15	4415.14	1559.39
Total	18593.63	7158.23	18594.54	7159.12

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

#### 4. Iterasi 4

Berikut tabel waktu pertama dan kedua iterasi 4, pada Tabel 3.6:

**Tabel 3.6** Iterasi keempat CDS

Job	Total waktu proses (detik)		Total waktu proses (detik) sistem	
	$t^k_{i,1}$	$t^k_{i,2}$	$t^k_{i,1}$	$t^k_{i,2}$
1	4455.96	2943.72	4456.24	2943.94
2	5268.12	3210.6	5268.42	3210.90
3	5773.08	3274.2	5773.30	3274.36
4	5978.28	3467.28	5978.40	3467.48
5	6503.16	3647.4	6503.46	3647.71
Total	27978.6	16543.2	27979.81	16544.39

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

#### 5. Iterasi 5

Berikut tabel waktu pertama dan kedua iterasi 5, pada Tabel 3.7:

**Tabel 3.7** Iterasi kelima CDS

Job	Total waktu proses (detik)		Total waktu proses (detik) sistem	
	$t^k_{i,1}$	$t^k_{i,2}$	$t^k_{i,1}$	$t^k_{i,2}$
1	4594.19	4744.08	4594.49	4744.40
2	5403.36	5127.24	5403.72	5127.64
3	5915.16	5416.32	5915.39	5416.54
4	6125.16	5709.36	6125.33	5709.58
5	6657.12	6035.88	6657.52	6063.30
Total	28694.99	27032.88	28696.44	27061.45

Iterasi kelima didapatkan dari waktu (mesin ke 1 + mesin ke 2 + mesin ke 3 + mesin ke 4 + mesin ke 5) dan waktu (mesin ke 7 + mesin ke 6 + mesin ke 5 + mesin ke 4 + mesin ke 3). Untuk iterasi kelima ( $k=5$ ), urutan yang dihasilkan dari sistem dan perhitungan manual adalah sama, yaitu 1-5-4-3-2, sehingga didapat total waktu sebesar 232.08 menit.

6. Iterasi 6

Berikut tabel waktu pertama dan kedua iterasi 6, pada Tabel 3.8:

**Tabel 3.8** 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.

3.3. Hasil Pengujian

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 3.9** 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

3.4. Hasil Perbandingan

Hasil perbandingan merupakan dimana hasil perhitungan manual dibandingkan dengan hasil yang didapat dari sistem, dari hasil tersebut didapatkan akurasi perhitungan yang dilakukan oleh sistem. Data hasil perbandingan didapat dari total waktu pada setiap iterasi pada mesin pertama dan kedua dari perhitungan manual maupun sistem.

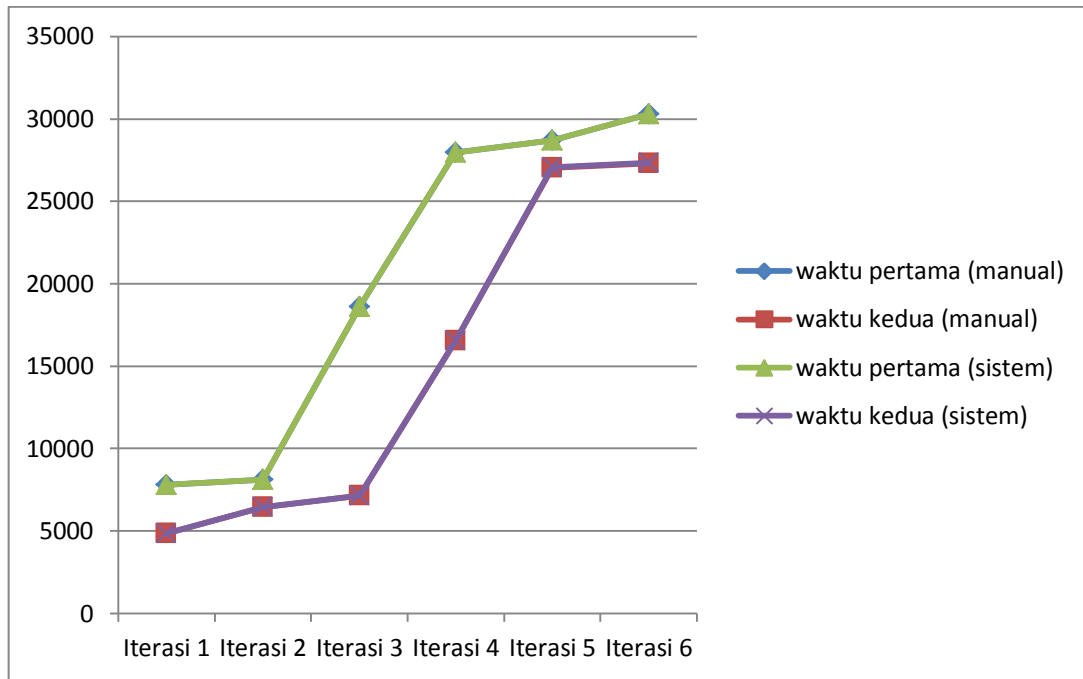
**Tabel 3.10** Hasil perbandingan

Iterasi	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	7817.23	4854.98	7817.23	4854.98
2	8103.95	6441.82	8104.48	6442.49
3	18593.63	7158.23	18594.54	7159.12
4	27978.6	16543.2	27979.81	16544.39
5	28694.99	27032.88	28696.44	27061.45
6	30282.11	27319.9	30283.94	27321.69
total	121470.5	89351.01	121476.4	89384.12

$$\text{perbandingan } t^k_{i,1} = \frac{\text{total } t^k_{i,1} \text{ manual}}{\text{total } t^k_{i,1} \text{ sistem}} \times 100\% = \frac{121470,5}{121476,4} \times 100\% = 99,99\%$$

$$\text{perbandingan } t^k_{i,2} = \frac{\text{total } t^k_{i,2} \text{ manual}}{\text{total } t^k_{i,2} \text{ sistem}} \times 100\% = \frac{121470,5}{121476,4} \times 100\% = 99,96\%$$

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 3.1** Grafik hasil perbandingan

#### IV. SIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1. 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. Perancangan dan pengembangan sistem dilakukan menggunakan perancangan berbasis objek yang menghasilkan 10 kelas yang saling berhubungan dalam *class diagram*, 15 *use case* yang saling terhubung pada *use case diagram*, dan 8 *sequence* yang terdapat pada *sequence diagram*.

##### 4.2. Saran

Pada penelitian yang akan datang disarankan untuk membahas optimasi waktu produksi menggunakan algoritma CDS dengan memperhitungkan waktu jeda antara mesin pertama dan mesin selanjutnya untuk menunjang lebih besarnya akurasi optimasi waktu produksinya.



## V. DAFTAR PUSTAKA

- Annuzzi, J., Darcey, L., & Conder, S. (2014). *Introduction to Android Application Development*. Michigan: Olivia Basegio.
- Christianta, Y., & Sunarni, T. (2012). Usulan Penjadwalan Produksi Dengan Metode Campbell Dudek And Smith. *Semantik 2012*, 30-35.
- Haquey, N., Silalahi, B. P., & Sitanggang, I. S. (2016). Uji Komputasi Varian Metode Newton pada Permasalahan Optimasi Nonlinier Tanpa Kendala. *JMA*, 63-76.
- Harwani, B. M. (2013). *Android Programming Unleashed*. Indianapolis, USA: SAMS.
- Kurnia, Yasra, R., & Afma, V. M. (2013). Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek & Smith Pada Mesin Laser Marking Jenis Evertech Untuk Meminimalisasi Makespan. *Profesiensi*, 93-103.
- Miles, R., & Hamilton, K. (2006). *Learning UML 2.0*. Sebastopol, United States of America: O'Reilly Media.
- Nugroho, A. D., & Ekoanindiyo, F. A. (2017). Penjadwalan Produksi Di PT SAI APPAREL INDUSTRIES Semarang. *Dinamika Teknik*, 40-50.
- Sianturi, A. L. (2012). Optimasi Penjadwalan Karyawan Pengawas Pembangunan Kapal Dengan Menggunakan Algoritma Genetika. *Skripsi*.
- Sonata, F. (2014). Sistem Penjadwalan Mesin Produksi Menggunakan Algoritma Johnson dan Campbell. *Jurnal Buana Informatika*, 173-182.
- 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*.