

OPTIMASI PENJADWALAN *BATCH* PRODUKSI SIRUP MENGGUNAKAN ALGORITMA *CAMPBELL DUDEK AND SMITH* (CDS) UNTUK MEMINIMALKAN *MAKESPAN* DI CV. BUNGA PADI 168

Yohana Dian Putri^{1*}, Fatimah², Annisa Fadillah Annur Siregar³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Jl. Batam, Blang Pulo, Muara Satu, Lhokseumawe Aceh (24352)

e-mail: yohana.dianputri@unimal.ac.id, fatimah@unimal.ac.id, annisaarmy3101@gmail.com

ABSTRAK

CV. Bunga Padi 168 adalah perusahaan manufaktur sirup yang mengalami kendala dalam efisiensi penjadwalan produksi akibat variasi waktu proses pada setiap jenis sirup. Perbedaan tersebut menyebabkan terjadinya hambatan aliran produksi (*bottleneck*) serta waktu menganggur (*idle time*) pada beberapa stasiun kerja. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi penjadwalan *batch* produksi sirup dengan fokus pada upaya meminimalkan *makespan* melalui penerapan algoritma Campbell Dudek and Smith (CDS). Metodologi penelitian meliputi pengukuran waktu kerja aktual, penentuan waktu baku, serta penerapan algoritma CDS dalam menentukan urutan produksi yang paling optimal. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan metode CDS mampu mengurangi total *makespan* dari 1.324,40 menit menjadi 1.105,97 menit, sehingga tercapai penghematan waktu sebesar 281,43 menit atau setara dengan 3,6 jam. Evaluasi kinerja penjadwalan menghasilkan nilai *efficiency index* (EI) sebesar 1,197 dan *relative error* (RE) sebesar 16,49%, yang menandakan bahwa algoritma Campbell Dudek and Smith (CDS) memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan sistem penjadwalan konvensional yang diterapkan perusahaan. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan algoritma CDS efektif dalam meningkatkan efisiensi alur proses produksi. Oleh karena itu, disarankan agar perusahaan mengadopsi metode ini secara konsisten sebagai pendekatan penjadwalan produksi yang lebih terstruktur dan efisien.

Kata kunci: Penjadwalan produksi, algoritma *Campbell Dudek and Smith* (CDS), *Makespan*, Efisiensi

ABSTRACT

CV. Bunga Padi 168 is a syrup manufacturing firm that encounters inefficiencies in production scheduling caused by differing processing times across syrup variants, which result in bottlenecks and periods of idle capacity. This research seeks to enhance batch production scheduling by minimizing the makespan through the application of the Campbell–Dudek–Smith (CDS) algorithm. The research approach involves conducting work time measurements, determining standard processing times, and implementing the CDS algorithm to generate an optimal production sequence. The findings demonstrate that the use of the CDS method reduces the makespan from 1,324.40 minutes to 1,105.97 minutes, yielding a time saving of 281.43 minutes, equivalent to 3.6 hours. Evaluation of scheduling performance shows an efficiency index (EI) value of 1.197 and a relative error (RE) of 16.49%, suggesting that the Campbell–Dudek–Smith (CDS) approach outperforms the company’s existing conventional scheduling system. In conclusion, the CDS algorithm is proven to effectively improve the efficiency of the production flow. Therefore, it is recommended that the company adopt this method on an ongoing basis as a more structured and efficient scheduling strategy.

Keywords: *Production scheduling, Campbell, Dudek, and Smith (CDS) algorithm, Makespan, Efficiency.*

PENDAHULUAN

Optimalisasi penjadwalan produksi merupakan faktor krusial dalam meningkatkan tingkat efisiensi operasional, memperpendek *makespan*, serta memperkuat daya saing pada industri makanan dan minuman. Penerapan algoritma Campbell, Dudek, and Smith (CDS) terbukti mampu menangani permasalahan penjadwalan *batch* secara terstruktur melalui pengurangan waktu menganggur dan peningkatan efektivitas pemanfaatan sumber daya produksi.

Jika diingin[1].

CV. Bunga Padi 168 merupakan perusahaan manufaktur sirup yang memproduksi enam varian rasa melalui tujuh tahapan proses utama, dimulai dari proses filtrasi hingga tahap akhir

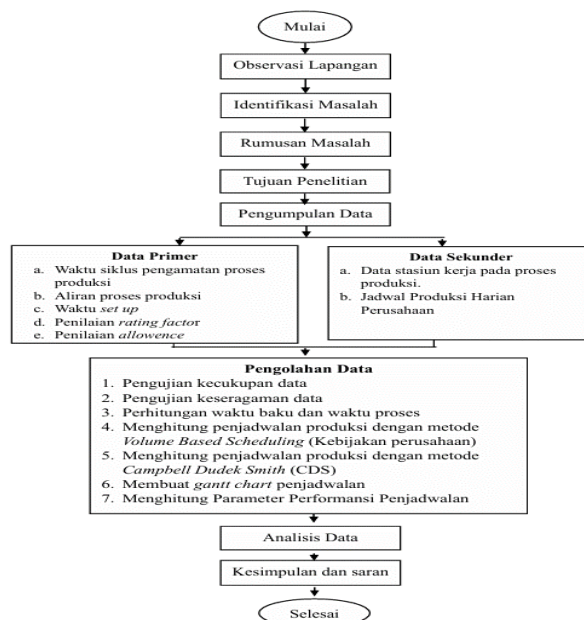
berupa sortasi. Waktu penyelesaian produksi rata-rata tercatat sebesar 431,73 menit untuk setiap batch, dengan perbedaan waktu yang cukup signifikan antarproduk akibat variasi karakteristik bahan baku dan volume produksi. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan ketidakseimbangan aliran proses, munculnya bottleneck, serta terjadinya waktu menganggur (idle time), khususnya pada stasiun pendinginan. Kapasitas fasilitas pendinginan yang hanya mampu menampung 16 drum dari total kebutuhan produksi harian sebanyak 18 drum mengharuskan dua drum diproses menggunakan tungku pemasakan, sehingga memperlambat tahapan produksi selanjutnya. Selain itu, proses penuangan dan pelabelan juga sering mengalami keterlambatan yang disebabkan oleh perbedaan volume pada setiap batch produksi. Penerapan sistem produksi flow shop pada perusahaan ini menuntut adanya penjadwalan yang lebih efektif agar sumber daya dapat dimanfaatkan secara optimal dan target produksi dapat tercapai. Namun demikian, sistem penjadwalan konvensional yang selama ini diterapkan masih berorientasi pada volume produksi semata, tanpa mempertimbangkan variasi waktu proses serta keterbatasan kapasitas secara komprehensif.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan urutan penjadwalan batch produksi sirup yang paling optimal di CV. Bunga Padi 168 dengan menerapkan algoritma Campbell, Dudek, and Smith (CDS). Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis perbedaan nilai makespan antara penjadwalan produksi menggunakan algoritma CDS dan metode penjadwalan konvensional yang saat ini digunakan oleh perusahaan.

Penjadwalan dapat diartikan sebagai kegiatan menentukan urutan pelaksanaan proses produksi pada mesin tertentu dengan memperhatikan hubungan antaroperasi, durasi proses, serta fasilitas pendukung yang digunakan [2]. Kemampuan dalam menyusun jadwal kerja secara efektif memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan kinerja dan efisiensi sistem produksi [3]. Optimasi penjadwalan bertujuan untuk mengatur waktu penyelesaian setiap pekerjaan sehingga diperoleh hasil yang optimal, khususnya melalui pemilihan urutan kerja yang mampu meminimalkan total waktu produksi [4]. Tingkat efisiensi suatu penjadwalan umumnya dievaluasi menggunakan indikator makespan (Ms) [5], yaitu total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh rangkaian proses produksi, di mana nilai makespan yang lebih kecil menunjukkan jadwal yang lebih efektif [6]. Salah satu pendekatan penjadwalan yang banyak diterapkan dalam sistem manufaktur adalah flow shop, yaitu kondisi ketika sejumlah pekerjaan diproses secara berurutan melalui mesin atau stasiun kerja yang sama [7]. Pada sistem batch flow shop, pekerjaan dikelompokkan ke dalam beberapa batch dan diproses dengan urutan yang seragam dari tahap awal hingga tahap akhir, sehingga mempermudah pengendalian mutu serta penyesuaian terhadap variasi produk [8]. Algoritma Campbell, Dudek, and Smith (CDS) merupakan salah satu metode penjadwalan pada sistem flow shop yang digunakan untuk menentukan urutan pekerjaan terbaik dengan tujuan utama meminimalkan makespan dan meningkatkan efisiensi produksi secara keseluruhan [9]. Untuk menentukan metode penjadwalan yang paling sesuai diterapkan di perusahaan, diperlukan parameter performansi sebagai alat evaluasi. Kurniawan dan Suseno menyatakan bahwa parameter yang umum digunakan meliputi Efficiency Index (EI), yaitu rasio perbandingan antara metode usulan dan metode yang sedang diterapkan [10][11], serta Relative Error (RE), yang menggambarkan tingkat perbedaan nilai makespan antara kedua metode penjadwalan tersebut [12].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di CV. Bunga padi 168 yang bergerak di bidang produksi sirup yang berlokasi di Desa Lipah Cut, Kec. Jeumpa, Kab. Bireun. data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Teknik pengumpulan datanya dilakukan dengan obsevasi, wawancara, dan studi literatur. Metodologi penelitian yang dilakukan dapat dilihat seperti pada Gambar 1 dibawah.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Naskah Metode analisis data yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengujian kecukupan data

Adapun tahapan dalam pengukuran waktu kerja adalah sebagai berikut:

a. Pengujian kecukupan data

Untuk melakukan pengujian kecukupan data digunakan rumus sebagai berikut:

$$N' = \sqrt{\frac{\frac{k}{s\sqrt{N}} \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}{\Sigma x}} \quad (1)$$

Jika $N' \leq N$, maka data cukup dan jika $N' > N$, maka data tidak cukup.

b. Pengujian keseragaman data

Untuk melakukan pengujian keseragaman data digunakan rumus sebagai berikut:

1) Rata-rata setiap data pengamatan

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x_i}{n} \quad (2)$$

2) Standar Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (3)$$

3) Batas kontrol atas

$$BKA = \bar{x} + k.\sigma \quad (4)$$

4) Batas kontrol bawah

$$BKB = \bar{x} - k.\sigma \quad (5)$$

c. Perhitungan waktu baku

Adapun tahapan dalam melakukan perhitungan waktu baku adalah sebagai berikut:

- 1) Menghitung waktu siklus rata-rata

$$W_{siklus} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (6)$$

- 2) Menghitung waktu normal

$$W_{normal} = W_{siklus} \times P \quad (7)$$

- 3) Menghitung waktu baku

$$W_b = W_n \frac{100\%}{100\% - allowance} \quad (8)$$

2. Menghitung Penjadwalan Produksi Dengan Metode *Volume Based Scheduling* (Kebijakan Perusahaan)

- a. Penjadwalan dengan aturan *Volume Based Scheduling* yaitu penjadwalan produksi berdasarkan jumlah atau volume produk yang akan diproses.
- b. Setelah diurutkan kemudian dilakukan perhitungan waktu penyelesaian masing-masing Job serta dihitung *makespan* nya.

3. Menghitung Penjadwalan Produksi Dengan Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS)

- a. Ambil urutan pertama ($k = 1$). Untuk seluruh tugas yang ada, carilah $(t_{i,1}^k)$ dan $(t_{i,2}^k)$ yang minimum, yang merupakan waktu proses pada mesin pertama dari kedua.
- b. Jika waktu minimum didapat pada mesin pertama $(t_{i,1}^k)$, selanjutnya tempatkan tugas tersebut pada urutan awal. Bila waktu minimumnya disapat pada mesin kedua $(t_{i,2}^k)$, tempatkan tugas tersebut pada urutan terakhir.
- c. 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 ($m-1$), berarti pengurutan telah selesai.

4. Memvisualisasi solusi penjadwalan dengan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) melalui *diagram Gantt* untuk mempermudah pemahaman urutan dan durasi proses produksi tiap Job.

5. Menghitung parameter performance penjadwalan.

$$EI = \frac{Makespan \text{ Perusahaan}}{Makespan \text{ alternatif}} \quad (9)$$

$$RE = \left| \frac{Makespan \text{ alternatif (CDS)} - Makespan \text{ Perusahaan}}{Makespan \text{ alternatif}} \right| \times 100\% \quad (10)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa stasiun kerja dan jadwal produksi harian perusahaan, serta data primer berupa waktu set up, waktu proses, rating factor, dan allowance. Data tersebut diuji dengan uji keseragaman, uji kecukupan, perhitungan waktu normal dan waktu baku, kemudian dilakukan penjadwalan produksi metode perusahaan serta perhitungan makespan menggunakan metode Campbell, Dudek, and Smith (CDS).

Uji Kecukupan

Hasil pengukuran waktu kerja pada setiap stasiun produksi sirup dianalisis dengan uji kecukupan data untuk memastikan konsistensi. Pengamatan awal dilakukan sebanyak $N = 10$ dengan tingkat ketelitian 5% dan tingkat kepercayaan 95% ($s = 0,05$; $k = 1,96$). Adapun rekapitulasi uji Kecukupan data dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Produksi Sirup

No	Jenis Produk (Job)	Hasil Perhitungan Kecukupan Data						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	Sirup Merah	0,00	0,56	0,62	0,00	0,44	0,14	0,45
2	Sirup Melon	0,00	1,66	1,49	0,00	1,24	0,60	1,84
3	Sirup Leci	0,00	1,20	2,52	0,00	4,18	0,47	0,82
4	Sirup Anggur	0,00	1,24	2,52	0,00	1,04	0,58	2,19
5	Sirup Jeruk	0,00	0,34	0,94	0,00	0,94	1,41	2,41
6	Sirup Bluberry	0,00	0,77	0,65	0,00	0,71	1,55	2,14
		Cukup	Cukup	Cukup	Cukup	Cukup	Cukup	Cukup

Uji Keseragaman

Uji keseragaman data dilakukan untuk memastikan data berada dalam batas kontrol atas (BKA) dan bawah (BKB) dengan tingkat keyakinan 95% dan ketelitian 5%. Adapun rekapitulasi uji Keseragaman data dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Uji Keseragaman Data Produksi Sirup

No	Jenis Sirup	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Keseragaman
1	Sirup Merah	0	0,79	0,63	0	0,7	0,56	0,81	S
2	Sirup Melon	0	1,41	0,67	0	0,7	0,82	0,97	S
3	Sirup Leci	0	1,2	0,7	0	0,79	0,47	0,47	S
4	Sirup Anggur	0	1,21	1,36	0	0,83	0,49	0,7	S
5	Sirup Jeruk	0	0,63	1,11	0	0,78	0,76	0,72	S
6	Sirup Bluberry	0	0,96	0,9	0	0,69	0,8	0,72	S

Waktu Siklus

Waktu siklus merupakan yang diperoleh dari waktu penyelesaian produksi yang telah lulus uji keseragaman dan kecukupan data [13]. Berikut ini merupakan waktu siklus yang digunakan untuk setiap job yang tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil perhitungan waktu siklus rata-rata

No.	jenis produk (Job)	Waktu siklus rata-rata (Menit)						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	sirup merah	60	39,55	29,93	240	39,1	60,7	45,16
2	sirup melon	40	40,67	20,44	240	23,34	39,15	26,55
3	sirup leci	30	40,71	16,31	240	14,38	23,76	17,79
4	sirup anggur	30	40,6	31,91	240	30,2	23,82	17,52
5	sirup jeruk	30	40,38	42,68	240	30,05	23,86	17,22
6	sirup bluberry	30	40,43	41,56	240	30,37	24,01	18,24

Waktu Normal

Waktu normal adalah waktu penyelesaian pekerjaan yang diselesaikan oleh pekerja dalam kondisi wajar dan kemampuan rata [14]. Berikut ini merupakan waktu normal untuk masing-masing job di setiap mesin, tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil perhitungan waktu normal

No.	jenis produk (Job)	Waktu normal (Menit)						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	sirup merah	60	39,55	34,12	240	43,4	68,59	50,13
2	sirup melon	40	40,67	23,3	240	25,9	44,24	29,47
3	sirup leci	30	40,71	18,59	240	15,96	26,85	19,75

4	sirup anggur	30	40,6	36,38	240	33,52	26,92	19,44
5	sirup jeruk	30	40,38	48,65	240	33,35	26,96	19,12
6	sirup bluberry	30	40,43	47,37	240	33,72	27,13	20,24

Waktu Baku

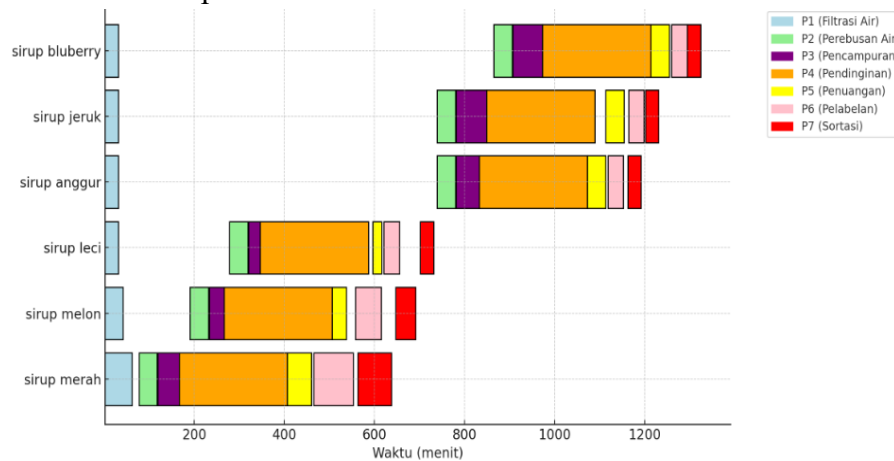
Waktu baku adalah waktu yang digunakan untuk menyelesaikan suatu siklus pekerjaan berdasarkan metode pengukuran kerja dengan memperhatikan rating factor dan allowance factor dengan tingkat kecepatan kerja normal [15]. Waktu baku inilah yang kemudian diolah dan dijadikan dasar dalam menyusun penjadwalan produksi yang lebih efektif dengan menerapkan algoritma Campbell, Dudek, and Smith (CDS). Berikut ini waktu baku untuk masing-masing job di tiap mesin, tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi hasil perhitungan waktu baku

No.	jenis produk (Job)	Waktu baku (Menit)						
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
1	sirup merah	60,00	39,55	47,39	240	52,93	87,94	74,82
2	sirup melon	40,00	40,67	32,36	240	31,59	56,72	43,98
3	sirup leci	30,00	40,71	25,82	240	19,46	34,42	29,48
4	sirup anggur	30,00	40,60	50,53	240	40,88	34,51	29,02
5	sirup jeruk	30,00	40,38	67,58	240	40,67	34,56	28,53
6	sirup bluberry	30,00	40,43	65,80	240	41,12	34,78	30,22

Penjadwalan Produksi Perusahaan

Perusahaan menggunakan metode penjadwalan konvensional volume based scheduling, yaitu memprioritaskan batch dengan volume terbesar, dengan urutan produksi: merah, melon, leci, anggur, jeruk, dan blueberry. diketahui bahwa waktu penyelesaian total (makespan) dengan metode perusahaan terdapat pada mesin terakhir, yaitu 1324,40 menit. Penjadwalan tersebut ditampilkan pada Gantt chart pada Gambar 2.



Gambar 2. Gantt Chart Penjadwalan Perusahaan

Perhitungan Cambell Dudek and Smith (CDS)

Perusahaan memiliki 7 tahapan proses produksi dengan 6 jenis sirup. Penentuan urutan produksi optimal dilakukan dengan metode Campbell Dudek Smith (CDS) yang menyederhanakan 7 mesin menjadi 2 kelompok waktu, yaitu total waktu mesin pertama dan mesin terakhir. Tentukan jumlah iterasi, yaitu jumlah mesin $7-1 = 6$. Dengan demikian banyaknya kombinasi urutan job atau

iterasi yang dilakukan sebanyak 6 kali iterasi. Sehingga urutan perhitungan iterasi disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Urutan Perhitungan Iterasi

K	$t_{i,1}^k$ (Total Waktu Mesin Pertama)	$t_{i,2}^k$ (Total Waktu Mesin Kedua)
1	P1	P7
2	P1 + P2	P7 + P6
3	P1 + P2 + P3	P7 + P6 + P5
4	P1 + P2 + P3+ P4	P7 + P6 + P5 + P4
5	P1 + P2 + P3+ P4 + P5	P7 + P6 + P5 + P4 + P3
6	P1 + P2 + P3+ P4 + P5 + P6	P7 + P6 + P5 + P4 + P3 + P2

1. Iterasi 1

Berdasarkan data penunjang pada tabel 5, iterasi pertama yaitu membandingkan antara waktu proses produksi pada $t_{i,1}^k = P1$ dan $t_{i,2}^k = P7$. Berikut merupakan iterasi pertama (k=1) pada penjadwalan metode CDS (*Campbell Dudek and Smith*) disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Iterasi 1

Job	$t_{i,1}^k$	$t_{i,2}^k$
1	60,00	74,82
2	40,00	43,98
3	30,00	29,48
4	30,00	29,02
5	30,00	28,53
6	30,00	30,22

Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa urutan pengerjaan job dari yang terkecil ke terbesar adalah *Job 6–Job 2–Job 1–Job 3–Job 4–Job 5* dengan makespan sebesar 1.177,05 menit.

2. Iterasi 2

Berdasarkan data penunjang pada tabel 5, iterasi kedua yaitu membandingkan antara waktu proses produksi pada $t_{i,1}^k = P1 + P2$ dan $t_{i,2}^k = P7 + P6$. Berikut merupakan iterasi kedua (k=2) pada penjadwalan metode CDS (*Campbell Dudek and Smith*) disajikan pada tabel 8.

Tabel 8. Iterasi 2

Job	$t_{i,1}^k$	$t_{i,2}^k$
1	99,55	162,76
2	80,67	100,70
3	70,71	63,90
4	70,60	63,53
5	70,38	63,09
6	70,43	65,00

Berdasarkan Tabel 8 diketahui bahwa urutan pengerjaan job dari yang terkecil ke terbesar adalah *Job 2 – Job 1 – Job 6 – Job 3 – Job 4 – Job 5* dengan makespan sebesar 1.105,97 menit.

3. Iterasi 3

Berdasarkan data penunjang pada tabel 5, iterasi ketiga yaitu membandingkan antara waktu proses produksi pada $t_{i,1}^k = P1 + P2 + P3$ dan $t_{i,2}^k = P7 + P6 + P5$. Berikut merupakan iterasi

ketiga (k=3) pada penjadwalan metode CDS (*Campbell Dudek and Smith*) disajikan pada tabel 9.

Tabel 9. Iterasi 3

<i>Job</i>	$t_{i,1}^k$	$t_{i,2}^k$
1	146,94	215,69
2	113,03	132,29
3	96,53	83,36
4	121,13	104,41
5	137,96	103,76
6	136,23	106,12

Berdasarkan Tabel 9 diketahui bahwa urutan pengerjaan job dari yang terkecil ke terbesar adalah *Job 2 – Job 1 – Job 6 – Job 4 – Job 5 – Job 3* dengan makespan sebesar 1.112,29 menit.

4. Iterasi 4

Berdasarkan data penunjang pada tabel 5, iterasi keempat yaitu membandingkan antara waktu proses produksi pada $t_{i,1}^k = P1 + P2 + P3 + P4$ dan $t_{i,2}^k = P7 + P6 + P5 + P4$. Berikut merupakan iterasi keempat (k=4) pada penjadwalan metode CDS (*Campbell Dudek and Smith*) disajikan pada tabel 10.

Tabel 10. Iterasi 4

<i>Job</i>	$t_{i,1}^k$	$t_{i,2}^k$
1	386,94	455,69
2	353,03	372,29
3	336,53	323,36
4	361,13	344,41
5	377,96	343,76
6	376,23	346,12

Berdasarkan Tabel 10 diketahui bahwa urutan pengerjaan job dari yang terkecil ke terbesar adalah *Job 2 – Job 1 – Job 6 – Job 4 – Job 5 – Job 3* dengan makespan sebesar 1.112,29 menit.

5. Iterasi 5

Berdasarkan data penunjang pada tabel 5, iterasi kelima yaitu membandingkan antara waktu proses produksi pada $t_{i,1}^k = P1 + P2 + P3 + P4 + P5$ dan $t_{i,2}^k = P7 + P6 + P5 + P4 + P3$. Berikut merupakan iterasi kelima (k=5) pada penjadwalan metode CDS (*Campbell Dudek and Smith*) disajikan pada tabel 11.

Tabel 11. Iterasi 5

<i>Job</i>	$t_{i,1}^k$	$t_{i,2}^k$
1	439,87	503,08
2	384,62	404,65
3	355,99	349,18
4	402,01	394,94
5	418,63	411,34
6	417,35	411,92

Berdasarkan Tabel 11 diketahui bahwa urutan pengerjaan job dari yang terkecil ke terbesar adalah *Job 2 – Job 1 – Job 6 – Job 5 – Job 4 – Job 3* dengan makespan sebesar 1.150,28 menit.

6. Iterasi 6

Berdasarkan data penunjang pada tabel 5, iterasi keenam yaitu membandingkan antara waktu proses produksi pada $t_{i,1}^k = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6$ dan $t_{i,2}^k = P7 + P6 + P5 + P4 + P3 + P2$. Berikut merupakan iterasi keenam (k=6) pada penjadwalan metode CDS (*Campbell Dudek and Smith*) disajikan pada tabel 12.

Tabel 12. Iterasi 6

<i>Job</i>	$t_{i,1}^k$	$t_{i,2}^k$
1	527,81	542,63
2	441,34	445,32
3	390,41	389,89
4	436,52	435,54
5	453,19	451,72
6	452,13	452,35

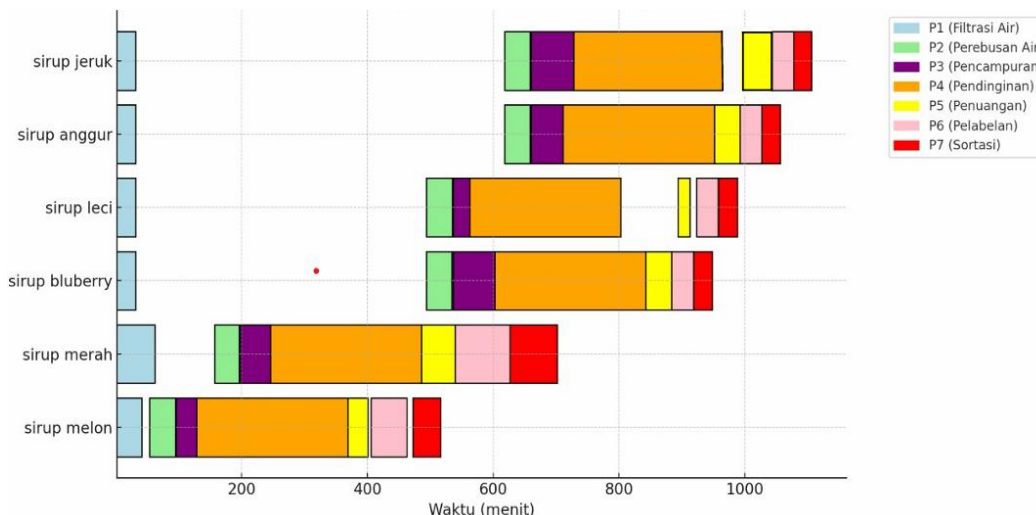
Berdasarkan Tabel 12 diketahui bahwa urutan pengerjaan job dari yang terkecil ke terbesar adalah *Job 2 – Job 6 – Job 1 – Job 5 – Job 4 – Job 3* dengan makespan sebesar 1.395,12 menit.

Rekapitulasi Urutan dan Nilai *Makespan* Metode *Campbell, Dudek, and Smith* (CDS). Berikut ini rekapitulasi urutan dan hasil nilai *Makespan* pada setiap iterasi yang dihasilkan dengan menggunakan metode CDS disajikan pada tabel 13.

Tabel 13. Rekapitulasi hasil Iterasi *Campbell Dudek and Smith* (CDS)

Iterasi	Urutan <i>Job</i>	Urutan Sirup	<i>Makespan</i> (Menit)
1	6 – 2 – 1 – 3 – 4 – 5	blueberry – melon – merah – leci – anggur – jeruk	1.177,05
2	2 – 1 – 6 – 3 – 4 – 5	melon – merah – blueberry – leci – anggur – jeruk	1.105,97
3	2 – 1 – 6 – 4 – 5 – 3	nelon – merah – blueberry – anggur – jeruk – leci	1.112,29
4	2 – 1 – 6 – 4 – 5 – 3	nelon – merah – blueberry – anggur – jeruk – leci	1.112,29
5	2 – 1 – 6 – 5 – 4 – 3	melon – merah – blueberry – jeruk – anggur – leci	1.150,28
6	2 – 6 – 1 – 5 – 4 – 3	melon – blueberry – merah – jeruk – anggur – leci	1.395,12

Berdasarkan Tabel 13, metode *Campbell Dudek and Smith* (CDS) menghasilkan enam iterasi dengan nilai *makespan* berbeda. Iterasi ke-2, dengan urutan produksi melon – merah – blueberry – leci – anggur – jeruk, memberikan *makespan* terendah yaitu 1.105,97 menit, sehingga dipilih sebagai usulan penjadwalan produksi. Adapun penjadwalan usulan dapat di lihat pada diagram gantt chart pada Gambar 3.



Gambar 3. Gantt Chart Penjadwalan Produksi Usulan

Parameter Performasi Penjadwalan

Efficiency Index (EI) merupakan perhitungan yang membandingkan antara makespan perusahaan dengan makespan alternatif. EI dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$EI = \frac{\text{Makespan perusahaan}}{\text{Makespan alternatif}}$$

$$EI = \frac{1.324,40}{1.105,97}$$

$$EI = 1,197$$

Jika nilai $EI < 1$, metode perusahaan lebih efektif dibandingkan metode alternatif (Campbell Dudek Smith). Sebaliknya, jika $EI > 1$, metode alternatif lebih efektif, dan jika $EI = 1$, keduanya sama efektif. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai EI sebesar 1,197 menunjukkan bahwa metode CDS lebih efektif daripada metode perusahaan, sesuai dengan hipotesis awal bahwa CDS merupakan metode penjadwalan yang lebih baik.

Relative Error (RE) untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan hasil akhir dari dua metode yang dibandingkan. Adapun Perhitungan relative error (RE) sebagai berikut:

$$RE = \left| \frac{\text{Makespan alternatif (CDS)} - \text{Makespan Perusahaan}}{\text{Makespan alternatif}} \right| \times 100\%$$

$$RE = \left| \frac{1324,40 - 1.105,97}{1324,40} \right| \times 100\%$$

$$RE = 16,49 \%$$

Hasil perhitungan relative error (RE) menunjukkan bahwa perbedaan makespan antara metode Campbell Dudek Smith (CDS) dan metode perusahaan adalah 16,49%, dengan selisih waktu sebesar 218,43 menit atau sekitar 3,6 jam.

KESIMPULAN

Urutan penjadwalan produksi batch sirup yang optimal di CV. Bunga Padi 168 berdasarkan Algoritma Campbell Dudek and Smith (CDS) adalah sirup melon, sirup merah, sirup blueberry, sirup leci, sirup anggur, dan sirup jeruk. Urutan ini diperoleh dari hasil perhitungan yang mempertimbangkan efisiensi waktu proses di setiap stasiun kerja, sehingga mampu meminimalkan

makespan produksi. Perbedaan makespan antara metode CDS dan metode penjadwalan konvensional perusahaan adalah 218,43 menit atau 3,6 jam. Metode CDS menghasilkan makespan 1.105,97 menit, sedangkan metode perusahaan 1.324,40 menit. Dengan demikian, metode CDS mampu mengurangi makespan sebesar 16,49% dan memiliki nilai Efficiency Index (EI) sebesar 1,197, yang menunjukkan bahwa metode ini lebih efektif dalam meningkatkan efisiensi penjadwalan produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Mashuri, A. H. Mujiyanto, H. Sucipto, and R. Y. Arsam, "Penerapan Algoritma Campbell Dudek Smith (CDS) untuk Optimasi Waktu Produksi Pada Penjadwalan Produksi," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, vol. 10, no. 2, pp. 131–136, 2020, doi: 10.21456/vol10iss2pp131-136.
- [2] T. Anggara, P. Pratikto, and A. A. Sonief, "Penjadwalan Perawatan dengan Metode Campbell Dudel Smith (CDS) untuk Meningkatkan Produksi Mesin Recycle Waste Tembakau," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 105–115, 2020, doi: 10.21776/ub.jrm.2020.011.01.12.
- [3] F. F. Firdaus and B. Prasetyo, "Analisis Efektivitas dan Efisiensi Manajemen Produksi Ranusa Food," *PENG: Jurnal Ekonomi dan Manajemen*, vol. 2, no. 2, pp. 3603–3622, 2025.
- [4] W. Rasdorf, C. Frey, P. Lewis, K. Kim, S.-H. Pang, and S. Abolhassani, "Sistem Penjadwalan Produksi Makanan Sei Menggunakan Algoritma Round Robin di CV Gyumbox," *E-Prosiding Teknik Informatika (PROTEKTIF)*, vol. 2, no. 1, pp. 342–347, 2021.
- [5] A. O. Putri, "Optimasi Multi-obyektif NSGA-II Pada Penjadwalan Produksi untuk Minimalisasi Makespan dan Biaya Keterlambatan," Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia, 2024.
- [6] M. F. Firdaus, A. N. Amalia, and A. Widarman, "Penjadwalan Produksi Label Menggunakan Metode Palmer untuk Meminimasi Makespan di CV. PQR," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 7, no. 3, pp. 1641–1649, 2024, doi: 10.31004/jutin.v7i3.30829.
- [7] D. A. Hernanda and N. L. P. Hariastuti, "Usulan Penjadwalan Produksi Pada Departemen Produksi PT. Preshion Engineering Plastec," in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, Nov. 2022.
- [8] R. Yusriski, A. R. K. Nasution, L. Lukas, L. Wijayanti, and S. Octaviani, "Two-Machine Flow Shop Batch Scheduling Model to Minimize Total Actual Flow Time," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 25, no. 2, pp. 179–194, 2023, doi: 10.9744/jti.25.2.179-194.
- [9] Anita, "Perbaikan Penjadwalan Dengan Algoritma Campbell Dudek Smith (CDS) Guna Mendapatkan Nilai Makespan Terkecil," *Jurnal Ilmiah Teknik*, vol. 1, no. 2, pp. 165–174, 2022, doi: 10.56127/juit.v1i2.221.
- [10] N. Kurniawan and S. Suseno, "Optimasi Sistem Penjadwalan Produksi Dengan Metode Nawaz Ensore Ham (NEH) Pada PT Sinar Semesta," *Jurnal Inovasi dan Kreativitas (JIKA)*, vol. 3, no. 1, pp. 24–33, 2023, doi: 10.30656/jika.v3i1.6001.
- [11] B. D. Anfari, M. Azalia, and N. N. Azmi, "Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Algoritma Non Delay untuk Meminimasi Makespan," in *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, vol. 6, no. 1, pp. 163–170, Oct. 2023.

- [12] A. Jinawi, B. Santoso, and T. Safirin, “Penjadwalan Flow Shop Menggunakan Pendekatan Cross Entropy–Genetic Algorithm untuk Meminimasi Makespan di PT. XYZ,” *Tekmapro*, vol. 17, no. 1, 2022.
- [13] N. Yudisha, “Perhitungan waktu baku menggunakan metode Jam Henti pada proses Bottling,” *Jurnal Vorteks*, vol. 2, no. 2, pp. 85–90, 2021.
- [14] M. Nevenda and L. M. C. Wulandari, “Analisis Perhitungan Waktu Standart Untuk Menentukan Jumlah Tenaga Kerja Optimal Pada Proses Produksi PT. NRZ Prima Gasket,” *SATUKATA: Jurnal Sains, Teknik, dan Studi Kemasyarakatan*, vol. 1, no. 5, pp. 211–222, 2023.
- [15] W. R. Utami, O. Novareza, and D. H. Sulistyarini, “Pengembangan Pedoman Perhitungan Waktu Baku pada Proses Pembuatan Spray Dryer di CV Inovasi Anak Negeri,” *Jurnal Rekayasa Sistem dan Manajemen Industri*, vol. 2, no. 12, pp. 1361–1386, 2024.