

ANALISIS PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE CAMPBELL DUDEK SMITH DAN DANNENBRING DALAM MEMINIMUMKAN TOTAL WAKTU PRODUKSI BERAS

Ni Kadek Desi Puja Antari^{1§}, Luh Putu Ida Harini², Ni Ketut Tari Tastrawati³

¹Program Studi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: desipuja12@gmail.com]

²Program Studi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: ballidah@unud.ac.id]

³Program Studi Matematika, Fakultas MIPA – Universitas Udayana [Email: tastrawati@unud.ac.id]

[§]Corresponding Author

ABSTRACT

The increasing needs for basic materials has resulted in an increased production process of basic materials in a company. CV. Puspa is a manufacturing company engaged in the production of rice, on the production process, CV. Puspa often has a buildup of work so that it requires an alternative production scheduling optimally. This research was conducted to minimize the total time of completion using the Campbell Dudek Smith and Dannenbring method in determining efficient production scheduling. Based on the scheduling sequence obtained, the calculation results of the total completion time using the Campbell Dudek Smith method are less than or equal to the results of calculation using the Dannenbring method. So the Campbell Dudek Smith method is more efficient than the Dannenbring method to be applied to CV. Puspa.

Keywords: Production Scheduling, Campbell Dudek Smith Method, Dannenbring Method, Minimum Total Turnaround Time, Rice Production.

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan bahan pokok mengakibatkan adanya peningkatan produktivitas dalam proses produksi bahan pokok pada suatu perusahaan. Untuk memperoleh hasil yang optimum dalam setiap aktivitas produksi, perusahaan harus memiliki strategi dan perencanaan yang tepat agar menghasilkan produk dengan tepat waktu. Penjadwalan produksi diperlukan dalam upaya untuk mendapatkan aktivitas yang efisien pada setiap stasiun kerja. Penjadwalan produksi (*production schedule*) adalah suatu tindakan untuk menentukan periode waktu pada setiap pekerjaan dalam proses produksi. Terdapat dua tipe dalam penjadwalan produksi, yaitu tipe penjadwalan *job shop* dan tipe penjadwalan *flow shop* (Madura, 2007).

Beberapa penelitian sebelumnya yang membahas tentang penjadwalan produksi diantaranya adalah penelitian mengenai penjadwalan produksi menggunakan metode *Campbell Dudek Smith*, *Palmer*, dan *Dannenbring* di PT. Loka Refraktor Surabaya,

pada penelitian tersebut metode *Campbell Dudek Smith* dan *Dannenbring* memiliki total waktu penyelesaian produksi lebih efisien dibandingkan dengan metode *Palmer* (Masruroh, 2011). Selain itu, terdapat penelitian yang membahas penjadwalan menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* dan *Palmer* di Astra Konveksi Pontianak, pada penelitian tersebut metode *Campbell Dudek Smith* memiliki total waktu penyelesaian produksi lebih minimal dibandingkan metode *Palmer* (Risa *et al.*, 2015). Kemudian, terdapat penelitian yang membahas penjadwalan menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* di PT. Teluk Luas, pada penelitian tersebut metode *Campbell Dudek Smith* mempunyai total waktu penyelesaian produksi lebih cepat dibandingkan metode yang digunakan oleh perusahaan (Ervil & Nurmayuni, 2018).

Pada penelitian Masruroh (2011) di PT. Loka Refraktor Surabaya yang membandingkan tiga metode, yaitu metode *Campbell Dudek Smith*, *Palmer*, dan *Dannenbring* untuk mengetahui total waktu penyelesaian yang paling efisien dalam

menentukan penjadwalan produksi, menghasilkan dua metode dengan total waktu penyelesaian yang sama, yaitu metode *Campbell Dudek Smith* dan *Dannenbring*. Metode *Campbell Dudek Smith* adalah proses penjadwalan yang dilakukan atas dasar waktu kerja minimum yang memiliki n pekerjaan dan m mesin, namun diformulasikan dengan n pekerjaan yang melalui proses seolah-olah dua mesin dan metode *Dannenbring* adalah metode penjadwalan produksi dengan melibatkan lebih dari dua mesin yang melalui seolah-olah dua mesin, dengan mengurutkan waktu pekerjaan yang minimum sampai dengan yang maksimum pada perhitungan sloponya. Metode-metode ini diterapkan untuk merencanakan penjadwalan produksi tipe *flow shop* dalam meminimumkan total waktu produksi.

CV. Puspa merupakan sebuah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang produksi beras. Aktivitas produksi dari perusahaan tersebut berdasarkan pemesanan (*job order*) sehingga sering kali terjadi penumpukan pekerjaan. Dalam memenuhi permintaan konsumen, diperlukan alternatif penjadwalan produksi secara optimal. Proses produksi beras pada perusahaan ini termasuk ke dalam kriteria penjadwalan produksi tipe *flow shop* dan pada tiga penelitian sebelumnya yang telah dibahas, diketahui bahwa terdapat dua metode yang efisien digunakan. Dengan adanya metode penjadwalan produksi tipe *flow shop* yang efisien, diharapkan dapat mengurangi penumpukan pekerjaan pada proses produksi, mengacu pada hal ini peneliti ingin mengetahui total waktu penyelesaian minimum yang dihasilkan menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* dan *Dannenbring* di CV. Puspa.

Menurut (Herjanto, 2007) penjadwalan merupakan suatu proses pengaturan waktu dari setiap aktivitas yang dilakukan dan tujuan dari penjadwalan adalah untuk meminimumkan waktu proses, waktu menunggu pesanan, tingkat persediaan bahan baku, serta penggunaan fasilitas, pekerja, dan peralatan yang lebih efisien. Dan penjadwalan produksi (*production schedule*) adalah suatu tindakan untuk menentukan periode waktu pada setiap pekerjaan di dalam proses produksi (Madura, 2007:531).

Menurut Risa *et al.* (2015), proses penjadwalan produksi pada metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dilakukan atas dasar waktu yang minimum dalam proses produksi, sehingga dalam masalah ini digunakan n pekerjaan dan m

mesin. Dalam aturan *Jhonson* dapat diformulasikan dengan n pekerjaan yang melalui proses seolah-olah dua mesin dengan k sebagai iterasi. Jika mesin pertama memiliki waktu proses yang minimum maka pekerjaan akan ditempatkan pada urutan penjadwalan yang pertama, namun jika mesin kedua memiliki waktu proses yang minimum maka pekerjaan akan ditempatkan pada urutan penjadwalan ke- n .

Untuk urutan yang pertama *Campbell Dudek Smith* memutuskan bahwa :

- a. Waktu proses pengerjaan suatu pekerjaan ke- i di mesin yang pertama pada iterasi ke-1 diperoleh dengan persamaan :

$$t_{i,1}^k = t_{i,1} \quad (1.1)$$

- b. Waktu proses pengerjaan suatu pekerjaan ke- i di mesin kedua pada iterasi ke-1 diperoleh dengan persamaan :

$$t_{i,2}^k = t_{i,m} \quad (1.2)$$

Kemudian, untuk urutan kedua dirumuskan sebagai berikut :

- a. Waktu proses pengerjaan suatu pekerjaan ke- i di mesin yang pertama pada iterasi ke-2 diperoleh dengan persamaan :

$$t_{i,1}^k = t_{i,1} + t_{i,2} \quad (1.3)$$

- b. Waktu proses pengerjaan suatu pekerjaan ke- i di mesin kedua pada iterasi ke-2 diperoleh dengan persamaan :

$$t_{i,2}^k = t_{i,m} + t_{i,m-1} \quad (1.4)$$

Sedangkan untuk urutan ke- k dirumuskan sebagai berikut :

- a. Waktu proses pengerjaan suatu pekerjaan ke- i di mesin yang pertama pada iterasi ke- k diperoleh dengan persamaan :

$$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \quad (1.5)$$

- b. Waktu proses pengerjaan suatu pekerjaan ke- i di mesin kedua pada iterasi ke- k diperoleh dengan persamaan :

$$t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^k t_{i,j} \quad (1.6)$$

Keterangan :

i = pekerjaan

j = mesin

m = jumlah mesin

$k = \{1,2,3, \dots, (m - 1)\}$

Menurut Rahmani *et al.* (2019), pada tahun 1977 diperkenalkan sebuah metode penjadwalan produksi tipe *flowshop*, metode ini disebut metode *Dannenbring*. Metode *Dannenbring* adalah sebuah metode yang dikembangkan dari algoritma *Johnson*. Metode *Dannenbring* merupakan metode yang memiliki kemampuan untuk memecahkan suatu permasalahan

mengenai penjadwalan produksi yang proses pengerjaannya melibatkan m mesin. Adapun aturan metode *Dannenbring*, yaitu sebagai berikut :

- 1) Menghitung waktu proses pengerjaan untuk mesin yang pertama dengan persamaan :

$$a_i = \sum_{j=1}^m \{m - j + 1\} t_{ij} \quad (1.8)$$

- 2) Menghitung waktu proses pengerjaan untuk mesin yang kedua dengan menggunakan persamaan :

$$b_i = \sum_{j=1}^m j \cdot t_{ij} \quad (1.9)$$

Parameter yang digunakan dalam perhitungan ini adalah berikut :

a_i = waktu proses untuk mesin pertama ($M1$)

b_i = waktu proses untuk mesin kedua ($M2$)

keterangan :

m = jumlah mesin yang digunakan

j = mesin yang digunakan untuk mengerjakan pekerjaan i

t_{ij} = waktu proses untuk pekerjaan ke- i dan mesin ke- j

Dengan melakukan perhitungan menggunakan kedua persamaan tersebut, akan didapatkan waktu proses pengerjaan untuk mesin yang pertama (a_i) dan waktu proses pengerjaan untuk mesin yang kedua (b_i) yang dijadwalkan berdasarkan aturan metode *Dannenbring*, yaitu dengan cara melakukan pencarian lokal (*Local Search*) terhadap data waktu proses pengerjaan pekerjaan ke- i di mesin yang pertama (a_i) dan di mesin kedua (b_i).

Setelah memperoleh urutan penjadwalan, dilakukan perhitungan total waktu penyelesaian pada masing-masing pengurutan dengan menentukan C_{max} , di mana C_{max} adalah waktu penyelesaian pekerjaan terakhir pada mesin terakhir di masing-masing iterasi yang dilakukan dengan rumusan: $t'_{1,1} = t_{1,1}$, $t'_{1,2} = t_{1,1} + t_{1,2}, \dots, t'_{i,m} = t_{1,1} + t_{1,2} + \dots + t_{1,m}$. Kemudian untuk $t'_{2,1} = t_{1,1} + t_{2,1}$, $t'_{2,2} = \max\{t'_{1,2}, t'_{2,1}\} + t_{2,2}$ dan seterusnya.

Pemilihan metode penjadwalan produksi yang efisien dilakukan dengan menentukan total waktu penyelesaian produksi menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* dan metode *Dannenbring* yang paling minimum.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ini adalah di sebuah perusahaan produksi beras, yaitu CV. Puspa yang bertempat di Kecamatan Jembrana.

Sedangkan waktu yang digunakan penulis untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini adalah pada bulan Januari sampai dengan bulan Februari 2021.

2.2 Sumber Data dan Jenis Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa data kuantitatif dengan sumber data yang digunakan yaitu berupa data primer dan data sekunder. Data yang diperlukan adalah berupa data permintaan beras pada bulan Januari 2021, data waktu proses pengerjaan per produksi dari masing-masing mesin, data faktor penyesuaian, dan faktor kelonggaran yang memengaruhi kondisi pekerja. data jumlah mesin, data nama mesin yang digunakan, data kapasitas produksi setiap mesin, dan data jumlah tenaga kerja pada masing-masing mesin.

2.3. Teknik Analisis Data

Langkah-langkah untuk menganalisis data dengan menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* dan *Dannenbring* dalam menentukan total waktu penyelesaian produksi yang minimum, yaitu sebagai berikut:

1. Mendata pertanyaan yang diperlukan untuk memperoleh data di CV. Puspa.
2. Melakukan pengumpulan data dengan cara observasi dan *interview*.
3. Menguji keseragaman data.
4. Menguji kecukupan data.
5. Menghitung waktu siklus.
6. Menghitung waktu normal.
7. Menghitung waktu baku.
8. Menghitung waktu proses pada setiap pekerjaan.
9. Perhitungan dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *Campbell Dudek Smith* dan *Dannenbring*.
10. Melakukan perbandingan untuk menentukan metode mana yang memiliki hasil lebih efisien.
11. Menyimpulkan hasil perhitungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data dimaksudkan untuk memastikan bahwa tidak terdapat data yang menyimpang dari trend rata-ratanya atau data tidak melebihi batas kontrol atas dan batas kontrol bawah. Sebagai ilustrasi perhitungan keseragaman data pada proses produksi jenis

kemasan beras joded 5 kg di mesin ayakan I, yaitu sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \quad (3.1)$$

$$= 0.029 \text{ menit}$$

$$BKA = \bar{X} + (k \cdot \sigma) \quad (3.2)$$

$$= 0.229 + (2 \cdot (0.029))$$

$$= 0.287 \text{ menit}$$

$$BKB = \bar{X} - (k \cdot \sigma) \quad (3.3)$$

$$= 0.229 - (2 \cdot (0.029))$$

$$= 0.171 \text{ menit}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh, tidak ada data yang melebihi BKA dan BKB sehingga data dikatakan seragam.

3.2 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan setelah hasil pengukuran seluruh data dinyatakan seragam. Pada pengujian kecukupan data dilakukan perhitungan terhadap N' , jika uji ini menghasilkan $N' > N$ maka penambahan jumlah pengamatan harus dilakukan untuk mendapatkan tingkat kepercayaan yang diinginkan. Namun jika uji ini menghasilkan $N' \leq N$ maka data dikatakan cukup. Sebagai ilustrasi perhitungan kecukupan data pada proses produksi jenis kemasan beras joded 5 kg di mesin ayakan I, yaitu sebagai berikut :

$$N' = \left\lceil \frac{k/s \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right\rceil \quad (3.4)$$

$$= \lceil 1.897 \rceil$$

Diketahui bahwa $N=10$, sehingga menghasilkan $N' \leq N$ maka data dikatakan sudah cukup.

3.3 Menghitung Waktu Siklus

Waktu siklus diperoleh dari pembagian antara jumlah data waktu per siklus produksi dari sepuluh kali pengamatan yang dilakukan dengan banyaknya data pengamatan yang dilakukan. Sebagai ilustrasi perhitungan waktu siklus pada proses produksi jenis kemasan beras joded 5 kg di mesin ayakan I, yaitu sebagai berikut :

$$W_s = \frac{\sum X_i}{N} \quad (3.5)$$

$$= 0.229 \text{ menit}$$

3.4 Menghitung Waktu Normal

Pada proses produksi kemasan beras joded 5 kg di mesin ayakan I, tenaga kerja bekerja dengan kecepatan normal, sehingga faktor penyesuaian pada pekerjaan tersebut adalah $P = 1 + 0.00 = 1$ atau 100%. Waktu normal didapatkan dari hasil kali antara waktu siklus dengan faktor penyesuaian, yaitu sebagai berikut:

$$W_n = W_s \times P \quad (3.6)$$

$$= 0.229 \times 1$$

$$= 0.229 \text{ menit}$$

3.5 Menghitung Waktu Baku

Di dalam waktu baku, kelonggaran waktu pada proses penyelesaian pekerjaan telah diperhitungkan berdasarkan situasi dan kondisi tenaga kerja saat itu. Pada proses produksi kemasan beras joded 5 kg di mesin ayakan I, dari hasil pengamatan yang dilakukan mengenai penilaian terhadap faktor-faktor kelonggaran memperoleh jumlah persentase kelonggaran sebesar 40%. Menghitung waktu baku untuk elemen kerja kemasan beras joded 5 kg di mesin ayakan I, yaitu sebagai berikut :

$$W_b = W_n \times \frac{100\%}{(100\% - \text{Kelonggaran})} \quad (3.7)$$

$$= 0.229 \times \frac{100\%}{(100\% - 40\%)}$$

$$= 0.382 \text{ menit}$$

3.6 Menghitung Waktu Proses

Perhitungan waktu proses (t_{ij}) untuk permintaan beras jenis kemasan joded 5 kg di mesin ayakan I untuk pesanan tanggal 2 Januari 2021 adalah sebagai berikut :

$$t_{ij} = \frac{W_b \times \text{jumlah permintaan}}{\text{jumlah mesin} \times \text{kapasitas mesin}} \quad (3.8)$$

$$= \frac{0.382 \times 2875}{1 \times 60}$$

$$= 18.304 \text{ menit}$$

Karena data yang dihasilkan dalam satuan menit, selanjutnya data akan dikonversikan ke dalam satuan jam untuk memudahkan pengurutan pada penjadwalan, yaitu sebagai berikut :

$$t_{ij} = \frac{18.304}{60}$$

$$= 0.305 \text{ jam}$$

Tabel 1. Hasil Perhitungan Waktu Proses

Waktu Proses Tanggal 2 Januari 2021 (Jam)							
Pekerjaan	Mesin Ayakan I	Mesin Pecah Kulit	Mesin Ayakan II	Mesin Pole s I	Mesin Pole s II	Mesin Pole s III	Mesin Pengepakan
Beras Joged 5 Kg	0.305	0.413	0.205	0.412	0.414	0.412	2.52
Beras Joged 10 Kg	0.481	0.633	0.31	0.633	0.632	0.634	2.633
Beras Joged 25 Kg	2.759	3.515	1.721	3.518	3.516	3.527	8.546
Beras Polos 24 Kg	0.436	0.554	0.271	0.556	0.556	0.556	1.199
Beras Polos 25 Kg	0.941	1.158	0.562	1.155	1.157	1.156	2.799
Beras Rajawali 5 Kg	0.191	0.252	0.122	0.252	0.251	0.253	1.586
Beras Rajawali 10 Kg	0.176	0.223	0.109	0.224	0.223	0.224	0.948
Beras Rajawali 25 Kg	1.158	1.483	0.72	1.477	1.483	1.484	3.586

3.7 Perhitungan Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith

Pada permasalahan proses produksi beras pada tanggal 2 Januari 2021 di CV. Puspa berdasarkan Tabel 1, terdapat delapan jenis pekerjaan dan tujuh mesin yang bekerja. Banyak iterasi yang dapat diperoleh, yaitu:

$$k = m - 1$$

$$= 6$$

Masalah 7 mesin yang memiliki 8 elemen pekerjaan menghasilkan 6 iterasi dengan $k = 1, 2, 3, \dots, 6$, dengan rumusan masing-masing iterasi secara terinci dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Iterasi Metode Campbell Dudek Smith

(k)	$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^k t_{ij}$ (Waktu Proses Mesin Pertama)	$t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^k t_{ij}$ (Waktu Proses Mesin Kedua)
1	$t_{i,1}$	$t_{i,7}$
2	$t_{i,1} + t_{i,2}$	$t_{i,7} + t_{i,6}$
3	$t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3}$	$t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5}$
4	$t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4}$	$t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5} + t_{i,4}$
5	$t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5}$	$t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5} + t_{i,4} + t_{i,3}$
6	$t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5} + t_{i,6}$	$t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5} + t_{i,4} + t_{i,3} + t_{i,2}$

Langkah selanjutnya adalah memilih nilai minimum dari waktu proses yang ada pada kedua mesin untuk masing-masing iterasi, misalnya jika pekerjaan dengan waktu proses minimum terdapat pada mesin yang pertama ($t_{i,1}^1$) maka pekerjaan akan ditempatkan pada urutan pertama. Akan tetapi, jika pekerjaan dengan waktu proses minimum diperoleh pada

mesin yang kedua ($t_{i,2}^1$) maka pekerjaan ditempatkan pada urutan ke- n .

Setelah memperoleh urutan pekerjaan pada masing-masing iterasi, proses selanjutnya adalah menghitung total waktu penyelesaian pada urutan pekerjaan tersebut (C_{max}), dengan cara : $t_{1,1}^1 = t_{1,1}$, $t_{1,2}^1 = t_{1,1} + t_{1,2}, \dots, t_{1,m}^1 = t_{1,1} + t_{1,2} + \dots + t_{1,m}$. Kemudian, untuk $t_{2,1}^1 = t_{1,1} + t_{2,1}$, $t_{2,2}^1 = \max\{t_{1,2}, t_{2,1}^1\} + t_{2,2}$ dan seterusnya.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Total Waktu Penyelesaian untuk Masing-Masing Iterasi

Iterasi (k)	Urutan Pekerjaan	Makespan (Jam)
1	Rajawali 10 Kg-Rajawali 5 Kg-Joged 5 Kg-Polos 24 Kg-Joged 10 Kg-Polos 25 Kg-Rajawali 25 Kg-Joged 25 Kg	30.79
2	Rajawali 10 Kg-Rajawali 5 Kg-Joged 5 Kg-Polos 24 Kg-Joged 10 Kg-Polos 25 Kg-Rajawali 25 Kg-Joged 25 Kg	30.79
3	Rajawali 10 Kg-Rajawali 5 Kg-Joged 5 Kg-Polos 24 Kg-Joged 10 Kg-Polos 25 Kg-Rajawali 25 Kg-Joged 25 Kg	30.79
4	Rajawali 10 Kg-Rajawali 5 Kg-Joged 5 Kg-Polos 24 Kg-Joged 10 Kg-Polos 25 Kg-Rajawali 25 Kg-Joged 25 Kg	30.79
5	Rajawali 10 Kg-Rajawali 5 Kg-Joged 5 Kg-Polos 24 Kg-Joged 10 Kg-Polos 25 Kg-Rajawali 25 Kg-Joged 25 Kg	30.79
6	Rajawali 10 Kg-Rajawali 5 Kg-Joged 5 Kg-Polos 24 Kg-Joged 10 Kg-Polos 25 Kg-Rajawali 25 Kg-Joged 25 Kg	30.79

Sehingga diperoleh total waktu penyelesaian yang minimum untuk pekerjaan tanggal 2 Januari 2021 dengan delapan jenis pekerjaan yang melalui tujuh mesin yaitu 30.79 jam, dengan urutan pengerjaan produksi beras yaitu Rajawali 10 Kg - Rajawali 5 Kg - Joged 5 Kg - Polos 24 Kg - Joged 10 Kg - Polos 25 Kg - Rajawali 25 Kg - Joged 25 Kg.

3.8 Perhitungan Menggunakan Metode Dannenbring

Setelah melakukan perhitungan dengan menggunakan metode Campbell Dudek Smith, kemudian data waktu proses produksi beras juga diolah dengan menggunakan metode Dannenbring untuk mendapatkan total waktu penyelesaian produksi. Digunakan data waktu proses pada pekerjaan tanggal 2 Januari 2021 yang secara rinci dapat dilihat pada tabel 1. Proses perhitungan dengan menggunakan metode Dannenbring dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menghitung waktu proses pengerjaan seolah-olah untuk mesin yang pertama dengan persamaan (1.8), yaitu :

$$a_i = \sum_{j=1}^m \{m - j + 1\}t_{ij}$$

2. Menghitung waktu proses pengerjaan seolah-olah untuk mesin yang kedua dengan persamaan (1.9), yaitu :

$$b_i = \sum_{j=1}^m j \cdot t_{ij}$$

Hasil perhitungan waktu proses pengerjaan seolah-olah untuk mesin yang pertama dan kedua dibuat dalam tabel untuk memudahkan dalam menentukan urutan penjadwalan.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Waktu Proses Dua Mesin Metode *Dannenbring*

i \ j	Waktu Proses (Jam)	
	a_i	b_i
Joged 5 Kg	11.872	25.576
Joged 10 Kg	17.044	30.604
Joged 25 Kg	89.228	127.59
Polos 24 Kg	13.934	19.09
Polos 25 Kg	29.547	41.877
Rajawali 5 Kg	7.312	15.944
Rajawali 10 Kg	6.076	10.94
Rajawali 25 Kg	37.515	53.613

Penjadwalan dilakukan dengan menggunakan mekanisme *Local Search*. Di mana *Local Search* merupakan metode *heuristic* untuk memecahkan masalah pengoptimalan yang memiliki 6 mekanisme penentuan penjadwalan.

Tabel 5. Hasil Pengurutan dengan Mekanisme *Local Search*

No. Mekanisme	Urutan Pekerjaan
a)	Joged 25 Kg – Rajawali 25 Kg – P olos 25 Kg – Joged 10 Kg – Joged 5 Kg – Polos 24 Kg – Rajawali 5 Kg – Rajawali 10 Kg
b)	Joged 25 Kg – Rajawali 25 Kg – Polos 25 Kg – Joged 10 Kg – Polos 24 Kg – Joged 5 Kg – Rajawali 5 Kg – Rajawali 10 Kg
c)	Rajawali 10 Kg – Joged 5 Kg – Joged 10 Kg – Joged 25 Kg – Rajawali 25 Kg – Polos 25 Kg – Polos 24 Kg – Rajawali 5 Kg
d)	Rajawali 5 Kg – Joged 5 Kg – Polos 25 Kg – Rajawali 25 Kg – Joged 25 Kg – Joged 10 Kg – Polos 24 Kg – Rajawali 10 Kg
e)	Rajawali 10 Kg – Rajawali 5 Kg – Joged 5 Kg – Polos 24 Kg – Joged 10 Kg – Polos 25 Kg – Rajawali 25 Kg – Joged 25 Kg
f)	Rajawali 10 Kg – Rajawali 5 Kg – Polos 24 Kg – Joged 5 Kg – Joged 10 Kg – Polos 25 Kg – Rajawali 25 Kg – Joged 25 Kg

Setelah memperoleh urutan pekerjaan pada masing-masing mekanisme, proses selanjutnya adalah menghitung total waktu penyelesaian pada urutan pekerjaan tersebut (C_{max}), dengan cara : $t'_{1,1} = t_{1,1}$, $t'_{1,2} = t_{1,1} + t_{1,2}, \dots, t'_{1,m} =$

$t_{1,1} + t_{1,2} + \dots, + t_{1,m}$. Kemudian, untuk $t'_{2,1} = t'_{1,1} + t_{2,1}, t'_{2,2} = \max\{t'_{1,2}, t'_{2,1}\} + t_{2,2}$ dan seterusnya.

Tabel 6 Hasil Perhitungan Total Waktu Penyelesaian untuk Masing-Masing Urutan

Mekanisme	Urutan Pekerjaan	Makespan (Jam)
1	Joged 25 Kg – Rajawali 25 Kg – P olos 25 Kg – Joged 10 Kg – Joged 5 Kg – Polos 24 Kg – Rajawali 5 Kg – Rajawali 10 Kg	42.373
2	Joged 25 Kg – Rajawali 25 Kg – Polos 25 Kg – Joged 10 Kg – Polos 24 Kg – Joged 5 Kg – Rajawali 5 Kg – Rajawali 10 Kg	42.373
3	Rajawali 10 Kg – Joged 5 Kg – Joged 10 Kg – Joged 25 Kg – Rajawali 25 Kg – Polos 25 Kg – Polos 24 Kg – Rajawali 5 Kg	37.234
4	Rajawali 5 Kg – Joged 5 Kg – Polos 25 Kg – Rajawali 25 Kg – Joged 25 Kg – Joged 10 Kg – Polos 24 Kg – Rajawali 10 Kg	35.929
5	Rajawali 10 Kg – Rajawali 5 Kg – Joged 5 Kg – Polos 24 Kg – Joged 10 Kg – Polos 25 Kg – Rajawali 25 Kg – Joged 25 Kg	30.79
6	Rajawali 10 Kg – Rajawali 5 Kg – Polos 24 Kg – Joged 5 Kg – Joged 10 Kg – Polos 25 Kg – Rajawali 25 Kg – Joged 25 Kg	30.79

Sehingga diperoleh total waktu penyelesaian yang minimum untuk pekerjaan tanggal 2 Januari 2021 dengan delapan jenis pekerjaan yang melalui tujuh mesin yaitu 30.79 jam, dengan urutan pengerjaan produksi beras menggunakan mekanisme lima dan enam yang pemilihan urutannya dimulai dari urutan pertama sampai dengan urutan ke-8 berdasarkan waktu proses minimum yaitu Rajawali 10 Kg - Rajawali 5 Kg - Joged 5 Kg - Polos 24 Kg - Joged 10 Kg - Polos 25 Kg - Rajawali 25 Kg - Joged 25 Kg dan Rajawali 10 Kg - Rajawali 5 Kg - Polos 24 Kg - Joged 5 Kg - Joged 10 Kg - Polos 25 Kg - Rajawali 25 Kg - Joged 25 Kg.

3.9 Perbandingan Metode *Campbell Dudek Smith* dan Metode *Dannenbring*

Berdasarkan hasil perhitungan pada data permintaan beras tanggal 2 Januari sampai dengan 31 Januari 2021, diperoleh perbandingan total waktu penyelesaian produksi beras dengan menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* dan metode *Dannenbring*, di mana Hasil penjadwalan produksi untuk pekerjaan dalam kurun waktu tanggal 2 Januari sampai 31 Januari 2021 dalam beberapa kasus seperti pekerjaan tanggal 5, 24, dan 31 Januari 2021 diperoleh total waktu penyelesaian pekerjaan minimum

yang dihitung dengan menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* lebih kecil dibandingkan dengan metode *Dannenbring*, dengan perbandingan berikut :

- a. Ditanggal 5 Januari 2021, 28.389 : 28.445
 - b. Ditanggal 24 Januari 2021, 31.259 : 31.307
 - c. Ditanggal 31 Januari 2021, 20.46 : 20.667
- Sedangkan ditanggal yang lain diperoleh total waktu penyelesaian minimum yang bernilai sama.

4 SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan total waktu penyelesaian pekerjaan yang minimum untuk perhitungan tanggal 2 Januari sampai 31 Januari 2021 menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* bernilai lebih kecil atau sama dengan hasil perhitungan menggunakan metode *Dannenbring*, seperti pekerjaan tanggal 5, 24, dan 31 Januari 2021 diperoleh total waktu penyelesaian pekerjaan minimum dengan perbandingan ditanggal 5 Januari 2021 sebesar 28.389 : 28.445, tanggal 24 Januari 2021 sebesar 31.259 : 31.307, dan tanggal 31 Januari 2021 sebesar 20.46 : 20.667. Sedangkan ditanggal yang lain diperoleh total waktu penyelesaian minimum yang bernilai sama. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dalam kasus ini penjadwalan produksi beras di CV. Puspa menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* lebih efisien dibandingkan metode *Dannenbring*.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya terkait penjadwalan produksi yaitu sebagai berikut:

1. Membandingkan hasil perhitungan total waktu penyelesaian produksi menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* dan metode *Dannenbring* dengan melibatkan faktor biaya dan ketidakpastian jumlah permintaan.
2. Membandingkan hasil perhitungan total waktu penyelesaian produksi menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* dengan metode penjadwalan produksi tipe *flow shop* yang lain, seperti metode *Nawaz Enscore Ham (NEH)* atau metode *Heuristic Pour*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ervil, R., & Nurmayuni, D. 2018. Penjadwalan Produksi Dengan Metode Campbell Dudek Smith (CDS) Untuk Meminimumkan Total Waktu Produksi (Makespan). *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, 18(2), 1–5. <https://doi.org/10.36275/stsp.v18i2.118>.
- Herjanto, E. 2007. *Manajemen Operasi, Edisi Ketiga*. Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Madura, J. 2007. *Introduction To Business : Pengantar Bisnis*. 4th ed. Jakarta: Salemba Empat.
- Masruroh, N. 2011. Analisa Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith, Palmer, Dan Dannenbring Di PT. Loka Refraktoris Surabaya. *Jurnal Teknik Industri*, 1(1), 158–171.
- Rahmani, U., Wulan, E. R., & Huda, A. F. 2019. Scheduling of Flowshop Type Production with Dannenbring Method to Obtain Optimal Results with Observing Waiting Time and Weight of Jobs. *Jurnal World Scientific News*, 127(3), 212–224.
- Risa, Helmi & Aritonang, M. 2015. Perbandingan Metode Campbell Dudek and Smith (CDS) dan Palmer dalam Meminimasi Total Waktu Penyelesaian Studi Kasus : Astra Konveksi Pontianak. *Jurnal Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya*, 04(3), 181–190.