

Usulan Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode *Campbell Dudek Smith* Dan *Nawaz Enscore Ham* Untuk Meminimasi *Makespan* Di Pt. X Indonesia

Khairunnisa Putri Fadhilah^{1*}, Fifi HERNI Mustofa¹, Sri Suci Yuniar¹

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung, Jl. PHH. Mustafa 23, Bandung, 40124, Indonesia

Email: khairunnisaputrifadhilah@gmail.com¹

Received 31 01 2023 | Revised 07 02 2023 | Accepted 07 02 2023

ABSTRAK

Sistem penjadwalan pada PT. X saat ini menggunakan metode First Come First Serve (FCFS). PT. X Indonesia terkadang mengalami kesulitan dalam memenuhi permintaan konsumen secara tepat waktu dan terjadinya penumpukan pesanan karena banyak permintaan yang datang di waktu yang bersamaan sehingga perusahaan perlu suatu metode penjadwalan produksi. Tujuan penelitian yaitu memberikan usulan penjadwalan produksi untuk meminimasi makespan dengan menggunakan metode penjadwalan produksi Campbell Dudek Smith (CDS) dan metode Nawaz Enscore Ham (NEH) yang bertujuan menentukan urutan produksi optimal untuk meminimumkan makespan pada perusahaan dengan pola lantai produksi flow shop. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode perusahaan FCFS menghasilkan makespan 4848 menit. Dengan metode usulan yang pertama yaitu CDS, terdapat urutan job dengan total makespan terkecil yaitu sebesar 4740 menit dengan urutan prioritas job 2-1-3-4. Dengan metode usulan yang kedua yaitu NEH, terdapat urutan job dengan total makespan terkecil yaitu sebesar 4698 menit. Dengan urutan job 1-3-4-2. Usulan penjadwalan produksi yang terpilih yaitu metode NEH karena dapat meminimumkan makespan sebesar 150 menit.

Kata Kunci : Penjadwalan Produksi; Makespan; Flow Shop; Campbell Dudek Smith (CDS); Nawaz Enscore Ham (NEH).

ABSTRACT

Scheduling system at PT. X currently uses the First Come First Serve (FCFS) method. PT. X Indonesia sometimes has difficulty fulfilling consumer demands in a timely manner and orders accumulate because many requests come at the same time, so the company needs a production scheduling method. The research objective is to propose a production schedule to minimize makespan using the Campbell Dudek Smith (CDS) production scheduling method and the Nawaz Enscore Ham (NEH) method, which aims to determine the optimal production order to minimize makespan in companies with a flow shop production floor pattern. Based on the results of calculations using the FCFS company method, it produces a makespan of 4848 minutes. With the first proposed method, namely CDS, there is a job sequence with the smallest total makespan of 4740 minutes with job priority order 2-1-3-4. With the second proposed method, namely NEH, there is a job sequence with the smallest total makespan of 4698 minutes. With the order job 1-3-4-2. The selected production scheduling proposal is the NEH method because it can minimize makespan by 150 minutes.

Keyword : Production Scheduling; Makespan; Flow Shop; Campbell Dudek Smith (CDS); Nawaz Enscore Ham (NEH).

1. PENDAHULUAN

PT. X Indonesia merupakan salah satu perusahaan manufaktur di daerah Bandung yang berdiri sejak tahun 1999 yang memproduksi produk *furniture* seperti lemari, kursi, meja, dan lainnya. Proses alur produksi yang diterapkan untuk memproduksi *furniture* yaitu berdasarkan aliran *flowshop* karena aliran produksi yang sama. PT. X Indonesia menerapkan perencanaan produksinya dengan metode *make to order* sehingga akan berjalan produksinya apabila sudah ada pesanan dari pelanggan. PT. X Indonesia saat ini sedang mengalami peningkatan pemesanan dengan jumlah yang banyak dan banyaknya variasi pesanan produk *furniture*. Maka, akan sangat dibutuhkan strategi penjadwalan perencanaan produksi yang efektif dan efisien untuk memenuhi permintaan konsumen secara tepat waktu. Metode urutan prioritas penjadwalan yang digunakan masih menerapkan metode sederhana yaitu berdasarkan metode FCFS (*First Come First Serve*), dimana urutan prioritas produksi dilakukan berdasarkan *job* atau pesanan yang pertama datang, dimana pelanggan yang memesan produk dan membayar dp lebih awal akan dilayani terdahulu.

Berdasarkan hasil wawancara dengan salah satu pekerja di perusahaan tersebut, PT. X Indonesia terkadang mengalami kesulitan dalam memenuhi permintaan konsumen secara tepat waktu dan terjadinya penumpukan pesanan karena banyak permintaan yang datang di waktu yang bersamaan dengan waktu penyelesaian yang sama. Hal tersebut dikarenakan urutan prioritas penjadwalan produksi yang diterapkan masih sederhana menggunakan metode FCFS sehingga terdapat pesanan yang melewati kesepakatan *due date* dan banyaknya waktu menganggur (*idle time*). Hal tersebut juga disebabkan karena keterbatasan sumber daya dan banyaknya jenis produk *furniture* yang bervariasi yang harus diselesaikan. Hal tersebut akan berdampak negatif jika tidak melakukan perbaikan dan perusahaan akan tertinggal, tidak bisa bersaing pada perusahaan yang sejenis, dan juga akan terjadinya penurunan keuntungan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka diperlukan perbaikan pada urutan prioritas penjadwalan produksi yang efektif dan efisien guna meminimasi total waktu proses produksi (*makespan*) yang panjang agar dapat memenuhi permintaan konsumen secara tepat waktu sesuai dengan *due date* yang disepakati. Sesuai dengan alur proses produksi *flowshop* terdapat beberapa pilihan metode yang sesuai untuk mengatasi permasalahan sistem penjadwalan tersebut seperti metode *Campbell Dudek Smith (CDS)*, *Nawaz Ensore Ham (NEH)*, *Heuristic Pour*, *Palmer*, dan *Dannenbring*. Pada penelitian ini akan digunakan metode *Campbell Dudek Smith (CDS)* dan *Nawaz Ensore Ham (NEH)*. Kedua metode tersebut dipilih untuk solusi usulan perbaikan penjadwalan produksi yang optimal. Metode *Campbell Dudek Smith (CDS)* dan *Nawaz Ensore Ham (NEH)* sesuai dengan permasalahan yang terjadi karena perusahaan memiliki banyak variasi produk, alur produksi mesin yang sama (*flowshop*) sehingga total waktu *makespan* menjadi lebih pendek dan mengurangi waktu menganggur mesin dan menghasilkan urutan pesanan (*job*) yang optimal.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Penjadwalan

Penjadwalan muncul karena terdapat beberapa operasi pekerjaan (*job*) secara bersamaan sedangkan sumber daya seperti tenaga kerja, jumlah mesin dan peralatan yang digunakan terbatas. Penjadwalan yaitu akan merencanakan dan mengendalikan produksi secara efektif dan efisien disesuaikan dengan sumber daya yang ada dan waktu waktu tertentu dengan memperhatikan kapasitas produksi (Conway, 2001).

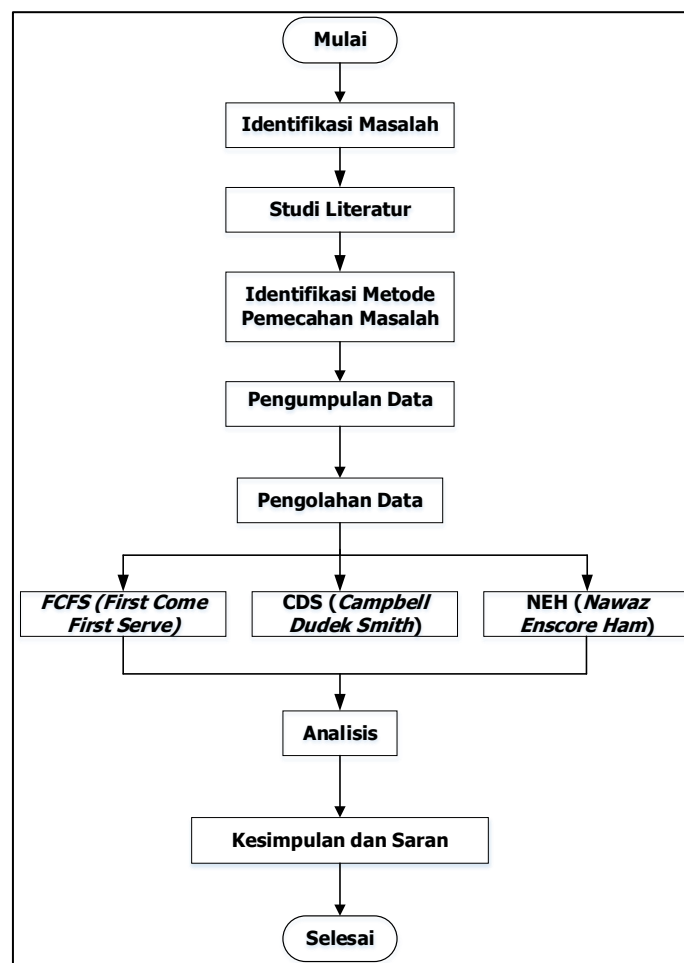
2.2 Metode Campbell Dudek Smith (CDS)

Aturan metode Campbell Dudek Smith (1970) menggunakan pengembangan dari aturan Johnson untuk pengurutan mesin (*sequencing*) yang lebih dari 2. Aturan CDS (Campbell Dudek Smith) dapat digunakan untuk meminimasi waktu proses produksi (*makespan*) dan juga meminimasi waktu menganggur pada mesin (*idle time*) (Ginting, 2009). Aturan CDS (Campbell Dudek Smith) proses penjadwalan urutan produksinya berdasarkan waktu proses terkecil. Pada aturan Johnson mesin yang memiliki waktu proses terkecil akan diletakkan pada urutan yang pertama atau terdepan, sedangkan untuk nilai terkecil selanjutnya yg berada disebelah kanan akan letakkan di urutan yang belakang.

2.3 Metode Nawaz Ensore Ham (NEH)

Metode penjadwalan usulan *flowshop* berikutnya yaitu metode Nawaz Ensore Ham (NEH). Metode Nawaz Ensore Ham (NEH) merupakan salah satu metode *heuristic* terbaik yang mendapatkan penghargaan dalam *Permutation Flow Shop Problem* (FPSP). Output dari metode NEH ini dapat membantu permasalahan mengenai keterlambatan penyelesaian suatu *job* yang dapat meminimasi total waktu *makespan*. Metode Nawaz Ensore Ham (NEH) ini ditahun 1983 dikemukakan oleh Muhammad Nawaz, E. Emory Ensore Jr, dan Inyong Ham. Prinsip metode NEH yaitu mencari solusi terbaik dengan cara posisi dari semua *job* ditukar sehingga menghasilkan berbagai solusi urutan *job* yang terbaik (Masudin dkk, 2014). Metode NEH melakukan pengurutan *job* secara *ascending* berdasarkan aturan SPT (*Short Processing Time*) yaitu urutan *job* dari total waktu proses terkecil ke terbesar. Selanjutnya dilakukan proses *partial sequence*, yaitu menentukan urutan *job* terbaik dari iterasi tersebut, sehingga memungkinkan proses perhitungan terus berulang sampai semua *job* dapat dijadwalkan.

3. METODOLOGI PENELITIAN



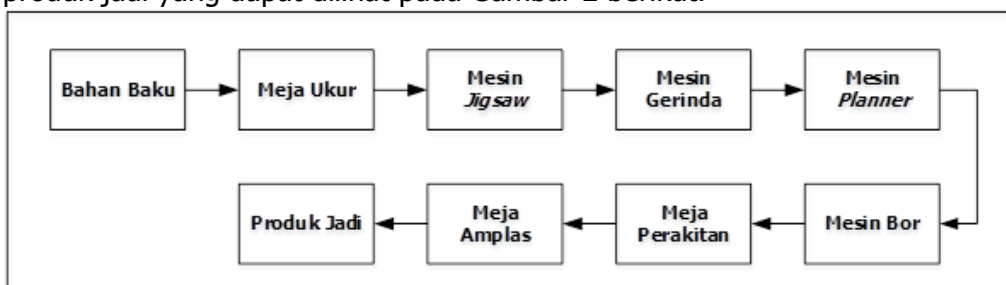
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian dimulai berdasarkan observasi awal lalu merumuskan masalah yang terjadi pada permasalahan perusahaan tersebut. Penelitian akan dilaksanakan pada PT. X Indonesia yang berlokasi di Bandung, dengan memfokuskan objek penelitian pada produksi *furniture* seperti meja dan kursi. Strategi pemecahan masalah pada metode penelitian yang digunakan yaitu bersifat kuantitatif. Desain penelitian bersifat studi kasus (*case-study design*) dengan melakukan observasi langsung ke perusahaan. Setelah melakukan observasi akan mendapatkan data yang akan digunakan untuk pengolahan data dan selanjutnya dianalisis.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Gambaran sederhana yang menjelaskan urutan pembuatan produk mulai dari bahan baku hingga produk jadi yang dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Urutan Proses Produksi

Data pesanan produk atau data *demand* diambil berdasarkan data pesanan pada bulan Oktober beserta informasi *due date* yang dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Data Permintaan Produk

<i>Job</i>	Nama Produk	<i>Demand</i> (unit)	<i>Due Date</i> (Hari)
1	<i>Bar Table</i>	8	10
2	<i>Bed Frame</i>	3	10
3	<i>TV Cabinet</i>	6	10
4	Lemari	5	10

Data jumlah mesin yang tersedia untuk menyelesaikan produk dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Data Mesin Tersedia

No. SK	Stasiun Kerja	Jumlah
SK 1	Meja Ukur	1
SK 2	Mesin <i>Jigsaw</i>	1
SK 3	Mesin Gerinda	1
SK 4	Mesin <i>Planner</i>	1
SK 5	Mesin Bor	1
SK 6	Meja Perakitan	1
SK 7	Meja Amplas	1

Data waktu proses untuk memproduksi produk berdasarkan setiap mesin terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Waktu Proses Tiap Mesin

<i>Job</i>	Waktu Proses per Mesin (Menit)						
	(SK 1)	(SK 2)	(SK 3)	(SK 4)	(SK 5)	(SK 6)	(SK 7)
1	9	17	10	20	10	45	60
2	12	45	18	45	20	240	150
3	15	35	15	30	15	240	100
4	20	40	20	40	20	240	120

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan 3 metode yaitu metode sederhana yang digunakan perusahaan *First Come First Serve* (FCFS) dan metode usulan *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH). Penjelasan lengkap dalam pengolahan data dapat dilihat sebagai berikut.

4.2.1 Metode *First Come First Serve* (FCFS)

Pengolahan data yang pertama yaitu dilakukan dengan metode sederhana yang digunakan perusahaan *First Come First Serve* (FCFS). Aturan penjadwalan berdasarkan *First Come First Serve* (FCFS) dilakukan proses pengerjaan dengan urutan *job* sesuai dengan urutan *job* yang pertama tiba lebih dahulu yang akan dilayani perusahaan. Penjelasan lengkap dalam pengolahan data dapat dilihat sebagai berikut.

1. Perhitungan Waktu Proses Setiap Mesin

Waktu proses yang sudah diketahui dari setiap mesin akan dikali sesuai dengan *demand* dari setiap *job*-nya. Waktu proses setiap mesin dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Data Waktu Proses Tiap Mesin

Job	Waktu Proses per Mesin x Demand (Menit)						
	(SK1)	(SK2)	(SK3)	(SK4)	(SK5)	(SK6)	(SK7)
1	72	136	80	160	80	360	480
2	36	135	54	135	60	720	450
3	90	210	90	180	90	1440	600
4	100	200	100	200	100	1200	600

2. Menghitung waktu *makespan* berdasarkan *First Come First Serve* (FCFS)

Aturan penjadwalan berdasarkan *First Come First Serve* (FCFS) dilakukan proses pengerjaan dengan urutan *job* sesuai dengan urutan *job* yang pertama tiba lebih dahulu yang akan dilayani perusahaan. Urutan pesanan (*job*) berdasarkan permintaan dari perusahaan yaitu *job 1 – job 2 – job 3 – job 4*. Setelah menghitung hingga waktu proses stasiun kerja terakhir lalu dijumlahkan dan didapatkan total *makespan*-nya. Rekapitulasi perhitungan metode FCFS dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5. Perhitungan *Makespan First Come First Serve* (FCFS)

Job	W.Proses	W.Proses	Idle	W.Proses	W.Proses	Idle	W.Proses	W.Proses	Idle	W.Proses	W.Prose	Idle	W.Proses	W.Prose	Idle	W.Proses	W.Proses	Idle
	SK 1 (t,1)	SK 2 (t,2)	2 (I,2)	Baru SK 2 (t,2 New)	SK 3 (t,3)	3 (I,3)	Baru SK 3 (t,3 New)	SK 4 (t,4)	4 (I,4)	Baru SK 4 (t,4 New)	s SK 5 (t,5)	5 (I,5)	Baru SK 5 (t,5 New)	s SK 6 (t,6)	6 (I,6)	Baru SK 6 (t,6 New)	SK 7 (t,7)	7 (I,7)
1	72	136	72	208	80	208	288	160	288	448	80	448	528	360	528	888	480	888
2	36	135	0	135	54	55	109	135	0	135	60	55	115	720	0	720	450	240
3	90	210	0	210	90	156	246	180	60	240	90	180	270	1440	0	1440	600	990
4	100	200	0	200	100	110	210	200	30	230	100	140	240	1200	0	1200	600	600
Total																	2130	2718
MAKESPAN (menit)																	4848	

Contoh Perhitungan *idle time* SK 2:

$$I_{[1],2} = t_{[1],1} \quad (1)$$

$$I_{[i],j} = \max\{0, (\sum_{k=1}^i t_{[k],1} - \sum_{k=1}^{i-1} t_{[k],2} - \sum_{k=1}^{i-1} I_{[k],2})\} \quad (2)$$

- $I_{[1],2} = 72$ menit
- $I_{[2],2} = \max\{(0, 72 + 36 - 136 - 72)\}$
 $= \max\{(0, -100)\}$
 $= 0$ menit
- $I_{[3],2} = \max\{(0, 72 + 36 + 90 - 136 - 135 - 72 - 0)\}$
 $= \max\{(0, -145)\}$
 $= 0$ menit
- $I_{[4],2} = \max\{(0, 72 + 36 + 90 + 100 - 136 - 135 - 210 - 72 - 0 - 0)\}$
 $= \max\{(0, -225)\}$

= 0 menit

Contoh Perhitungan Waktu Baru SK 2:

$$t_{[i],j-1}^{New} = t_{[i],j-1} + I_{[i],j-1} \tag{3}$$

- $t_{[1],2}^{New} = 136 + 72 = 208$ menit
- $t_{[2],2}^{New} = 135 + 0 = 135$ menit
- $t_{[3],2}^{New} = 210 + 0 = 210$ menit
- $t_{[4],2}^{New} = 200 + 0 = 200$ menit

Contoh Perhitungan Total Waktu Proses:

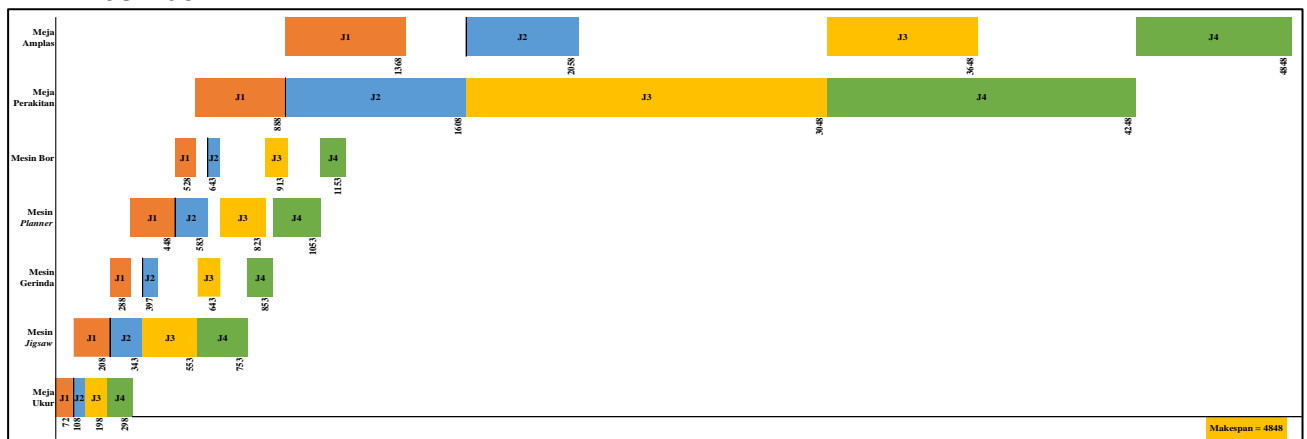
$$Makespan = \sum t_{[i],m} + \sum I_{[i],m} \tag{4}$$

- $Makespan = 2130 + 2718 = 4848$ menit

Hasil total waktu *makespan* yang terdapat pada Tabel 4.5 dengan metode FCFS dengan urutan *job 1 – job 2 – job 3 – job 4* yaitu 4848 menit atau 11 hari untuk menyelesaikan 4 job tersebut.

3. Diagram Ganttchart

Ganttchart sebagai gambaran validasi dari perhitungan penjadwalan produksi dari metode *First Come First Serve* (FCFS). Berdasarkan hasil perhitungan *makespan* dengan menggunakan metode penjadwalan FCFS memiliki total waktu *makespan* yang sama yaitu 4848 menit dengan urutan pekerjaan *job 1 – job 2 – job 3 – job 4*. *Ganttchart* urutan penjadwalan metode FCFS dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. *Ganttchart* Metode Perusahaan (FCFS)

4.2.2 Metode Campbell Dudek Smith (CDS)

Penjelasan lengkap dalam pengolahan data menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dapat dilihat langkah pengolahan data dapat dilihat sebagai berikut.

1. Menentukan Jumlah Iterasi Dengan Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS)
 Menentukan jumlah iterasi (K) berdasarkan jumlah stasiun kerja. Jumlah iterasi atau kombinasi penjumlahan mesin didapatkan dari pengurangan total mesin dikurang 1.

$$K = \text{Jumlah mesin} - 1 \tag{5}$$

$$= 7 - 1$$

$$= 6 \text{ iterasi}$$

2. Menentukan Waktu Proses Iterasi
 Ambil urutan penjadwalan pertama ($K=1$) iterasi 1 untuk seluruh job yang ada, dimana:

$$t_{j,1}^k = t_{j,1} \text{ dan } t_{j,2}^k = t_{m+1-1} \tag{6}$$

Lakukan juga untuk ($K=2$) Iterasi 2 sampai iterasi n ($K=n$), dimana:

$$t_{j,1}^k = t_{j,1} + t_{j,2} \text{ dan } t_{j,2}^k = t_{m+1-1} + t_{m+1-2} \tag{7}$$

Berikut hasil perhitungan 6 iterasi dari 7 jenis stasiun kerja dan 4 job yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Waktu Proses Iterasi 1, 2, 3, 4, 5, 6

JOB	K=1 (Iterasi 1)		K=2 (Iterasi 2)		K=3 (Iterasi 3)		K=4 (Iterasi 4)		K=5 (Iterasi 5)		K=6 (Iterasi 6)	
	t _{1j,1}	t _{1j,2}	t _{2j,1}	t _{2j,2}	t _{3j,1}	t _{3j,2}	t _{4j,1}	t _{4j,2}	t _{5j,1}	t _{5j,2}	t _{6j,1}	t _{6j,2}
1	72	480	208	840	288	920	448	1080	528	1160	888	1296
2	36	450	171	1170	225	1230	360	1365	420	1419	1140	1554
3	90	600	300	2040	390	2130	570	2310	660	2400	2100	2610
4	100	600	300	1800	400	1900	600	2100	700	2200	1900	2400

3. Urutan Job Iterasi Berdasarkan Aturan Johnson

Pembacaan pengurutan dengan aturan Johnson dimulai dari nilai waktu proses terkecil lalu membandingkannya. Jika waktu minimum didapat pada $t_{j,1}^k$, tempatkan job i tersebut mulai dari urutan awal penjadwalan atau posisi available berikutnya. Bila waktu minimum didapat pada $t_{j,2}^k$, tempatkan job i tersebut ditempatkan mulai dari urutan akhir deret penjadwalan. Rekapitulasi urutan job berdasarkan keenam iterasi dapat dilihat pada Tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. Urutan Job Iterasi 1, 2, 3, 4, 5, 6

K=1 (Iterasi 1)	2	1	3	4
K=2 (Iterasi 2)	2	1	4	3
K=3 (Iterasi 3)	2	1	3	4
K=4 (Iterasi 4)	2	1	3	4
K=5 (Iterasi 5)	2	1	3	4
K=6 (Iterasi 6)	1	2	4	3

Dapat dilihat pada Tabel 4.7 bahwa tabel yang berwarna hijau yaitu pada iterasi 1, 3, 4, 5 memiliki urutan job yang sama. Maka saat perhitungan makespan pada iterasi 1, 3, 4, 5 hanya dilakukan satu kali perhitungan saja.

4. Rekapitulasi Perhitungan Waktu Makespan Berdasarkan Metode Campbell Dudek Smith (CDS)

Rekapitulasi iterasi 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 dengan menggunakan metode CDS dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8. Rekapitulas Iterasi 1, 2, 3, 4, 5, 6 Metode CDS

Metode CDS		
Iterasi	Urutan Job	Makespan (menit)
1	J2-J1-J3-J4	4740
2	J2-J1-J4-J3	4740
3	J2-J1-J3-J4	4740
4	J2-J1-J3-J5	4740
5	J2-J1-J3-J6	4740
6	J1-J2-J4-J3	4848

4.2.3 Metode Nawaz Enscore Ham (NEH)

Metode NEH melakukan pengurutan job secara ascending berdasarkan aturan SPT (Short Processing Time) yaitu urutan job dari total waktu proses terkecil ke terbesar. Selanjutnya dilakukan proses partial sequence, yaitu menentukan urutan job terbaik dari iterasi tersebut, sehingga memungkinkan proses perhitungan terus berulang sampai semua job dapat dijadwalkan. Langkah-langkah pengerjaan dengan menggunakan metode Nawaz Enscore Ham (NEH) dijelaskan sebagai berikut.

1. Menentukan Jumlah Iterasi Dengan Metode Nawaz Enscore Ham (NEH)

Banyaknya iterasi yang dilakukan pada metode NEH ini yaitu:

$$K = (n*(n+1)/2)-1 \quad (8)$$

iterasi dimana n adalah jumlah job yang akan dijadwalkan.

$$K = (4*(4+1)/2)-1 = 9 \text{ iterasi}$$

Pada penelitian ini terdapat 4 *job* sehingga didapatkan 9 iterasi.

2. Menghitung Total Waktu Proses Setiap *Job*

Semua *job* ditotalkan waktu proses dari setiap mesin. Total waktu proses setiap *job* dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut.

Tabel 9. Total Waktu Proses Setiap Job

<i>Job</i>	Waktu Proses x Demand (menit)							Total Waktu
	(SK1)	(SK2)	(SK3)	(SK4)	(SK5)	(SK6)	(SK7)	
1	72	136	80	160	80	360	480	1368
2	36	135	54	135	60	720	450	1590
3	90	210	90	180	90	1440	600	2700
4	100	200	100	200	100	1200	600	2500

3. *Job* diurutkan berdasarkan aturan SPT (*Shortest Processing Time*)

Setelah ditotalkan waktu proses dari setiap *job*, urutkan *job-job* dari total waktu proses terkecil hingga terbesar. Berdasarkan aturan SPT (*Shortest Processing Time*) urutan *job* nya yaitu *job* 1 – *job* 2 – *job* 4 – *job* 3.

4. Mencoba dua urutan pertama ($K=2$) dari aturan SPT yang telah dihitung dan pilih *makespan* terkecil maka urutan tersebut akan digunakan sebagai acuan untuk perhitungan berikutnya. Perhitungan dilanjutkan berdasarkan *job* selanjutnya ($K=K+1$) dan kemudian diurutkan kembali, serta dihitung *makespan*nya. Lakukan terus menerus perhitungan tersebut hingga didapat urutan dengan *makespan* terkecil. Rekapitulasi iterasi 1 hingga 9 pada keempat *job* menggunakan metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH) dapat dilihat pada Tabel 10 sebagai berikut

Tabel 10. Rekapitulasi Iterasi Metode Nawaz Enscore Ham (NEH)

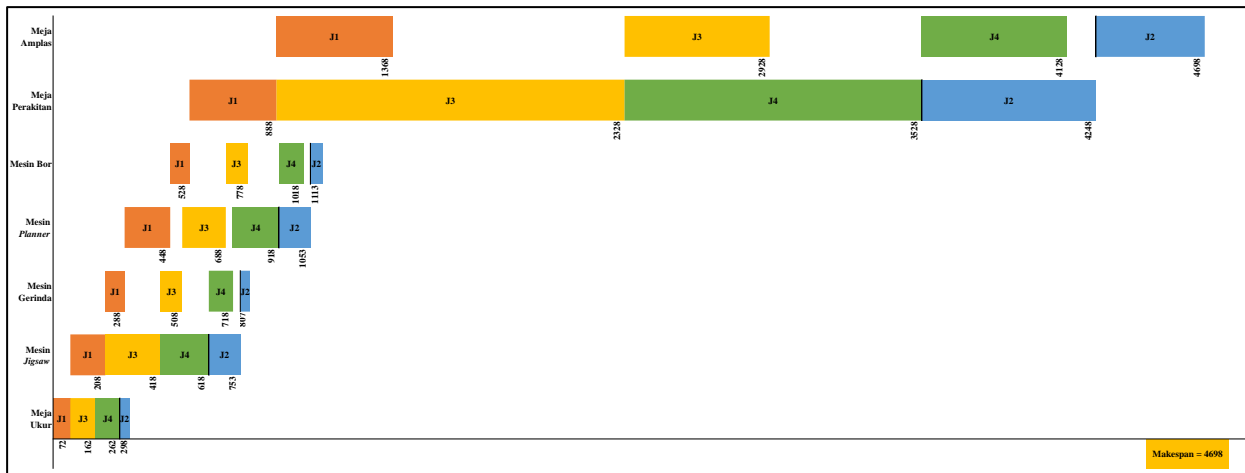
Iterasi	Urutan <i>Job</i>	<i>Makespan</i>
1	J1, J2	2058
2	J2, J1	2070
3	J4 , J1, J2	3430
4	J1, J4 , J2	3258
5	J1, J2, J4	3408
6	J3 , J1, J4, J2	4830
7	J1, J3 , J4, J2	4698
8	J1, J4, J3 , J2	4938
9	J1, J4, J2, J3	4848

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 10 dengan menggunakan metode penjadwalan NEH memiliki total waktu *makespan* 4698 menit dengan urutan pekerjaan *job* 2 – *job* 3 – *job* 4 – *job* 2 dan tidak mengalami keterlambatan untuk menyelesaikan ke 4 *job* tersebut diselesaikan dalam waktu 10 hari.

5. *Ganttchart* Metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH)

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode penjadwalan NEH memiliki total waktu *makespan* 4698 menit dengan urutan pekerjaan *job* 2 – *job* 3 – *job* 4 – *job* 2. *Ganttchart* urutan penjadwalan metode NEH dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut.

Usulan Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith Dan Nawaz Enscore Ham Untuk Meminimasi Makespan Di PT. Progressio Indonesia



Gambar 4. Ganttchart Nawaz Enscore Ham (NEH)

4.2.4 Rekapitulasi Masing-Masing Metode

Rekapitulasi hasil metode yang digunakan oleh perusahaan yaitu metode *First Come First Serve* (FCFS) dan metode usulan *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH). Rekapitulasi data terdiri dari hasil urutan *job*, *makespan*, *idle time*, dan *tardiness*, yang dapat dilihat pada Tabel 11 sebagai berikut.

Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Metode FCFS, CDS, dan NEH

Rekapitulasi	Metode				
	FCFS	CDS			NEH
		Iterasi 1,3,4,5	Iterasi 2	Iterasi 6	
Urutan Job	J1-J2-J3-J4	J2-J1-J3-J4	J2-J1-J4-J3	J1-J2-J4-J3	J1-J3-J4-J2
Makespan (menit)	4848	4740	4740	4848	4698
Idle Time (menit)	2718	2610	2610	2718	2568
Tardiness (hari)	1	0	0	1	0

Berdasarkan Tabel 4.17 Rekapitulasi hasil metode, didapatkan *makespan* terkecil dengan menggunakan metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH) dengan hasil *makespan* 4698 menit.

4.2.5 Analisis

Metode sederhana yang diterapkan PT. X Indonesia yaitu *First Come First Serve* (FCFS) dengan urutan *job* 1-2-3-4 memiliki total waktu *makespan* 4848 menit dan nilai *tardiness* yaitu sebesar 1 hari dan terjadi pada *job* 4. Metode usulan yang disarankan untuk perbaikan penjadwalan produksi pertama yaitu metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) memiliki 2 urutan pengerjaan *job* yang optimal yaitu J2-J1-J3-J4 dan J2-J1-J4-J3 dengan total waktu *makespan* yang sama yaitu 4740 menit dan nilai *tardiness* yaitu sebesar 0 hari. Metode usulan selanjutnya adalah metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH) dengan urutan *job* yang optimal yaitu J1-J3-J4-J2 dengan total waktu *makespan* yang sama yaitu 4698 menit dan nilai *tardiness* yaitu sebesar 0 hari. Metode penjadwalan *Nawaz Enscore Ham* (NEH) dapat diusulkan untuk perbaikan penjadwalan produksi dengan memiliki total waktu *makespan* terpendek 4698 menit dan juga waktu *idle time* yang sedikit.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan berisikan bagaimana hasil metode pemecahan masalah yang dihasilkan.

1. Metode penjadwalan terpilih yaitu metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH) yang dapat diusulkan untuk perbaikan penjadwalan produksi dengan memiliki total waktu *makespan* terpendek 4698 menit.
2. Perbandingan waktu dari penggunaan metode perusahaan yaitu *First Come First Serve* (FCFS) dan *Nawaz Enscore Ham* (NEH) didapatkan penghematan waktu 150 menit atau 3,19%.

3. Metode usulan *Nawaz Enscore Ham* (NEH) tidak terjadi keterlambatan pesanan dengan nilai *tardiness* yaitu sebesar 0 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, H. G., Dudek, R. a, & Smith, M. L. (1970). [*A Heuristic Algorithm for The n Job, m Machine Sequencing Problem*](#). *Management Science*, 16(10), B630– B637
- Conway, Richard W., Maxwell, William L., Miller, Louis W. (2001). [*Theory of Scheduling*](#). America : Addison-Wesley Publishing Company.
- Evi Febianti, Ade Irman Saeful M, Zikry. (2017). [*Penjadwalan Produksi Flowshop Dengan Metode Campbell Dudek Smith, Nawaz Enscore Ham Dan Heuristic Pour*](#). Fakultas Teknik – Universitas Mulawarman.
- Ginting, Rosnani. (2009). [*Penjadwalan Mesin*](#). Graha ilmu Yogyakarta
- Kharisma P., R., Ferbrianti, E., & Herlina, L. (2014). [*Penjadwalan Produksi Flow Shop Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith \(CDS\) dan Nawaz Enscore Ham \(NEH\)*](#). *Jurnal Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, 5(3), 1432.
- Sutanto, Lorens H. (2008). [*Penjadwalan Produksi Dengan Pendekatan Metode Nawaz Enscoara Ham \(NEH\) Dan Metode Campbell Dudek Smith \(CDS\)*](#). Staf Produksi Industri Automotive. Jakarta.
- Masudin, I. Utama, D. M. dan Susastro, F. (2014). [*Penjadwalan Flowshop Menggunakan Algoritma Nawaz Enscore and Ham*](#). *Jurnal Ilmiah*. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Nawaz, Muhammad; Enscore, E. Emory Jr.; dan Ham, Inyong. (1983). [*A Heuristic Algorithm for m-Machine, n-Job Flow-shop Sequencing Problem*](#). *Journal Omega*. Vol. 11, No. 1, pp. 91-95.