

Optimizing Furniture Industry Production Scheduling Using Nawaz Enscore and Ham Method

[Optimalisasi Penjadwalan Produksi Industri Furniture Menggunakan Metode Nawaz Enscore and Ham]

Dewi Nurus Silmi¹⁾, Tedjo Sukmono^{*2)}

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: thedjoss@umsida.ac.id

Abstract. *PT. XYZ is a furniture manufacturing company that produces four types of doors. Demand continues to increase, reaching 600-1000 pcs, causing delays in delivery because the drying room capacity is only 500 pcs. This research aims to analyze production scheduling using the NEH method in determining makespan values and work sequences, as well as providing efficient recommendations that enable companies to meet market demand in a timely manner and optimize production time to reduce idle time due to late deliveries. The results of production scheduling using the NEH method produce a smaller makespan and faster production process time compared to the FCFS method. The NEH method produces a makespan of 5.67 with the job sequence J2-J1-J3. Meanwhile, the FCFS method produces a makespan of 6.10 with the job sequence J1-J2-J3. So the NEH method is said to be optimal because it provides an improvement in makespan time of 0.43 hours.*

Keywords - *Optimizing, Scheduling, Delay, Nawaz Enscore and Ham, Door*

Abstrak. *PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur furniture yang memproduksi empat jenis pintu. Permintaan yang terus meningkat, mencapai 600-1000 pcs menyebabkan keterlambatan pengiriman karena kapasitas ruang pengeringan hanya 500 pcs. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa penjadwalan produksi menggunakan metode NEH dalam menentukan nilai makespan dan urutan pengerjaan, serta memberikan rekomendasi efisien yang memungkinkan perusahaan memenuhi permintaan pasar secara tepat waktu dalam mengoptimalkan waktu produksi untuk mengurangi waktu menganggur pada ketelambatan pengiriman. Hasil dari penjadwalan produksi menggunakan metode NEH menghasilkan makespan yang lebih kecil dan waktu proses produksi yang lebih cepat dibandingkan dengan metode FCFS. Metode NEH menghasilkan makespan sebesar 5,67 dengan urutan job J2-J1-J3. Sedangkan metode FCFS menghasilkan makespan sebesar 6,10 dengan urutan job J1-J2-J3. Sehingga metode NEH dikatakan optimal sebab memberikan perbaikan waktu makespan sebesar 0,43 jam.*

Kata Kunci - *Optimalisasi, Penjadwalan, Keterlambatan, Nawaz Enscore dan Ham, Pintu*

I. PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang industri *furniture* yang memproduksi pintu. Ada tiga variasi pintu yaitu *glass door*, *sliding door*, dan *modern minimalist door*. Dalam setiap proses produksinya menggunakan mesin-mesin seperti *orbital sander*, *measuring tools*, *air blow gun*, *spray gun*, *drying system*, *quality control* dan *packaging*. Untuk memenuhi permintaan pelanggan, Perusahaan menggunakan sistem produksi *make to order*. *Make to order* yang berarti produksi dimulai setelah pesanan diterima[1]. Penjadwalan dalam konteks *make to order* sangat penting untuk memastikan bahwa produksi berjalan efisien, sesuai dengan permintaan pelanggan, dan bahan baku tersedia tepat waktu[2]. Penjadwalan adalah proses pengorganisasian dan perencanaan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap tahapan proses produksi[3]. Dengan menggunakan sistem tersebut perusahaan dapat mengelola tingkat ketersediaan komponen[4]. Hal ini dapat mengantisipasi kebutuhan dan memastikan ketersediaan komponen atau bahan baku yang tepat pada waktu yang dibutuhkan agar produksi berjalan lancar[5][4]. Sehingga untuk memenuhi capaian tersebut maka optimalisasi sangat penting untuk memaksimalkan penggunaan sumber daya yang ada seperti mesin, tenaga kerja dan bahan baku untuk meningkatkan efisiensi produksi[6]. Optimalisasi juga berfungsi untuk mengurangi biaya, memperbaiki kualitas produk dan menghindari keterlambatan dalam memenuhi permintaan pelanggan[7].

Seiring berkembangnya inovasi dan desain yang sesuai dengan kebutuhan pasar, maka setiap tahun permintaan berbagai variasi pintu ini semakin meningkat. Namun perusahaan belum mampu memenuhi permintaan pelanggan karena keterbatasan kapasitas produksi, meskipun telah berkomitmen pada motto *on time performance*. Ada keterlambatan pengiriman yang menyebabkan ketidakseimbangan antara kapasitas proses pengeringan dan lonjakan permintaan yang terjadi pada hari-hari tertentu. Keterlambatan ini mengacu pada waktu tambahan yang dibutuhkan

untuk menyelesaikan pesanan dibandingkan dengan waktu yang telah direncanakan sebelumnya[8]. Kapasitas ruang pengeringan hanya mampu menampung 500 *unit* pintu per hari, sedangkan permintaan tidak menentu yang dapat mencapai 600 hingga 1.000 *unit* per hari. Hal ini menyebabkan *overload* pada proses pengeringan, terutama karena proses pengeringan memakan waktu cukup lama sehingga pada proses pengeringan mengalami *idle time* selama 30 menit hingga 1 jam. Dari total produksi 140.000 *unit* pintu per tahun, sebanyak 7% atau 9.800 *unit* pintu per tahun mengalami keterlambatan. Saat ini perusahaan menggunakan sistem *First Come First Serve* (FCFS), dimana sistem tersebut memiliki berbagai kekurangan, salah satunya yaitu jika ada pesanan yang masuk dalam waktu secara bersamaan. Maka perusahaan kesulitan dalam mendahulukan pesanan yang harus diselesaikan terlebih dahulu. Hal ini menunjukkan bahwa sistem penjadwalan yang digunakan tidak efektif dalam mengurangi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan semua pesanan[9].

Untuk penyelesaian permasalahan tersebut, maka yang dapat diandalkan yaitu dengan metode *Nawaz Enscore and Ham* (NEH)[10], karena diketahui banyak penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode NEH mendapatkan nilai *makespan* yang lebih tinggi daripada metode lain[11]. Penelitian pertama menurut Hamad[12] bahwa penjadwalan produksi yang menggunakan metode NEH menghasilkan nilai *makespan* 17,6 menit, sementara metode *Harmony Search Algorithm* 40 menit. Penelitian kedua menurut Manik[13] bahwa hasil menggunakan metode NEH nilai *makespan* yang lebih kecil yaitu sebesar 77 detik atau 1,3 menit untuk satu permintaan. Penelitian ketiga menurut Darmawan[14] bahwa setelah dilakukan pengujian menggunakan metode NEH, nilai *makespan* yang dihasilkan 396 detik, sedangkan nilai *makespan* awal pada perusahaan yaitu dihasilkan 738 detik. Hasil penelitian-penelitian tersebut merekomendasikan metode NEH sebagai solusi yang efektif untuk mengoptimalkan waktu penyelesaian produksi[15]. Dalam penelitian ini, terdapat perbedaan pada penelitian terdahulu yaitu terkait proses produksi, jumlah mesin dan *job* serta objek penelitian yang digunakan.

Penelitian ini menggunakan metode NEH, yang merupakan algoritma heuristik menyatakan bahwa pekerjaan dengan total waktu proses yang lebih lama akan diprioritaskan daripada pekerjaan dengan total waktu proses yang lebih pendek[16][17]. Metode NEH terbukti lebih akurat dalam menghitung urutan tugas yang dijadwalkan sehingga tercapainya nilai *makespan* yang optimal[10][18]. *Makespan* merupakan total waktu penyelesaian dari proses produksi yang dilakukan[15]. Penerapan metode NEH juga sejalan pada prinsip ke-12 *Sustainable Development Goals* (SDGs) tentang pengelolaan dan produksi yang bertanggung jawab artinya perusahaan harus memastikan proses produksi berkelanjutan dengan efisiensi[19][20], sehingga diharapkan dapat memenuhi permintaan pasar dengan tepat waktu dan mendukung keberlanjutan proses produksinya. Tujuan penelitian: (1) untuk menganalisa penjadwalan produksi menggunakan metode NEH dalam menentukan nilai *makespan* dan urutan pengerjaan, (2) serta mengoptimalkan waktu produksi untuk mengurangi waktu menganggur pada ketelambatan pengiriman, (3) memberikan rekomendasi kepada perusahaan untuk bahan pertimbangan penjadwalan produksi agar lebih efisien

II. METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

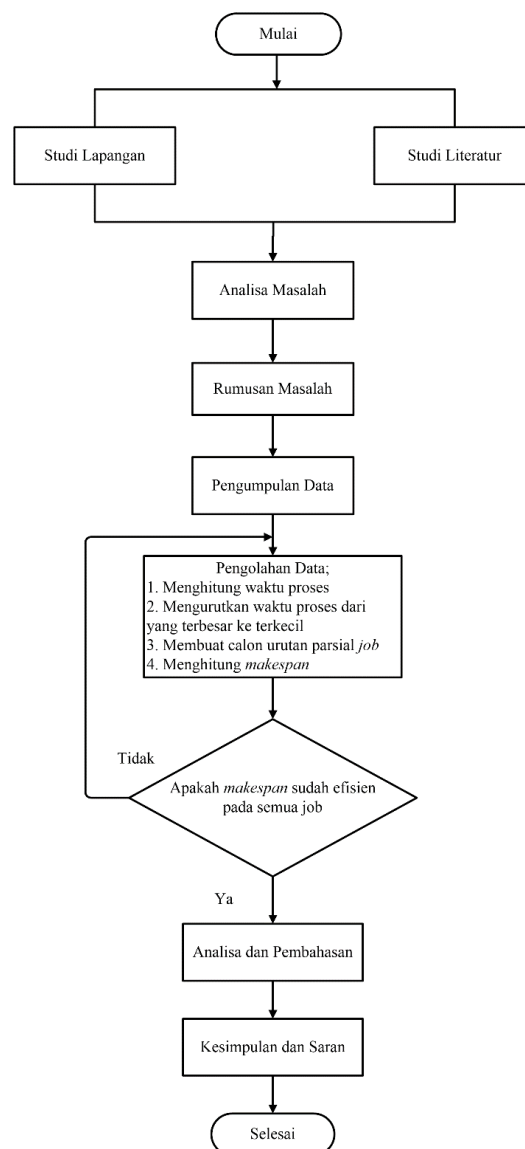
Kegiatan penelitian ini berlangsung pada PT. XYZ yang berlokasi di Jawa Barat. Penelitian ini dilaksanakan dalam jangka waktu 6 bulan, yaitu mulai bulan September 2024 – Februari 2025.

B. Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan wawancara dan observasi. Pada kegiatan wawancara ini dilakukan dengan narasumber *manager production*, *manager continuous improvement*, dan supervisor. Sedangkan untuk kegiatan observasi dilakukan dengan pengamatan langsung pada kondisi kerja dalam proses produksi di PT. XYZ. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh saat observasi yaitu data proses produksi dan data waktu proses produksi pada setiap *job*. Data sekunder dikumpulkan terkait dengan penjadwalan produksi yang digunakan pada penelitian ini yaitu data kebutuhan permintaan, data jumlah mesin, data pengamatan waktu proses pada setiap *job* dan data proses produksi.

C. Alir Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 1 penelitian dilakukan secara langsung penjadwalan produksi ini hanya fokus pada jenis pintu. Pengumpulan data pada penelitian ini terdapat dua metode yaitu observasi dan wawancara. Data yang diperoleh saat observasi yaitu data proses produksi dan data waktu proses produksi pada setiap *job*. Data proses produksi digunakan untuk membantu dalam menjadwalkan produksi. Data waktu proses produksi pada setiap *job* digunakan untuk menentukan waktu total yang dibutuhkan pada penyelesaian suatu *job*. Data yang diperoleh saat wawancara yaitu data kebutuhan permintaan dan data jumlah mesin. Data kebutuhan permintaan digunakan untuk membantu mengidentifikasi *bottleneck* di proses produksi yang menyebabkan keterlambatan. Data jumlah mesin digunakan untuk menganalisis dan mengidentifikasi hubungan antara kapasitas mesin yang tersedia dengan keterlambatan produksi. Data tersebut diolah dengan bantuan *Microsoft excel* hingga mendapatkan *job squence* terbaik berdasarkan *makespan* yang paling kecil.

A. Metode NEH

Tahapan penelitian dengan menggunakan metode *Nawaz Enscore and Ham* (NEH) adalah sebagai berikut[11]:

1. Menjumlahkan waktu setiap *job*.
2. Mengurutkan *job* pada jumlah waktu proses dimulai dari yang terbesar hingga yang terkecil.
3. Menentukan iterasi 1 dengan mencari alternatif menggunakan rumus $w = i+1$
Keterangan: w = alternatif banyaknya pekerjaan
 i = iterasi
4. Memilih 2 *job* yang berada di urutan pertama dan kedua dalam pengurutan *job*

5. Menghitung nilai waktu penyelesaian dari calon urutan parsial.
6. Pada iterasi 2 yaitu $w = i+1$, dengan memilih *job* yang berada pada urutan ketiga pada daftar *job*.
7. Membuat calon urutan baru sebanyak $i+1$ dengan memasukkan *job* yang dipilih pada urutan calon parsial sebelumnya.
8. Melakukan secara berulang-ulang hingga daftar *job* selesai.
9. Tahapan terakhir, mengurutkan urutan *job* berdasarkan *makespan* yang terkecil.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Proses Produksi

Adapun data proses produksi yang terkait yaitu proses pembuatan pintu, dan data waktu proses produksi setiap mesin dapat dilihat pada penjelasan di bawah ini:

1. Proses Produksi

Pada data proses produksi ini digunakan untuk mengetahui tahapan proses mulai dari awal hingga akhir. Proses pada produksi tiga jenis pintu dilakukan dengan tahapan dan mesin yang seragam, supaya penjadwalan produksi pada perusahaan dapat dilakukan secara lebih efisien. Berikut ini merupakan tahapan proses produksi pembuatan pintu, yaitu tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Proses Produksi Pintu

No	Kode	Nama Mesin atau alat	Work Center	Fungsi
1.	M1	<i>Orbital Sander</i>	Penghalusan	Menghaluskan permukaan kayu agar tidak ada bagian kasar
2.	M2	<i>Measuring tools</i>	Pemasangan kaca	Memberikan tampilan modern, minimalis dan elegan
3.	M3	<i>Air blow gun</i>	Pembersihan debu	Memastikan permukaan pintu halus tidak ada kotoran yang menempel
4.	M4	<i>Spray gun</i>	Pengecatan	Memberikan lapisan pelindungan pada kayu untuk menghindari kerusakan akibat serangga, jamur dan kerusakan akibat kelembapan.
5.	M5	<i>Drying system</i>	Pengeringan	Menambah ketahanan lapisan cat mengeras dengan baik
6.	M6	Manual	<i>Quality Control</i>	Mendeteksi cacat yang mungkin terjadi selama proses produksi
7.	M7	Manual	<i>Packaging</i>	Melindungi pintu dari kerusakan fisik selama transportasi dan penyimpanan

2. Data Waktu Proses Produksi

Berdasarkan penelitian yang difokuskan pada departemen produksi dalam pembuatan pintu, maka proses produksi pintu terbagi menjadi tujuh stasiun kerja, dengan mengambil waktu proses pada setiap stasiun kerja. Untuk pengamatan waktu proses produksi dilakukan pada 5 september 2025. Berikut ini merupakan data waktu proses produksi pada setiap proses yang tersaji pada tabel 2.

Tabel 2. Data waktu pengamatan proses produksi pada setiap mesin (dalam satuan jam)

Mesin atau alat	J1	J2	J3
M1	0,08	0,07	0,08
M2	0,33	0,17	0,20
M3	0,13	0,07	0,08
M4	0,17	0,08	0,10
M5	4,00	4,00	4,00
M6	0,22	0,11	0,13
M7	0,56	0,28	0,33
Total waktu penyelesaian	5,49	4,78	4,92

Keterangan:

J1 = *Glass door*

J2 = *Sliding door*

J3 = *Minimalist door*

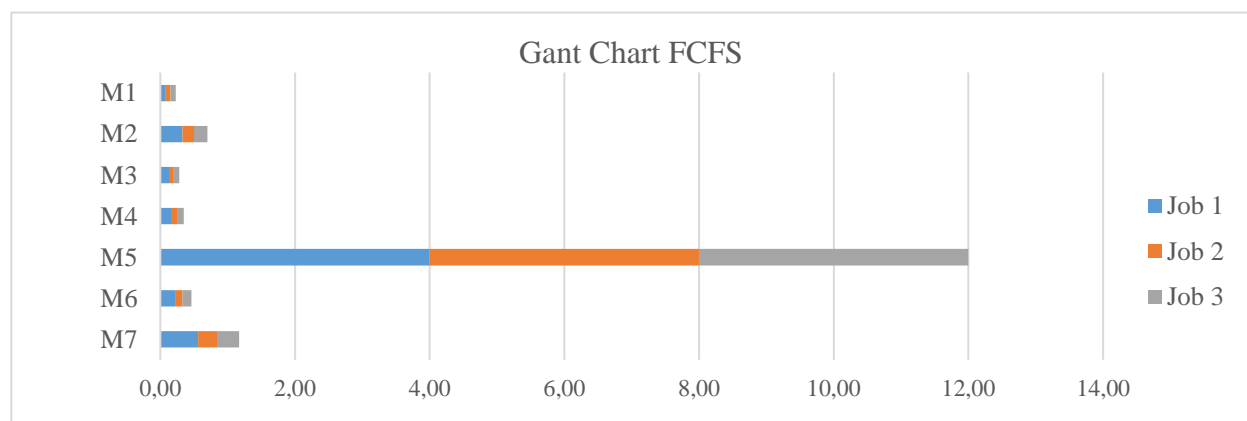
B. First Come First Serve (FCFS)

Perusahaan dalam penjadwalan produksi menggunakan metode FCFS, FCFS yaitu urutan pekerjaan diproses berdasarkan pesanan yang masuk terlebih dahulu. Berikut ini merupakan perhitungan *makespan* metode FCFS yang tersaji pada tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan *makespan* metode FCFS (dalam satuan jam)

Mesin atau alat	Time	J1	J2	J3
M1	Start	0	0,08	0,15
	End	0,08	0,15	0,23
M2	Start	0,08	0,41	0,58
	End	0,41	0,58	0,78
M3	Start	0,41	0,54	0,61
	End	0,54	0,61	0,69
M4	Start	0,54	0,71	0,79
	End	0,71	0,79	0,89
M5	Start	0,71	4,71	8,71
	End	4,71	8,71	12,71
M6	Start	4,71	4,93	5,04
	End	4,93	5,04	5,17
M7	Start	4,93	5,49	5,77
	End	5,49	5,77	6,10

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode awal perusahaan didapatkan hasil total waktu penyelesaian sebesar 6,10 dalam satuan jam dengan urutan *job* J1-J2-J3 yang berarti *job* 1 dilakukan terlebih dahulu kemudian melanjutkan *job* 2 dan diakhiri *job* 3. Sehingga dari penjadwalan produksi awal perusahaan maka membuat *ganttt chart* untuk melihat urutan kegiatan berdasarkan waktu yang telah ditentukan. Berikut ini merupakan *ganttt chart* dari metode FCFS yang tersaji pada gambar 2.



Gambar 2. Gantt Chart FCFS

Pada gambar 2 *ganttt chart* FCFS memiliki keterkaitan durasi waktu untuk menentukan panjang setiap batang horizontal pada grafik. Berikut merupakan penjelasan *ganttt chart* yaitu:

- M1-J1 membutuhkan waktu 0,08 jam, M1-J2 membutuhkan waktu 0,07 jam, dan M1-J3 membutuhkan waktu 0,08 jam.
- M2-J1 membutuhkan waktu 0,33 jam, M2-J2 membutuhkan waktu 0,17 jam, dan M2-J3 membutuhkan waktu 0,20 jam.
- M3-J1 membutuhkan waktu 0,13 jam, M3-J2 membutuhkan waktu 0,07 jam, dan M3-J3 membutuhkan waktu 0,08 jam.
- M4-J1 membutuhkan waktu 0,17 jam, M4-J2 membutuhkan waktu 0,08 jam, dan M4-J3 membutuhkan waktu 0,10 jam.
- M5-J1 membutuhkan waktu 4,00 jam, M5-J2 membutuhkan waktu 4,00 jam, dan M5-J3 membutuhkan waktu 4,00 jam.

- f. M6-J1 membutuhkan waktu 0,22 jam, M6-J2 membutuhkan waktu 0,11 jam, dan M6-J3 membutuhkan waktu 0,13 jam.
- g. M7-J1 membutuhkan waktu 0,56 jam, M7-J2 membutuhkan waktu 0,28 jam, dan M7-J3 membutuhkan waktu 0,33 jam.

C. Nawaz Enscore and Ham

Tahapan penjadwalan menggunakan metode *Nawaz Enscore and Ham* adalah sebagai berikut:

1. Menjumlahkan waktu setiap proses *job*

Dalam melakukan penjumlahan waktu setiap proses *job* pada produksi pintu di PT. XYZ dapat memperhitungkan waktu dari setiap *job* yang bertujuan supaya dapat mengidentifikasi *job* yang membutuhkan waktu paling besar sehingga mempermudah proses perankingan pada tahap berikutnya. Hasil perhitungan waktu proses setiap *job* tersaji pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan waktu proses produksi (dalam satuan jam)

Mesin atau alat	J1	J2	J3
M1	0,08	0,07	0,08
M2	0,33	0,17	0,20
M3	0,13	0,07	0,08
M4	0,17	0,08	0,10
M5	4,00	4,00	4,00
M6	0,22	0,11	0,13
M7	0,56	0,28	0,33
Total waktu penyelesaian	5,49	4,78	4,92

Keterangan:

J1 = *Glass door*

J2 = *Sliding door*

J3 = *Minimalist door*

2. Mengurutkan *job* pada jumlah waktu proses dimulai dari yang terbesar hingga yang terkecil.

Setelah menghitung total waktu produksi, langkah berikutnya adalah mengurutkan hasil total waktu berdasarkan durasi terbesar. Hal ini sesuai dengan prinsip kerja metode NEH yang mengutamakan prioritas pada tugas-tugas dengan durasi penyelesaian lebih lama dibandingkan tugas-tugas dengan durasi lebih singkat. Oleh karena itu, dilakukan pengurutan berdasarkan total waktu produksi. Hasil pengurutan *job* mulai dari waktu proses terbesar hingga terkecil tersaji pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Urutan *Job* Mulai dari Waktu Proses Terbesar Hingga Terkecil (dalam satuan jam)

<i>Job</i>	Urutan	Total waktu
J1	1	5,49
J3	2	4,92
J2	3	4,78

Pada tabel 5 diketahui bahwa hasil pengurutan *job* yang pertama yaitu J1 dengan total waktu 5,49, kedua yaitu J3 dengan total waktu 4,92, dan ketiga yaitu J2 dengan total waktu 4,78.

3. Menyusun Iterasi 1, $W = i+1$

Langkah berikutnya yaitu menentukan iterasi 1 dengan alternatif berdasarkan rumus $W=i+1$. Jadi alternatif yang digunakan $W=1+1$ atau $W=2$ dengan memilih 2 *job* yang berada di urutan pertama dan kedua pada urutan *job* terbesar yaitu J1 dan J3, sehingga hasil perhitungan iterasi $W=2$ diperoleh beberapa kemungkinan yaitu:

a. J1-J3

b. J3-J1

Dari kedua alternatif tersebut akan dipilih *makespan* terkecil. *Makespan* kedua alternatif tersebut tersaji pada tabel 6 dan tabel 7.

Tabel 6. *Makespan* calon urutan parsial alternatif 1 (J1-J3) (dalam satuan jam)

Mesin atau alat	Time	J1	J3
M1	<i>Start</i>	0	0,08

	<i>End</i>	0,08	0,16
M2	<i>Start</i>	0,08	0,41
	<i>End</i>	0,41	0,61
M3	<i>Start</i>	0,41	0,54
	<i>End</i>	0,54	0,62
M4	<i>Start</i>	0,54	0,71
	<i>End</i>	0,71	0,81
M5	<i>Start</i>	0,71	4,71
	<i>End</i>	4,71	8,71
M6	<i>Start</i>	4,71	4,93
	<i>End</i>	4,93	5,06
M7	<i>Start</i>	4,93	5,49
	<i>End</i>	5,49	5,82

Pada tabel 6 maka hasil perhitungan waktu penyelesaian pada iterasi $W=2$ alternatif calon urutan 1 *job* J1-J3 didapatkan *makespan* sebesar 5,82. Pada perhitungan waktu penyelesaian iterasi $W=2$ alternatif 2 akan dilakukan cara yang sama pada urutan *job* J3-J1 didapatkan *makespan* sebesar 5,48. Dibawah ini hasil perhitungan *makespan* pada urutan *job* J3-J1 tersaji pada tabel 7.

Tabel 7. *Makespan* calon urutan parsial alternatif 2 (J3-J1) (dalam satuan jam)

Mesin atau alat	Time	J3	J1
M1	<i>Start</i>	0	0,08
	<i>End</i>	0,08	0,16
M2	<i>Start</i>	0,08	0,28
	<i>End</i>	0,28	0,61
M3	<i>Start</i>	0,28	0,36
	<i>End</i>	0,36	0,49
M4	<i>Start</i>	0,36	0,46
	<i>End</i>	0,46	0,63
M5	<i>Start</i>	0,46	4,46
	<i>End</i>	4,46	8,46
M6	<i>Start</i>	4,46	4,59
	<i>End</i>	4,59	4,81
M7	<i>Start</i>	4,59	4,92
	<i>End</i>	4,92	5,48

4. Menyusun Iterasi 2, $W = 3$

Pada iterasi ke-2, rumus menentukan alternatif yang digunakan metode NEH yaitu $W=i+1$ dimana $i=2$, maka $W=2+1$ jadi $W=3$. Artinya, dari beberapa kemungkinan alternatif urutan pekerjaan (*job*) secara random yang telah dihitung dan diseleksi sebelumnya, tiga urutan dengan nilai terkecil akan dipilih untuk melanjutkan proses tahapan. Dengan demikian urutan parsial berdasarkan $W=3$ diperoleh tiga alternatif yang terkecil yaitu:

- J1-J3-J2
- J3-J2-J1
- J2-J1-J3

Dari ketiga alternatif *makespan* tersebut dapat dilihat bahwa alternatif dengan urutan *job* J2-J1-J3 merupakan *makespan* yang terkecil yaitu dengan hasil 5,67. Berikut merupakan *makespan* urutan pasrial alternatif J2-J1-J3 tersaji pada tabel dibawah ini.

Tabel 8. *Makespan* calon urutan parsial alternatif 3(J2-J1-J3) (dalam satuan jam)

Mesin atau alat	Time	J2	J1	J3
M1	<i>Start</i>	0	0,07	0,15

	<i>End</i>	0,07	0,15	0,23
M2	<i>Start</i>	0,07	0,24	0,57
	<i>End</i>	0,24	0,57	0,77
M3	<i>Start</i>	0,24	0,31	0,44
	<i>End</i>	0,31	0,44	0,52
M4	<i>Start</i>	0,31	0,39	0,56
	<i>End</i>	0,39	0,56	0,66
M5	<i>Start</i>	0,39	4,39	8,39
	<i>End</i>	4,39	8,39	12,39
M6	<i>Start</i>	4,39	4,50	4,72
	<i>End</i>	4,50	4,72	4,85
M7	<i>Start</i>	4,50	4,78	5,34
	<i>End</i>	4,78	5,34	5,67

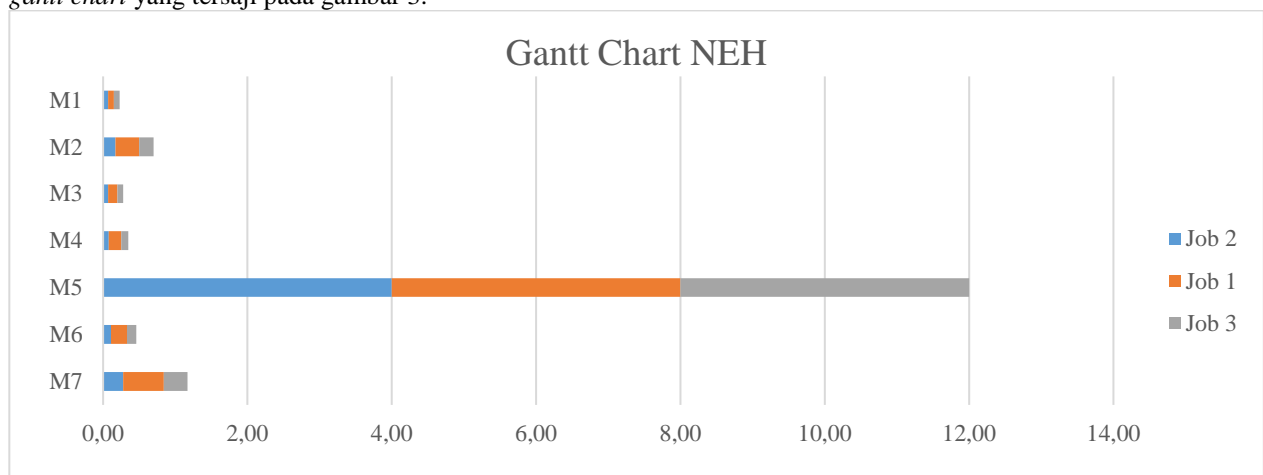
5. Rekapitulasi *Makespan*

Langkah berikutnya yaitu pengumpulan seluruh perhitungan *makespan* untuk semua total job yang telah di perhitungkan sebelumnya. Hasil rekapitulasi *makespan* tersaji pada tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi perhitungan *makespan* (dalam satuan jam)

Iterasi	Alternatif	Hasil
1	J1-J3	5,82
	J3-J1	5,48
	J1-J3-J2	6,10
2	J3-J2-J1	5,76
	J2-J1-J3	5,67

Dari perhitungan diatas, *makespan* yang dapat diambil adalah *makespan* terkecil dengan semua urutan pekerjaan yang ada didalamnya, sehingga dapat memaksimalkan proses produksi secara efisien. Dengan menggunakan metode NEH, *makespan* terkecil dihasilkan yaitu 5,67 dengan urutan parsial J2-J1-J3. Artinya *job* 2 dilakukan terlebih dahulu, diikuti oleh *job* 1, selanjutnya *job* 3 dan terakhir *job* 3. Selain tabel perhitungan, *output* lain yang dihasilkan adalah *gant chart* yang tersaji pada gambar 3.



Gambar 3. *Gantt Chart* NEH

Pada gambar 3 *gant chart* NEH memiliki keterkaitan durasi waktu untuk menentukan panjang setiap batang horizontal pada grafik. Berikut merupakan penjelasan *gant chart* yaitu:

- M1-J2 membutuhkan waktu 0,07 jam, M1-J1 membutuhkan waktu 0,08 jam, dan M1-J3 membutuhkan waktu 0,08 jam.
- M2-J2 membutuhkan waktu 0,17 jam, M2-J1 membutuhkan waktu 0,33 jam, dan M2-J3 membutuhkan waktu 0,20 jam.

- c. M3-J2 membutuhkan waktu 0,31 jam, M3-J1 membutuhkan waktu 0,13 jam, dan M3-J3 membutuhkan waktu 0,08 jam.
- d. M4-J2 membutuhkan waktu 0,08 jam, M4-J1 membutuhkan waktu 0,17 jam, dan M4-J3 membutuhkan waktu 0,10 jam.
- e. M5-J2 membutuhkan waktu 4,00 jam, M5-J1 membutuhkan waktu 4,00 jam, dan M5-J3 membutuhkan waktu 4,00 jam.
- f. M6-J2 membutuhkan waktu 0,11 jam, M6-J1 membutuhkan waktu 0,22 jam, dan M6-J3 membutuhkan waktu 0,13 jam.
- g. M7-J2 membutuhkan waktu 0,28 jam, M7-J1 membutuhkan waktu 0,56 jam, dan M7-J3 membutuhkan waktu 0,33 jam.

D. Hasil perbandingan Metode FCFS dan NEH

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode NEH dalam penelitian ini dan metode FCFS yang diterapkan oleh perusahaan, maka hasil perbandingan ditampilkan pada tabel 10.

Tabel 10. Hasil *Makespan* Metode FCFS dan NEH

No	Metode	Urutan Job	<i>Makespan</i> (Jam)
1	FCFS	J1-J2-J3	6,10
2	NEH	J2-J1-J3	5,67

Dari hasil perbandingan maka didapatkan bahwa urutan *job* dengan metode *Nawaz Enscore and Ham* yaitu J2-J1-J3 memberikan nilai *makespan* yang lebih kecil yaitu sebesar 5,67 jam sedangkan metode yang digunakan perusahaan yaitu metode FCFS dengan urutan *job* J1-J2-J3 menghasilkan nilai *makespan* sebesar 6,10 jam, metode *Nawaz Enscore and Ham* memberikan perbaikan waktu *makespan* sebesar 0,43 jam. Sementara penelitian lain menunjukkan NEH menghasilkan *makespan* 3,44 jam dengan urutan J2-J1-J3 sedangkan metode FCFS dirumah industri wahyu menghasilkan *makespan* 9,39. Hal ini memperkuat bahwa metode NEH memberikan hasil yang optimal dalam meminimalkan waktu produksi.

IV. SIMPULAN

Dari hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan metode NEH dalam penjadwalan produksi menghasilkan *makespan* paling kecil dan waktu penyelesaian produksi yang efisien dibandingkan dengan metode penjadwalan yang saat ini diterapkan oleh perusahaan. Metode NEH menghasilkan *makespan* sebesar 5,67 melalui tiga iterasi dengan urutan *job* J2-J1-J3. Hasil ini membuktikan bahwa metode NEH dapat meminimalkan *makespan* dan dapat digunakan sebagai referensi untuk perusahaan saat menjadwalkan produksi mereka.

Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya, maka sebaiknya mengkaji berbagai metode penjadwalan lainnya guna membandingkan keefektifan setiap metode dalam meningkatkan efisien produksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan artikel ilmiah ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak Universitas Muhammadiyah Sidoarjo serta pimpinan PT. XYZ yang memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian.

REFERENSI

- [1] E. Putri, "Usulan Perbaikan Penjadwalan Produksi Flow Shop dengan Menggunakan Metode Nawaz Enscore Ham," *Sci. J. Ind. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 10–12, 2020.
- [2] A. T. Wahyudi, B. I. A. Wicaksana, and M. Andriani, "Penjadwalan Produksi Job shop Mesin Majemuk Menggunakan Algoritma Non Delay untuk Meminimalkan Makespan," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 10, no. 2, pp. 183–190, 2021, doi: 10.26593/jrsi.v10i2.4666.183-190.
- [3] M. R. Fadli and W. Sulistiyowati, "Optimalisasi Penjadwalan Produksi Pipa Di Line 18 Dengan Metode First Come First Serve (Fcfs) , Earlier Due Date (Edd) , Short Process Time (Spt) (Studi Kasus : Pt Wturu)," *J. Proxima*, vol. 3, no. 2, pp. 44–54, 2019.
- [4] B. Dimas Anfari, "Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Algoritma Non Delay untuk Meminimasi Makespan," vol. 6, no. 1, 2023, doi: 10.32734/ee.v6i1.1800.
- [5] N. Zuya and M. O. Gurusinga, "Usulan Penjadwalan Job Menggunakan Metode Campbell, Dudek and Smith (CDS) serta Metode Nawaz, Enscore and Ham (NEH) Guna Meminimalkan Makespan Proses Produksi Pistol Mainan di PT. ABC," *Talent. Publ.*, vol. 6, no. 1, 2023, doi: 10.32734/ee.v6i1.1904.
- [6] N. N. Azzat and M. C. Zulfa, "Optimasi penjadwalan produksi dengan algoritma heuristik pour untuk reduksi

- makespan pada CV CJ furniture optimization of production scheduling using pour heuristic algorithm for makespan reduction in CV CJ furniture,” *Integrasi*, vol. 8, no. 1, pp. 14–22, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.um-palembang.ac.id/integrasi/article/view/5977/pdf>
- [7] A. P. Mufidah and A. Pakarbudi, “Optimalisasi Waktu dan Biaya dalam Pengembangan Proyek Software Menggunakan Critical Path Method,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–11, 2023, [Online]. Available: <https://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/5128>
- [8] S. Rollandiaz and Y. A. Iskandar, “Evaluasi Keterlambatan Pengiriman Produk Bahan Bakar Minyak Menggunakan Lean Six Sigma,” *INFOTECH J.*, vol. 10, no. 1, pp. 74–83, 2024, doi: 10.31949/infotech.v10i1.8796.
- [9] P. Asih, I. Mindhayani, and T. Prakasa, “Analisis penjadwalan produksi menggunakan algoritma Nawaz Enscore Ham, algoritma Campell Dudek Smith, dan Nawaz Enscore Ham (Studi kasus di UMKM Arumanis Haji Ardi di Sleman),” *J. Rekayasa Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 44–51, 2022.
- [10] N. Kurniawan and S. Suseno, “Optimasi Sistem Penjadwalan Produksi Dengan Metode Nawaz Enscore Ham (NEH) Pada PT Sinar Semesta,” *J. Inov. dan Kreat.*, vol. 3, no. 1, pp. 24–33, 2023, doi: 10.30656/jika.v3i1.6001.
- [11] T. Sukmono and O. A. Nastiti, “Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Total Waktu Produksi,” *J. Tek. Ind.*, vol. 14, no. 2, pp. 155–160, 2024.
- [12] Alicia Hamad and Suseno Suseno, “Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Algoritma Nawaz Enscore Ham dan Metode Harmony Search Algorithm Untuk Meminimasi Makespan,” *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 2, no. 3, pp. 218–226, 2023, doi: 10.55606/juprit.v2i3.2210.
- [13] D. S. Manik and A. R. Habibi, “Minimalisasi Makespan Pada Perusahaan Tamiya Menggunakan Algoritma Nawaz, Enscore, and Ham (NEH),” *Talent. Conf. Ser. Energy Eng.*, vol. 6, no. 1, 2023, doi: 10.32734/ee.v6i1.1903.
- [14] F. Darmawan, “Usulan Perbaikan Penjadwalan Produksi Inner Liner Pada Kulkas dengan Menggunakan Metode Nawaz Enscore Ham di PT.XYZ,” vol. 3, no. 2, pp. 30–33, 2022.
- [15] D. Arifandi, T. Lasalewo, and H. Hasanuddin, “Analisis Metode NEH Untuk Meminimalkan Makespan Pada Penjadwalan Produksi di Rumah Industri Wahyu,” *Jambura Ind. Rev.*, vol. 2, no. 2, pp. 65–74, 2022, doi: 10.37905/jirev.v2i2.15861.
- [16] M. A. Irfansah, F. Hardiyanti, and R. Indrawan, “Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith (CDS) Dan Metode Nawaz Enscore Ham (NEH) di PT. RPC Indonesia,” pp. 1–6, 2023.
- [17] R. D. Apnena, “Optimasi Penjadwalan Flow Shop Perusahaan Garment dengan Metode Campbell Dudek Smith (CDS), Algoritma Nawaz Enscore Ham (NEH), dan Algoritma Pour dengan Kriteria MInimasi Makespan,” *J. Informatics Electron. Eng.*, vol. 01, no. 01, pp. 32–35, 2021, doi: 10.36275/stsp.v18i2.118.
- [18] Y. Muharni, K. Kulsum, and D. A. Utami, “Usulan Penjadwalan Produksi Pipa Erw Menggunakan Metode Nawaz Enscore Ham Dan Genetic Algorithm,” *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, p. 29, 2019, doi: 10.36055/fwl.v1i1.6385.
- [19] R. F. Arief, Joycelin, Jesslyn, Alex, and A. J. Reynaldi, “Analisis Manajemen Proyek pada Ide Bisnis Love Earth Plan (LEP),” *J. Mirai Manag.*, vol. 8, no. 1, pp. 326–347, 2023.
- [20] A. Darmawan, R. Ananda, and S. Luthfianto, “Optimalisasi Produksi Keripik Jamur dengan Metode Nawaz Enscore Ham (NEH), Long Processing Time (LPT) Dan Shortest Processing Time (SPT),” *J. Ilm. Ilmu dan Teknol. Rekayasa*, vol. 4, no. September, pp. 1–13, 2021, doi: 10.31962/jiitr.vvii.64.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.