

Implementation of Nawaz, Enscore, and Ham (NEH) for Minimize Makespan in Job Shop Scheduling

[Penerapan Nawaz, Enscore, dan Ham (NEH) untuk Meminimalkan Makespan dalam Penjadwalan Job Shop]

Octavia Adistyas Nastiti¹⁾, Tedjo Sukmono²⁾

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. OPQ is a company that specializes in providing construction materials such as ready-mix concrete, precast concrete, concrete bricks and crushed stone. With 4 different compositions and high demand, it is not uncommon for problems to occur, namely late delivery. This research aims to increase work efficiency by minimizing makespan to reduce idle time which will impact delays in product delivery to customers. The results of production scheduling using the NEH method produce smaller makespan results and faster production process completion times compared to the scheduling method used by the company. The NEH method produces a makespan of 2.29 with the job sequence P3-P4-P2-P1. The method used by the company obtained a makespan of 3.01 with a partial work sequence of P2-P3-P4-P1. This can prove that the calculation results using the NEH method can minimize makespan and this method can be used by companies as a reference for scheduling the production process to overcome the problems being faced by the company.*

Keywords - Scheduling; Optimization; Makespan; NEH

Abstrak. PT.OPQ merupakan perusahaan yang khusus menyediakan bahan konstruksi seperti beton siap pakai, beton pracetak, batu bata beton, dan batu pecah. Dengan adanya 4 komposisi yang berbeda serta permintaan yang tinggi, tidak jarang terjadi permasalahan yaitu keterlambatan pengiriman. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi kerja dengan meminimalkan *makespan* untuk mengurangi *idle time* yang akan berdampak pada keterlambatan pengiriman produk kepada *customer*. Hasil dari penjadwalan produksi dengan metode NEH menghasilkan hasil *makespan* yang lebih kecil dan waktu penyelesaian proses produksi yang lebih cepat dibandingkan dengan metode penjadwalan yang digunakan oleh perusahaan. Metode NEH mendapatkan hasil *makespan* sebesar 2,29 dengan urutan job P3-P4-P2-P1. Metode yang digunakan perusahaan mendapatkan hasil *makespan* sebesar 3,01 dengan urutan pekerjaan parsial P2-P3-P4-P1. Hal ini dapat membuktikan bahwa hasil perhitungan dengan menggunakan metode NEH dapat meminimalisir *makespan* dan metode ini dapat digunakan oleh perusahaan sebagai acuan penjadwalan proses produksi untuk mengatasi permasalahan yang sedang dihadapi oleh perusahaan.

Kata Kunci - Penjadwalan; Optimasi; Makespan; NEH

I. PENDAHULUAN

Penjadwalan produksi dalam sektor manufaktur memiliki tujuan untuk memberikan hasil terbaik bagi pelanggan [1]. Salah satu cara terbaik untuk memberikan pelayanan yang baik kepada pelanggan adalah dengan mengirimkan produk tepat waktu dan menyediakannya pada waktu yang sesuai dengan jadwal mereka. Produk yang optimal dan tepat waktu adalah hal yang perlu dicapai, dan solusi terpenting adalah menciptakan rantai pasokan yang efisien untuk mencapai hasil terbaik dalam operasi produksi; semua proses produksi harus dilakukan dengan hati-hati sebelumnya [2]. Penjadwalan adalah proses merumuskan rencana yang mengalokasikan sumber daya ke beberapa tugas dalam jangka waktu tertentu. Ini adalah langkah penting karena membantu mengoptimalkan tujuan dan strategi perusahaan. [3]. Penjadwalan produksi didefinisikan sebagai proses alokasi bahan atau mesin untuk menyelesaikan serangkaian tugas selama periode waktu tertentu. Produksi sangat penting bagi bisnis yang menggunakan sistem *make-to-order*, di mana produk baru diproduksi sebagai respons terhadap permintaan pelanggan [4].

Penjadwalan adalah distribusi sumber daya yang dibatasi untuk menyelesaikan sejumlah pekerjaan tertentu. Masalah akan muncul jika operasi sedang berlangsung, Setiap karyawan memerlukan stasiun kerja yang sama. Kegagalan proses produksi merupakan hal yang sangat penting dalam industri manufaktur. Penjadwalan proses manufaktur akan berdampak buruk pada beberapa hal, termasuk efisiensi pekerjaan atau proses. Penggunaan penjadwalan sangat penting untuk perencanaan dan pengembangan produk. Tujuan penjadwalan adalah untuk memaksimalkan sumber daya yang tersedia guna merencanakan produksi dan mengelola sumber daya. Dengan bantuan penjadwalan, pekerjaan dapat diatur dan diurutkan sekaligus mengoptimalkan jumlah waktu dan sumber daya yang diperlukan untuk setiap proses yang diperlukan [5]. Optimasi adalah proses menjadikan suatu tugas seoptimal

mungkin untuk mencapai hasil yang diinginkan. Optimalisasi hanya dapat terjadi bila pekerjaan dilakukan secara efisien dan efektif [6]. Terdapat berbagai macam tujuan penjadwalan adalah [7] Meningkatkan penggunaan peralatan atau sumber daya dengan mengurangi waktu menganggur, meminimalkan jumlah pekerjaan dalam antrian yang harus ditangani, dan menghilangkan penundaan.

PT.OPQ merupakan perusahaan yang khusus menyediakan bahan konstruksi seperti beton siap pakai, beton pracetak, batu bata beton, dan batu pecah. Dengan adanya 4 komposisi yang berbeda serta permintaan yang tinggi, tidak jarang terjadi permasalahan yaitu keterlambatan pengiriman yang disebabkan oleh beberapa faktor yaitu dengan permintaan pelanggan yang bervariasi, tidak adanya penjadwalan yang efektif diterapkan di perusahaan, penggunaan mesin secara bergantian antar variasi beton, Penurunan kepercayaan *customer* kepada perusahaan seringkali disebabkan oleh keterlambatan pada proses pengiriman. Terjadinya keterlambatan pengiriman pada PT. POQ dalam 1 hari proses loading ada terdapat interval keterlambatan 5-8 jam, dengan interval keterlambatan yang cukup lama secara terus menerus dalam jangka waktu 6 bulan hal tersebut dapat menyebabkan banyak terputusnya kerjasama dengan vendor-vendor yang terkait serta terjadinya penurunan permintaan akibat menurunnya kepercayaan dari *customer*. Hal ini dapat menimbulkan dampak buruk bagi perusahaan, seperti pemutusan kerjasama antar perusahaan dan penurunan permintaan. Oleh karena itu, jika terdapat permasalahan pada proses produksi dan pengiriman, maka perusahaan perlu melakukan perbaikan pada sistem manajemennya [8]. Sistem manufaktur yang digunakan perusahaan ini dirancang untuk memenuhi permintaan pelanggan berdasarkan pesanan pembelian. Pelaku usaha umumnya memanfaatkan konsumen dengan menekankan pentingnya waktu penyelesaian (*makespan*). Saat ini, perusahaan tersebut menggunakan sistem *First Come First Serve* (FCFS). Sistem ini memiliki berbagai kekurangan, salah satunya adalah jika beberapa pesanan datang dalam waktu bersamaan, maka akan sulit membedakan pesanan mana yang diselesaikan terlebih dahulu. Permasalahan tersebut kemungkinan besar akan mempengaruhi waktu penyelesaian (*makespan*). *Makespan* yang panjang mempunyai kemungkinan besar mengakibatkan pesanan diselesaikan setelah tanggal jatuh tempo [9]. Ukuran keberhasilan penjadwalan adalah berkurangnya waktu penyelesaian produksi (*makespan*) [10].

Beberapa penelitian sebelumnya terdapat penelitian yang dilakukan oleh Martin [11] yang membahas penjadwalan menggunakan metode CDS, NEH dan Palmer, pada penelitian tersebut metode NEH memiliki total waktu penyelesaian yang lebih kecil dibandingkan metode CDS dan Palmer. Selain itu, terdapat penelitian yang dilakukan oleh Nino [1] yang membahas optimasi sistem penjadwalan dengan metode Nawaz Enscore Ham, pada penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa terjadi penurunan *Makespan* sebesar 3,16 jam, dan juga terdapat penelitian yang dilakukan oleh Siti [5] yang membahas meminimasi *makespan* dengan metode Nawaz Enscore Ham didapatkan hasil bahwa adanya penurunan waktu proses produksi sebesar 13.519,65 detik antara metode Perusahaan dengan metode NEH. Metode Nawaz Enscore Ham mampu membuktikan bahwa dapat membuat waktu proses produksi lebih cepat dibandingkan dengan metode Perusahaan. Berdasarkan penelitian terdahulu salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada penelitian saya adalah dengan menggunakan Nawaz Enscore Ham. Metode Nawaz Enscore Ham telah digunakan untuk meningkatkan produktivitas dengan mengurangi jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permintaan layanan pelanggan. Nawaz Enscore Ham (NEH) merupakan algoritma heuristik yang menentukan bahwa tugas-tugas yang membutuhkan waktu lebih lama untuk diselesaikan secara keseluruhan harus diberi prioritas lebih daripada tugas-tugas yang membutuhkan waktu lebih sedikit untuk diselesaikan secara keseluruhan [12]. Pada tahun 1983, Muhammad Nawaz, E. melakukan Metode Nawaz Enscore Ham (NEH) dikembangkan oleh Emory Enscore Jr dan Inyong Ham. “*In a general flowshop, where all the jobs must pass through all the machines in the same order, certain heuristic algorithms propose that the jobs with advanced total process time should be given advanced precedence than the jobs with lower total process time*” Berarti, konsep penjadwalan *flowshop* yaitu seluruh pekerjaan harus lewat pada seluruh mesin dalam urutan yang sama. Ini menunjukkan bahwa pekerjaan dengan waktu berlalu tinggi harus memiliki prioritas yang lebih banyak dan begitu sebaliknya [13]. Prinsip metode NEH adalah menemukan solusi optimal dengan bertukar posisi pekerjaan, sehingga menghasilkan banyak kemungkinan urutan pekerjaan untuk menghasilkan hasil terbaik [14]. Pendekatan Nawaz Enscore Ham (NEH) lebih unggul dibandingkan metode heuristik lainnya karena lebih akurat dalam menentukan kemungkinan urutan pekerjaan yang akan dijadwalkan [15]. Penjadwalan produksi dengan metode NEH dilakukan untuk meminimumkan *Makespan* dengan beberapa tahapan.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi kerja dengan meminimalkan *makespan* (total waktu produksi) untuk mengurangi *idle time* yang akan berdampak pada keterlambatan pengiriman produk kepada *customer*. Metode yang digunakan dalam penelitian dapat dijadikan referensi bagi Perusahaan untuk meningkatkan efisiensi proses produksi dengan meminimalkan *makespan*.

II. METODE

Proses perhitungan dengan menggunakan metode NEH dilakukan dengan tahapan [16] sebagai berikut:

1. Jumlahkan waktu proses produksi pada setiap job

$$T = \sum_i^m t_i \quad [5]$$

Keterangan:

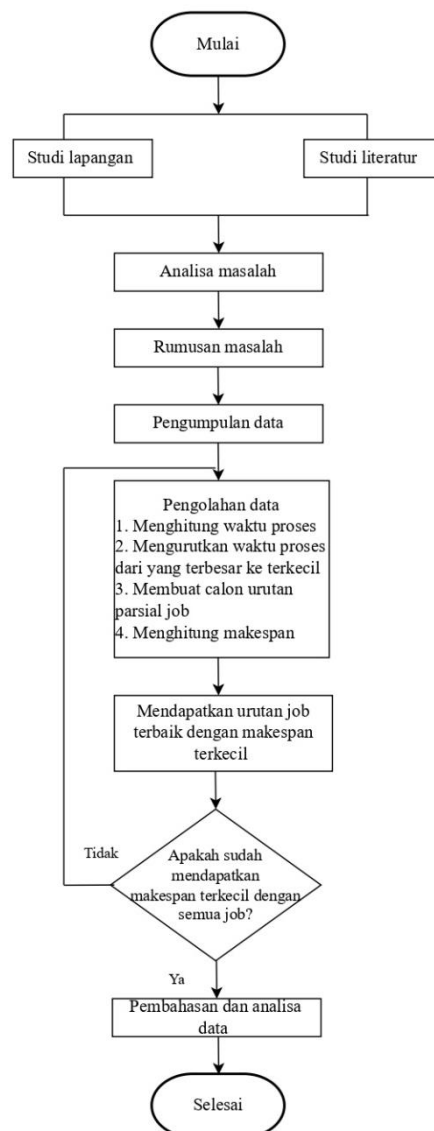
T = total seluruh waktu setiap pekerjaan

t = waktu proses setiap pekerjaan

i = pekerjaan yang dikerjakan

2. Urutkan total waktu job dari mulai yang terbesar ke terkecil
3. Susun iterasi $X = 2$ dari i yang memiliki pengurutan terbesar
4. Hitung nilai makespan dari $X = 2$
5. Buatlah calon urutan parsial dari $X = 2$ lalu hitung juga makespannya
6. Pada calon urutan parsial selanjutnya adalah susun dan pada $X = X+1$
7. Memilih job pada urutan ketiga dari pengurutan total waktu produksi
8. Hitung makespan pada $X = X+1$
9. Lakukan berulang-ulang hingga job selesai
10. Lakukan rekapitulasi perhitungan makespan dari semua total job yang telah dihitung
11. Pilihlah urutan pekerjaan yang memiliki makespan terkecil
12. Selesai

Berikut adalah diagram alur penelitian yang menggambarkan tahapan dalam melakukan penelitian penjadwalan dengan menggunakan metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH).



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Penelitian ini lebih difokuskan pada penjadwalan produksi pada beton *ready mix*. Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan pengamatan secara langsung kedalam lingkungan perusahaan, melakukan wawancara kepada orang yang expert dalam bidang yang berkaitan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data proses produksi, data waktu proses produksi, data mesin. Data waktu proses produksi diambil dengan menggunakan *stopwatch* secara langsung sambil melakukan pengamatan pada saat proses *loading* berlangsung.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Nawaz, Enscore, dan Ham (NEH)

Hasil dan pembahasan dengan menggunakan metode Nawaz, Enscore, dan Ham (NEH) berdasarkan tahapan yang terdapat pada metode dapat dilihat pada uraian berikut ini:

1. Menghitung Total Waktu Proses Produksi

Berikut merupakan data waktu proses pengerjaan job beton *ready mix* pada PT.OPQ pada beton *ready mix* dan dilakukan perhitungan total waktu proses produksi dari masing-masing pekerjaan atau *job* dengan tujuan untuk mengetahui pekerjaan mana yang endapatkan total waktu terbesar untuk dilakukan perankingan pada tahap selanjutnya. Hasil perhitungan dari waktu produksi dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Waktu Proses Produksi

Job Mesin	P1	P2	P3	P4
M1	0,25	0,28	0,28	0,26
M2	0,22	0,20	0,23	0,28
M3	1,00	0,80	0,62	1,00
M4	0,17	0,16	0,11	0,19
M5	0,10	0,19	0,14	0,20
M6	0,20	0,18	0,14	0,15
M7	0,13	0,17	0,19	0,18
M8	0,12	0,14	0,16	0,15
Total	2,19	2,13	1,88	2,41

Keterangan:

M = Mesin

P = Pekerjaan (*Job*)

2. Pengurutan Total Waktu Pekerjaan

Setelah dilakukan perhitungan total waktu produksi, langkah selanjutnya adalah melakukan pengurutan dari hasil total waktu produksi berdasarkan yang terbesar dikarenakan berdasarkan pada prinsip kerja metode NEH adalah bahwa tugas-tugas yang membutuhkan waktu lebih lama untuk diselesaikan secara keseluruhan harus diberi prioritas lebih daripada tugas-tugas yang membutuhkan waktu lebih sedikit untuk diselesaikan secara keseluruhan, maka dari itu dilakukan pengurutan dari total waktu produksi. Pengurutan total waktu job dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Pengurutan total waktu *job*

Kode	Urutan	Total Waktu
P4	1	2,41
P1	2	2,19
P2	3	2,13
P3	4	1,88

Pada tabel 2 didapatkan pengurutan total waktu produksi pada masing-masing *job* dengan urutan P4 diurutan pertama dengan total waktu produksi sebesar 2,41, diurutan kedua ada P1 dengan total waktu produksi sebesar 2,19, diurutan ketiga ada P2 dengan total waktu produksi sebesar 2,13, diurutan keempat ada P3 dengan total waktu produksi sebesar 1,88.

3. Menyusun Iterasi 1, X=2

Tahapan selanjutnya adalah membuat iterasi X = 2 dari i yaitu membuat iterasi sebanyak 2 i atau pekerjaan yang memiliki urutan total waktu produksi terbesar. Dalam penelitian ini iterasi X = 2 dari i yaitu P4 dan P1 dan buatlah dua calon urutan parsial lainnya untuk alternatif. Hitung *makespan* pada iterasi X = 2 dengan cara menjumlahkan waktu produksi dengan waktu *set up*, maka hasil perhitungan *makespan* pada iterasi X = 2 dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. *Makespan* iterasi X = 2 alternatif 1

Mesin	Waktu	P4	P1
M1	Mulai	0	0,26
	Berakhir	0,26	0,51
M2	Mulai	0,26	0,54
	Berakhir	0,54	0,76
M3	Mulai	0,54	1,54
	Berakhir	1,54	2,54
M4	Mulai	1,54	1,73
	Berakhir	1,73	1,90
M5	Mulai	1,73	1,93
	Berakhir	1,93	2,03
M6	Mulai	1,93	2,08
	Berakhir	2,08	2,28
M7	Mulai	2,08	2,26
	Berakhir	2,26	2,40
M8	Mulai	2,26	2,41
	Berakhir	2,41	2,53

Pada tabel 3 dari hasil perhitungan *makespan* pada iterasi X = 2 alternatif calon urutan parsial 1 didapatkan *makespan* sebesar 2,53 pada urutan *job* P4-P1. Pada perhitungan *makespan* iterasi X = 2 alternatif 2 dilakukan cara perhitungan yang sama namun dengan urutan *job* yang berbeda yaitu P1-P4 didapatkan *makespan* sebesar 2,34. Hasil perhitungan *makespan* pada urutan *job* P1-P4 dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. *Makespan* iterasi X = 2 alternatif 2

Mesin	Waktu	P1	P4
M1	Mulai	0	0,25
	Berakhir	0,25	0,51
M2	Mulai	0,25	0,47
	Berakhir	0,47	0,75
M3	Mulai	0,47	1,47
	Berakhir	1,47	2,47
M4	Mulai	1,47	1,64
	Berakhir	1,64	1,83
M5	Mulai	1,64	1,74
	Berakhir	1,74	1,93
M6	Mulai	1,74	1,93
	Berakhir	1,93	2,08
M7	Mulai	1,93	2,06
	Berakhir	2,06	2,24
M8	Mulai	2,06	2,19
	Berakhir	2,19	2,34

4. Menyusun Iterasi 2, X=3

Tahapan selanjutnya adalah menambahkan jumlah iterasi menjadi $X = X+1$ dari i yaitu setelah melakukan iterasi $X = 2$ selanjutnya melakukan iterasi $X = X+1=3$ jadi pada iterasi selanjutnya berjumlah 3 urutan *job* yang akan membentuk calon urutan parsial dengan hasil perhitungan *makespan* yang berbeda-beda pada setiap alternatifnya. Pada iterasi sebelumnya calon urutan parsial diambil dari urutan total waktu produksi yang terbesar di urutan pertama dan kedua untuk iterasi $X = 3$ ini ditambahkan urutan ketiga terbesar dari total waktu produksi, sehingga pada alternatif pertama didapatkan urutan calon parsialnya adalah P4-P1-P2. Perhitungan *makespan* pada iterasi $X = 3$ dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini:

Tabel 5. *Makespan* iterasi X = 3 alternatif 1

Mesin	Waktu	P4	P1	P2
M1	Mulai	0	0,25	0,49
	Berakhir	0,25	0,49	0,78
M2	Mulai	0,25	0,48	0,70
	Berakhir	0,48	0,70	0,91
M3	Mulai	0,48	1,48	2,48
	Berakhir	1,48	2,48	3,28
M4	Mulai	1,48	1,65	1,82
	Berakhir	1,65	1,82	1,97
M5	Mulai	1,65	1,76	1,86
	Berakhir	1,76	1,86	2,05
M6	Mulai	1,76	1,93	2,13
	Berakhir	1,93	2,13	2,31
M7	Mulai	1,93	2,09	2,22
	Berakhir	2,09	2,22	2,39
M8	Mulai	2,09	2,25	2,37
	Berakhir	2,25	2,37	2,52

Pada tabel 6 dari hasil perhitungan *makespan* pada iterasi $X = 3$ alternatif calon urutan parsial 1 didapatkan *makespan* sebesar 2,52 pada urutan *job* P4-P1-P2. Pada perhitungan *makespan* iterasi $X = 3$ alternatif 2 dilakukan cara perhitungan yang sama namun dengan urutan *job* yang berbeda yaitu P1-P2-P4 didapatkan *makespan* sebesar 2,48. Hasil perhitungan *makespan* pada urutan *job* P1-P2-P4 dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini:

Tabel 6. *Makespan* iterasi X = 3 alternatif 2

Mesin	Waktu	P1	P2	P4
M1	Mulai	0	0,24	0,52
	Berakhir	0,24	0,52	0,78
M2	Mulai	0,24	0,46	0,66
	Berakhir	0,46	0,66	0,94
M3	Mulai	0,46	1,46	2,26
	Berakhir	1,46	2,26	3,26
M4	Mulai	1,46	1,62	1,77
	Berakhir	1,62	1,77	1,97
M5	Mulai	1,62	1,71	1,90
	Berakhir	1,71	1,90	2,10
M6	Mulai	1,71	1,87	2,05
	Berakhir	1,87	2,05	2,20
M7	Mulai	1,87	2,03	2,20
	Berakhir	2,03	2,20	2,38
M8	Mulai	2,03	2,19	2,33
	Berakhir	2,19	2,33	2,48

Pada calon urutan parsial selanjutnya iterasi $X = 3$ didapatkan hasil perhitungan *makespan* untuk calon urutan parsial 3 dengan urutan job P2-P4-P1 dengan *makespan* sebesar 2,40. Hasil perhitungan *makespan* dapat dilihat pada tabel 7 dibawah ini:

Tabel 7. *Makespan* iterasi $X = 3$ alternatif 3

Mesin	Waktu	P2	P4	P1
M1	Mulai	0	0,28	0,54
	Berakhir	0,28	0,54	0,79
M2	Mulai	0,28	0,49	0,76
	Berakhir	0,49	0,76	0,98
M3	Mulai	0,49	1,29	2,29
	Berakhir	1,29	2,29	3,29
M4	Mulai	1,29	1,44	1,64
	Berakhir	1,44	1,64	1,80
M5	Mulai	1,44	1,63	1,83
	Berakhir	1,63	1,83	1,93
M6	Mulai	1,63	1,82	1,97
	Berakhir	1,82	1,97	2,16
M7	Mulai	1,82	1,98	2,16
	Berakhir	1,98	2,16	2,30
M8	Mulai	1,98	2,13	2,27
	Berakhir	2,13	2,27	2,40

Selanjutnya adalah membuat iterasi sampai total *job* terpenuhi semua dan membuat calon urutan parsial *job* dengan cara yang sama seperti pada tahapan sebelumnya, lakukan secara berulang sampai *job* habis dan jumlah *job* sesuai.

5. Rekapitulasi *Makespan*

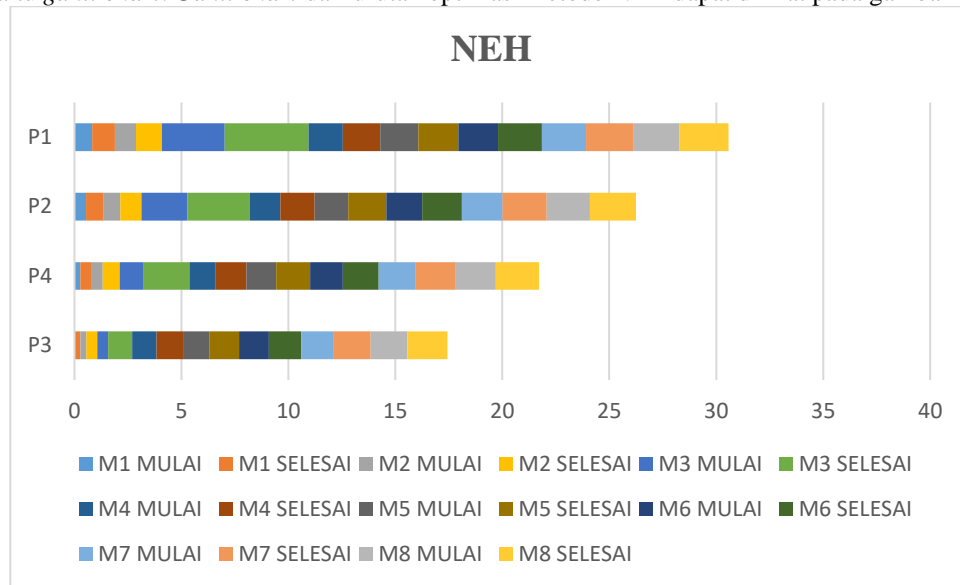
Tahapan selanjutnya adalah melakukan rekapitulasi pada semua perhitungan *makespan* pada semua total *job* yang telah dihitung. Rekapitulasi perhitungan *makespan* dari total *job* yang tersedia dapat dilihat pada tabel 8 dibawah ini:

Tabel 8. Hasil Perhitungan *Makespan*

Iterasi Ke	Urutan Job	Makespan
1	P4-P1	2,53
	P1-P4	2,34
2	P4-P1-P2	2,52
	P1-P2-P4	2,48
	P2-P4-P1	2,40
	P2-P3-P1-P4	2,43
3	P1-P2-P3-P4	2,64
	P3-P4-P2-P1	2,29
	P4-P1-P3-P2	2,71

Dari perhitungan di atas dapat dilihat perhitungan *makespan* yang terkecil dikarenakan urutan pekerjaan yang memiliki *makespan* terkecil menandakan bahwa pada urutan pekerjaan tersebut memiliki *idle time* kecil, sehingga dapat memaksimalkan proses produksi dengan efektif. Menggunakan metode NEH didapatkan hasil *makespan* terkecil diambil yaitu 2,29 dengan urutan parsial *job* P3-P4-P2-P1 yang berarti *job* 3 dilakukan terlebih dahulu kemudian

dilanjutkan *job 4* kemudian dilanjutkan *job 2* dan diakhiri pada *job 1*. *Output* yang dihasilkan selain dari tabel perhitungan yaitu *gant chart*. *Gantt chart* dari urutan optimasi metode NEH dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Gantt Chart NEH

B. First Come First Serve (FCFS)

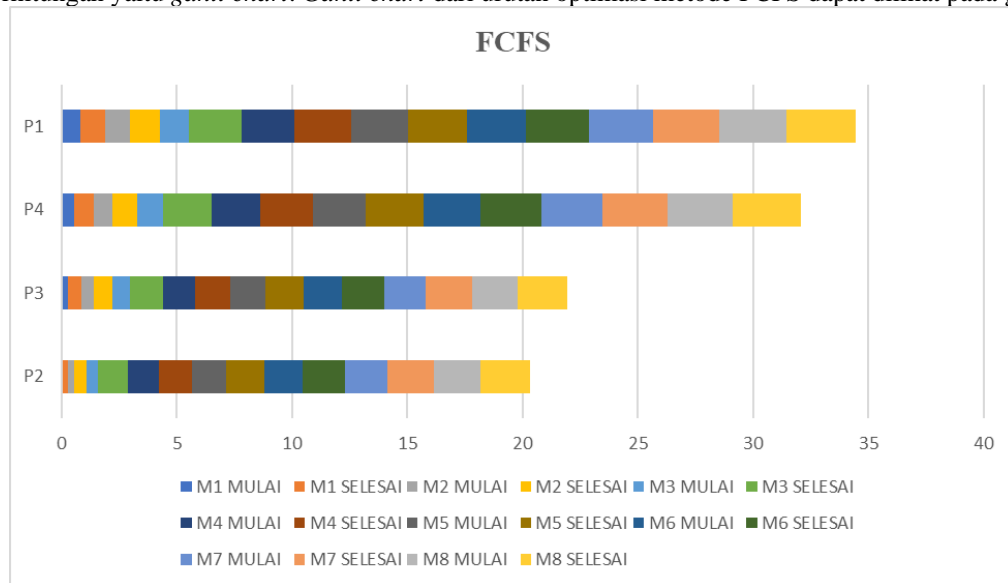
Perusahaan melakukan penjadwalan dengan menggunakan metode *First Come First Serve* (FCFS) pada metode ini pesanan yang datang terlebih dahulu akan didahulukan untuk proses produksinya. Pada metode ini didapatkan total *makespan* sebesar 3,01 dalam satuan jam dengan urutan proses pekerjaan P2-P3-P4-P1. Perhitungan *makespan* metode *First Come First Serve* (FCFS) dapat dilihat pada tabel 9 dibawah ini:

Tabel 9. Makespan FCFS

Mesin	Waktu	P2	P3	P4	P1
M1	Mulai	0	0,28	0,56	0,82
	Berakhir	0,28	0,56	0,82	1,07
M2	Mulai	0,28	0,56	0,82	1,07
	Berakhir	0,51	0,79	1,10	1,29
M3	Mulai	0,51	0,79	1,10	1,29
	Berakhir	1,31	1,41	2,10	2,29
M4	Mulai	1,31	1,41	2,10	2,29
	Berakhir	1,47	1,52	2,29	2,46
M5	Mulai	1,47	1,52	2,29	2,46
	Berakhir	1,66	1,67	2,49	2,56
M6	Mulai	1,66	1,67	2,49	2,56
	Berakhir	1,84	1,81	2,64	2,75
M7	Mulai	1,84	1,81	2,64	2,75
	Berakhir	2,01	2,00	2,82	2,89
M8	Mulai	2,01	2,00	2,82	2,89
	Berakhir	2,15	2,16	2,97	3,01

Berdasarkan metode yang digunakan Perusahaan dan setelah dilakukan perhitungan makespan didapatkan hasil maksepan sebesar 3,01 dalam satuan jam dengan urutan *job* P2-P3-P4-P1 yang yang berarti *job 2* dilakukan terlebih

dahulu kemudian dilanjutkan *job 3* kemudian dilanjutkan *job 4* dan diakhiri pada *job 1*. *Output* yang dihasilkan selain dari tabel perhitungan yaitu *gant chart*. *Gantt chart* dari urutan optimasi metode FCFS dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. *Gantt Chart* FCFS

C. Hasil Perhitungan Metode NEH dan FCFS

Setelah dilakukan perhitungan pada metode NEH yang digunakan pada penelitian ini dan metode FCFS yang digunakan oleh perusahaan didapatkan hasil seperti pada tabel 10 dibawah ini:

Tabel 10. Hasil *Makespan* Metode NEH dan FCFS

No	Metode	Makespan
1	Perusahaan	3,01
2	NEH	2,29

VII. SIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa hasil dari penjadwalan produksi dengan menggunakan metode Nawaz, Enscore, dan Ham (NEH) mendapatkan hasil makespan yang lebih kecil dan waktu penyelesaian proses produksi lebih cepat dibandingkan dengan metode penjadwalan yang digunakan oleh perusahaan. Metode NEH mendapatkan hasil makespan sebesar 2,29 dengan melakukan iterasi sebanyak 3 kali dan memiliki urutan parsial job sebanyak 4 urutan yaitu P3-P4-P2-P1 dan untuk metode yang digunakan oleh perusahaan mendapatkan hasil makespan sebesar 3,01 dengan urutan parsial job P2-P3-P4-P1. Ini dapat membuktikan bahwa hasil perhitungan dengan metode NEH dapat meminimumkan makespan dan metode ini dapat digunakan perusahaan sebagai referensi penjadwalan proses produksi untuk mengatasi permasalahan yang sedang dihadapi oleh perusahaan.

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya yaitu perlu mencoba beberapa metode penjadwalan lainnya yang berbeda sehingga dapat melakukan perbandingan dari hasil masing-masing metode tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan artikel ilmiah ini tidak lepas bantuan dari berbagai pihak, terima kasih kepada pimpinan PT.OPQ dan beberapa karyawan perusahaan yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian.

REFERENSI

- [1] 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.
- [2] N. Zuya and M. O. Gurusinga, "Usulan Penjadwalan Job Menggunakan Metode Campbell, Dudek and Smith (CDS) serta Metode Nawaz, Enscore and Ham (NEH) Guna Meminimumkan Makespan Proses Produksi Pistol Mainan di PT. ABC," *Talent. Publ.*, vol. 6, no. 1, 2023, doi: 10.32734/ee.v6i1.1904.

- [3] U. Noor, A. Panggabean, and S. Sembiring, "Implementasi Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Algoritma Nawaz, Ensore, and Ham (NEH) dan Shortest Processing Time (SPT)," vol. 6, no. 1, 2023, doi: 10.32734/ee.v6i1.1911.
- [4] E. Putri, "Usulan Perbaikan Penjadwalan Produksi Flow Shop dengan Menggunakan Metode Nawaz Ensore Ham," *Sci. J. Ind. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 10–12, 2020.
- [5] S. Maretia Benu, "Minimisasi Makespan Pada Perakitan Daun Pintu Menggunakan Algoritma Nawaz, Ensore, Ham (Neh) Dan Dannenbring," *J. Otomasi*, vol. 1, no. 2, pp. 53–60, 2021, [Online]. Available: <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/JOM>
- [6] N. R. N. R. P. S. S. Praysi, "Optimalisasi Kinerja Bidang Sosial Budaya Dan Pemerintah Dalam perencanaan Pembangunan (Studi Di Kantor Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian Dan Pengembangan Daerah Kabupaten Minahasa)," vol. 2, no. 1, pp. 1–23, 2022.
- [7] H. Kusuma, *Manajemen Produksi*. Yogyakarta: CV.ANDI OFFSET, 2009.
- [8] T. S. Fila Dristiana, "Pengendalian persediaan bahan baku obat dengan menggunakan metode eoq probabilistik berdasarkan peramalan," *Spektrum Ind.*, vol. 13, no. 2, pp. 115–228, 2015.
- [9] R. D. Apnena, "Optimasi penjadwalan flow shop perusahaan garment dengan metode Campell Dudek Smith, algoritma Nawaz Ensore Ham, dan algoritma Pour dengan kriteria minimisasi makespan," *J. Informatics Electron. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 32–35, 2021.
- [10] S. F. Syabani and W. Setiafindari, "Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Nawaz Ensore Ham Pada PT XYZ," *Jumantara J. Manaj. dan Teknol. Rekayasa*, vol. 1, no. 1, p. 18, 2022, doi: 10.28989/jumantara.v1i1.1288.
- [11] V. F. Martin, "Perbandingan Algoritma Campbell Dudek Smith (CDS), Nawaz Ensore Ham (NEH) dan Palmer pada Penjadwalan Flowshop," *Skripsi*, 2015, [Online]. Available: <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/61883>
- [12] M. Campbell et al., "Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan," pp. 1–6, 2023.
- [13] dan A. R. H. Diomen Syahputra Manik, "Minimalisasi Makespan Pada Perusahaan Tamiya Menggunakan TALENTA Conference Series Minimalisasi Makespan Pada Perusahaan Tamiya Menggunakan," vol. 6, no. 1, 2023, doi: 10.32734/ee.v6i1.1903.
- [14] R. Kharisma P., E. Ferbrianti, and L. Herlina, "Penjadwalan Produksi Flow Shop Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith (CDS) dan Nawaz Ensore Ham (NEH)," *J. Tek. Ind. Univ. Sultan Ageng Tirtayasa*, vol. 5, no. 3, p. 1432, 2017.
- [15] Y. Muharni, K. Kulsum, and D. A. Utami, "Usulan Penjadwalan Produksi Pipa Erw Menggunakan Metode Nawaz Ensore Ham Dan Genetic Algorithm," *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, p. 29, 2019, doi: 10.36055/fwl.v1i1.6385.
- [16] A. Hamad, U. Teknologi, Y. Suseno, and U. T. Yogyakarta, "Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Algoritma Nawaz Ensore Ham dan Metode Harmony Search Algorithm Untuk Meminimasi Makespan," *J. Penelit. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 2, no. 3, pp. 218–226, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.55606/juprit.v2i3.2210>

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.