

Penjadwalan Produksi *Flowshop* dengan Metode *Ignall-Scharge* dan Algoritma *Nawaz, Ensore and Ham* (NEH) Di CV. Bestone Indonesia

Dwi Agustina Kurniawati¹, Muchammad Syafii Karim²
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta
E-mail : dwi.kurniawati@uin-suka.ac.id

(Received: 19 April 2016; Revised: 20 Juni 2016; Accepted: 20 Juni 2016)

ABSTRAK

Penjadwalan adalah suatu proses pengalokasian sumber daya dan mesin untuk menentukan urutan pekerjaan dengan batasan-batasan tertentu. Penjadwalan produksi yang diterapkan di CV. Bestone Indonesia selama ini hanya menggunakan metode intuitif. Tujuan penelitian ini mencari kombinasi urutan pengerjaan produk yang memiliki *makespan* paling minimal. Berdasarkan hasil pengolahan data, metode *Ignall-Scharge* menghasilkan urutan *job* 3-1-4-2 dan 3-4-1-2 dengan nilai *makespan* 389052.25 detik. Sedangkan metode Algoritma *Nawaz Ensore Ham* (NEH) menghasilkan urutan *job* 3-1-4-2 dengan nilai *makespan* 389052.25 detik. Kedua metode tersebut menghasilkan nilai *makespan* yang sama. Pada nilai *makespan* penjadwalan yang diterapkan oleh perusahaan menghasilkan 389116.52 detik, selisih 64.27 detik lebih lama. Maka dari itu kedua metode tersebut dapat diterapkan pada penjadwalan produksi di perusahaan CV. Bestone Indonesia.

Kata kunci : *Ignall-Scharge*, *makespan*, *Nawaz Ensore Ham* (NEH), penjadwalan produksi

Corresponding Author:

Dwi Agustina Kurniawati,
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta
Email: dwi.kurniawati@uin-suka.ac.id

Pendahuluan

Pada zaman dulu dunia industri masih menggunakan metode tradisional yang tidak terlalu memikirkan detail biaya, tenaga, serta pemborosan-pemborosan lainnya. Sehingga efektifitas dan efisiensi masih terlalu dikesampingkan. Setelah beberapa pengembangan teknologi kontemporer, semua hal-hal yang dulu tidak terfikirkan justru menjadi penting dalam perindustrian. Pada umumnya salah satu tujuan adanya perindustrian ialah untuk membuat produk yang sesuai dengan permintaan konsumen. Salah satu permintaan konsumen ialah dalam hal ketepatan waktu.

Penjadwalan terhadap produksi ialah salah satu solusi terkait ketepatan waktu, agar bisa memutuskan pekerjaan mana yang akan dilakukan untuk para konsumen. Menurut Baker (1974) penjadwalan (*scheduling*) didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber untuk

memilih sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Dalam penjadwalan produksi memiliki 2 jenis persoalan. Pertama penjadwalan produksi *flowshop*, kedua penjadwalan produksi *jobshop*. Perusahaan yang menjadi objek penelitian melakukan produksi dengan menggunakan *flowshop*. *Flowshop* ialah pekerjaan yang mengalir dari hulu ke hilir.

CV. Bestone Indonesia mengalami permasalahan dalam penjadwalan. Selama ini CV. Bestone Indonesia menerapkan metode penjadwalan tradisional, yaitu hanya berdasarkan intuisi. Dengan menggunakan metode penjadwalan berdasarkan intuitif, metode ini memiliki kelebihan praktis dalam menentukan jadwal produksi. Tetapi metode ini memiliki kekurangan seperti menghasilkan *makespan* (*completion time*) yang besar, keterlambatan penyelesaian *job*, dan tidak mempertimbangkan *due date* pesanan (konsumen). Dengan penerapan metode intuitif membuat perusahaan kesulitan

ketika banyaknya permintaan yang datang serta dengan *output* produk yang bermacam-macam.

Berdasarkan permasalahan penjadwalan di atas, peneliti ingin mencari solusi agar perusahaan ini dapat menentukan penjadwalan produksi yang lebih baik bagi konsumen. Peneliti mencari melalui studi literatur dalam pemilihan metode yang dijadikan penelitian nantinya.

Metode *ignall-scharge* dan NEH menjadi alat untuk menyelesaikan masalah dalam perusahaan. Kedua metode tersebut memiliki karakter yang berbeda diharapkan dapat menjadi solusi terbaik. *Ignall-scharge* memiliki karakter dalam menyelesaikan masalah kombinasi dengan strategi pengurangan jumlah perhitungan. Sedangkan NEH memiliki karakter dalam menyelesaikan masalah dengan strategi *job* terlama pada urutan awal.

Perusahaan CV. Bestone Indonesia bergerak di bidang hiasan dinding dengan bahan baku batu alam. Perusahaan tersebut memiliki konsumen di wilayah internasional maupun domestik. Sehingga penjadwalan sangat diperlukan untuk mempertahankan hubungan dengan konsumen. Penjadwalan mesin dalam menghitung *makespan* menjadi pilihan bagi peneliti untuk dapat menekan waktu produksi. Menurut Ginting (2009) *makespan* adalah total waktu penyelesaian pekerjaan-pekerjaan mulai dari urutan pertama yang dikerjakan pada mesin atau *work center* pertama sampai kepada urutan pekerjaan terakhir pada mesin atau *work center* terakhir.

Atas dasar permasalahan yang terjadi tersebut, perlu diadakan suatu solusi penjadwalan yang baik dalam mengatasi masalah-masalah tersebut, yaitu meminimasi *makespan*. Oleh sebab itu, diperlukan model penjadwalan pada sistem produksi yang mempertimbangkan urutan prioritas pengerjaan dari setiap *job* yang dilakukan. Dengan menggunakan metode *Ignall-Scharge* dan Algoritma *Nawaz Ensore Ham* (NEH) diharapkan dapat meminimalkan total waktu produksi.

Tinjauan Pustaka

Penjadwalan merupakan alat ukur bagi perencanaan agregat. Pesanan-pesanan aktual pada tahap ini ditugaskan pertama kalinya pada sumber daya tertentu, kemudian dilakukan pengurutan kerja pada tiap-tiap pusat pemrosesan sehingga dicapai optimisasi utilitas kapasitas yang ada. Pada penjadwalan ini permintaan akan produk-produk yang tertentu (jenis dan jumlah) dari jadwal produksi akan ditugaskan pada pusat-pusat pemrosesan (Masudin et al. 2014).

Menurut Ginting (2009) definisi penjadwalan adalah pengurutan

pembuatan/pengerjaan produk secara menyeluruh yang dikerjakan pada beberapa buah mesin.

Penjadwalan adalah suatu proses pengalokasian sumber daya dan mesin untuk menentukan urutan pekerjaan dengan batasan-batasan tertentu.

Tujuan Penjadwalan adalah sebagai berikut:

Menurut Ginting (2009) mengidentifikasi beberapa tujuan dari aktivitas penjadwalan adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan penggunaan sumberdaya atau mengurangi waktu tunggu, sehingga total waktu proses dapat berkurang, dan produktivitas meningkat.
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain. Teori Baker mengatakan, jika aliran kerja suatu jadwal konstan, maka antrian yang mengurangi rata-rata persediaan barang setengah jadi.
3. Mengurangi beberapa kelambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian akan sehingga meminimasi *penalty cost* (biaya keterlambatan).
4. Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan.

Perhitungan Statistik Tentang Pengukuran Waktu

Terdapat beberapa perhitungan statistik yang berkaitan dengan pengukuran waktu, di antaranya adalah (Ginting, 2009):

1. Sub Grup

Sub grup dipergunakan untuk menentukan Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB), sub grup ini adalah hasil dari pengelompokan data-data hasil pengamatan (Ginting, 2009).

2. Nilai Rata-Rata

Adalah menggambarkan bagaimana suatu data itu cenderung memusat ke suatu ukuran atau nilai tertentu, dengan rumus sebagai berikut (Ginting, 2009):

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$$

(1)

3. Standar Deviasi

Adalah menyatakan sejauh mana menyebarkan sekumpulan data terhadap nilai

rata-ratanya, dengan rumus sebagai berikut

$$\sigma_x = \frac{1}{N} \sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (2)$$

4. Pengujian Keseragaman Data

Selama melakukan pengukuran maka adalah logis kalau ada data yang tidak seragam muncul tanpa disadari, maka diperlukan alat untuk mendeteksi ketidakseragaman data yang disebut dengan Peta Kontrol Shewhart (Ginting, 2009).

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \bar{x} + 3\sigma \\ \text{BKB} &= \bar{x} - 3\sigma \end{aligned} \quad (3)$$

5. Penentuan Jumlah Pengamatan

Dilakukan untuk menjamin agar karakteristik populasi sudah digambarkan oleh karakteristik yang digunakan, karena semakin banyak jumlah pengamatan maka hasil yang diharapkan akan lebih baik dan juga usaha/biaya yang dibutuhkan akan semakin besar, untuk itu perlu ditentukan secara pasti berapa ukuran sampel yang sesungguhnya dengan usaha yang wajar/normal tanpa menimbulkan bias terhadap karakteristik populasi (Ginting, 2009).

$$N' = \left[\frac{40 \sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2 \quad (4)$$

6. Tingkat Ketelitian dan Tingkat Keyakinan

Tingkat ketelitian menunjukkan penyimpangan maksimum hasil pengukuran dan waktu penyelesaian sebenarnya, sedangkan tingkat keyakinan menunjukkan besarnya keyakinan pengukur bahwa hasil yang diperoleh memenuhi syarat ketelitian tadi (Ginting, 2009).

Pengukuran Waktu Siklus Rata-Rata

Dalam pengukuran waktu siklus rata-rata terdapat beberapa tahapan pengukuran yang harus dilakukan, di antaranya yaitu (Ginting, 2009):

1) Pengukuran Waktu Normal

Waktu normal diperoleh dengan cara mengalikan waktu rata-rata dengan *performance rating*, dengan rumus (Ginting, 2009):

$$\text{Waktu normal} = \text{waktu rata-rata} \times (1 + \text{rating factor})$$

Rating factor adalah faktor yang diperoleh dengan membandingkan kecepatan bekerja daripada seseorang (operator) dengan kecepatan normal menurut ukuran si peneliti.

Performance rating (p) disebut juga dengan faktor penyesuaian, faktor ini diperhitungkan jika pengukur berpendapat bahwa operator bekerja dengan kecepatan tidak wajar, jika pekerja bekerjanya terlalu cepat $p > 1$, lambat $P < 1$, kalau normal $p = 1$.

2) Pengukuran Waktu Standar (Waktu Baku)

Waktu baku adalah waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh seorang pekerja normal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang dijalankan dalam sistem kerja terbaik, dengan rumus (Ginting, 2009):

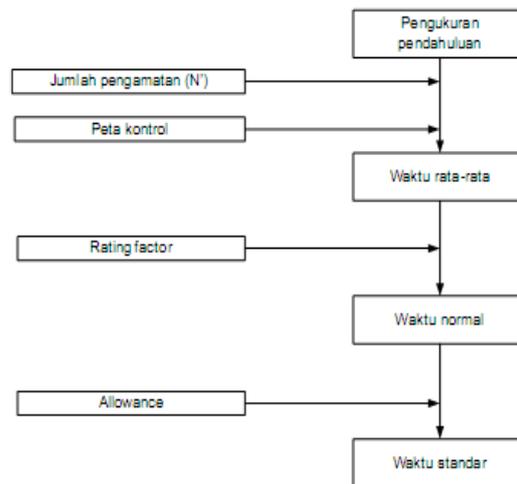
$$\text{Waktu baku} = \text{waktu normal} \times (1 + \text{Allowance})$$

Waktu longgar yang dibutuhkan dan akan menginterupsi proses produksi ini bisa diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu (Wignjosoebroto, 2008) kelonggaran waktu untuk kebutuhan personal (*personal allowance*), kelonggaran waktu untuk melepaskan lelah (*fatigue allowance*), dan kelonggaran waktu karena keterlambatan (*delay allowance*).

3) Penentuan Waktu Standar

Pengukuran waktu ditujukan untuk mendapatkan waktu standar penyelesaian pekerjaan, yaitu waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh seorang pekerja normal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang dijalankan dalam sistem kerja terbaik (Ginting, 2009).

Penentuan waktu standar dilakukan secara sistematis seperti yang akan diuraikan berikut ini dan skemanya dapat dilihat pada gambar 2.3. (Ginting, 2009):



Gambar 1. Langkah-Langkah Penentuan Waktu Standar
 Sumber: Ginting (2009, halaman 260)

a. Pengukuran Pendahuluan

Tujuan pengamatan pendahuluan adalah untuk mengetahui berapa kali pengukuran yang harus dilakukan pada tingkat ketelitian dan tingkat kepercayaan yang diinginkan. Pengukuran pendahuluan tahap pertama yang banyaknya ditentukan oleh pengukur biasanya sepuluh kali atau lebih, setelah itu dilanjutkan dengan menguji keseragaman data, menghitung jumlah pengukuran yang diperlukan dan bila jumlah pengukuran belum mencukupi dilanjutkan dengan pengukuran pendahuluan tahap kedua.

The Maytag Company telah mencoba memperkenalkan prosedur untuk membuat estimasi mengenai jumlah pengamatan yang seharusnya dilaksanakan, yaitu (Wignjosoebroto, 2008):

1. Laksanakan pengamatan awal dari elemen kegiatan yang ingin diukur waktunya dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a. 10 kali pengamatan untuk kegiatan yang berlangsung dalam siklus sekitar 2 menit atau kurang.
 - b. 5 kali pengamatan untuk kegiatan yang berlangsung dalam siklus waktu lebih besar dari 2 menit.
2. Tentukan nilai range, yaitu perbedaan nilai terbesar (H) dan nilai terkecil (L) dari hasil pengamatan yang diperoleh.
3. Tentukan harga rata-rata (*average*) yaitu X yang merupakan jumlah hasil waktu (data) pengamatan yang diperoleh dibagi dengan

banyaknya pengamatan (N) yang telah dilaksanakan. Harga N di sini seperti yang telah ditetapkan pada butir (a) di atas berkisar antara 1 atau 10 kali pengamatan. Harga rata-rata tersebut secara kasar bisa didekati dengan cara menjumlahkan nilai data yang tertinggi dan data yang terendah dan dibagi dengan 2 atau dengan formulasi $(HL)/2$.

4. Tentukan nilai dari pada range dibagi dengan harga rata-rata. Nilai tersebut bisa diformulasikan sebagai (R/X) .
5. Tentukan jumlah pengamatan yang diperlukan atau seharusnya dilaksanakan dengan menggunakan tabel 2.1. di bawah. Cari nilai (R/X) yang sesuai dan kemudian dari kolom untuk sample size yang diambil (5 atau 10) akan bisa diketahui berapa jumlah pengamatan (N) yang diperlukan. Tabel tersebut berlaku untuk kondisi 95% *convidence level* dan 5% *degree of accuracy*. Untuk 95% *convidence level* dan 10% *degree of accuracy*, maka jumlah data pengamatan (N) yang diketumukan berdasarkan tabel tersebut harus dibagi dengan 4.
6. Apabila harga (R/X) tidak bisa dijumpai persis sama seperti yang tertera di dalam tabel yang ada, maka dalam hal ini bisa diambil harga yang paling mendekati. Berdasarkan nilai yang diketemukan, kemudian dilaksanakan evaluasi dan tambahan pengamatan bilamana ternyata hasil yang diperoleh lebih besar dari pengamatan yang telah dilaksanakan.

Tabel 1. Jumlah pengamatan yang diperlukan (N') untuk (95%) *Confidence Level* dan 5% *Degree of Accuracy (Precision)*

Indeks Pengukuran (R/ μ)	Jumlah pengamatan (buah)		Indeks Pengukuran (R/ μ)	Jumlah pengamatan (buah)		Indeks Pengukuran (R/ μ)	Jumlah pengamatan (buah)	
	5	10		5	10		5	10
0,10	3	2	0,42	52	30	0,74	162	93
0,12	4	2	0,44	57	33	0,76	171	98
0,14	6	3	0,46	63	36	0,78	180	103
0,16	8	4	0,48	68	39	0,80	190	108
0,18	10	6	0,50	74	42	0,82	199	113
0,20	12	7	0,52	80	46	0,84	209	119
0,22	14	8	0,54	86	49	0,86	218	125
0,24	17	10	0,56	93	53	0,88	229	131
0,26	20	11	0,58	100	57	0,90	239	138
0,28	23	13	0,60	107	61	0,92	250	143
0,30	27	15	0,62	114	65	0,94	261	149
0,32	30	17	0,64	121	74	0,96	273	156
0,34	34	20	0,66	129	74	0,98	284	162
0,36	38	22	0,68	137	78	1,00	296	169
0,38	43	24	0,70	145	83			
0,40	47	27	0,72	153	88			

Sumber: Wignjosoebroto (2008, halaman 187)

b. Peta Kontrol

Untuk mendapatkan informasi apakah proses pengumpulan data hasil pengukuran waktu memenuhi spesifikasi, maka diteliti dengan peta control (Ginting, 2009).

c. Waktu Terpilih

Apabila uji keseragaman data telah dipenuhi dan jumlah data yang dibutuhkan pada tingkat ketelitian dan kepercayaan diperoleh, dapat ditentukan waktu terpilih. Ada dua cara dalam menentukan waktu terpilih ini, yaitu melalui perhitungan waktu rata-rata (*average*), merupakan rata-rata dari harga masing-masing elemen kegiatan, dan cara yang lain adalah *modal method* yakni nilai waktu yang paling sering muncul dalam data, dengan menggunakan rumus (Ginting, 2009):

$$WT = \frac{\sum X_i}{N} \quad (5)$$

d. Rating Factor

Rating factor diperhitungkan jika pengukur berpendapat bahwa operator bekerja dengan kecepatan tidak wajar, sehingga hasil perhitungan waktu perlu disesuaikan atau dinormalkan dulu untuk mendapatkan waktu yang wajar (Ginting, 2009).

e. Waktu Normal

Setelah waktu terpilih (WT) diperoleh, maka selanjutnya ditentukan waktu normalnya (WN) dengan mengalikan WT dengan suatu

rating factor yang dirumuskan sebagai (Ginting, 2009):

$$WN = WT \times (1+p) \quad (6)$$

dimana :

WN = waktu normal

WT = waktu terpilih

p = *factor Westinghouse*

f. Allowance

Allowance adalah penambahan terhadap waktu normal yang telah didapatkan. *Allowance* diberikan untuk tiga hal, yaitu untuk kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa *fatigue* (kelelahan) dan hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindari (Ginting, 2009).

g. Waktu Standar

Waktu standar suatu pekerjaan ditentukan dengan jalan mengukur waktu normal yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dan ditambah dengan *allowance* untuk kepentingan pribadi, kelelahan dan hal-hal yang tidak dapat dihindari. Waktu standar (WS) diperoleh dengan rumus (Ginting, 2009):

$$WS = WN \times [100/(100 - Allowance)] \quad (7)$$

dimana :

WS = waktu standar

WN = waktu normal

Allowance = Kelonggaran dalam %

Metode Ignall-Scharge

Adapun prosedur dari penjadwalan n job pada m mesin dengan metode *Ignall-Scharge*, yaitu (Ginting, 2009):

1. Input jumlah *job* (n), jumlah mesin (m), dan kecepatan proses setiap *job* pada tiap-tiap mesin
2. *Partial sequence* (urutan parsial) belum ada *job*
3. Untuk setiap $i = 1, 2, 3, \dots, n$ bentuk *partial sequence* yang baru (tidak ada *job* yang sama dalam satu urutan/*sequence*)
4. Untuk semua *partial sequence*, hitung:

$$LB(Jr) = \max \left\{ \begin{array}{l} TM1(Jr) + \sum_{Jr} ti1 + \min (ti2 + ti3) \\ TM2(Jr) + \sum_{Jr} ti2 + \min (ti3) \\ TM3(Jr) + \sum_{Jr} ti3 \end{array} \right\} \quad (8)$$

Metode Algoritma Nawaz Enscore and Ham (NEH)

Metode ini dikembangkan oleh *Nawaz, Enscore* dan *Ham* pada tahun 1983. Untuk penjadwalan n job terhadap m mesin, dilakukan algoritma NEH dengan langkah-langkah (Ginting, 2009):

1. Langkah 1
 - a. Jumlahkan waktu proses setiap *job*
 - b. Urutkan *job-job* menurut jumlah waktu prosesnya dimulai dari yang terbesar hingga yang terkecil.
 - c. Hasil urutan ini disebut dengan daftar pengurutan *job-job*
2. Langkah 2
 - a. Set $k = 2$
 - b. Ambil *job* yang menempati urutan pertama dan kedua pada daftar pengurutan *job-job*
 - c. Buat dua alternatif calon urutan parsial baru
 - d. Hitung setiap *makespan parsial* dan *mean flow time parsial* dari calon urutan parsial baru
 - e. Pilih calon urutan parsial baru yang memiliki *makespan parsial* yang terkecil. Jika ada calon urutan parsial baru yang memiliki *makespan parsial* terkecil yang sama, pilihlah calon urutan parsial baru tadi yang memiliki *mean flow time parsial* yang lebih kecil. Jika sama juga pilihlah calon urutan parsial baru tadi secara acak.
 - f. Calon urutan parsial baru yang terpilih memiliki urutan parsial baru
 - g. Coret *job-job* yang diambil tadi dari daftar pengurutan *job-job*

5. Bandingkan B dari *job partial sequence* yang ada. Untuk *partial sequence* yang mempunyai B terkecil berarti *partial sequence* tersebut optimal. Set *partial sequence* itu sebagai *partial sequence* yang optimal saat ini
6. Periksalah apakah *job* dalam *partial sequence* yang optimal sama dengan $n-1$. Jika ya maka lanjutkan ke langkah 7, jika tidak maka kembali ke langkah 3
7. Selesai

Dari prosedur penjadwalan di atas dapat dibuat rumus untuk percabangannya sebagai berikut (Ginting, 2009):

- h. Periksa apakah $k = n$ (di mana n adalah jumlah *job* yang ada). Jika ya, lanjutkan ke langkah 4. Jika tidak, lanjutkan ke langkah 3.
3. Langkah 3
 - a. Set $k = k+1$
 - b. Ambil *job* yang menempati urutan pertama dari daftar pengurutan *job-job*
 - c. Hasilkan sebanyak k calon urutan parsial baru dengan memasukkan *job* yang diambil ke dalam setiap slot urutan parsial sebelumnya
 - d. Hitung setiap *makespan parsial* dan *mean flow time parsial* dari calon urutan parsial baru
 - e. Pilih calon urutan parsial baru yang memiliki *makespan parsial* yang terkecil. Jika ada calon urutan parsial baru yang memiliki *makespan parsial* terkecil yang sama, pilihlah calon urutan parsial baru tadi yang memiliki *mean flow time parsial* yang lebih kecil. Jika sama juga pilihlah calon urutan parsial baru tadi secara acak
 - f. Calon urutan parsial baru yang dipilih menjadi urutan parsial baru
 - g. Coret *job-job* yang diambil tadi dari daftar pengurutan *job-job*
 - h. Periksa apakah $k = n$ (di mana n adalah jumlah *job* yang ada). Jika ya, lanjutkan ke langkah 4. Jika tidak, lanjutkan ke langkah 3.
4. Langkah 4
 Urutan parsial baru menjadi urutan final dan stop.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di CV. Bestone Indonesia pada bulan September 2015. Produk yang menjadi ojek ialah produk Best 20 SH, Best 47 A, Best 47, Best 50 SH. Tahap awal yaitu mengidentifikasi masalah yang dijadikan sebagai bahan penelitian yang didapatkan melalui observasi langsung terhadap objek penelitian serta studi pustaka terkait teori yang berhubungan dengan permasalahan. Data diperoleh dari pengukuran secara langsung di perusahaan dan wawancara terhadap manajer produksi untuk mengetahui total produksi untuk bulan September. Tahap awal penelitian ini dengan melakukan pengamatan secara langsung pada perusahaan serta bertanya pada *stakeholder* perusahaan untuk mengetahui permasalahan dalam perusahaan. Setelah mengetahui permasalahan yang ada pada perusahaan, mencari studi pustaka mengenai metode *Ignall-Scharge* dan algoritma *Nawaz Enscore Ham* untuk dijadikan literasi penelitian. Data yang telah diperoleh dari pengamatan secara langsung diolah dengan dengan metode pengukuran waktu. Olahan data tersebut menghasilkan waktu standard yang digunakan untuk perhitungan metode yang dipilih.

Metode *Ignall Scharge* merupakan salah satu metode yang baik untuk digunakan dalam menyelesaikan masalah kombinasi dengan menggunakan strategi pengurangan jumlah perhitungan yang dilakukan, sedangkan Metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham* (NEH) ialah metode yang juga disebut metode *Incremental Construction Algorithms*, yang telah mendapat penghargaan sebagai metode heuristik terbaik dalam *Permutation Flow-Shop Sequencing Problem* (PFSP) oleh Taillard (1990) (Ginting, 2009). Setelah dilakukan pengolahan data dengan metode-metode yang dipilih, didapatkan hasil untuk dianalisa.

Dalam penelitian ini, parameter yang digunakan untuk mengukur performansi sebuah penjadwalan adalah makespan. Sehingga penjadwalan yang terbaik adalah metode penjadwalan yang menghasilkan makespan

terkecil. Pembahasan dari analisa hasil akhir berupa perbandingan makespan dari masing-masing metode penjadwalan, yaitu makespan berdasarkan metode yang saat ini digunakan oleh perusahaan (intuitif) dan dua metode yang diusulkan dalam penelitian ini, yaitu metode *Ignall Scharge* dan NEH. Berdasarkan perbandingan ketiga metode tersebut dapat disimpulkan metode yang terbaik untuk diterapkan di CV. Bestone Indonesia. Hasil penelitian dapat memberikan saran dan masukan bagi penjadwalan produksi CV. Bestone Indonesia.

Pengolahan Data

Untuk tiap produk didapatkan waktu standard dari hasil pengolahan menggunakan metode pengukuran waktu. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan waktu standard:

Tabel 2. Hasil waktu standard pengolahan metode pengukuran waktu

No	Jenis Produk	Work Center (detik)				
		WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5
1	BEST 20 SH	74.66	86400	221.88	43200	22.66
2	BEST 47 A	61.71	86400	166.38	43200	23.25
3	BEST 47	62.62	86400	166.04	43200	25.22
4	BEST 50 SH	64.42	86400	176.45	43200	23.99

Sumber: pengolahan data

a. Penjadwalan dengan metode yang diterapkan perusahaan (intuitif)

Perusahaan CV. Bestone Indonesia menerapkan proses produksi sehari-hari masih menggunakan metode intuitif sehingga belum memiliki kepastian penjadwalan. Ketika produk BEST 20 SH, BEST 47 A, BEST 47, BEST 50 SH melakukan pengerjakan dengan urutan BEST 47 A, BEST 47, BEST 50 SH dan BEST 20 SH. Sehingga urutannya 2-3-4-1. Hasil dari perhitungan makespan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Hasil perhitungan makespan penjadwalan perusahaan

posisi deret (i)	urutan job	($t_{i,1}$) detik	($t_{i,2}$) detik	($t_{new(i),2}$) detik	($t_{i,3}$) detik	($t_{new(i),3}$) detik	($t_{i,4}$) detik	($t_{new(i),4}$) detik	($t_{i,5}$) detik	($t_{new(i),5}$) detik
1	2	61.71	86400	86461.71	166.38	86628.09	43200	129828.09	23.25	129851.34
2	3	62.62	86400	86400	166.04	86399.66	43200	86399.66	25.22	86401.63
3	4	64.42	86400	86400	176.45	86410.41	43200	86410.41	23.99	86409.18
4	1	74.66	86400	86400	221.88	86455.7	43200	86455.7	22.66	86454.37
total makespan										389116.52

Dari tabel di atas diperoleh nilai *makespan* metode intuitif dengan urutan *job* 2-3-4-1 yaitu 389116.52 detik.

b. Penjadwalan dengan metode Ignall Scharge

Penjadwalan dengan menggunakan metode Ignall-Scharge penyelesaian masalah kombinasi urutannya menggunakan strategi pengurangan jumlah perhitungan yang dilakukan. Dalam metode ini ada dua macam prosedur dasar yaitu branching (percabangan) dan bounding

Tabel 4. Perhitungan TM pada tiap-tiap *work center*

Urutan Job	Jenis Produk	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5
		TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5
1	BEST 20 SH	74.	8647	8669	12989	12991
		66	4.66	6.54	6.54	9.2
2	BEST 47 A	61.	8646	8662	12982	12985
		71	1.71	8.09	8.09	1.34
3	BEST 47	62.	8646	8662	12982	12985
		62	2.62	8.66	8.66	3.88
4	BEST 50 SH	64.	8646	8664	12984	12986
		42	4.42	0.87	0.87	4.86

Tabel 5. Perhitungan lower bound pada iterasi 1

Partial Sequence	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	L
lb 1	130	389	130	259	129	389
	053.	064.	428.	519.	991.	064.
lb 2	04	29	66	79	66	29
	130	389	130	259	129	389
lb 3	054.	052.	415.	450.	923.	052.
	67	97	12	75	21	97
lb 4	130	389	130	259	129	389
	053.	052.	416.	451.	923.	052.
lb 5	04	25	03	32	78	25
	130	389	130	259	129	389
lb 6	053.	054.	417.	463.	935.	054.
	04	05	83	53	99	05

Urutan penjadwalan: 3

Tabel 6. Perhitungan lower bound pada iterasi 2

Partial Sequence	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	L
lb 31	130	389	216	302	216	389
	053.	052.	650.	707.	354.	052.
lb 32	04	25	58	75	4	25
	130	389	216	302	216	389
lb 33	063.	063.	649.	651.	298.	063.
	85	06	99	66	9	06
lb 34	130	389	216	302	216	389
	053.	052.	649.	661.	308.	052.
lb 35	04	25	99	73	97	25

(pembatasan). Masing-masing cabang yang terbentuk menggambarkan urutan parsial, dan untuk menentukan bagian mana yang menjadi cabang yang akan dikembangkan, dihitung *makespan* terendah (lower bound) dari masing-masing cabang (Ginting, 2009).

Berdasarkan langkah-langkah yang telah disebutkan pada Bab II, maka perhitungan untuk penjadwalan dengan metode Ignall-Scharge ini sebagai berikut:

Urutan penjadwalan: 3-1; 3-4

Tabel 7. Perhitungan lower bound pada iterasi 3

Partial Sequence	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	L
lb 312	130	389	216	302	259	389
	063.	063.	651.	708.	531.	063.
lb 313	85	06	32	49	74	06
	130	389	302	345	302	389
lb 314	053.	052.	828.	862.	686.	052.
	04	25	7	32	31	25

Urutan penjadwalan: 3-1-4

Tabel 8. Perhitungan lower bound pada iterasi 3

Partial Sequence	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	L
lb 341	130	389	302	345	302	389
	053.	052.	874.	907.	730.	052.
lb 342	04	25	13	75	41	25
	130	389	302	345	302	389
lb 343	107.	107.	873.	851.	674.	107.
	95	16	54	66	91	16

Urutan penjadwalan: 3-4-1

Tabel tersebut merupakan data hasil perhitungan lower bound pada iterasi ketiga. Terdapat pada lower bound 341 yang terkecil untuk dijadikan urutan penjadwalan. Urutan penjadwalan : 3-4-2-1

Dengan demikian dari perhitungan iterasi awal hingga akhir didapatkan urutan penjadwalan produksi dengan metode Ignall-Scharge adalah 3-1-4-2 ; 3-4-2-1 dengan *makespan* sebesar 389052.25 detik.

c. Penjadwalan dengan metode algoritma Nawaz enscore ham

Metode ini dikembangkan oleh Nawaz, Ensore dan Ham pada tahun 1983. Metode ini juga disebut metode Incremental Construction Algorithms, yang telah mendapatkan penghargaan sebagai metode heuristik terbaik dalam Permutation Flow-Shop Sequencing

Problem (PFSP) oleh Thailard (1990) (Ginting, 2009).

Berdasarkan langkah-langkah yang telah disebutkan pada Bab II, maka perhitungan untuk penjadwalan dengan metode Algoritma NEH ini sebagai berikut:

Simbol: C_{max} = Completion time maximal
 \bar{F} = Mean flow time

Iterasi 1

Tabel 9. Daftar pengurutan job-job (ke-1)

Pengurutan Job			
job 1	job 2	job 3	job 4
129919.2	129851.34	129853.9	129864.9

Tabel 10. Penjadwalan parsial dengan urutan job 1-4

Mesi n	Jo b	Durasi (detik)	Mulai (detik)	Selesai (detik)
1	1	74.66	0	74.66
1	4	64.42	74.66	139.08

2	1	86400	74.66	86474.66
2	4	86400	86474.66	172.874.66

3	1	221.88	86474.66	86696.54
3	4	176.45	172874.66	173051.11

4	1	43200	86696.54	129896.54
4	4	43200	173051.11	216251.11

5	1	22.66	129896.54	129912.2
5	4	23.99	216251.11	216275.1

$C_{max} = 216275.1$ detik $\bar{F} = 173093.65$ detik

Tabel 11. Penjadwalan parsial dengan urutan job 4-1

Mesi n	Jo b	Durasi (detik)	Mulai (detik)	Selesai (detik)
1	4	64.42	0	64.42
1	1	74.66	64.42	139.08

2	4	86400	64.42	86464.42
2	1	86400	86464.42	172864.42

3	4	176.45	86464.42	86640.87
---	---	--------	----------	----------

Mesi n	Jo b	Durasi (detik)	Mulai (detik)	Selesai (detik)
3	1	221.88	172864.42	173086.3

4	4	43200	86640.87	129840.87
4	1	43200	173086.3	216286.3

5	4	23.99	129840.87	129864.86
5	1	22.66	216286.3	216308.96

$C_{max} = 216308.96$ detik $\bar{F} = 173086.91$ detik

Urutan penjadwalan: 1-4

Iterasi 2

Tabel 12. Daftar pengurutan job-job (ke-2)

Pengurutan Job	
job 2	job 3
129851.34	129853.88

Tabel 13. Penjadwalan parsial urutan job 1-4-3

Mesi n	Jo b	Durasi (detik)	Mulai (detik)	Selesai (detik)
1	1	74.66	0	74.66
1	4	64.42	74.66	139.08
1	3	62.62	139.08	201.7

2	1	86400	74.66	86474.66
2	4	86400	86474.66	172874.66
2	3	86400	172874.66	259274.66

3	1	221.88	86474.66	86696.54
3	4	176.45	172874.66	173051.11
3	3	166.04	259274.66	259440.7

4	1	43200	86696.54	129896.54
4	4	43200	173051.11	216251.11
4	3	43200	259440.7	302640.7

5	1	22.66	1219896.5	129912.2
5	4	23.99	216251.11	216275.1
5	3	25.22	302640.7	302665.92

$C_{max} = 302665.92$ detik $\bar{F} = 216284.407$ detik

Tabel 14. Penjadwalan parsial urutan job 1-3-4

Mesi n	Jo b	Durasi (detik)	Mulai (detik)	Selesai (detik)
1	1	74.66	0	74.66
1	3	62.62	74.66	137.28
1	4	64.42	137.28	201.7

2	1	86400	74.66	86474.66
2	3	86400	86474.66	172874.66
2	4	86400	172874.66	259274.66

3	1	221.88	86474.66	86696.54
3	3	166.04	172874.66	173040.7
3	4	176.45	259274.66	259451.11

4	1	43200	86696.54	129896.54
4	3	43200	173940.7	216240.7
4	4	43200	259451.11	302651.11

5	1	22.66	129896.54	129912.2
5	3	25.22	216240.7	216265.92
5	4	23.99	302651.11	302675.1

$$C_{max} = 302675.1 \text{ detik} \quad \bar{F} = 216284.407 \text{ detik}$$

Tabel 15. Penjadwalan parsial urutan job 3-1-4

Mesi n	Jo b	Durasi (detik)	Mulai (detik)	Selesai (detik)
1	3	62.62	0	62.62
1	1	74.66	62.62	137.28
1	4	64.42	137.28	201.7

2	3	86400	62.62	86628.66
2	1	86400	86462.62	172862.62
2	4	86400	172862.62	259262.62

3	3	116.04	86462.62	86628.66
3	1	221.88	172862.62	173084.5
3	4	176.45	259262.62	259439.07

4	3	43200	86628.66	129828.66
4	1	43200	173084.5	216284.5
4	4	43200	259439.07	302639.07

5	3	25.22	129828.66	129853.88
5	1	22.66	216284.5	216307.16
5	4	23.99	302639.07	302663.06

$$C_{max} = 302663.06 \text{ detik} \quad \bar{F} = 216274.7 \text{ detik}$$

Urutan penjadwalan: 3-1-4

Iterasi 3

Tabel 16. Daftar pengurutan job terakhir

Pengurutan Job
job 2
129851.34

Tabel 17. Penjadwalan parsial urutan job 3-1-4-2

Mesi n	Jo b	Durasi (detik)	Mulai (detik)	Selesai (detik)
1	3	62.62	0	62.62
1	1	74.66	62.62	137.28
1	4	64.42	137.28	201.7
1	2	61.71	201.7	263.41

2	3	86400	62.62	86462.62
2	1	86400	86462.62	172862.62
2	4	86400	172862.62	259262.62
2	2	86400	259262.62	345662.62

3	3	166.04	86462.62	86628.66
3	1	221.88	172862.62	173084.5
3	4	176.45	259262.62	259439.07
3	2	166.38	345662.62	345829

4	3	43200	86628.66	129828.66
4	1	43200	173084.5	216284.5
4	4	43200	259439.07	302639.07
4	2	43200	345829	389029

5	3	25.22	1298284.5	129853.88
5	1	22.66	216284.5	216307.16
5	4	23.99	302639.07	302663.06
5	2	23.25	389028	389052.25

$$C_{max} = 389052.25 \text{ detik} \quad \bar{F} = 259469.088 \text{ detik}$$

Tabel 18. Penjadwalan parsial urutan job 3-1-2-4

Mesi n	Jo b	Durasi (detik)	Mulai (detik)	Selesai (detik)
1	3	62.62	0	62.62
1	1	74.66	62.62	137.28
1	2	61.71	137.28	198.99
1	4	64.42	198.99	263.41

2	3	86400	62.62	86462.62
2	1	86400	86462.62	172862.62
2	2	86400	172862.62	259262.62
2	4	86400	259262.62	345662.62

3	3	166.04	86462.62	86628.66
3	1	221.88	172862.62	173084.5
3	2	166.38	259262.62	259429
3	4	176.45	345662.62	345839.07

4	3	43200	86628.66	129828.66
4	1	43200	173084.5	216284.5
4	2	43200	259429	302629
4	4	43200	345839.07	389039.07

5	3	25.22	129828.66	129853.88
5	1	22.66	216284.5	216307.16
5	2	23.25	302629	302652.25
5	4	23.99	389039.07	389063.06

$C_{max} = 389063.06$ detik $\bar{F} = 259469.088$ detik

Tabel 19. Penjadwalan parsial urutan job 3-2-1-4

Mesi n	Job b	Durasi (detik)	Mulai (detik)	Selesai (detik)
1	3	62.62	0	62.62
1	2	61.71	62.62	124.33
1	1	74.66	124.33	198.99
1	4	64.42	198.99	263.41

2	3	86400	62.62	86462.62
2	2	86400	86462.62	172862.62
2	1	86400	172862.62	259262.62
2	4	86400	259262.62	345662.62

3	3	166.04	86462.62	86628.66
3	2	166.38	172862.62	173029
3	1	221.88	259262.62	259484.5
3	4	176.45	345662.62	345839.07

4	3	43200	86628.66	129828.66
4	2	43200	173029	216229
4	1	43200	259484.5	302684.5
4	4	43200	345839.07	389039.07

5	3	25.22	129828.66	129853.88
5	2	23.25	216229	216252.25
5	1	22.66	302684.5	302707.16
5	4	23.99	389039.07	389063.06

$C_{max} = 389063.06$ detik $\bar{F} = 259469.008$ detik

Tabel 20. Penjadwalan parsial urutan job 2-3-1-4

Mesi n	Job b	Durasi (detik)	Mulai (detik)	Selesai (detik)
1	2	61.71	0	61.71
1	3	62.62	61.71	124.33
1	1	74.66	124.33	198.99
1	4	64.42	198.99	263.41

2	2	86400	61.71	86461.71
2	3	86400	86461.71	172861.71
2	1	86400	172861.71	259296.71
2	4	86400	259296.71	345661.71

3	2	166.38	86461.71	86628.09
3	3	166.04	172861.71	173027.75
3	1	221.88	259296.71	259483.59
3	4	176.45	345661.71	345838.16

4	2	43200	86628.09	129828.09
4	3	43200	173027.75	216227.75
4	1	43200	259483.59	302683.59
4	4	43200	345838.16	389038.16

5	2	23.25	129828.09	129851.34
5	3	25.22	216227.75	216252.97
5	1	22.66	302683.59	302706.25
5	4	23.99	389038.16	389062.15

$$C_{max} = 389062.15 \text{ detik} \quad \bar{F} = 259468.178 \text{ detik}$$

Urutan penjadwalan: 3-1-4-2

Dengan demikian makespan dihasilkan penjadwalan produksi dengan menggunakan metode Algoritma Nawaz Ensore Ham (NEH) adalah 389,052.25 detik dengan urutan 3-1-4-2.

Pembahasan

Penjadwalan produksi dalam penelitian ini menekankan pada minimasi makespan. Dengan meminimasi makespan maka waktu produksi dapat semakin minimal sehingga dapat mengurangi waktu menganggur pada mesin dan pekerja. Dengan begitu, penjadwalan produksi dalam penelitian ini menggunakan parameter makespan sebagai pengukuran kinerjanya.

Dari pengolahan data yang telah dilakukan, maka penjadwalan berdasarkan metode perusahaan saat ini, yaitu metode intuitif, menghasilkan makespan sebanyak 389116.52 detik dengan urutan job 2-3-4-1.

Penjadwalan menggunakan metode Ignall-Scharge menghasilkan makespan 389052.25 detik dengan urutan job 3-1-4-2 dan 3-4-1-2. Sedangkan penjadwalan menggunakan metode algoritma NEH menghasilkan makespan 389052.25 detik dengan urutan job 3-1-4-2.

Berdasarkan hasil penelitian di atas, metode penjadwalan menggunakan metode Ignall-Scharge dan NEH menghasilkan makespan yang lebih kecil dibandingkan penjadwalan yang dilakukan oleh perusahaan (intuitif) sebesar 64.27 detik.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan mengamati tipe penjadwalan yang dikerjakan oleh perusahaan CV. Bestone Indonesia. Mereka menerapkan penjadwalan dengan pengurutan job BEST 47 A, BEST 47, BEST 50 SH, BEST 20 SH. Dari pengurutan job tersebut didapatkan nilai makespan sebesar 389116.52 detik.
2. Dengan menghitung menggunakan metode Ignall-Scharge didapatkan pengurutan job dengan nilai makespan sebagai berikut: Ignall-Scharge 3-1-2-4 makespan 389063.06 detik ; 3-1-4-2 makespan 389052.25 detik ; 3-4-1-2 makespan 389052.25 detik ; 3-4-2-1 makespan 389107.16 detik.

3. Dengan menghitung menggunakan metode Algoritma NEH 3-1-4-2 makespan 389052.25 detik ; 3-1-2-4 makespan 389063.06 detik ; 3-2-1-4 makespan 389063.06 detik ; 2-3-1-4 makespan 389062.15 detik.
4. Dari perhitungan yang dilakukan menggunakan metode-metode yang dipilih terdapat nilai makespan yang minimal ada pada metode Ignall-Scharge dan Algoritma (NEH) sebesar 389052.25 detik dengan urutan job 3-1-4-2 ; 3-4-1-2.
5. Nilai makespan yang dihasilkan dari pengolahan menggunakan metode Ignall-Scharge dan NEH memiliki selisih 64.27 detik lebih cepat dari penjadwalan yang diterapkan oleh CV. Bestone Indonesia pada produk BEST 20 SH, BEST 47 A, BEST 47, BEST 50 SH. Dengan demikian kedua metode tersebut dapat diterapkan pada perusahaan dikarenakan kedua metode tersebut menghasilkan makespan minimal.

Adapun saran dalam penelitian sebagai tindak lanjut dari hasil penelitian ini adalah:

1. CV. Bestone Indonesia dapat mempertimbangkan untuk menggunakan metode penjadwalan Ignall-Scharge atau NEH. Sebagaimana hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua metode tersebut menghasilkan nilai makespan yang lebih kecil sebanyak 64.27 detik lebih cepat dibandingkan metode intuitif yang saat ini digunakan oleh CV. Bestone Indonesia.
2. Dengan menerapkan metode Ignall-Scharge atau NEH, dimana menghasilkan nilai makespan yang lebih kecil, maka produktivitas CV. Bestone Indonesia dapat meningkat sehingga tingkat kepuasan konsumen juga meningkat. Dengan begitu daya saing CV. Bestone menjadi lebih baik.
3. Sebagai saran bagi penelitian lanjutan, maka dapat dilakukan penelitian berkaitan dengan metode-metode penjadwalan lain seperti metode Campbell, Dudek, and Smith (CDS), Algoritma Pour, Tabu Search, dan metode penjadwalan lainnya guna meningkatkan kinerja dari penjadwalan produksi CV. Bestone Indonesia.

Daftar Pustaka

- [1]. Baker, K. R. 1974. *Introduction to Sequencing and Scheduling*. John Wiley and Sons Ltd. New York.
- [2]. Ginting, R. 2009. *Penjadwalan Mesin*. Graha Ilmu . Yogyakarta.

- [3]. Hamman, M. K. 2015. Penjadwalan Produksi Flowshop Untuk Meminimasi Makespan Dengan Metode *Campbell, Dudek, Smith* (CDS), Metode *Palmer*, Metode *Dannenbring*, Dan Metode *Ignall-Shsrge* (Studi Kasus di CV. Bonjor Jaya, Klaten). Skripsi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- [4]. Manggenre, S. Rapi, A. dan Flannery, W. 2013. Penjadwalan Produksi Dengan Metode *Branch and Bound* Pada PT. XYZ. Jurnal Ilmiah. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- [5]. Masudin, I. Utama, D. M. dan Susastro, F. 2014. Penjadwalan *Flowshop* Menggunakan Algoritma *Nawaz, Enscore and Ham*. Jurnal Ilmiah. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- [6]. Wignjosoebroto, S. 2008. Ergonomi Studi Gerak dan Waktu. Guna Widya. Surabaya.