

PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN ALGORITMA HEURISTIK POUR (STUDI KASUS: KONVEKSI ONE WAY – MALANG)

ANDRI SULAKSMI, ANNISA KESY GARSIDE*, DAN FITHRIANY HADZIQAH

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang
Jl. Raya Tlogomas 246, Malang, Jawa Timur 65144

Email: sulaksmiandri@gmail.com, anisa_garside@yahoo.com, fitriany17@yahoo.com

ABSTRAK

Konveksi One Way memproduksi berbagai jenis kaos berdasarkan order yang datang dari konsumen. Dalam memenuhi order tersebut, perusahaan menggunakan aturan First Come First Serve dalam menjadwalkan urutan pengerjaan ordernya. Aturan ini sering tidak menguntungkan bagi order yang membutuhkan waktu proses yang pendek karena apabila order tersebut berada di belakang antrian maka harus menunggu yang lama sebelum diproses dan menyebabkan waktu penyelesaian seluruh order menjadi lebih panjang. Penelitian ini bertujuan untuk menjadwalkan urutan pengerjaan kaos di konveksi One Way dengan menggunakan algoritma heuristik Pour sehingga waktu penyelesaian menjadi lebih singkat dan order kaos bisa selesai tepat waktu. Tahapan-tahapan penelitian terdiri dari pengumpulan data, perhitungan waktu standar, perhitungan total waktu proses berdasarkan order, penjadwalan dengan metode awal perusahaan, penjadwalan dengan metode heuristik pour, dan perbandingan makespan antara kedua metode. Berdasarkan hasil penjadwalan menggunakan heuristik Pour diperoleh penghematan makespan sebesar 8,09 jam atau 19,25% dibanding makespan dengan metode perusahaan saat ini.

Kata kunci: penjadwalan produksi, first come first serve, heuristik pour, makespan

ABSTRACT

“One Way Convection” is a garment company which produces many kinds of t-shirt based on the customer’s order. In order to fulfill the order, the company applies role of First-Come First-Serve for scheduling the order production sequence. This role is often disadvantageous for the order with short process time because if it is dispatched after the order with long process time, then it will take longer in queue and causes the completion time of all order to be longer. This research aims to schedule t-shirt’s sequence operation in “One Way Convection” company by using Pour heuristic algorithm so that completion time becomes shorter and order fulfillment can be accomplished on-time. The steps in this methodology consist of collecting data, calculating standard time and total process time according to the order, scheduling using initial method proposed by company, scheduling using Pour heuristic algorithm, and comparing makespan of both approaches. According to the Pour Heuristic method, saving is obtained in makespan as 8.09 hours or 19.25% compared with initial method proposed by company.

Key words: production scheduling, first come first serve, pour heuristic, makespan

PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang cukup penting dalam sistem produksi adalah bagaimana melakukan penjadwalan pembuatan produk (pekerjaan), agar pesanan dapat selesai sesuai dengan kontrak dan sumber-sumber daya yang

tersedia dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin. Masalah penjadwalan seringkali muncul jika terdapat n pekerjaan yang akan diproses pada m mesin, yang harus ditetapkan mana yang harus dikerjakan lebih dahulu dan pengalokasian operasi pada mesin sehingga diperoleh suatu

* Penulis korespondensi

proses produksi yang terjadwal. Menurut Ginting (2009), penjadwalan adalah pengurutan pembuatan atau pengerjaan produk secara menyeluruh yang dikerjakan pada beberapa buah mesin. Tujuan dengan penjadwalan adalah meningkatkan penggunaan sumber daya, mengurangi persediaan barang setengah jadi atau sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian, dan mengurangi keterlambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian.

Perusahaan konveksi One Way merupakan perusahaan yang memproduksi berbagai macam kaos berdasarkan *order* yang datang dari konsumen. Dengan permintaan yang bersifat *make to order*, konveksi One Way menyadari pentingnya ketepatan waktu penyelesaian order dalam mempertahankan konsumen. Saat ini perusahaan melakukan penjadwalan pengerjaan kaos dengan aturan *First Come First Serve* (FCFS), di mana *order* yang datang terlebih dahulu akan dikerjakan terlebih dahulu. Apabila ada *order* kaos yang datang bersamaan, *order* akan dikerjakan melalui sistem antrian. Aturan ini sering tidak menguntungkan bagi *order* yang membutuhkan waktu proses yang pendek karena apabila *order* tersebut berada di belakang antrian maka harus menunggu yang lama sebelum diproses dan menyebabkan waktu penyelesaian seluruh *order* menjadi lebih panjang.

Proses pembuatan kaos pada konveksi One Way mengikuti tahapan proses yang sama meskipun desain kaos bisa berbeda sesuai dengan *order* yang datang, sehingga penjadwalan yang dihadapi termasuk dalam kategori penjadwalan *flow shop*. Penjadwalan *flow shop* akan menjadwalkan proses produksi dari masing-masing n *job* yang mempunyai urutan proses produksi dan melalui m mesin yang sama (Baker and Trietsch, 2009). Sudah banyak penelitian yang dilakukan untuk mencari penyelesaian penjadwalan dengan tujuan meminimumkan waktu penyelesaian *job* (*makespan*) diantaranya algoritma Campbell Dudek and Smith (CDS), Dannenbring, Nawaz, Enscore and Ham (NEH)

dan heuristik Pour. Hasil penelitian oleh Soetanto dan Palit (2004) menunjukkan algoritma heuristik Pour memberikan *performance* yang cukup baik dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan *flowshop* dengan tujuan meminimalkan *makespan* jika dibandingkan dengan salah satu metode optimasi *Mixed Integer Programming* (MIP). Penelitian lain yang dilakukan oleh Siregar (2009) menunjukkan algoritma heuristik Pour mampu memberikan *makespan* lebih cepat 5,09% dibanding aturan FCFS dalam penjadwalan yang dilakukan PT Cakra Compact Aluminium Industries Medan. Berdasarkan kelebihan yang ditunjukkan algoritma heuristik Pour dari beberapa penelitian terdahulu, maka penelitian ini bertujuan menjadwalkan urutan pengerjaan kaos di konveksi One Way dengan menggunakan algoritma heuristik Pour sehingga waktu penyelesaian menjadi lebih singkat dan order kaos bisa selesai tepat waktu.

METODE

Tahapan-tahapan yang dilakukan meliputi:

Pengumpulan Data

Data-data yang dibutuhkan untuk melakukan urutan pengerjaan *order* kaos adalah:

- *Order* kaos yang diterima konveksi One Way dan jumlahnya.
- Proses produksi untuk membuat kaos.
- Nama dan jumlah mesin.
- Waktu proses produksi tiap kaos pada tiap mesin.
- Kelonggaran dan rating faktor pada tiap mesin.

Perhitungan Waktu Standar (Waktu Baku)

Perhitungan waktu standar didasarkan dari data waktu proses produksi, kelonggaran, dan rating faktor yang diperoleh dari hasil pengamatan. Waktu *standar* adalah waktu yang dibutuhkan mesin yang berkerja secara normal untuk membuat sebuah kaos. Rumus untuk menghitung waktu standar yaitu:

$$\text{Waktu Normal } (W_n) = \text{rata-rata waktu pengamatan} \times \frac{\text{rating factor}\%}{100\%} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Waktu Standar} = W_s = W_n \times \frac{100\%}{100\% - \%Allowance} \dots\dots\dots(2)$$

Perhitungan Total Waktu Proses berdasarkan Order

Total waktu proses merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu order berdasarkan jumlah permintaan yang diterima. Waktu ini dipengaruhi juga oleh jumlah mesin yang dimiliki oleh konveksi One Way, kapasitas produksi/mesin dan waktu standar untuk membuat sebuah kaos. Rumus untuk menghitung total waktu proses tiap order pada masing-masing mesin adalah :

$$\text{Total waktu proses} = \frac{\text{Waktu standar} \times \text{jumlah permintaan/order}}{\text{jumlah mesin} \times \text{kapasitas produksi/mesin}} \dots\dots\dots(3)$$

Penjadwalan dengan Metode Awal Perusahaan

Pada tahap ini dilakukan penjadwalan awal sesuai dengan metode perusahaan yaitu menggunakan aturan FCFS.

Penjadwalan dengan Metode Heuristik Pour

Pada tahap ini dilakukan penjadwalan dengan algoritma heuristik Pour. Algoritma penjadwalan ini bertujuan untuk meminimalkan *makespan* (*flowtime* maksimum) berdasarkan pendekatan kombinasi. Hal ini dilakukan dengan cara mengganti setiap *order* dengan *order* lainnya dalam urutan sampai ditemukan urutan yang

dapat memenuhi kriteria tujuan. Langkah-langkah pengerjaan algoritma heuristik Pour adalah (Pour, 2001):

1. Memilih *job* secara acak sebagai urutan pertama sementara dalam urutan pengerjaan.
2. Menempatkan *job-job* lain (selain *job* yang sudah dipilih sebagai urutan pertama) pada urutan berikutnya.
3. Memilih waktu proses terkecil untuk masing-masing mesin.
4. Melakukan penambahan waktu proses (*completion time*) pada setiap P_{ij} dengan aturan *increasing processing time*, yaitu dengan menambahkan waktu proses secara kumulatif dari yang terkecil menuju yang terbesar pada setiap P_{ij} . Di mana P_{ij} adalah waktu proses dari *job* ke-*i* pada mesin ke-*j*.
5. Menghitung *sum of completion time* ($\sum C_i$) untuk setiap *job* yang ada.
6. Mengurutkan ($\sum C_i$) dengan aturan *increasing order* untuk diletakkan pada urutan setelah *job* yang sudah dipilih untuk urutan pertama sementara.
7. Setelah didapatkan urutan sementara, maka hitunglah F_{max} -nya.
8. Mengulangi langkah 1-7 untuk setiap *job* yang ada yang akan ditempatkan sebagai urutan pertama dari urutan *job* sampai didapatkan F_{max} (*makespan*) paling minimal.
9. Mengulangi langkah 1-8 untuk *job* yang akan ditempatkan pada posisi berikutnya yaitu posisi kedua, ketiga dan seterusnya setelah terpilih *job* untuk posisi pertama dengan nilai F_{max} minimum.

Adapun *flowchart* penjadwalan dengan algoritma *heuristik pour* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Data *Order* pada Bulan September 2013

| Order ke- | Jenis Order | Jumlah Permintaan (unit) | Tanggal Masuk |
|------------------|---|---------------------------------|----------------------|
| 1 | Kaos Arema | 250 | 2 September 2013 |
| 2 | Kaos lengan panjang komunitas pecinta hewan | 140 | 9 September 2013 |
| 3 | Kaos senam PNS Dinas Kehutanan Batu | 63 | 15 September 2013 |
| 4 | Kaos v-neck komunitas vespa Malang | 126 | 20 September 2013 |
| 5 | Kaos olahraga SMAN 7 Malang | 210 | 23 September 2013 |

Perbandingan Makespan

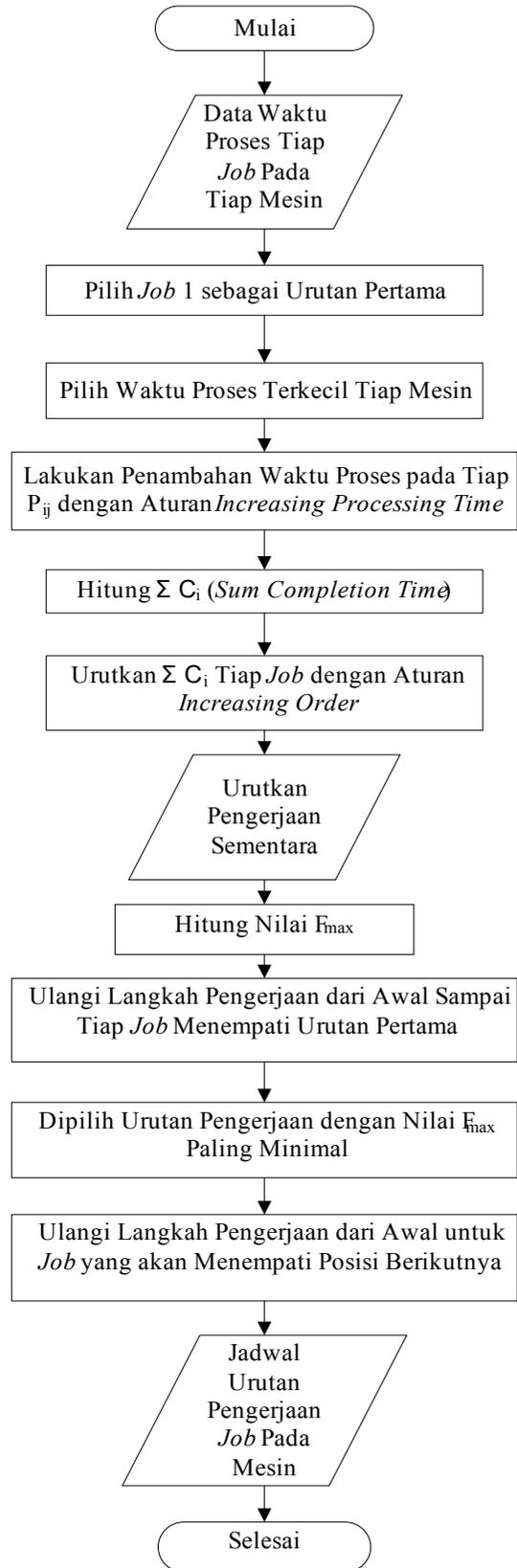
Pada tahap ini dilakukan perbandingan *makespan* dari penjadwalan dengan algoritma heuristik Pour dan penjadwalan dengan metode awal perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik konveksi One Way terdapat 5 *order* yang diterima pada bulan September 2013 seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tahapan proses produksi pembuatan kaos adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan pola dan pemotongan
Bahan baku yang berbentuk lembaran diberi pola sesuai *order*, setelah bentangan kain digambari pola, baru kemudian dipotong menggunakan gunting manual atau gunting listrik tergantung dari ketebalan kain.
2. Sablon
Proses penyablonan ini bertujuan untuk membuat artikel, warna serta logo pada baju dengan menggunakan mesin sablon.
3. Bordir
Proses bordir bertujuan untuk membuat tulisan dan logo yang timbul ke permukaan.
4. Penjahitan
Tujuan penjahitan membentuk sambungan jahitan dengan penampilan yang memenuhi standar jahitan.
5. Obras
Setelah semua baju dijahit menjadi satu, langkah selanjutnya adalah proses pengobrasan tepi jahitan dengan menggunakan mesin obras. Tujuan dari obras ini adalah untuk menjaga agar hasil jahitan tidak mudah terbuka.
6. Penyetrikaan
Pressing atau penyetrikaan memberikan pengaruh yang besar pada kenampakan proses produksi yang sudah jadi. Tujuan *pressing* adalah menghilangkan bekas-bekas lipatan yang tidak diinginkan, membuat lipatan-lipatan yang diinginkan, membentuk pakaian sesuai dengan lekuk tubuh, dan membuat pakaian terlihat rapi.



Sumber: Ginting, 2009

Gambar 1. Flow Chart Algoritma Heuristik Pour

Tabel 2. Nama dan Jumlah Mesin di Setiap Stasiun Kerja

| No | Stasiun Kerja | Mesin | Merk | Jumlah | Kapasitas produksi/mesin |
|----|---------------------|-------------------|------------|--------|--------------------------|
| 1 | Pola dan Pematangan | Mesin Potong (M1) | Mitsubishi | 6 | 3 |
| 2 | Sablon | Mesin Sablon (M2) | - | 4 | 1 |
| 3 | Bordir | Mesin Bordir (M3) | Mitsubishi | 8 | 1 |
| 4 | Jahit | Mesin Jahit (M4) | Juki | 12 | 1 |
| 5 | Obras | Mesin Obras (M5) | Yamata | 10 | 1 |
| 6 | Penyetrikaan | Setrika Uap (M6) | - | 4 | 1 |

Tabel 3. Data Waktu Standar Kaos di tiap Mesin

| Mesin | Waktu Standar (detik/unit) | | | | |
|----------|----------------------------|---------------------|------------|-------------|---------------|
| | Kaos Arema | Kaos Lengan Panjang | Kaos Senam | Kaos V-Neck | Kaos Olahraga |
| Potong | 1398,55 | 1343,32 | 1386,53 | 1339,61 | 1362,62 |
| Sablon | 455,68 | 457,43 | 455,97 | 442,43 | 470,54 |
| Bordir | 457,30 | 365,88 | 1082,39 | 544,25 | 904,30 |
| Jahit | 180,69 | 184,67 | 214,78 | 182,45 | 198,41 |
| Obras | 90,29 | 92,27 | 105,28 | 90,15 | 105,99 |
| Seterika | 174,02 | 178,11 | 202,91 | 176,56 | 176,98 |

7. *Packing*

Produk jadi dilipat hingga rapi dan dimasukkan pada plastik kemasan untuk melindungi dari debu dan kotoran.

Dari 7 tahapan tersebut, tahap kesatu sampai keenam menggunakan mesin dalam prosesnya. Tabel 2 menunjukkan nama dan jumlah mesin yang terdapat pada masing-masing stasiun kerja yang melaksanakan tahapan tersebut.

Waktu proses untuk membuat sebuah kaos pada tiap-tiap mesin diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung menggunakan *stopwatch*. Selanjutnya dilakukan perhitungan waktu normal dan waktu standar dengan mempertimbangkan rating faktor dan kelonggaran. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 1 dan 2 diperoleh waktu standar masing-masing kaos pada tiap-tiap mesin dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan waktu yang dibutuhkan setiap jenis kaos untuk diproses pada tiap mesin pada bulan September 2013. Sebagai contoh sebuah kaos Arema akan diproses di mesin potong, sablon, bordir, jahit, obras dan seterika masing-masing sebesar 1398,55; 455,68; 457,30; 180,69; 90,29 detik; dan 174,02 detik.

Konveksi One Way merupakan perusahaan yang bertipe *make to order*, sehingga produksi langsung dilakukan sejumlah permintaan yang ada pada tiap *order*. Oleh karena itu, input waktu untuk melakukan penjadwalan pengerjaan *order* pada Bulan September 2013 harus didasarkan dari total waktu proses. Total waktu proses yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah *order* dihitung dengan mempertimbangkan jumlah permintaan pada tiap *order* (Tabel 1), jumlah mesin (Tabel 2) dan waktu standar untuk membuat sebuah kaos (Tabel 3). Hasil perhitungan total waktu proses dengan menggunakan persamaan 3 ditunjukkan pada Tabel 4.

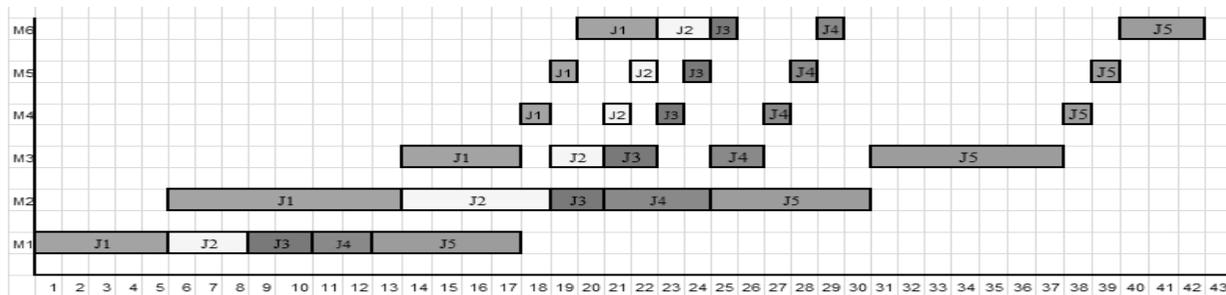
Tabel 4. Total Waktu Proses Berdasarkan Masing-masing *Order* (dalam jam)

| Order | Mesin | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| 1 | 5,39 | 7,91 | 3,97 | 1,04 | 1,03 | 3,02 |
| 2 | 2,90 | 4,45 | 1,78 | 0,59 | 0,36 | 1,73 |
| 3 | 1,35 | 1,99 | 2,37 | 0,31 | 0,18 | 1,29 |
| 4 | 2,60 | 3,87 | 2,38 | 0,53 | 0,31 | 1,54 |
| 5 | 4,42 | 6,86 | 6,59 | 1,36 | 1,02 | 2,58 |

Tabel 5. Perhitungan *Makespan* dengan Metode FCFS

| Order | Mesin | | | | | |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| 1 | 0/5,39 | 5,39/13,30 | 13,30/17,27 | 17,27/18,31 | 18,31/19,34 | 19,34/22,36 |
| 2 | 5,39/8,29 | 13,30/17,75 | 17,75/19,53 | 19,53/20,12 | 20,12/20,48 | 22,36/24,09 |
| 3 | 8,29/9,64 | 17,75/19,74 | 19,74/22,11 | 22,11/22,42 | 22,42/22,60 | 24,09/25,38 |
| 4 | 9,64/12,24 | 19,74/23,61 | 23,61/25,99 | 25,99/26,52 | 26,52/26,83 | 26,83/28,37 |
| 5 | 12,24/16,66 | 23,61/30,47 | 30,47/37,06 | 37,06/38,42 | 38,42/39,44 | 39,44/42,02 |

Keterangan: a/b = waktu mulai/waktu selesai



Gambar 2. Gantt Chart Penjadwalan pada Bulan September 2013 dengan Aturan FCFS

Waktu proses pada mesin sablon lebih lama dibandingkan mesin lainnya disebabkan keterbatasan jumlah mesin sablon yang dimiliki oleh perusahaan tersebut.

Penjadwalan dengan menggunakan aturan FCFS sesuai dengan prioritas *order* yang datang terlebih dahulu menghasilkan urutan pengerjaan *order* kaos pada Bulan September 2013: 1-2-3-4-5 dan nilai *makespan* (F_{max}) sebesar 42,02 jam. Hasil perhitungan waktu selesainya sebuah *order* di tiap mesin dan *makespan* dapat dilihat pada Tabel 5. Hasil penjadwalan dengan aturan FCFS dalam bentuk *ganttt chart* ditunjukkan pada Gambar 2.

Penjadwalan *order* kaos menggunakan algoritma heuristik Pour pada konveksi One Way dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Memilih *order* 1 sebagai urutan pertama dalam urutan pengerjaan sehingga waktu proses *order* pada semua mesin dianggap nol.
2. Menempatkan *order-order* lain pada urutan berikutnya. Daftar pengurutan *order* 1 sebagai urutan pertama dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Daftar Pengurutan *Order* 1 sebagai Urutan Pertama

| Order | Mesin | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| 1 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 2,90 | 4,45 | 1,78 | 0,59 | 0,36 | 1,73 |
| 3 | 1,35 | 1,99 | 2,37 | 0,31 | 0,18 | 1,29 |
| 4 | 2,60 | 3,87 | 2,38 | 0,53 | 0,31 | 1,54 |
| 5 | 4,42 | 6,86 | 6,59 | 1,36 | 1,02 | 2,58 |

Tabel 7. Pemilihan Waktu Proses Terkecil pada Setiap Mesin

| Order | Mesin | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| 1 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 2,90 | 4,45 | 1,78 | 0,59 | 0,36 | 1,73 |
| 3 | 1,35 | 1,99 | 2,37 | 0,31 | 0,18 | 1,29 |
| 4 | 2,60 | 3,87 | 2,38 | 0,53 | 0,31 | 1,54 |
| 5 | 4,42 | 6,86 | 6,59 | 1,36 | 1,02 | 2,58 |

3. Memilih waktu proses terkecil untuk masing-masing mesin yaitu: M1 = 1,35; M2 = 1,99; M3 = 1,78; M4 = 0,31; M5 = 0,18; M6 = 1,29. Waktu proses dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 8. Perhitungan *Completion Time* dengan *Order 1* sebagai Urutan Pertama

| Order | Mesin | | | | | | Ci |
|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | |
| 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 6,85 | 10,31 | 1,78 | 1,43 | 0,85 | 4,56 | 25,78 |
| 3 | 1,35 | 1,99 | 4,15 | 0,31 | 0,18 | 1,29 | 9,27 |
| 4 | 3,95 | 5,86 | 6,53 | 0,84 | 0,49 | 2,83 | 20,50 |
| 5 | 11,27 | 17,17 | 13,12 | 2,79 | 1,87 | 7,14 | 53,36 |

4. Melakukan penambahan waktu proses (*completion time*) pada setiap $t_{i,j}$ dengan aturan *increasing time* yaitu dengan menambahkan waktu proses secara kumulatif dari terkecil sampai terbesar pada setiap $t_{i,j}$. Sebagai contoh urutan waktu proses di *M1* terkecil-terbesar

adalah *order 3, 4, 2, dan 5* sehingga waktu proses *order 4* di *M1* = $1,35 + 2,6 = 3,95$; *Order 2* di *M1* = $3,95 + 2,90 = 6,85$; *Order 5* di *M1* = $6,85 + 4,42 = 11,27$.

- Menghitung *sum completion time* ($\sum Ci$) untuk setiap *order* yang ada seperti ditunjukkan pada Tabel 8.
- Mengurutkan $\sum Ci$ dengan aturan *increasing time* untuk diletakkan pada urutan setelah *order 1* yang sudah dipilih sebagai urutan pertama. Dari hasil perhitungan diperoleh urutan sementara dengan *order 1* sebagai urutan pertama yaitu: 1-3-4-2-5.
- Menghitung nilai *makespan* dengan urutan pengerjaan *order 1-3-4-2-5* seperti ditunjukkan pada tabel 9 dan diperoleh *makespan* sebesar 42,02 jam (sama dengan hasil penjadwalan dengan metode awal perusahaan).

Tabel 9. Perhitungan *Makespan* dengan *Order 1* sebagai Urutan Pertama

| Order | Mesin | | | | | |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| 1 | 0/5,39 | 5,39/13,30 | 13,30/17,27 | 17,27/18,31 | 18,31/19,34 | 19,34/22,36 |
| 2 | 5,39/8,29 | 13,30/17,75 | 17,75/19,53 | 19,53/20,12 | 20,12/20,48 | 22,36/24,09 |
| 3 | 8,29/9,64 | 17,75/19,74 | 19,74/22,11 | 22,11/22,42 | 22,42/22,60 | 24,09/25,38 |
| 4 | 9,64/12,24 | 19,74/23,61 | 23,61/25,99 | 25,99/26,52 | 26,52/26,83 | 26,83/28,37 |
| 5 | 12,24/16,66 | 23,61/30,47 | 30,47/37,06 | 37,06/38,42 | 38,42/39,44 | 39,44/42,02 |

Keterangan: a/b = waktu mulai/waktu selesai

Tabel 10. Perhitungan *Makespan* dengan *Order 2* sebagai Urutan Pertama

| Order | Mesin | | | | | |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| 2 | 0/2,9 | 2,9/7,35 | 7,35/9,13 | 9,13/9,72 | 9,72/10,08 | 10,08/11,81 |
| 3 | 2,9/4,25 | 7,35/9,34 | 9,34/11,71 | 11,71/12,02 | 12,02/12,2 | 12,2/13,49 |
| 4 | 4,25/6,85 | 9,34/13,21 | 13,21/15,59 | 15,59/16,12 | 16,12/16,43 | 16,43/17,97 |
| 5 | 6,85/11,27 | 13,21/20,07 | 20,07/26,66 | 26,66/28,02 | 28,02/29,04 | 29,04/31,62 |
| 1 | 11,27/16,66 | 20,07/27,98 | 27,98/31,95 | 31,95/32,99 | 32,99/34,02 | 34,02/37,04 |

Keterangan: a/b = waktu mulai/waktu selesai

Tabel 11. Perhitungan *Makespan* dengan *Order 3* sebagai Urutan Pertama

| Order | Mesin | | | | | |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| 3 | 0/1,35 | 1,35/3,34 | 3,34/5,71 | 5,71/6,02 | 6,02/6,2 | 6,2/7,49 |
| 4 | 1,35/3,95 | 3,95/7,82 | 7,82/10,2 | 10,2/10,73 | 10,73/11,04 | 11,04/12,58 |
| 2 | 3,95/6,85 | 7,82/12,27 | 12,27/14,05 | 14,05/14,64 | 14,64/15 | 15/16,73 |
| 5 | 6,85/11,27 | 12,27/19,13 | 19,13/25,72 | 25,72/27,08 | 27,08/28,1 | 28,1/30,68 |
| 1 | 11,27/16,66 | 19,13/27,04 | 27,04/31,01 | 31,01/32,05 | 32,05/33,08 | 33,08/36,1 |

Keterangan: a/b = waktu mulai/waktu selesai

Tabel 12. Perhitungan *Makespan* dengan *Order* 4 sebagai Urutan Pertama

| <i>Order</i> | Mesin | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| 4 | 0/2,6 | 2,6/6,47 | 6,47/8,85 | 8,85/9,38 | 9,38/9,69 | 9,69/11,23 |
| 3 | 2,6/3,95 | 6,47/8,46 | 8,85/11,22 | 11,22/11,53 | 11,53/11,71 | 11,71/13 |
| 2 | 3,95/6,85 | 8,46/12,91 | 12,91/14,69 | 14,69/15,28 | 15,28/15,64 | 15,64/17,37 |
| 5 | 6,85/11,27 | 12,91/19,77 | 19,77/26,36 | 26,36/27,72 | 27,72/28,74 | 28,74/31,32 |
| 1 | 11,27/16,66 | 19,77/27,68 | 27,68/31,65 | 31,65/32,69 | 32,69/33,72 | 33,72/36,74 |

Keterangan: a/b = waktu mulai/waktu selesai\

Tabel 13. Perhitungan *Makespan* dengan *Order* 5 sebagai Urutan Pertama

| <i>Order</i> | Mesin | | | | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| 5 | 0/4,42 | 4,42/11,28 | 11,28/17,87 | 17,87/19,23 | 19,23/20,25 | 20,25/22,83 |
| 3 | 4,42/5,77 | 11,28/13,27 | 17,87/20,24 | 20,24/20,55 | 20,55/20,73 | 22,83/24,12 |
| 4 | 5,77/8,37 | 13,27/17,14 | 20,24/22,62 | 22,62/23,15 | 23,15/23,46 | 24,12/25,66 |
| 2 | 8,37/11,27 | 17,14/21,59 | 22,62/24,4 | 24,4/24,99 | 24,99/25,35 | 25,66/27,39 |
| 1 | 11,27/16,66 | 21,59/29,5 | 29,5/33,47 | 33,47/34,51 | 34,51/35,54 | 35,54/38,56 |

Keterangan: a/b = waktu mulai/waktu selesai

8. Mengulangi langkah 1–7 untuk setiap *order* yang ada yang akan ditempatkan sebagai urutan pertama sampai didapatkan nilai *makespan* paling minimal. Setelah *order* 1 dipilih sebagai urutan pertama maka berikutnya *order* 2 sebagai urutan pertama, sehingga diperoleh urutan *order* sementara 2-3-4-5-1 dengan *makespan* 37,04 jam. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 10.

Nilai *makespan* untuk *order* 3 sebagai urutan pertama dengan urutan *order* sementara 3-4-2-5-1 adalah 36,1 jam ditunjukkan pada Tabel 11. Nilai *makespan* untuk *order* 4 sebagai urutan pertama dengan urutan *order* sementara 4-3-2-5-1 adalah 36,74 jam ditunjukkan pada Tabel 12. Nilai *makespan* untuk *order* 5 sebagai urutan pertama dengan urutan *order* sementara 5-3-4-2-1 adalah 38,56 jam ditunjukkan pada Tabel 13. Berdasarkan perhitungan pada langkah 8 diperoleh *order* 3 sebagai urutan pertama dengan urutan *order* sementara 3-4-2-5-1 memberikan *makespan* terkecil sebesar 36,1 jam.

9. Mengulangi langkah 1-8 untuk *order* yang akan menempati posisi berikutnya yaitu pada

posisi kedua, ketiga, dan seterusnya setelah *order* 3 sebagai urutan pertama. Rekapitulasi hasil perhitungan pada langkah 9 dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14 menunjukkan urutan *order* sementara 3-4-5-1-2 terpilih karena memberikan *makespan* yang paling minimum sebesar 33,93 jam dan diperoleh urutan pengerjaan *order* pada bulan September 2013 dengan metode heuristik Pour adalah 3-4-5-1-2. Tabel 15 dan Gantt Chart

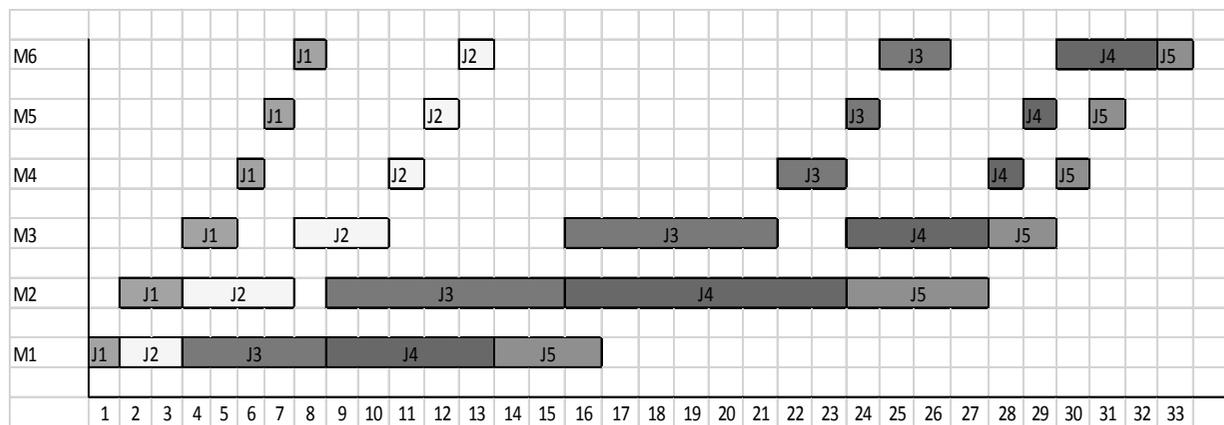
Tabel 14. Rekapitulasi Iterasi Heuristik Pour pada Langkah 9

| Iterasi | Order pada urutan sementara ke- | | | | | Urutan Order | Makespan |
|---------|---------------------------------|---|---|---|---|--------------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| | 1 | 3 | 1 | | | | |
| | 3 | 2 | | | | 3-2-4-5-1 | 36,4 |
| | 3 | 4 | | | | 3-4-2-5-1 | 36,1 |
| | 3 | 5 | | | | 3-5-4-2-1 | 37,92 |
| 2 | 3 | 4 | 1 | | | 3-4-1-2-5 | 40,11 |
| | 3 | 4 | 2 | | | 3-4-2-5-1 | 36,1 |
| | 3 | 4 | 5 | | | 3-4-5-1-2 | 33,93 |
| 3 | 3 | 4 | 2 | 1 | | 3-4-2-1-5 | 38,59 |

Tabel 15. Perhitungan *Makespan* dengan Urutan Pengerjaan *Order* Terpilih

| Order | Mesin | | | | | |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| 3 | 0/1,35 | 1,35/3,34 | 3,34/5,71 | 5,71/6,02 | 6,02/6,2 | 6,2/7,49 |
| 4 | 1,35/3,95 | 3,95/7,82 | 7,82/10,2 | 10,2/10,73 | 10,73/11,04 | 11,04/12,58 |
| 5 | 3,95/8,37 | 8,37/15,23 | 15,23/21,82 | 21,82/23,18 | 23,18/24,2 | 24,2/26,78 |
| 1 | 8,37/13,76 | 15,23/23,14 | 23,14/27,11 | 27,11/28,15 | 28,15/29,18 | 29,18/32,2 |
| 2 | 13,76/16,66 | 23,14/27,59 | 27,59/29,37 | 29,37/29,96 | 29,96/30,32 | 30,32/33,93 |

Keterangan: a/b = waktu mulai/waktu selesai



Gambar 3. Gantt Chart Penjadwalan Bulan September 2013 dengan Metode Heuristik Pour

pada Gambar 3 menunjukkan perhitungan waktu mulai dan selesainya tiap *order* pada tiap mesin serta *makespan* dari hasil penjadwalan dengan algoritma heuristik Pour. Setelah diperoleh penjadwalan dengan metode awal perusahaan dan metode usulan maka langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan untuk melihat apakah algoritma heuristik Pour mampu meminimalkan *makespan*.

Tabel 16 menunjukkan penjadwalan dengan metode usulan memiliki waktu penyelesaian lebih cepat daripada penjadwalan awal perusahaan yaitu sebesar 8,09 jam atau sebesar 19,25%.

Tabel 16. Perbandingan Hasil Penjadwalan Awal dan Penjadwalan Usulan

| | Penjadwalan Awal | Penjadwalan Usulan |
|----------|------------------|--------------------|
| Urutan | 1-2-3-4-5 | 3-4-5-1-2 |
| Makespan | 42,02 jam | 33,93 jam |

Algoritma heuristik Pour terbukti memberikan efisiensi waktu karena *makespan* yang lebih kecil. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Afina dkk. (2012) dalam melakukan penjadwalan produksi diperoleh sehingga *order* dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

SIMPULAN

Metode heuristik Pour dapat digunakan sebagai alternatif metode dalam melakukan penjadwalan pengerjaan *order* di konveksi One Way. Penjadwalan dengan menggunakan metode heuristik Pour menghasilkan *makespan* lebih cepat sebesar 8,09 jam dari metode FCFS pada Bulan September 2013. Dalam aplikasi algoritma heuristik Pour maka perlu adanya dokumentasi mengenai data-data produksi atau waktu dalam menyelesaikan pekerjaan pada setiap elemen kerja agar dapat memudahkan untuk pengembangan produksi selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afina, I.N., Anugraha, R.A., dan Suryadhini, P.P., 2012. Penjadwalan Produksi Flowshop untuk Meminimasi Makespan dengan Analisis Perbandingan Metode Heuristic Pour dan Campbell, Dudek, and Smith (CDS) pada Lantai Produksi Profil Aluminium di PT. Lndosaluyu Primajaya Cimahi, *Prosiding Industrial Engineering Conference on Telecommunication*, Universitas Riau.
- Baker, K.R., and Trietsch D., 2009. *Principles of Sequencing and Scheduling*, New York: John Wiley & Sons.
- Ginting, R., 2009. *Penjadwalan Mesin*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pour, H.D., 2001. A New Heuristic for n-Job m-Machine Flowshop Problem, *Production Planning and Control*, 12 (7), 648–653.
- Siregar, A.H.O., 2009. Analisis Perbandingan Kinerja antara Algoritma Heuristic Pour dan Algoritma Nawaz, Enscore dan Ham (NEH) dalam menyelesaikan Penjadwalan Flowshop pada PT Cakra Compact Aluminium Industries Medan, *Tugas Akhir*, Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara.
- Tessa, V. S. dan Palit, H. C., 2004. Studi Perbandingan Performance Heuristik Pour terhadap Mixed Integer Programming dalam Menyelesaikan Penjadwalan Flowshop, *Jurnal Teknik Industri*, 6 (1), 79–85.