

Metode Minimasi *Makespan* dengan Menghilangkan Waktu Tunggu pada Penjadwalan Job Shop

Hery Irwan

Prodi Teknik Industri, Universitas Riau Kepulauan

Email : hery@ft.unrika.ac.id / hery04@gmail.com

Abstraksi

Sejak akhir tahun 1960 telah banyak literatur penjadwalan yang telah membahas pentingnya estimasi waktu penyelesaian pekerjaan dalam suatu penjadwalan produksi. Bagi perusahaan yang menggunakan sistem penjadwalan *job shop* dan tipe produknya adalah MTO (*make to order*), dimana prioritas pekerjaan dibuat berdasarkan waktu penyelesaian tercepat dengan harapan cepat selesainya suatu pekerjaan maka pengiriman produk ke customer akan lebih cepat atau tepat waktu. Seperti yang umum diketahui dalam penjadwalan *jobshop* sering terjadi waktu menunggu dikarenakan waktu proses yang tidak sama (*unbalance*) antar proses, selain itu juga faktor urutan proses yang tidak seragam memungkinkan terjadi antrian dalam suatu proses. Hal tersebut sangat jarang terjadi pada industri yang mengimplementasikan penjadwalan *flowshop* dikarenakan waktu tunggu antar proses akan sangat minimum dikarenakan waktu proses yang di standardkan. Paper ini akan membahas bagaimana meminimumkan/menghilangkan waktu tunggu pada mesin produksi yang mengadopsi penjadwalan *jobshop*. Menghilangkan waktu tunggu dalam proses produksi *flowshop* bukanlah hal yang susah dikarenakan urutan proses yang sudah pasti, akan tetapi apabila hal itu akan diterapkan ke dalam industri manufaktur yang menerapkan *job shop* maka permasalahan ini dikategorikan sebagai *NP-hard problem*.

Kata Kunci : *Jobshop, Make to Order, Sequencing, Completions Time*

Abstraction

Since the late 1960s, there has been a lot of scheduling literature that has discussed the importance of estimating work completion times in a production schedule. For companies that use a job shop scheduling system and the type of product is MTO (*make to order*), where the priority of work is made based on a fast time with the hope that the completion of a job, the product delivery will be faster or on time. As is commonly known in job shop scheduling, waiting times often occur because of unequal processing times (*unbalance*) between processes, besides that, the non-uniform process sequence factor allows queuing processes in a process. This is very rare in industries that implement flow shop scheduling because the waiting time between processes will be very minimum due to the standardized time. This paper will discuss how to minimize/eliminate waiting time on production machines that adopt job shop scheduling. Eliminating waiting time in the flow shop production process delays the difficult thing because the process sequence is certain, but if it will be applied to a manufacturing industry that implements a job shop is categorized as *NP-hard problem*.

Keyword: *Jobshop, Make to Order, Sequencing, Completions Time*

1. Pendahuluan

Kepuasan pelanggan adalah barometer kesuksesan dalam dunia bisnis. Manajemen puncak dalam suatu perusahaan akan melakukan segala cara bagaimana produk/jasa yang dihasilkan dapat memenuhi harapan dari pelanggan. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kepuasan pelanggan adalah pengiriman tepat waktu. Dengan menjaga ketepatan waktu pengiriman dapat meningkatkan tingkat kepercayaan pelanggan dalam melakukan pemesanan lanjutan.

Lebih spesifik dalam industri manufaktur *job shop* waktu penyelesaian pekerjaan tepat waktu menjadi tantangan tersendiri dimana variasi produk dan jumlah pesanan yang sangat dinamis. Sehingga perlu dilakukan penjadwalan yang lebih baik dalam mengoptimalkan resources yang ada dengan tetap memperhatikan aliran produksi yang baik (lancar). Untuk itu perlu dilakukan kajian dan penelitian lanjut sebagai dasar penentuan rancangan penjadwalan dalam industry *job shop* dengan tujuan akhir minimum waktu penyelesaian.

Menghilangkan waktu tunggu dalam beberapa proses manufaktur adalah sesuatu yang sangat penting seperti pada proses pengolahan besi dan industry pengolahan makanan. Pada dasarnya ada 2 kategori waktu tunggu dalam proses manufaktur, yaitu yaitu tunggu barang dikarenakan mesin yang sedang berproses dan waktu tunggu mesin dikarenakan bahan baku yang akan diproses belum selesai dari proses sebelumnya.

2. Kajian Pustaka

Tujuan penjadwalan menurut Baker (1974) adalah meningkatkan produktifitas mesin, yaitu dengan mengurangi waktu mesin menganggur, mengurangi persediaan

barang setengah jadi dengan jalan mengurangi jumlah rata-rata pekerjaan yang menunggu dalam antrian suatu mesin karena mesin tersebut sibuk, mengurangi keterlambatan suatu pekerjaan. Setiap pekerjaan mempunyai batas waktu (*due date*) penyelesaian, jika pekerjaan tersebut diselesaikan melewati batas waktu yang ditentukan maka pekerjaan tersebut dinyatakan terlambat. Dengan metoda penjadwalan maka keterlambatan ini dapat dikurangi, baik waktu maupun frekuensi. Menurut Narasimhan (1985), penjadwalan yang baik seharusnya simpel, mudah dimengerti dan dapat dilaksanakan oleh pihak manajemen dan oleh siapapun yang menggunakannya. Aturan-aturan penjadwalan seharusnya cukup kuat tetapi mempunyai tujuan yang realistis sehingga cukup *flexible* untuk memecahkan masalah yang tidak terprediksi sebelumnya dan membolehkan satu perencanaan ulang.

Dalam penelitian Harjunkski dan Buer (2016), masalah pada proses *batch multiple-stage* kimia sederhana diatasi dengan cara yang umum dimana sebagian besar telah menyesuaikan waktu pemrosesan sehingga *bottle neck* dapat bergeser tergantung pada kandidat solusi. Solusi optimal tentu saja unik tetapi memiliki variasi terutama dapat memberikan petunjuk jika algoritma heuristik tidak optimal didorong menuju solusi suboptimal dan tidak dapat sepenuhnya menggunakan fleksibilitas yang diinginkan. Dalam penelitian Moh. Husen, Ilyas Masudin, Dana Marsetiya Utama (2015), penjadwalan menggunakan metode *Simulated Annealing* (SA) dengan bantuan Matlab dapat menghasilkan waktu total penyelesaian (*makespan*) lebih cepat dari penjadwalan yang ada di perusahaan. Metode SA mensimulasikan proses *annealing* pada pembuatan materi yang terdiri dari butiran

Kristal atau logam. Tujuan dari proses ini adalah menghasilkan struktur Kristal yang baik dengan menggunakan energy seminimal mungkin. Setiap pesanan yang diterima sangat bervariasi dalam jenis pakaian yang akan diproduksi serta jumlahnya sehingga perlu dilakukan penjadwalan produksi pada setiap pesanan. Dalam penyusunan penjadwalan produksi, Ahmad Juniar (2015) melakukan penelitian untuk penjadwalan produksi *single-stage* pada mesin parallel dan menghasilkan makespan yang minimal dengan menggunakan algoritma *greedy*.

Hoghan, Wei dan Amin (2017) dalam jurnalnya menyatakan menghilangkan waktu tunggu dalam industry manufaktur yang menggunakan penjadwalan *flow shop* adalah sesuatu yang suah umum dilakukan, dimana menghilangkan waktu tunggu diantara proses yang berkesinambungan adalah suatu keharusan. Dengan tujuan untuk meminimumkan *makespan* produksi. Dan penyelesaian ini merupakan *NP-hard problem*. Sehingga percobaan *heuristics* sangat sering dipergunakan untuk mencari hasil yang mendekati optimal dalam suatu penjadwalan produksi manufaktur.

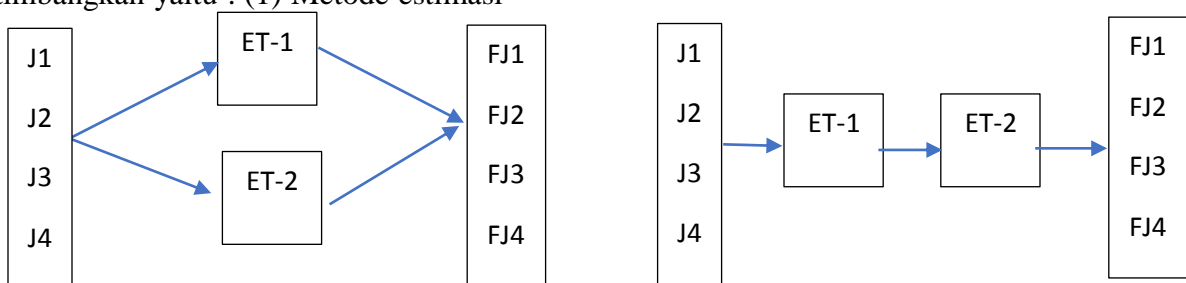
Pada simulasi eksperimen estimasi proses *flow time* yang diterapkan pada penjadwalan *job shop* yang dinamis dilakukan oleh Sabuncuoglu dan Comlekci (2002) ada 4 faktor yang perlu dipertimbangkan yaitu : (1) Metode estimasi

flow time, (2) *shop load balance*, (3) tingkat utilisasi, dan (4) *dispatching rule*. Dalam studinya Sabuncuoglu dan Comlekci telah memperhatikan dari 5 metode estimasi *flow time* yang ada, yaitu (1) estimasi berdasarkan operasi proses (OBE = *operation-base estimation*), (2) *total work content (TWK)*, (3) *jobs in queue*, (4) *operation flow time sampling (OFS)*, (5)

Congestion and operation flow time sampling (COFS). Dimana mereka memutuskan menggunakan metode yang pertama yaitu OBE dalam penyelesaian masalah. Hasil test performance metode estimasi *flow time* yang dilakukan pada 4 faktor yaitu metode estimasi *flow time*, *dispatching rules*, *shop utilizations* dan *shop balance*. Hasil dari penelitian tersebut diperoleh estimasi *flow time* berdasarkan tahapan proses menghasilkan lebih baik daripada tradisional estimasi berdasarkan *job*. Dengan catatan perlu perhatian terhadap keandalan mesin dan permasalahannya dalam waktu produksi dalam pelaksanaan estimasi *flow time*.

3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode komperatif yaitu penelitian yang bersifat membandingkan. Penelitian dilakukan dengan membandingkan beberapa sistem penjawalan yang sudah ada di perusahaan. Dengan pengembangan model dan pengujian *trial and error*.



Gambar (1a). *parallel loading*, (1b). *series loading*



Pengembangan model untuk gambar 1a.

$$Total\ time = \sum_{s=1}^t setup\ machine_{m,i} + \sum_{k=1}^l lot\ x\ Pt_{i,m}$$

$$Flow\ time = \sum_{i=1}^j \left(\sum_{s=1}^t setup\ machine_{m,i} + \sum_{k=1}^l lot\ x\ Pt_{i,m} \right)$$

$$Lead\ Time = \text{Max} \sum_{m=1}^n \sum_{i=1}^j \left(\sum_{s=1}^t setup\ machine_{m,i} + \sum_{k=1}^l lot\ x\ Pt_{i,m} \right)$$

Pengembangan model untuk gambar 1b.

$$1st\ process\ at\ 1st\ machine = setup\ machine_{m,i} + \sum_{k=1}^l lot\ x\ Pt_{i,m}$$

$$Flow\ time = \sum_{i=1}^j \left(\sum_{s=1}^t setup\ machine_{m,i} + \sum_{k=1}^l lot\ x\ Pt_{i,m} \right)$$

$$2nd\ process\ for\ start\ point\ J_1 = setup\ machine_{m1,2} + Pt_{n-1,1}$$

$$2nd\ process\ for\ finish\ point\ point\ J_1 = \{setup\ machine_{m1,1} + Pt_{n-1,1}\} + \{setup_{m2,1} + (\sum_{k=1}^l lot\ x\ Pt_{1,2,m2})\}$$

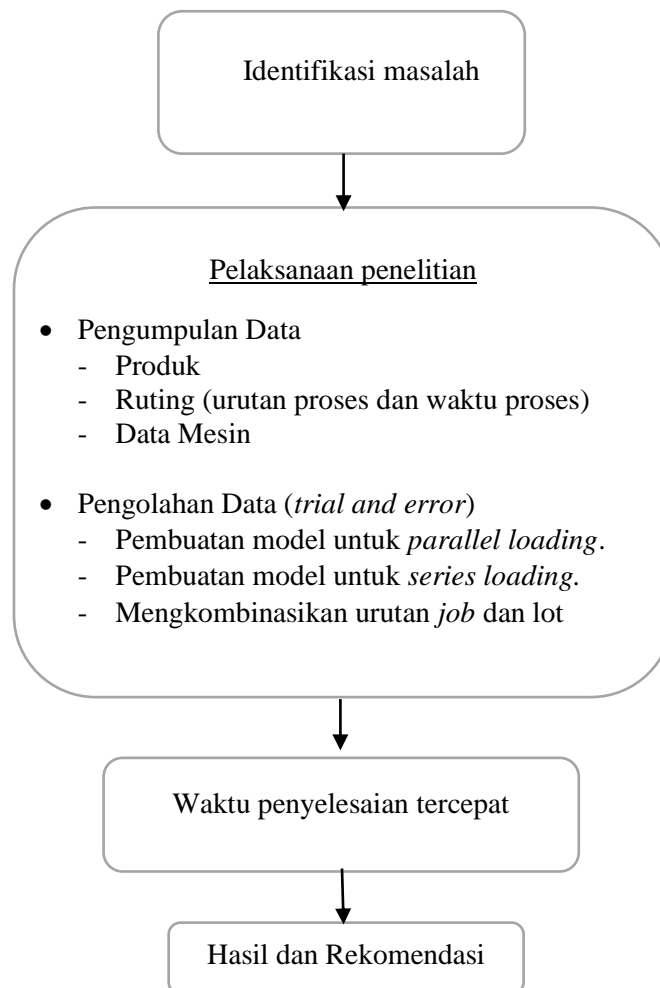
$$Flow\ Time = \max \{(FT_{m1}J_1 + Pt_{m1}J_1); Finish\ point_{m2}J_1\}$$

$$Leadtime = Flow\ time\ M_n J_j$$

Notation :

- Job (i) = item part need to machine, integer where is {i = 1, 2, ..., j}
- lot (k) = qty item in batches, integer where is {k = 1, 2, ..., l}
- machine (m) = equipment to machine, integer where is {m = 1, 2, ..., n}
- setup (s) = setup time for machine prior run process time {s = 1, 2, ..., t}
- Proc. time (Pt) = time to machine item as per dwg required.

Tahapan penelitian digambarkan seperti dibawah ini:



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian adalah sebagai berikut :

- 1) Tentukan produk/job yang akan dikerjakan beserta waktu setup dan proses dari setiap produk.
- 2) Pisahkan waktu setup dan process untuk setiap produk dan mesin.
- 3) Urutan job yang akan dikerjakan
- 4) Lakukan perhitungan waktu penyelesaian berdasarkan gambat 1a dan 1b meliputi waktu setup, waktu proses dan *lot size* (Jika ada).
- 5) Lakukan percobaan dengan merubah urutan job.
- 6) Bandingkan hasil waktu penyelesaian penjadwalan dari gambar 1a dan 1b.



4. Pengolahan dan Pembahasan

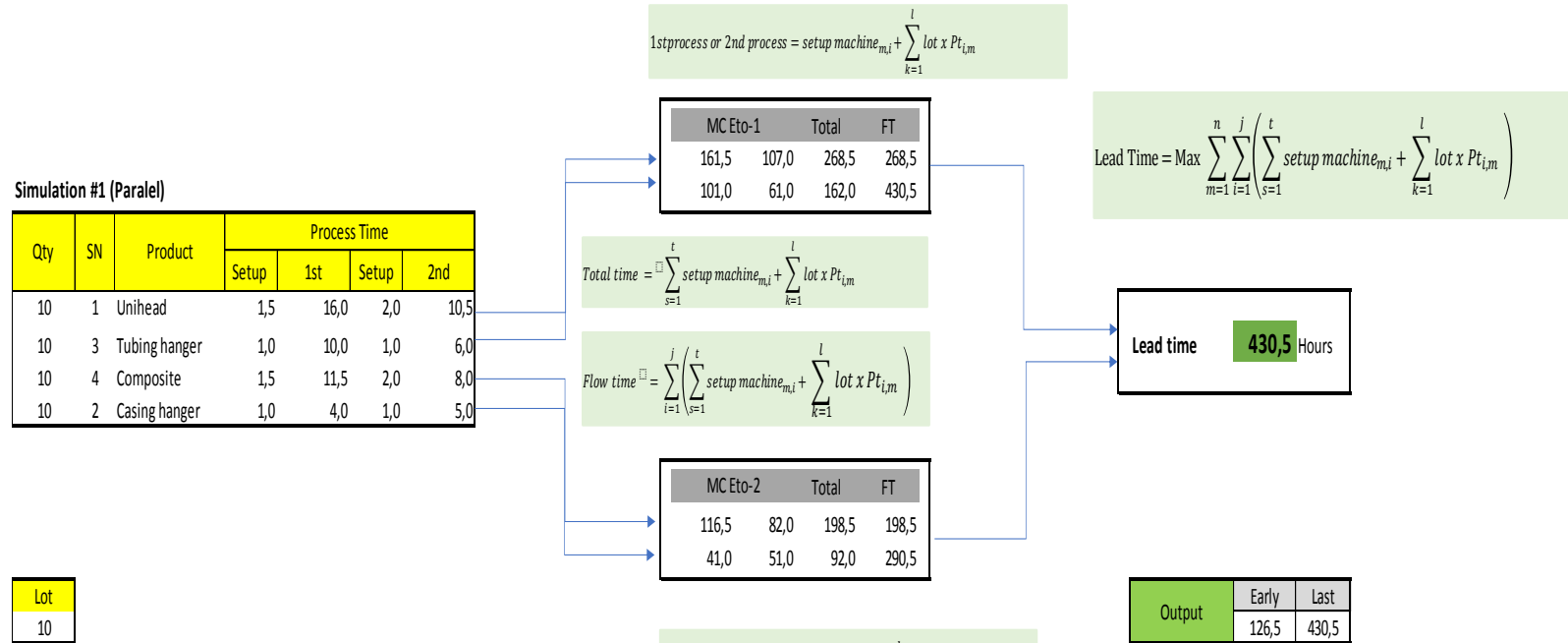
Tabel 1. Produk dan Sequences

SN	Product	Setup	1st process	Setup	2nd process
1	Unihead	1,5	16,0	2,0	10,5
2	Casing hanger	1,0	4,0	1,0	5,0
3	Tubing hanger	1,0	10,0	1,0	6,0
4	Composite	1,5	11,5	2,0	8,0

Percobaan#1:

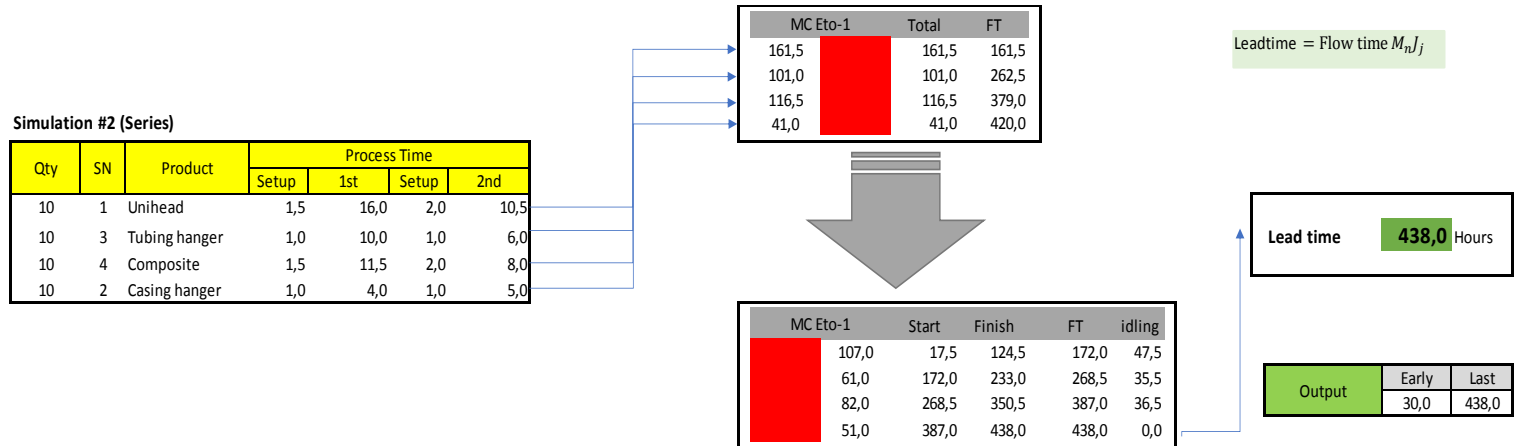
Simulasi dengan mesin parallel, urutan job 1-3-4-2 dengan jumlah lot 10 menghasilkan leadtime 430.5 jam

Output pertama dihasilkan pada jam ke 126.5.



Simulasi dengan mesin series, urutan job 1-3-4-2 dengan jumlah lot 10 menghasilkan leadtime 438.5 jam.

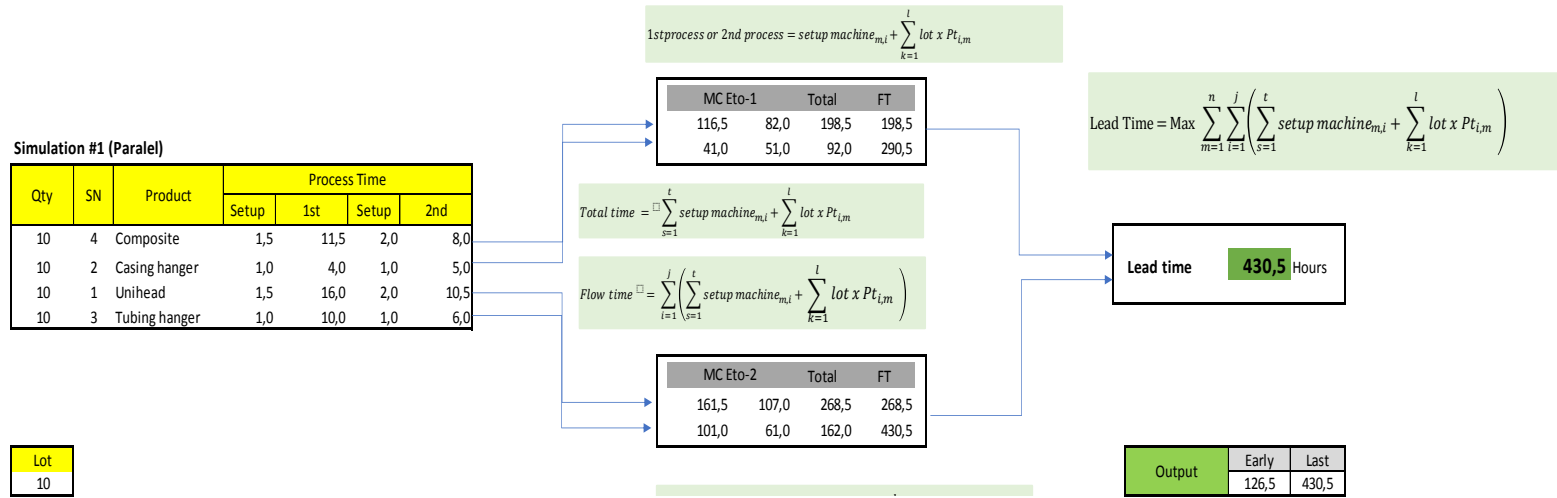
Output pertama dihasilkan pada jam ke 30.



Percobaan#2:

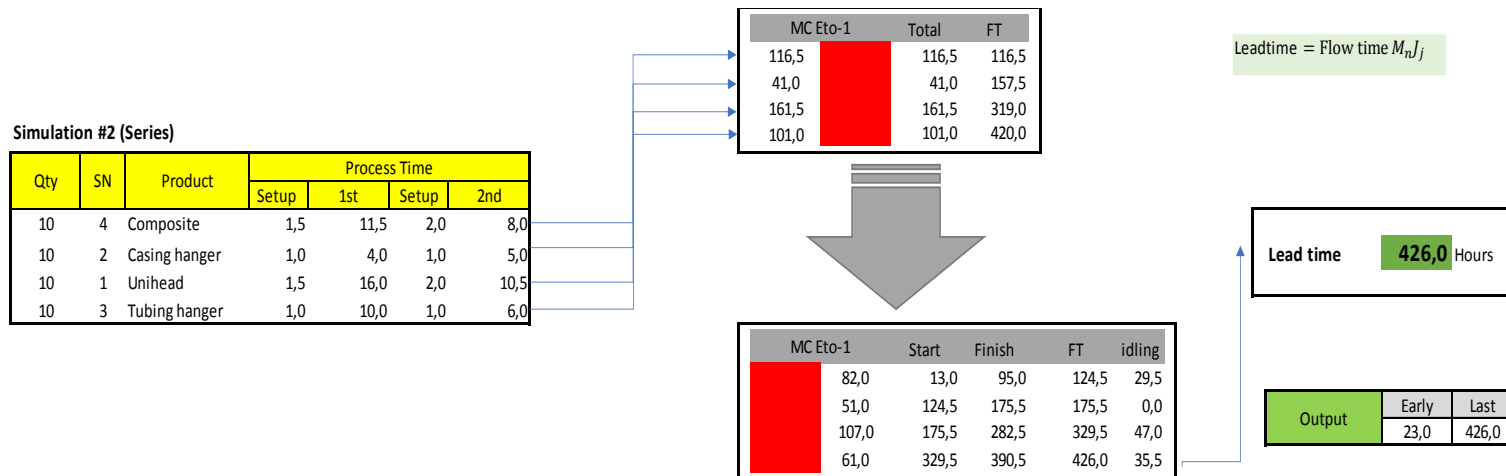
Simulasi dengan mesin parallel, urutan job 4-2-1-3 dengan jumlah lot 10 menghasilkan leadtime 430.5 jam

Output pertama dihasilkan pada jam ke 126.5



Simulasi dengan mesin series, urutan job 4-2-1-3 dengan jumlah lot 10 menghasilkan leadtime 426.5 jam

Output pertama dihasilkan pada jam ke 23.

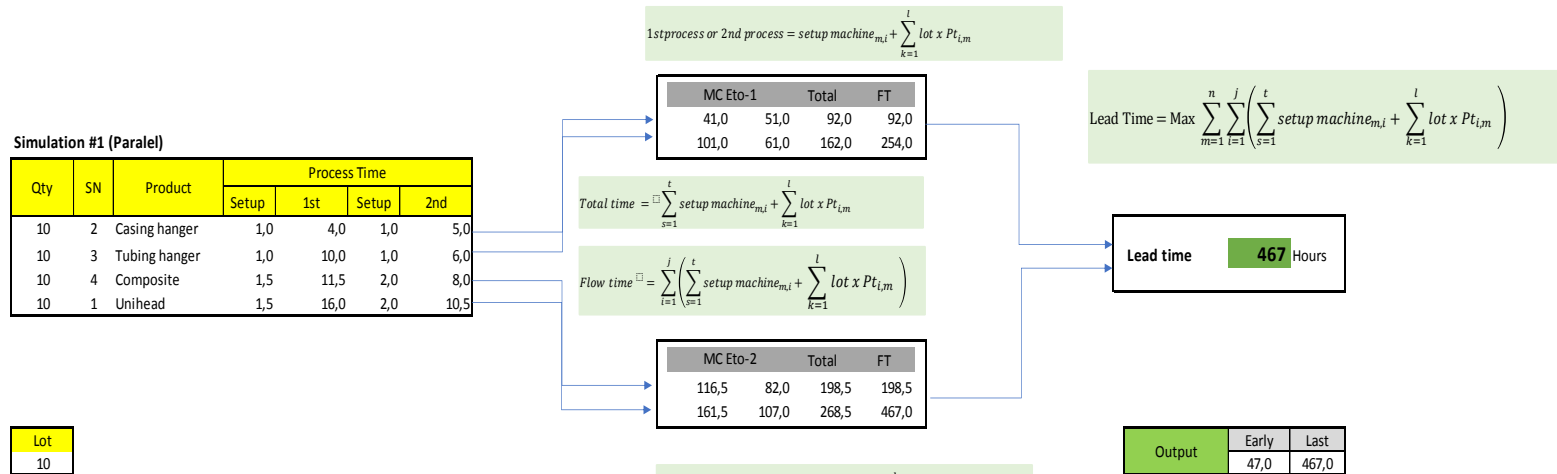




Percobaan#3:

Simulasi dengan mesin parallel, urutan job 2-3-4-1 dengan jumlah lot 10 menghasilkan leadtime 467 jam

Output pertama dihasilkan pada jam ke 47



Simulasi dengan mesin series, urutan job 2-3-4-1 dengan jumlah lot 10 menghasilkan leadtime 430.5 jam

Output pertama dihasilkan pada jam ke 11.



Simulation #2 (Series)

Qty	SN	Product	Process Time			
			Setup	1st	Setup	2nd
10	2	Casing hanger	1,0	4,0	1,0	5,0
10	3	Tubing hanger	1,0	10,0	1,0	6,0
10	4	Composite	1,5	11,5	2,0	8,0
10	1	Unihead	1,5	16,0	2,0	10,5

MC Eto-1	Total	FT
41,0	41,0	41,0
101,0	101,0	142,0
116,5	116,5	258,5
161,5	161,5	420,0

MC Eto-1	Start	Finish	FT	idling
	51,0	56,0	56,0	0,0
	61,0	117,0	148,0	31,0
	82,0	230,0	266,5	36,5
	107,0	373,5	430,5	57,0

Leadtime = Flow time $M_n J_j$

Lead time **430,5** Hours

Output	Early	Last
		11,0



5. Hasil dan Saran

Dari hasil pengolahan dengan metode *trial and error* dan pembahasan diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dengan menyusun mesin parallel, waktu tunggu mesin tidak terjadi akan tetapi waktu tunggu produk terjadi dikarenakan adanya jumlah lot. Sebaliknya dengan mesin yang dirancang series tidak terjadi produk menunggu akan tetapi lebih kepada mesin ke-2 yang menunggu dikarenakan waktu proses mesin pertama lebih lama disbanding proses ke-2.

2. Dilihat output yang dihasilkan ada 2 kriteria yang bisa disimpulkan. Apabila urutan prioritas job berdasarkan waktu terlama maka metode parallel memberika kontribusi yang lebih baik (lihat hasil percobaan#1), sebaliknya apabila urutan prioritas job diurut berdasarkan waktu tercepat maka mesin yang dirancang series akan memberikan kontribusi keluaran yang lebih baik (lihat percobaan#2 dan #3).

Daftar Pustaka

- Andy, Ham (2017). *Flexible job shop scheduling problem for parallel batch processing machine with compatible job families* (Elsevier Journal). Liberty University, USA.
- Baker, Kenneth R.(1974), *Introduction To Sequencing and Scheduling* , Jhon Willey and Sons, Inc. New York.
- Bierwirth, C., Kuhpfasl,J.(2017). *Extended GRASP for the job shop scheduling problem with Total weighted tardiness objective*. Halle University, Germany.
- Bouazza,W, Sallez.W, Beldjilali,B (2017). *A distributed approach solving partially flexible job-shop scheduling problem with a Q-learning effect* (Elsevier Journal). Oran University, Algeria.
- Conway (1967). *Teory of Scheduling*. Devor Publication, INC. Mineola, New York.
- Dios, Manuel, F.V, Victor, M.FJose (2018). *Efficient Heuristics for the hybrid Flow shop scheduling problem with missing Operations*. University of Seville, Spain.
- Fogarty, Robin (1991). *How to Integrate the Curricula*. Palatine, Illinois: IRI/Skylight Publishing, Inc.
- G. Brassard, C. Crépeau and M. Sántha(1996), "*Oblivious transfers and intersecting codes*", *IEEE Transactions on Information Theory*.
- Giliang Gong, dkk., (2017). *A new double flexible job-shop scheduling problem integrating processing time, green production and human factor indicators*, *Journal of Clear production*, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.188
- Gu, Manzhan, dkk. (2016). *Single-machine scheduling problems with machine aging effect and an optional maintenace activity*. Shanghai University, China.
- Hamaz, Idir (2017). *Cycle job shop problem with varying processing times* (Elsevier Journal). Toulouse University, France.
- Harjunkski and Reinhard Buer (2016). *Industrial scheduling based on flexible heuristics* (Elsevier Journal). Ladenburg, Germany.
- Honghan Ye, Wei li and Amin Abedini (2017). *An improved heuristic for no-wait flow shop to minimize makespan* (Elsevier Journal of Manufacturing systems).
- Jamili, Amin (2017). *Robust Job Shob scheduling problem: Mathematical*



- Models, Exact and heuristics Algorithms. Tehran University, Iran.*
- Juniar, Ahmad (2015). Penerapan Algoritma Greedy pada Penjadwalan Produksi Single- stage dengan Parallel Machine di Industri konveksi. Kementrian Perindustrian. Jakarta.
- Kashif, Mahmood (2017). *Performance Analysis of Flexible Manufacturing system (FMS) (Elsevier Journal). Tallin Univerityof Technology, Estonia.*
- Moh. Husen, Ilyas Masudin, Dana Marsetiya Utama (2015). Penjadwalan Job Shop Statik dengan Metode *Simulated Annealing* untuk Meminimasi Waktu *Makespan*. Universitas Muhammadiyah, Malang.
- Rawat, G.S 92016). *Productivity Measurement of Manufacturing System (Elsevier Journal). Uttarakhand, India.*
- Sabuncuoglu and Comlekci (2002). *Operation-based flow time estimation in a dynamic job shop, (Omega the international journal of Management science).*
- Sreekara,MBS, dkk. (2017). *An effective hybrid multi objective evolutionary algorithm for solving ral time event in flexible job shop scheduling problem. K L University, India.*
- Visa, Charan MVN (2017). *A review on facility layout Design of An automated Guided Vechile In Flexible Manufacturing system (Elsevier Journal). Bhopal, India.*
- Xixing Li, dkk. (2017). *Hybrid artificial bee colony algorithm with a rescheduling strategy for solving flexible job shop scheduling problems. Wuhan University, China*