



PAPER – OPEN ACCESS

Penjadwalan Produksi untuk Meminimasi Makespan dengan Implementasi Algoritma Fuzzy Logic

Author : Anthony Salim dan Rosnani Ginting
DOI : 10.32734/ee.v2i3.734
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 2 Issue 3 – 2019 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Penjadwalan Produksi untuk Meminimasi *Makespan* dengan Implementasi Algoritma *Fuzzy Logic*

Anthony Salim¹, Rosnani Ginting²

¹Jl. Pendidikan, Kota Medan 20235, Indonesia

²Kampus USU, Jl. Almamater, Padang Bulan, Kota Medan 20155, Indonesia

anthonysalim28@gmail.com.com, rosnani_usu@yahoo.co.id

Abstract

PT. XYZ is one of the manufacturing companies engaged in the production of plastic packaging, with 3 types of production in general, namely: joly, clear plastic cups, and plastic printing cups. The production transformation process itself is based on a flow shop, which is a product that has different specifications but the same order of production. In carrying out its activities PT. XYZ makes products based on orders from consumers (*Make to order*). Based on company demand data, clear plastic cups are one of the most products. PT. Scheduling system XYZ currently uses the First Come First Serve (FCFS) rule. In the FCFS rule, it does not question the duration or duration of the process. Orders that arrive first will be a priority in their production. If there are orders that come together then the orders will be done through the queue. Such a scheduling model is often not profitable for orders that require a short processing time because if the order is behind the queue it will result in long idle times before being processed on the factory floor. As a result, the total time for completing all orders (*makespan*) on the production floor, as well as the amount of work in process at several work stations. The available one cannot meet the *duedate* deadline. Tujuan umum yang ingin dicapai adalah untuk mendapatkan model penjadwalan yang mampu memberikan nilai *makespan* yang minimum dengan menggunakan metode Fuzzy. Metode penjadwalan produksi yang memberikan hasil yang optimal adalah Algoritma Pemrograman Fuzzy dengan Total *makespan* sebesar 20091,71 menit = 334,99 jam = 13,95 ≈ 14 hari sedangkan *makespan* yang diperoleh dari metode penjadwalan aktual yang digunakan di PT. XYZ dengan ketentuan *First Come First Melayani* sebesar 24480,71 menit = 408,01 jam = 17 hari.

Keywords : Production schedulling; First Come First Serve (FCFS); *Makespan*; Fuzzy

Abstrak

PT. XYZ adalah salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak dalam bidang produksi kemasan plastik, dengan 3 jenis produksinya secara umum, yaitu: joly, cangkir plastik bening, dan cangkir plastik *printing*. Proses transformasi produksinya sendiri berdasarkan *flow shop*, yaitu produk yang dibuat memiliki spesifikasi yg berbeda tetapi urutan produksinya sama. Dalam menjalankan aktivitasnya PT. XYZ membuat produk berdasarkan pesanan dari konsumen (*Make to order*). Berdasarkan data permintaan perusahaan, cangkir plastik bening merupakan salah satu produk yang paling. Sistem penjadwalan PT. XYZ saat ini menggunakan aturan *First Come First Serve* (FCFS). Pada aturan FCFS, tidak mempersoalkan singkat atau lamanya waktu proses. *Order* yang tiba lebih dulu akan menjadi prioritas dalam produksinya. Apabila ada *order* yang datang bersamaan maka order-order tersebut akan dikerjakan melalui antrian. Model penjadwalan seperti itu sering tidak menguntungkan bagi order yang membutuhkan waktu proses yang pendek karena apabila order tersebut berada di belakang antrian akan mengakibatkan waktu menganggur yang lama sebelum diproses di lantai pabrik. Sehingga berakibat besarnya total waktu penyelesaian seluruh pesanan (*makespan*) dilantai produksi, serta besarnya *work in process* di beberapa stasiun kerja. *Makespan* yang ada tidak dapat memenuhi batas waktu pekerjaan selesai (*duedate*). Tujuan umum yang ingin dicapai adalah untuk mendapatkan suatu model penjadwalan yang mampu memberikan nilai *makespan* yang minimum dengan menggunakan metode Fuzzy. Metode penjadwalan produksi yang memberikan hasil yang optimum adalah Algoritma Fuzzy Programming dengan Total *makespan* sebesar 20091,71 menit = 334,99 jam = 13,95 ≈ 14 hari sedangkan *makespan* yang didapat dari metode penjadwalan aktual yang diterapkan di PT. XYZ dengan aturan *First Come First Serve* sebesar 24480,71 menit = 408,01 jam = 17 hari.

Kata Kunci : Penjadwalan produksi; First Come First Serve (FCFS); *Makespan* ; Fuzzy

1. Latar Belakang

Sistem manufaktur merupakan sekumpulan dari peralatan yang terintegrasi, yang mempunyai fungsi untuk melakukan satu atau beberapa proses operasi dan atau *assembly* pada suatu bahan material awal, *part* atau *set of parts* (Wiratno, 2005). Pada intinya, sistem manufaktur merupakan sistem yang melakukan proses transformasi/ konversi keinginan (*needs*) konsumen menjadi produk jadi yang berkualitas.

Hal - hal yang penting pada sistem manufaktur adalah Penjadwalan. Penjadwalan produksi (Baker, 1974) dapat didefinisikan sebagai proses dalam pengalokasian sejumlah sumber daya dan mesin yang ada untuk menyelesaikan pekerjaan dengan mempertimbangkan batasan dan waktu yang ada.

Penjadwalan pekerjaan (*order*) perlu dilakukan agar masalah keterlambatan tidak terjadi. Terdapat banyak model penjadwalan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan *flowshop* seperti CDS (1970), menggunakan metode *Fuzzy* dengan tujuan meminimumkan total waktu penyelesaian seluruh pesanan (*makespan*). [1]

Masalah-masalah yang dihadapi oleh PT. XYZ adalah keterlambatan dalam penyelesaian *order* yang mempengaruhi waktu pengiriman ke tangan pelanggan karena pelaksanaan penjadwalan produksi di lantai pabrik belum dapat menghasilkan *makespan* yang sesuai dengan *order* yang ada. Oleh karena itu, dituntut untuk mencari solusi untuk pemecahan masalah optimal dalam penentuan jadwal produksi untuk meminimisasi total waktu penyelesaian (*makespan*) semua *order*. Apabila masalah-masalah tersebut tidak segera diatasi maka konsumen yang melakukan order akan sangat kecewa dan bahkan dapat melakukan komplain, perusahaan akan mendapat penalti karena keterlambatan pengiriman dan lambat laun akan kehilangan order yang menyebabkan perusahaan tidak mampu bersaing dalam dunia industri[2]. Adapun data keterlambatan pengiriman produk pada periode 2012 ditunjukkan pada Tabel.

Tabel 1. Data Keterlambatan Produksi

Periode	Order Per Bulan	Total Produksi	Jumlah Keterlambatan
Januari	12	4000	1
Februari	12	5000	2
Maret	14	5600	1
April	14	5700	2
Mei	12	4200	0
Juni	16	6200	3
Juli	14	5400	2
Agustus	14	5200	1
September	12	4000	1
Oktober	16	5800	2
November	16	5800	3
Desember	12	4200	1
Total	164	61100	11

Berfokus pada berbagai JSSP dianggap fleksibilitas dan ketidakjelasan, yaitu fuzzy fleksibilitas JSSP (FfJSSP), metode baru berdasarkan tingkat kepuasan fuzzy dan algoritma diferensial evolusi (DE) diusulkan dalam makalah ini. Dalam metode, parameter fungsi keanggotaan fuzzy ditentukan sesuai distribusi normal untuk perhitungan tingkat kepuasan maksimum. Lalu Algoritma DE diusulkan dengan mendesain pengkodean untuk masalah dan memperluas operator terkait pada pengkodean. Pencarian penjelajahan lokal untuk operasi dan bagian mesin dari pengkodean juga diperkenalkan untuk meningkatkan kinerja metode. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kami mengusulkan. Metode ini efektif dibandingkan dengan lima metode populer lainnya yang ada. Perbandinganantara berbagai strategi mutasi dan crossover juga dilakukan. Hasil numerik menunjukkan bahwa metode yang diusulkan dapat diterapkan masalah FfJSSP nyata.

Meskipun kontribusi akademik untuk penjadwalan job shop adalah melimpah, dampaknya pada praktik sangat minim dan demikian pulapen dekatan yang disukai untuk penjadwalan job shop di industri adalah penggunaan aturan pengiriman. Kritik utama terhadap aturan pengiriman adalah bahwa tidak ada aturan universal tunggal, dan efektivitas nyadari aturan pengiriman tergantung pada kriteria penjadwalan dan kondisi yang berlaku di job shop. Dalam tulisan ini, penulis mengusulkan penjadwal fuzzy yang menggunakan yang berlakukondisi di bengkel kerja untuk memilih paling dinami satuan pengiriman yang tepat dari beberapa aturan kandidat. Ini metode diterapkan pada masalah bengkel resmi yang diuji dan amasalah yang jauh lebih besar yang mewakili industri nyatamasalah. Hasil menunjukkan bahwa *scheduler fuzzy* adalah efektif.[3]

2. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk kedalam penelitian deskriptif (*Deskriptive Research*) yaitu suatu penelitian yang memaparkan masalah terhadap suatu masalah yang ada sekarang berdasarkan data secara sistematis. (Sukaria Sinulingga, 2016). Pada penelitian ini meliputi proses pengumpulan, penyajian dan pengolahan data serta analisa dan interpretasi.[4]

Variabel bebas adalah variabel yang dapat mempengaruhi perubahan dalam variable terikat yang mempunyai hubungan positif maupun negatif terhadap variable terikat. Jenis dari penjadwalan produksi akan sangat bergantung pada hal-hal berikut:

1. Jumlah job yang dijadwalkan terdiri dari 1, 2, 3, sampai n-job.
2. Jumlah Mesin yang digunakan terdiri dari 1, 2, 3, sampai n-job.
3. Ukuran dari pelaksanaan penjadwalan yaitu rata-rata waktu alir dan *makespan*.
4. Cara job datang, terdiri dari 2 yaitu: statis dan dinamis
5. Jenis Aliran Proses yang digunakan sangat mempengaruhi permasalahan yang akan terjadi pada saat tahap penjadwalan produksi.[5]

Kerangka berpikir yang digunakan dalam penelitian ini secara garis besar dapat dibagi dalam beberapa tahapan:

- a. Cari fakta-fakta tentang kinerja model penjadwalan yang ada saat ini.
- b. Lakukan identifikasi dan analisis permasalahan model penjadwalan tersebut.
- c. Rumuskanlah permasalahan tersebut.
- d. Bangkitkan alternatif-alternatif pemecahan masalah.
- e. Rumuskan pemecahan masalah.

Berikut ini merupakan *block diagram* dari pengolahan data waktu standard yang digunakan:



Gambar 1. *Block Diagram* Pengolahan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Data Primer : waktu pengerjaan suatu produk oleh unit produksi pada sepanjang lintasan jalur produksi.
- Data Sekunder: waktu set up mesin, latar belakang perusahaan, umur mesin, jumlah mesin, kapasitas mesin dan rencana produksi untuk suatu periode tertentu. [6]

Pengukuran waktu secara langsung dilakukan untuk kegiatan pengumpulan data pada sepanjang lintasan produksi untuk produk cangkir plastik bening MGT 20, MK AD 110, MK 125 D, MG 180, MK EM 180, MGA 150. Penggunaan jam henti (*stopwatch*) sebagai instrumen untuk pengukuran waktu

3. Hasil dan Pembahasan

Data permintaan yang dikumpulkan dalam penelitian ini diambil dari permintaan cangkir plastik bening pada bulan Juli 2013. Data permintaan produk dapat dilihat pada Tabel

Tabel 2. Data Permintaan Cangkir Plastik

No	Kode	Tipe Produk	Jumlah (Pcs)
1	Job 1	MGT 20	1.800.000
2	Job 2	MK AD 110	900.000
3	Job 3	MK 125 D	300.000
4	Job 4	MG 180	750.000
5	Job 5	MK EM 180	1.350.000
6	Job 6	MGA 150	1.200.000

Data yang diambil merupakan data jumlah mesin yang terdapat pada masing-masing stasiun kerja, jumlah operator, waktu *setup* setiap mesin, jam kerja dan jumlah *shift*. Data kapasitas *work center* setiap periode dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Kapasitas *Work center*

Stasiun Kerja	Nama Mesin	Jumlah Mesin (unit)	Waktu <i>Setup</i> (menit)	Jumlah Operator/Mesin (orang)	Jam Kerja/Hari (jam)	Jumlah Shift /Hari
Proses <i>mixing</i> material	Mesin <i>Mixer</i>	1	15	2	8	3
Pemanasan material bagian I	Mesin <i>Barel Heater</i>	1	15	1	8	3
Penyaringan material	Mesin <i>Screen Heater</i>	1	15	1	8	3
Pemanasan material bagian I	Mesin <i>Die Heater</i>	1	15	1	8	3
Pencetakan gulungan material	Mesin <i>Roll Jumbo</i>	1	-	2	8	3
Pencetakan Cangkir Plastik Bening	Mesin <i>Dong Long</i>	3	10	3	8	3

Proses produksi dibagi ke dalam enam stasiun kerja (WC). Uraian pekerjaan pada setiap stasiun kerja dapat dilihat sebagai berikut:

- WC I : Proses *mixing* material (Nomor proses T-1, I-1, T-2, O-1)
- WC II : Proses pemanasan material bagian I (Nomor proses T-3, O-2)
- WC III: Proses Penyaringan material (Nomor proses O-3)
- WC IV: Proses pemanasan material bagian II (Nomor proses T-5, O-4)
- WC V : Proses pencetakan gulungan material (Nomor proses T-6, O-5, T- 7, O-6, T-8, I-2, T-11)

6. WC VI: Proses pencetakan Cangkir plastik bening (O-8, T-12, I-3, T-13, O-10)

Catatan waktu siklus selama pengamatan untuk seluruh tipe cangkir plastik bening yang ditunjukkan pada tabel 4.4. sampai tabel 4.9. Data waktu untuk WC I sampai WC VI dalam satuan menit. Data ini merupakan data primer yang diperoleh melalui pengukuran langsung terhadap waktu proses dengan metode jam henti menggunakan *stopwatch digital* di lantai pabrik tanggal 20 Agustus 2013 sampai dengan 20 September 2013. Tabel di bawah ini adalah data waktu siklus semua tipe cangkir plastik bening pada setiap stasiun kerja.

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan *Makespan* Awal (Menit)

WC	Ket	Job					
		MGT 20 (1)	MK AD 110 (2)	MK 125 D (3)	MG 180 (4)	MK EM 180 (5)	MGA 150 (6)
I	Mulai	0	3286,76	4620,38	5036,55	6070,96	7987,03
	Selesai	3286,76	4620,38	5036,55	6070,96	7987,03	9660,03
II	Mulai	3286,76	5777,92	7080,32	7504,76	8604,38	10476,64
	Selesai	5777,92	7080,32	7504,76	8604,38	10476,64	12185,07
III	Mulai	5777,92	7584,56	8585,00	8888,64	10476,64	12185,07
	Selesai	7584,56	8585,00	8888,64	9691,42	11773,88	13433,88
IV	Mulai	7584,56	9986,65	11221,77	11648,22	12683,25	14505,28
	Selesai	9986,65	11221,77	11648,22	12683,25	14505,28	16053,87
V	Mulai	9986,65	13947,38	15932,32	16594,80	18260,83	21227,75
	Selesai	13947,38	15932,32	16594,80	18260,83	21227,75	23909,73
VI	Mulai	13947,38	15932,32	16594,80	18260,83	21227,75	23909,73
	Selesai	14831,45	16366,28	16738,75	18626,51	21894,10	24480,71

Formulasi fungsi goal programming. Fungsi pencapaian disusun berdasarkan sasaran yang ingin dicapai, maka formulasi untuk bulan Januari 2016 adalah

$$\text{Min } Z = d11^- + d12^- + d13^- + d14^- + d15^- + d1^+ + d2^+ + d3^+ + d4^+ + d5^+ + d6^+ + d7^+ + d8^+ + d9^+ + d10^+$$

Subject To

$$X1 + d11^- - d11^+ = 176606$$

$$X2 + d12^- - d12^+ = 272108$$

$$X1 + d13^- - d13^+ = 138531$$

$$X2 + d14^- - d14^+ = 242463$$

$$1.508X1 + 1.240X2 + d15^- - d15^+ = 603.647.301$$

$$0,04581X1 + 0,04581X2 + d1^- - d1^+ = 17640$$

$$8,31X1 + 10,80X2 + d2^- - d2^+ = 25000000$$

$$0,77X1 + 1,00X2 + d3^- - d3^+ = 2000000$$

$$1,00X1 + 1,00X2 + d4^- - d4^+ = 2500000$$

$$1,00X1 + 1,00X2 + d5^- - d5^+ = 2500000$$

$$1,00X1 + 1,00X2 + d6^- - d6^+ = 6000000$$

$$0,08X1 + 0,10X2 + d7^- - d7^+ = 2500000$$

$$0,84X1 + 0,11X2 + d8^- - d8^+ = 1750000$$

$$0,04X1 + 0,05X2 + d9^- - d9^+ = 150000$$

$$X1 + X2 + d10^- - d10^+ = 648.357$$

$$X1, X2, d1^-, d1^+, d2^-, d2^+, d3^-, d3^+, d4^-, d4^+, d5^-, d5^+, d6^-, d6^+, d7^-, d7^+, d8^-, d8^+, d9^-, d9^+, d10^-, d10^+, d11^-, d11^+, d12^-, d12^+, d13^-, d13^+, d14^-, d14^+, d15^-, d15^+, 0$$

Formulasi fungsi *fuzzy goal programming* (defuzzy fikasi). Fungsi pencapaian disusun berdasarkan sasaran yang ingin dicapai, maka formulasi untuk bulan Januari 2016 adalah

Max T

Subject to

$$0.0000160103 X1 + 0.0000131694 X2 + DN1 - DP1 \geq 6.41$$

$$T + 0.000018193 X1 + 0.0000181793 X2 \leq 9$$

$$-T + 0.0000004355 X1 + 0.0000003351 X2 \geq 0.008$$

$$T + 0.0000021600 X1 + 0.0000016620 X2 \leq 6$$

$$-T + 0.0000005263 X1 + 0.0000004053 X2 \geq 0.05$$

$$T + 0.0000020000 X1 + 0.0000015400 X2 \leq 5$$

$$-T + 0.0000004167 X1 + 0.0000004167 X2 \geq 0.04$$

$$T + 0.0000020000 X1 + 0.0000020000 X2 \leq 6$$

$$-T + 0.0000004167 X1 + 0.0000004167 X2 \geq 0.04$$

$$T + 0.0000020000 X1 + 0.0000020000 X2 \leq 6$$

$$-T + 0.0000001695 X1 + 0.0000001695 X2 \geq 0.01$$

$$T + 0.0000010000 X1 + 0.0000010000 X2 \leq 7$$

$$-T + 0.0000000405 X1 + 0.0000000324 X2 \geq 0.01$$

$$T + 0.0000002000 X1 + 0.0000001600 X2 \leq 6$$

$$-T + 0.0000000661 X1 + 0.0000005091 X2 \geq 0.06$$

$$T + 0.0000004360 X1 + 0.0000003360 X2 \leq 8$$

$$-T + 0.0000003571 X1 + 0.0000002857 X2 \geq 0.07$$

$$T + 0.0000010000 X1 + 0.0000080000 X2 \leq 4$$

$$T + 0.00022917 X1 + 0.00022197 X2 \leq 149.58$$

$$X1 \geq 176606$$

$$X2 \geq 272108$$

$$0 \leq T \leq 1$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *software LINDO 6.1*. maka didapat penyelesaian *job* per menit yaitu sebagai berikut :

Tabel 5. Waktu Penyelesaian Tiap *Job* (Menit)

Job	MK 125 D (3)	MGT 20 (1)	MG 180 (4)	MGA 150 (6)	MK AD 110 (2)	MK EM 180 (5)
WC I	416,17	3286,76	1034,41	1673,00	1333,62	1916,07
WC II	424,45	2491,16	1099,61	1708,43	1302,40	1872,27
WC III	303,65	1806,64	802,78	1248,81	1000,44	1297,24
WC IV	426,44	2402,10	1035,03	1548,59	1235,12	1822,04
WC V	662,48	3960,72	1666,03	2681,97	1984,95	2966,92
WC VI	143,95	884,08	365,68	570,98	433,96	666,35

Tabel 6. Nilai *Makespan* Hasil Penjadwalan *Fuzzy Programming*

WC	Ket	Job					
		MK 125 D (3)	MGT 20 (1)	MG 180 (4)	MGA 150 (6)	MK AD 110 (2)	MK EM 180 (5)
I	Mulai	0	416,17	3702,93	4737,34	6410,34	7743,96
	Selesai	416,17	3702,93	4737,34	6410,34	7743,96	9660,03
II	Mulai	416,17	3702,93	6194,09	7293,70	9002,13	10304,53
	Selesai	840,61	6194,09	7293,70	9002,13	10304,53	12176,79
III	Mulai	840,61	1144,26	7293,70	9002,13	10304,53	12176,79
	Selesai	1144,26	2950,90	8096,48	10250,93	11304,97	13474,03
IV	Mulai	1144,26	2950,90	8096,48	10250,93	11799,52	13474,03
	Selesai	1570,70	5352,99	9131,51	11799,52	13034,64	15296,07
V	Mulai	1570,70	5352,99	9313,72	11799,52	14481,49	16466,44
	Selesai	2233,18	9313,72	10979,75	14481,49	16466,44	19433,36
VI	Mulai	2233,18	9313,72	10979,75	14481,49	16466,44	19433,36
	Selesai	2377,13	10197,80	11345,43	15052,47	16900,40	20099,71

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di PT. XYZ dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Jadwal yang diperoleh dengan menggunakan Metode *Fuzzy Programming* adalah job 3-1-4-6-2-5-3, yaitu MGT 20, MK AD 110, MK 125 D, MG 180, MK EM 180, dan MGA 150.
2. Metode penjadwalan produksi yang memberikan hasil yang optimum adalah Algoritma *Fuzzy Programming* dengan Total *makespan* sebesar 20091,71 menit = 334,99 jam = 13,95 \approx 14 hari sedangkan *makespan* yang didapat dari metode penjadwalan aktual yang diterapkan di PT. XYZ dengan aturan *First Come First Serve* sebesar 24480,71 menit = 408,01 jam = 17 hari

Referensi

- [1] Ginting, Rosnani. 2016. *Penjadwalan Mesin*.
- [2] Sinulingga, Sukaria. 2016. *Metode Penelitian*.
- [3] Wang, S.Q. 2018. *Solving fuzzy flexible job shop scheduling problem based on fuzzy satisfaction rate and differential evolution*.
- [4] V. Subramaniam. 2016. *Job Shop Scheduling with Dynamic Fuzzy Selection of Dispatching Rule*.
- [5] Primadani, Lia. 2015. *Optimasi Produksi Menggunakan Algoritma Fuzzy Linear Programming*.
- [6] Hutahaean, Sarah. 2014. *Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Algoritma Simulated Annealing di PT. Guna Kemas Indah*.