

**PENJADWALAN PRODUKSI UNTUK MINIMASI
KETERLAMBATAN MENGGUNAKAN ALGORITMA
SIMULATED ANNEALING
(STUDI KASUS DI PT KEMBANG JOYO SRIWIJAYA)**

Oleh:
Yunna Yudhina
NIM 145100301111020

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik**



**JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

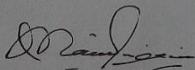
LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Tugas Akhir : Penjadwalan Produksi untuk Minimasi Keterlambatan
Menggunakan Algoritma *Simulated Annealing* (Studi Kasus
Di PT Kembang Joyo Sriwijaya)

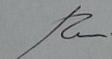
Nama Mahasiswa : Yunna Yudhina
NIM : 1451003011110420
Jurusan : Teknologi Industri Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,



Mas'ud Effendi, STP.,MP
NIP. 198008232005011003



Dr. Retno Astuti, STP.,MT.
NIP. 197005212002122001

Tanggal Persetujuan :

.....

Tanggal Persetujuan :

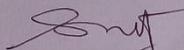
.....

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir : Penjadwalan Produksi untuk Minimasi Keterlambatan
Menggunakan Algoritma *Simulated Annealing* (Studi Kasus
Di PT Kembang Joyo Sriwijaya)

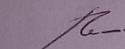
Nama Mahasiswa : Yunna Yudhina
NIM : 145100301111020
Jurusan : Teknologi Industri Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji I,



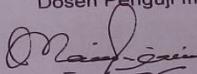
Dr. Ir. Imam Santoso, MP.
NIP. 196810051995121001

Dosen Penguji II,



Dr. Retno Astuti, STP, MT.
NIP. 197005212002122001

Dosen Penguji III,



Mas'ud Effendi, STP, MP.
NIP. 198008232005011003



Dr. Sucipto, STP, MP.
NIP. 197306021999031001

Tanggal Lulus Tugas Akhir :

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung pada tanggal 19 Agustus 1996. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDS Gula Putih Mataram Bandar Lampung pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Gula Putih Mataram Bandar Lampung tahun 2011. Setelah itu, penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Dampit Malang pada tahun 2014. Penulis melanjutkan pendidikan S1 di Universitas Brawijaya, Fakultas Teknologi Pertanian, Jurusan Teknologi Industri Pertanian melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun yang sama, yaitu 2014.

Pada masa pendidikannya di Universitas Brawijaya, penulis aktif mengikuti organisasi *English of Specific Purposes* (ESP). Penulis aktif di kepanitiaan yang diadakan oleh organisasi ESP yaitu EGP sebagai staf perlengkapan dan koordinator perlengkapan dalam acara TOEFL ESP.



Alhamdulillah,.....terima kasih Ya Allah,
Karya kecil ini saya persembahkan kepada
Kedua Orang tua, Kakak, dan orang-orang yang saya sayangi

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Yunna Yudhina
NIM : 145100301111020
Jurusan : Teknologi Industri Pertanian
Fakultas : Teknologi Pertanian
Judul Tugas Akhir : Penjadwalan Produksi untuk Minimasi Keterlambatan Menggunakan Algoritma *Simulated Annealing* (Studi Kasus Di PT Kembang Joyo Sriwijaya)

Menyatakan bahwa,

Tugas Akhir dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia dituntut sebagai hukum yang berlaku.

Malang, Agustus 2018
Pembuat Pernyataan,

Yunna Yudhina
NIM. 145100301111020

Yunna Yudhina 145100301111020. Penjadwalan Produksi untuk Minimasi Keterlambatan Menggunakan Algoritma *Simulated Annealing* (Studi Kasus Di PT Kembang Joyo Sriwijaya). TA. Pembimbing I: Mas'ud Effendi, STP.,MP Pembimbing II: Dr. Retno Astuti, STP. MT.

RINGKASAN

PT Kembang Joyo Sriwijaya merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang pengolahan madu di Karang Ploso, Malang. Permasalahan yang dihadapi saat ini yaitu terjadi keterlambatan yang diakibatkan jadwal produksi yang kurang efisien. Keterlambatan paling banyak terjadi pada produk madu SI, madu trigona dan madu pahit. Keterlambatan tersebut mengakibatkan adanya produk yang mengalami keterlambatan pengiriman sehingga mengurangi kepercayaan konsumen. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keterlambatan produksi dan mengurangi masalah keterlambatan dengan menggunakan pendekatan yang berbeda dengan yang telah dilakukan perusahaan.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan algoritma *Simulated Annealing* (SA). Inisialisasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan *Earliest Due Date* (EDD) dengan cara *due date* tercepat akan dilakukan produksi terlebih dahulu. *Due date* diambil dengan melihat jumlah permintaan dan kapasitas produksi dalam satu hari. Data yang didapatkan dengan melakukan observasi secara langsung dan dokumen. Waktu produksi dan waktu setup mesin dilakukan berdasarkan waktu baku yang dihitung melalui observasi langsung pada 1 siklus produksi

Berdasarkan hasil penelitian pada bulan September *maximum tardiness* jadwal awal sebesar 53897,51 menit. Nilai *maximum tardiness* dengan menggunakan algoritma SA sebesar 10357,19 menit. Penjadwalan menggunakan algoritma SA lebih baik 121 hari dari pada jadwal awal. Pada bulan Oktober *maximum tardiness* terbesar dimiliki oleh jadwal awal sebesar 37339,95 menit. Sedangkan nilai penjadwalan dengan menggunakan algoritma SA sebesar 6146,07 menit.

Penjadwalan menggunakan algoritma SA lebih baik 87 hari dari pada jadwal awal. *Maximum tardiness* jadwal awal pada bulan November sebesar 41301,94 menit dan nilai *maximum tardiness* penjadwalan dengan menggunakan algoritma SA sebesar 8402,13 menit. Penjadwalan menggunakan algoritma SA lebih baik 91 hari dari pada jadwal awal. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan perusahaan dalam menentukan penjadwalan produksi dan peneliti sejenis selanjutnya dapat melakukan penelitian dengan menggunakan metode lain seperti algoritma genetika.

Kata Kunci : Algoritma *Simulated Annealing* (SA), *Earliest Due Date* (EDD), Maksimal *Tardiness*, Penjadwalan Produksi

repository.ub.ac.id

Yunna Yudhina 145100301111020. *Production Scheduling to Minimize Delays using Simulated Annealing Algorithm (Case Study: PT Kembang Joyo Sriwijaya). TA. Supervisor: Mas'ud Effendi, STP.,MP Co-Supervisor: Dr. Retno Astuti, STP. MT.*

SUMMARY

PT Kembang Joyo Sriwijaya is a company engaged in the honey processing at Karang Ploso, Malang. The problem facing today is production delay caused by less efficient production schedule. There are 3 products with have most delay i.e. SI honey, trigona honey and bitter honey product. The delay in production process might case late delivery order in those products. The study aimed to determine the delay in production and reduce the problem of delay by using a different methods from application of the companies.

The method that used in this study was Simulated Annealing algorithm. Initialization in this research is using Earliest Due Date (EDD), the fastest due date will be used as the first production. Due date was taken by total demand and production capacity within a day. The company's daily production capacity was 500 bottles every day. Data obtained by direct observation and taken from documents. The production and machine setup time were based on the standard time calculated through direct observation on 1 cycle production.

Based on the results of the research, maximum tardiness for schedule apply the company in September was 53897.51 minutes. The maximum tardiness value using the SA algorithm was 10357.19 minutes. Scheduling using the SA algorithm is 121 days better than applied by the compani's schedule. Maximum tardiness for schedule apply the company In October was 37339.95 minutes. While the scheduling value using the SA algorithm is 6146.07 minutes. Scheduling using the SA algorithm was 87 days better than the the company schedule. maximum tardiness for schedule apply the company in November was 41301.94 minutes and the maximum value of scheduling using the SA algorithm was 8402.13 minutes. Scheduling using the SA

algorithm is better 91 days than the industries schedule. This research is expected to be a consideration of the company in determining production scheduling and similar researchers can further conduct research using other methods such as genetic algorithms.

Keywords: *Earliest Due Date (EDD), Maximum Tardiness, Production Schedule, Simulated Annealing Algorithm*

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas segala rahmat dan hidayah-Nya, hingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini berjudul “Penjadwalan Produksi untuk Minimasi Keterlambatan Menggunakan Algoritma *Simulated Annealing* (Studi Kasus Di PT Kembang Joyo Sriwijaya)”. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Mas’ud Effendi. STP, MP dan Dr. Retno Astuti, STP. MT, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu, dan pengetahuan kepada penyusun.
2. Dr. Sucipto, STP. MP, selaku Ketua Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.
3. Dr. Ir. Imam Santoso. MP selaku Dosen Penguji atas segala saran dan masukannya.
4. Teman-teman yang selalu membantu, menyemangati, dan berbagi motivasi selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknologi Industri Pertanian
5. Teman-Teman angkatan 2014 Jurusan Teknologi Industri Pertanian.
6. Beserta semua pihak yang terlibat dalam pembuatan Tugas Akhir yang penulis tidak dapat menyebutkannya satu per satu.

Menyadari adanya keterbatasan pengetahuan, referensi, dan pengalaman, penyusun mengharapkan saran dan masukan demi lebih baiknya Tugas Akhir ini.

Akhirnya harapan penyusun semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun maupun semua pihak yang membutuhkan.

Malang, Agustus 2018
Penyusun,

Yunna Yudhina

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	I
LEMBAR PERSETUJUAN	II
LEMBAR PENGESAHAN	III
RIWAYAT HIDUP	IV
HALAMAN PERSEMBAHAN	V
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	VI
RINGKASAN	VII
SUMMARY	IX
KATA PENGANTAR	XI
DAFTAR ISI	XII
DAFTAR TABEL	XIV
DAFTAR GAMBAR	XVI
DAFTAR LAMPIRAN	XVII
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Madu	5
2.2 Penjadwalan	6
2.2.1 Elemen Penjadwalan	6
2.2.2 Klasifikasi Penjadwalan Produksi	7
2.3 <i>Earliest Due Date</i> (EDD)	9
2.4 <i>Simulated Annealing</i> (SA)	10
2.5 Penelitian Terdahulu	14
III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2 Batasan Masalah	17
3.3 Asumsi	17
3.4 Prosedur Penelitian	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Gambaran Umum Perusahaan	29
4.1.1 Sejarah PT Kembang Joyo Sriwijaya	29
4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan	30
4.1.2 Proses Produksi	30

4.2	Permintaan Produk Madu di PT Kembang Joyo Sriwijaya	31
4.3	Perhitungan Waktu Setup	33
4.4	Penentuan Waktu Baku	38
4.5	Perhitungan Waktu Baku Setiap Permintaan	40
4.6	Penjadwalan dan Jadwal Awal	52
4.7	Penjadwalan dengan Aturan EDD.....	56
4.8	Penjadwalan dengan Metode <i>Simulated Annealing</i> (SA)	60
4.8	Perbandingan Hasil Jadwal	78
4.10	Simulasi Penjadwalan Harian dengan Algoritma SA .	81
4.11	Implikasi Manajerial	82
V.	PENUTUP	84
5.1	Kesimpulan.....	84
5.2	Saran.....	84
	DAFTAR PUSTAKA.....	85
	LAMPIRAN.....	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar Mutu Madu Indonesia.....	5
Tabel 2.2	Contoh Prioritas Urutan Metode EDD	10
Tabel 3.1	Penyesuaian Menggunakan Metode <i>Scumard</i>	23
Tabel 3.2	Daftar Kelonggaran	24
Tabel 4.1	Data Jumlah Permintaan Bulan September 2017	32
Tabel 4.2	Data Jumlah Permintaan Bulan Oktober 2017	32
Tabel 4.3	Data Jumlah Permintaan Bulan November 2017	33
Tabel 4.4	Data Waktu <i>Setup</i> Mesin	34
Tabel 4.5	Kapasitas Mesin	35
Tabel 4.6	Hasil Perhitungan Waktu Mesin Bulan September ..	36
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Waktu Mesin bulan Oktober	37
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Waktu Mesin bulan November ...	37
Tabel 4.9	Data Waktu Proses Filtrasi, Pengisian Madu Ke Botol dan Kemasan Sekunder	39
Tabel 4.10	Uji Keseragaman Data Pengamatan Proses Produksi	43
Tabel 4.11	Uji Kecukupan Data	44
Tabel 4.12	Penilaian Kelonggaran	46
Tabel 4.13	Perhitungan Waktu Proses Bulan September	49
Tabel 4.14	Perhitungan Waktu Proses Bulan Oktober	50
Tabel 4.15	Perhitungan Waktu Proses Bulan November	51
Tabel 4.16	Hasil Jadwal Awal Bulan September	52
Tabel 4.17	Hasil Jadwal Awal Bulan Oktober	54
Tabel 4.18	Hasil Jadwal Awal Bulan November	55
Tabel 4.19	Hasil Jadwal EDD Bulan September	57
Tabel 4.20	Hasil Jadwal EDD Bulan Oktober	58
Tabel 4.21	Hasil Jadwal EDD Bulan November.....	59
Tabel 4.22	Jadwal SA Bulan September iterasi 1	61
Tabel 4.23	Jadwal SA Bulan September iterasi 2.....	62
Tabel 4.24	Jadwal SA Bulan September iterasi 3.....	63
Tabel 4.25	Jadwal SA Bulan September iterasi 3a.....	65
Tabel 4.26	Jadwal SA Bulan September iterasi 4.....	66
Tabel 4.27	Jadwal SA Bulan September iterasi 5.....	67
Tabel 4.28	Jadwal SA Bulan September iterasi 6.....	69
Tabel 4.29	Jadwal SA Bulan September iterasi 7.....	70
Tabel 4.30	Jadwal SA Bulan September iterasi 8.....	71

Tabel 4.31 Hasil Iterasi Pertukaran Urutan <i>Job</i> Selama 14 Iterasi Bulan September	73
Tabel 4.32 Hasil Iterasi Pertukaran Urutan <i>Job</i> Selama 14 Iterasi Bulan Oktober	74
Tabel 4.33 Hasil Iterasi Pertukaran Urutan <i>Job</i> Selama 14 Iterasi Bulan November	75
Tabel 4.34 Perbedaan Hasil Tiap Jadwal pada Bulan September 2017	78
Tabel 4.35 Perbedaan Hasil Tiap Jadwal pada Bulan Oktober 2017	79
Tabel 4.36 Perbedaan Hasil Tiap Jadwal pada Bulan November 2017	80



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lintasan Proses <i>Flow Shop</i>	7
Gambar 2.2 Lintasan Proses <i>Job Shop</i>	8
Gambar 2.3 Lintasan Proses <i>Re-Entrant Flow Shop</i>	9
Gambar 2.4 <i>Swapping job</i> dengan EDD	10
Gambar 2.5 <i>Flowchart</i> Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	13
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian	19
Gambar 4.1 Grafik BKA dan BKB Proses Filtrasi	41
Gambar 4.2 Grafik BKA dan BKB Proses Filtrasi Revisi.....	41
Gambar 4.3 Grafik BKA dan BKB Proses Pengisian Madu	42
Gambar 4.4 Grafik BKA dan BKB Proses Pemasangan Label	42
Gambar 4.5 Grafik BKA dan BKB Proses Kemasan Sekunder	43
Gambar 4.6 Grafik Penurunan Suhu Bulan September 2017 ..	76
Gambar 4.7 Grafik Penurunan Suhu Bulan Oktober 2017.....	77
Gambar 4.8 Grafik Penurunan Suhu Bulan November 2017 ...	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Proses Produksi	93
Lampiran 2. Perhitungan Kapasitas Mesin <i>Hair Dryer Plastic Shrink Wrap</i>	95
Lampiran 3. Uji Keseragaman Data	101
Lampiran 4. Uji Kecukupan Data	107





I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi pasar yang cepat berubah, mendorong industri untuk dapat menurunkan biaya operasional semaksimal mungkin. Industri harus memastikan penggunaan sumber daya sudah maksimal. Salah satu hal yang penting dilakukan yaitu penjadwalan produksi yang efisien dalam produksi, manufaktur, pengolahan informasi, dan sistem transportasi (Karabulut, 2016). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Clara dan Teguh (2017), hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan penjadwalan produksi yaitu jumlah dan jenis pekerjaan, perkiraan waktu penyelesaian suatu pekerjaan, batas waktu penyelesaian pekerjaan dan kondisi pekerjaan yang sedang dihadapi. Setiap industri yang berbeda memiliki kondisi pekerjaan yang berbeda seperti jumlah mesin dan sistem produksi yang digunakan. Penjadwalan produksi harus disusun untuk mendapat total waktu penyelesaian *order* yang minimum.

PT Kembang Joyo Sriwijaya merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang pengolahan madu di Karang Ploso, Malang. Madu merupakan cairan manis yang berasal dari nektar tanaman yang diproses oleh lebah menjadi madu yang kemudian disimpan pada sel-sel sarang lebah (Saepudin, 2015). Salah satu produk olahan madu yang dihasilkan oleh PT Kembang Joyo Sriwijaya yaitu madu SI, madu trigona dan madu pahit. Produk madu SI, madu trigona dan madu pahit merupakan salah satu produk yang memiliki permintaan besar dan memiliki keterlambatan besar. Permintaan terhadap produk yang fluktuatif oleh konsumen menyebabkan adanya permasalahan akan pemenuhan pesanan. Perusahaan sering mengalami keterlambatan penyelesaian *order* sehingga terjadi keterlambatan pengiriman kepada konsumen. Sistem penjadwalan yang diterapkan oleh perusahaan tidak tersusun dengan baik. Terdapat jenis produk yang pengiriman tidak sesuai dengan pesanan yang diminta.

Banyaknya jumlah permintaan konsumen yang tidak menentu dengan waktu *order* yang berbeda mengakibatkan

proses yang memiliki waktu lama akan menghambat karena proses antrian di belakang harus menunggu proses sebelumnya selesai. Proses yang seharusnya dapat diselesaikan lebih cepat dapat mengalami keterlambatan. Hal tersebut dapat mengganggu pangsa pasar yang telah dibangun dan akan mengakibatkan berkurangnya kepercayaan konsumen terhadap perusahaan.

Masalah keterlambatan produksi yang terjadi pada suatu industri harus segera diselesaikan untuk mengurangi masalah-masalah yang berkelanjutan. Solusi yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan masalah keterlambatan yaitu dengan menggunakan pendekatan yang berbeda. Salah satu pendekatan penjadwalan yaitu algoritma *Simulated Annealing* (SA). *Annealing* merupakan teknik pembentuk susunan kristal dengan cara pemanasan sampai suatu tingkat tertentu kemudian didinginkan hingga membentuk susunan kristal yang sempurna. Metode algoritma SA dipilih dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan produksi karena dianggap dapat menyelesaikan masalah optimasi. Algoritma SA merupakan aturan penjadwalan yang dapat meminimasi *tardiness* (Hooda and Dhingra, 2011). Penyelesaian masalah penjadwalan membutuhkan data waktu untuk setiap proses. Inisialisasi yang dipilih yaitu menggunakan *Earliest Due Date* (EDD) karena permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan yaitu keterlambatan produksi. Inisialisasi digunakan sebagai analogi nilai terbaik penjadwalan. EDD digunakan karena terbukti mampu memberikan solusi optimal untuk minimasi *tardiness* terbesar (Azmi dkk, 2015). Oleh karena itu, penjadwalan produksi untuk minimasi keterlambatan dengan menggunakan Algoritma SA dilakukan pada penelitian ini untuk melihat perbandingan antara metode yang digunakan PT Kembang Joyo Sriwijaya dengan metode yang disarankan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, terdapat beberapa masalah yang dapat dirumuskan:

1. Seberapa besar keterlambatan dan perbandingan keterlambatan yang dihasilkan dari penjadwalan menggunakan jadwal perusahaan dan menggunakan algoritma SA.
2. Bagaimana penjadwalan yang baik bagi PT Kembang Joyo Sriwijaya.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu:

1. Melakukan evaluasi dan membandingkan metode penjadwalan yang dilakukan PT Kembang Joyo Sriwijaya dan melakukan penjadwalan ulang dengan menggunakan algoritma SA untuk meminimalkan keterlambatan.
2. Memberikan usulan perbaikan terhadap proses penjadwalan pada PT Kembang Joyo Sriwijaya

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukan penelitian ini adalah:

1. Bagi akademisi, diharapkan mampu memberikan pengetahuan lebih terkait dengan penjadwalan produksi menggunakan algoritma SA.
2. Bagi PT Kembang Joyo Sriwijaya, usulan alternatif solusi untuk meminimalkan keterlambatan produksi sehingga perusahaan dapat memenuhi permintaan dengan tepat waktu.
3. Bagi pihak lain, sebagai informasi dan gambaran penggunaan algoritma SA dalam penjadwalan produksi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Madu

Lebah madu merupakan serangga lingkungan yang berperan dalam mengubah nektar yang terdapat pada bunga menjadi madu kemudian disimpan dalam sarang lebah (James *et al.*, 2009). Salah satu karakteristik khas madu adalah kadar air yang rendah sehingga madu dianggap makanan yang tidak akan rusak (Ball, 2007).

Kandungan utama madu yaitu karbohidrat tinggi dengan gula sederhana yang dapat dengan mudah dicerna sehingga baik dikonsumsi dewasa maupun bayi (Radiati dkk, 2007). Madu juga mengandung campuran flavonoid dan asam fenolik yang berfungsi sebagai antioksidan yang dapat menghilangkan radikal bebas yang merusak tubuh manusia (Kumar *et al.*, 2010). Standar Nasional Indonesia madu yang ditentukan dapat dilihat pada **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Standar Nasional Indonesia Madu

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Aktifitas enzim diastase, min	DN	3
2	Hidroksimetilfurfural (HMF), maks	mg/kg	50
3	Air, maks	%b/b	22
4	Gula pereduksi (dihitung sebagai glukosa, min	%b/b	65
5	Sukrosa, maks	%b/b	5
6	Keasaman, maks	ml NaOH 1 N/kg	50
7	Padatan yang tak larut air, maks	%b/b	0,5
8	Abu, maks	%b/b	0,5
9	Cemaran, logam	mg/kg	1,0
	Timbal (Pb), maks	mg/kg	5,0
	Tembaga (Cu), maks		
10	Cemaran arsen (As), maks	mg/kg	0,5

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI)

2.2 Penjadwalan

Penjadwalan merupakan suatu kegiatan pengalokasian sumber daya suatu perusahaan seperti tenaga kerja, mesin, kendaraan dan bahan baku yang akan dilakukan proses dalam jangka waktu tertentu dalam produksi barang atau jasa. Penjadwalan produksi berkaitan dengan penetapan waktu yang tepat dalam penggunaan sumber daya yang dimiliki (Bagshaw, 2014). Secara umum tujuan dari adanya penjadwalan yaitu meminimalkan total *flow time*, total *tardiness*, *maximum completion*, *maximum tardiness*, *lateness* atau pengerjaan yang tepat waktu (Sutanto, 2008).

Aktivitas penjadwalan pada sistem manufaktur dilakukan pada seluruh kegiatan yang dikerjakan mulai dari diterimanya suatu pesanan hingga produk sampai pada konsumen. Aktivitas penjadwalan telah diatur oleh *nasional institute of standart* (1995) sebagai bagian dalam program SIMA (*System Integration for Manufacturing Application*) (Nafiurrida dkk, 2014). Penjadwalan dalam suatu industri dapat menentukan urutan pekerjaan yang akan dilakukan berikutnya dan menentukan waktu mulai dan akhir setiap proses pekerjaan (Kurnia dkk, 2013). Tujuan penjadwalan yaitu untuk meminimasi waktu produksi dan biaya yang dikeluarkan dengan mengatur fasilitas produksi, utilitas staff dan peralatan utilitas (Uyar *et al.*, 2013).

2.2.1 Elemen Penjadwalan

Menurut Baker (2009) elemen dasar dalam penjadwalan dibagi menjadi tiga yaitu *job*, operasi dan mesin. Elemen-elemen tersebut saling berhubungan erat satu sama lain. Ketiga elemen tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Job*

Job merupakan suatu pekerjaan yang harus diselesaikan untuk menyelesaikan suatu produk yang diinginkan. *Job* terdiri dari beberapa operasi yang harus dikerjakan minimal terdiri dari satu operasi. Perencanaan yang telah dilakukan dalam manajemen maupun berdasarkan pesanan dari pelanggan,

repository.ub.ac.id

dapat memberikan *job* kepada bagian *shop floor* untuk dikerjakan.

2. Operasi

Operasi merupakan salah satu bagian dari *job* untuk menyelesaikan suatu *job* tersebut atau dapat dikatakan sebagai himpunan dari *job*. Urutan operasi dalam *job* dilakukan dengan pengerjaan tertentu. Urutan tersebut ditentukan pada saat perencanaan proses berlangsung. Operasi dapat dikerjakan apabila proses yang mendahuluinya sudah dikerjakan terlebih dahulu. Urutan tersebut ditulis pada tabel waktu operasi yang berisi informasi mengenai urutan pengerjaan dan jenis mesin yang digunakan saat operasi. Waktu proses operasi merupakan waktu pengerjaan yang diperlukan untuk melakukan operasi tersebut.

3. Mesin

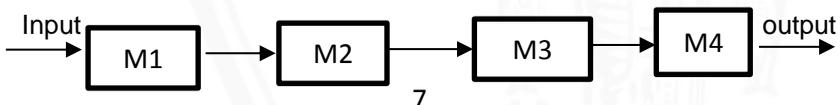
Mesin merupakan salah satu sumber daya yang penting dalam suatu operasi. Mesin diperlukan untuk menyelesaikan suatu *job* hingga menjadi produk. Setiap mesin yang digunakan hanya dapat memproses satu tugas pada satu saat tertentu

2.2.2 Klasifikasi Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi menurut pola aliran prosesnya dibagi dalam 4 tipe yaitu penjadwalan *flow shop*, penjadwalan *job shop*, *flexible flow shop* dan *re-entrant flow shop*. Macam-macam aliran proses dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Penjadwalan *Flow Shop*

Tipe penjadwalan *flow shop* merupakan pergerakan dari unit pekerjaan secara terus menerus atau secara simultan melewati rangkaian *workstation* dan disusun berdasarkan produk. *Flow shop* digunakan untuk jenis produk masal dengan variasi minim pada mekanisme produksi produk. Biasanya penggunaan penjadwalan *flow shop* digunakan pada industri *make to stock* (Tannady, 2013). Alur proses penjadwalan *flow shop* pada Gambar 2.1.

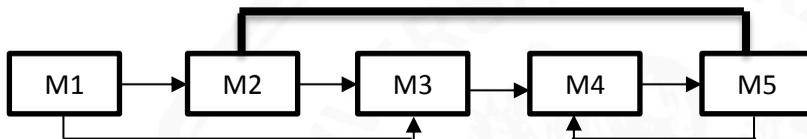


Gambar 2.1 Lintasan Proses *Flow Shop* (Saleh dan Emsosfi, 2009)

Pada gambar 2.1, proses aliran untuk setiap mesin diwakili dengan notasi “M”. Angka yang ada berarti jumlah dan urutan mesin yang digunakan dalam proses. Setiap proses yang digambarkan hanya terdapat satu kali proses dan menggunakan satu mesin produksi tanpa adanya pengulangan (Weglarz *et al.*, 2007).

2. Penjadwalan *Job Shop*

Penjadwalan *job shop* merupakan tipe aliran proses produksi yang memiliki pola aliran yang spesifik untuk setiap pekerjaan dan berbeda untuk setiap pekerjaan. Biasanya pekerjaan dilakukan berdasarkan pesanan (*job order*). Jenis produk yang dihasilkan juga banyak sehingga proses produksinya juga banyak karena masing-masing produk memiliki urutan proses yang berbeda (Siburan dan Abadi, 2013). Alur proses penjadwalan *job shop* pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Lintasan Proses *Job Shop* (Azmi dkk, 2015)

Aliran penjadwalan *job shop* dapat dimungkinkan terjadi pengulangan proses produksi dari mesin satu ke mesin sebelumnya. *Job shop* juga memungkinkan adanya lompatan proses. Misalnya pada mesin M1 melakukan lompatan proses menuju proses M3 (Nur dan Muhammad, 2017).

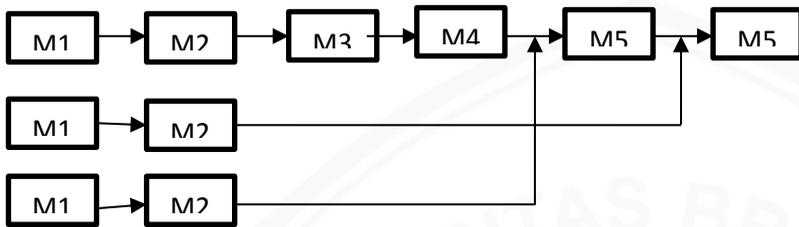
3. *Flexible Flow Shop*

Penjadwalan *flexible flow shop* memiliki lebih dari satu tahap dan mesin yang lebih dari satu tipe. Pekerjaan pada *flexible flow shop* memiliki urutan proses yang unik. Salah satu

keuntungan dalam menggunakan aliran ini yaitu semakin singkat pekerjaan karena menggunakan mesin lebih dari satu (Atter *et al.*, 2013). Konsep yang digunakan pada penjadwalan *flexible flow shop* hampir sama dengan *flow shop* perbedaan terjadi pada setiap proses atau operasi yang memiliki sejumlah mesin identik yang disusun paralel. Operasi produksi dapat dioperasikan oleh semua mesin yang identik dalam satu grup. *Flexible flow shop* biasanya dijumpai pada lingkungan manufaktur dengan multiproses dan multimesin (Palit dan Tessa, 2003).

4. Re-Entrant Flow Shop

Re-Entrant Flow Shop merupakan tipe *flow shop* yang memiliki karakteristik aktifitas pekerjaan dapat mengunjungi stasiun kerja atau mesin lebih dari satu kali operasi (Faizal dkk, 2015). Contoh alur proses *re-entrant flow shop* pada Gambar 2.3.



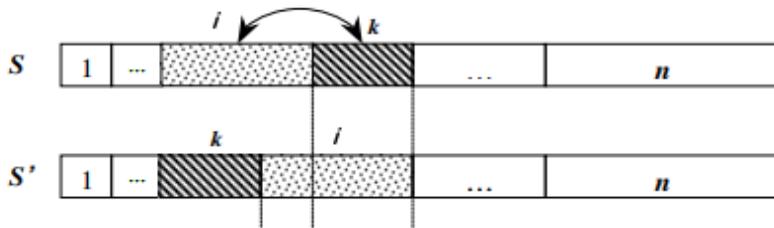
Gambar 2.3 Lintasan Proses *Re-Entrant Flow Shop* (Azmi dkk, 2015)

2.3 Earliest Due Date (EDD)

Metode *Earliest Due Date* (EDD) adalah metode penjadwalan dengan mengurutkan pekerjaan berdasarkan tanggal jatuh tempo (*due date*) yang paling cepat. Barang yang memiliki tanggal penyelesaian paling cepat akan dilakukan pemrosesan terlebih dahulu (Kurnia dkk, 2013). Metode ini dapat digunakan pada penjadwalan satu mesin maupun lebih dari satu mesin. Metode EDD ini merupakan metode yang menghasilkan *maximum tardiness* yang paling kecil (Setyawati dkk, 2016).

Aturan EDD dapat diterapkan oleh pekerja atau menggunakan penjadwalan dengan komputerisasi. Sistem akan menghasilkan prioritas untuk masing-masing *workstation* (Osueke *et al.*, 2013). Langkah-langkah penggunaan metode

EDD yaitu pertama mengurutkan pekerjaan berdasarkan tanggal jatuh tempo (*due date*) terkecil. Ambil pekerjaan satu persatu berdasarkan urutan yang telah dilakukan pada langkah pertama, kemudian jadwalkan dengan beban mesin yang paling minimum. Apabila mesin yang memiliki beban paling minimum lebih dari 2 mesin maka jadwalkan mesin tersebut dengan menggunakan metode random (Prasetya dkk, 2016). Proses pemindahan *job* dengan metode EDD dapat dilihat pada Gambar 2.4. Contoh prioritas urutan dengan metode EDD dapat dilihat pada Tabel 2.2.



Gambar 2.4 *Swapping job* dengan EDD (Marwedel, 2018)

Keterangan :

- S = Urutan *job* awal
- S' = Urutan *job* setelah dilakukan *swapping*
- i, k, \dots, n = *Job*

Tabel 2.2 Contoh Prioritas Urutan Metode EDD

	Due Date	Notasi	Urutan
Job 1	22-Jan-14	d1	1
Job 2	20-Feb-14	d2	2
Job 3	17-Mar-14	d3	3

Sumber : Sari dkk, 2015

2.4 Simulated Annealing (SA)

Simulated Annealing merupakan salah satu metode *heuristic* untuk pencarian solusi optimal. *Simulated Annealing* adalah satu dari algoritma terbaik saat ini dalam hampir semua pemecahan masalah optimasi saat ini. Algoritma ini memecahkan masalah optimasi dengan mensimulasikan bagaimana logam didinginkan sampai ke struktur kristalnya. *Simulated Annealing*

akan bekerja sangat baik dalam semua permasalahan optimasi (Santoso dkk, 2012). Menurut Susanto (2013),

Algoritma SA memiliki konsep dasar pada proses fisika yaitu suatu benda padat dipanaskan hingga mencair pada tingkat temperatur tertentu. Pada temperatur tersebut atom dianggap dapat bergerak dengan bebas. Penurunan temperatur harus dilakukan secara perlahan yang disebut dengan proses *annealing*. Hal tersebut bertujuan agar setiap tingkatan penurunan temperatur terjadi perubahan sistem hingga mencapai keseimbangan termal (Wirdianto dkk, 2007). Sebuah solusi awal yang dibuat dengan teknik *heuristic* ataupun random, diiterasi secara berulang oleh metode *annealing* dengan menggunakan perturbasi lokal hingga tidak ada peningkatan lagi atau hingga jumlah iterasi yang diinginkan tercapai (Widyadana dan Andree, 2002). *Flowchart* penggunaan algoritma SA terdapat pada Gambar 2.5.

Probabilitas menurut Boltzmann menyatakan bahwa energi (E) dari suatu sistem dengan keseimbangan panas pada suhu T terdistribusi secara *probabilistik* menggunakan rumus:

$$P(E) = e^{-E/kT} \quad (2.1)$$

Dimana $P(E)$ merupakan peluang mencapai energi (E), T merupakan temperatur dan k adalah konstanta Boltzmann (Firdaus dkk, 2015).

Pada algoritma SA variabel keputusan yaitu x_i yang terkait dengan fungsi tujuan:

$$E_i = f_i = f(\bar{x}_i) \quad (2.2)$$

Dimana sama dengan tingkat energi dalam sistem termodinamika energi (E_i) dan keadaan (\bar{x}_i). Algoritma SA berdasarkan teori mekanika statistik dengan menggunakan kondisi metropolis. Probabilitas penyusun \bar{x}_{i+1} bergantung pada tingkat energi pada dua titik yaitu:

$$\Delta E = E_{i+1} - E_i = \Delta f = f_{i+1} - f_i = f(\bar{x}_{i+1}) - f(\bar{x}_i) \quad (2.3)$$

Pencarian nilai fungsi tujuan telah didapatkan. Probabilitas untuk menerima \bar{x}_{i+1} digunakan:

$$P(E_{i+1}) = \{e^{-\frac{\Delta E}{kT}}\} \tag{2.4}$$

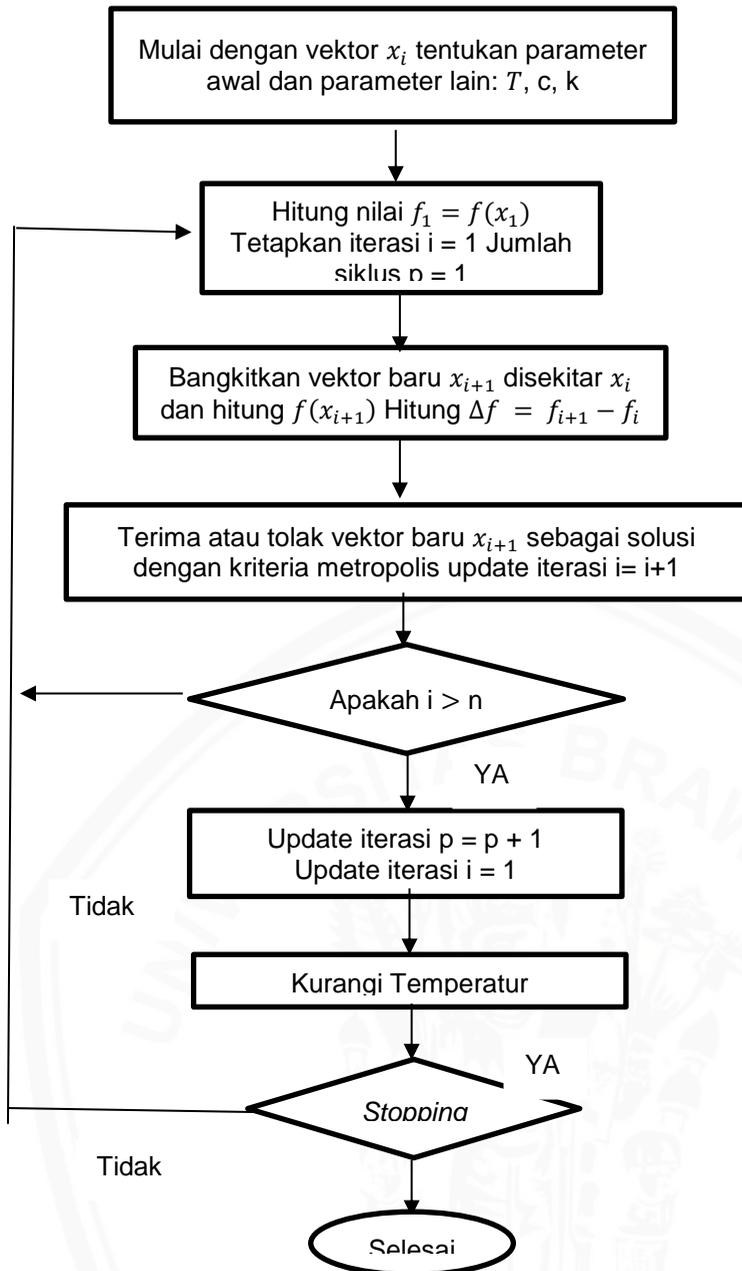
Jika suhu besar, probabilitas akan besar untuk menyusun \bar{x}_{i+1} dengan nilai fungsi lebih besar (dengan nilai-nilai ΔE yang lebih besar). Oleh karena itu, pada suhu tinggi dan penyusunan \bar{x}_{i+1} yang buruk akan selalu diterima karena probabilitas-probabilitas yang lebih besar.

Mulai dari penyusutan vektor awal \bar{x}_i (nomer iterasi $i = 1$ dan nilai suhu yang tinggi. Jika f_{i+1} lebih kecil dari pada f_i (dengan nilai negatif Δf) menerima titik \bar{x}_{i+1} sebagai desain titik berikutnya. Sebaliknya, jika Δf positif, titik \bar{x}_{i+1} diterima sebagai desain titik yang baru hanya dengan suatu probabilitas $e^{-\frac{\Delta E}{kT}}$. Berarti jika nilai yang dibangkitkan secara random lebih besar $e^{-\frac{\Delta E}{kT}}$, menerima titik \bar{x}_{i+1} , jika sebaliknya tolak titik \bar{x}_{i+1} , maka proses pembangkitan titik \bar{x}_{i+1} secara random di sekitarnya dari titik yang baru dikerjakan.

Setelah banyaknya titik \bar{x}_{i+1} diuji pada sembarang suhu T mencapai nilai n , suhu T direduksi oleh bilangan faktor penurunan suhu (c) ($0 < c < 1$). dan seluruh proses diulang. Faktor pereduksi temperatur (c) memainkan peran yang sama. Jika terlalu besar (0.8 atau 0.9) akan memerlukan terlalu banyak langkah komputasi. Sebaliknya, jika terlalu kecil nilai c (misal 0.1 atau 0.2) bisa berakibat terlalu cepatnya penurunan temperatur sehingga akan banyak titik-titik potensial untuk menjadi solusi global akan terlewat. Faktor pereduksi temperatur c bisa dipilih antara 0.4 dan 0.6 untuk strategi pengurangan temperatur yang masuk akal (*cooling schedule*) (Firdaus dkk, 2015). Penurunan suhu dilakukan dengan menggunakan:

$$T = T \times c \tag{2.5}$$

Prosedur diasumsikan telah konvergen ketika nilai T cukup kecil atau ketika perubahan nilai-nilai fungsi (Δf) diobservasi cukup kecil (Santosa dkk, 2011). Prosedur tersebut akan mengalami konvergensi ketika nilai T yang dicapai cukup kecil atau perubahan terhadap nilai fungsi tujuan (Δf) sudah sangat kecil. Kemudian dilakukan perhitungan waktu penyelesaian setiap proses (Shiddiq dkk, 2014).



Gambar 2.5 Flowchart Algoritma Simulated Annealing (Shiddiq, 2014)

2.5 Penelitian Terdahulu

Shiddiq dkk (2014), telah melakukan penelitian di PT Gatra Mapan yang bergerak pada bidang *furniture manufacturing*. Tipe produksi yang digunakan berdasarkan aliran *job shop*, yaitu proses produksi dilakukan berdasarkan *make to order*. Metode yang digunakan sebagai inisialisasi yaitu metode *shortest processing time* (SPT). Penentuan penjadwalan digunakan menggunakan metode algoritma SA. Penelitian ini bertujuan untuk menjadwalkan *job* dan akan dilakukan penjadwalan komponen. Hasil yang didapatkan yaitu *makespan* dari algoritma SA sebesar 3.796,2 menit. *Makespan* penjadwalan perusahaan sebesar 4.103,2 menit. Algoritma tersebut berhasil mendapatkan *makespan* 307 menit lebih baik. Kesimpulan yang didapatkan bahwa penggunaan algoritma SA lebih baik dari pada penjadwalan yang dilakukan perusahaan sebelumnya.

Azmi dkk (2015), telah melakukan penelitian di PR. Adi Bungsu Malang yang merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi rokok. Tipe produksi yang digunakan yaitu *flow shop*. Perusahaan tersebut menggunakan metode *First Come First Serve* (FCFS) tetapi metode tersebut sering tidak digunakan dalam melakukan penjadwalan. Penelitian dilakukan untuk membandingkan metode yang digunakan perusahaan dengan menggunakan metode algoritma SA. Inisialisasi yang digunakan yaitu menggunakan metode *Earliest Due Date* (EDD) untuk menentukan suhu optimum. Penentuan penjadwalan dilakukan menggunakan komputerisasi yaitu menggunakan metode algoritma SA. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa penjadwalan menggunakan algoritma SA lebih baik dari pada menggunakan penjadwalan perusahaan dalam meminimasi *Tardiness*.

Firdaus dkk (2015), telah melakukan penelitian dengan tujuan untuk memberikan usulan penjadwalan *jobs* pada lantai produksi *flow shop* dengan menggunakan algoritma SA. Penentuan penjadwalan produksi dilakukan dengan menggunakan algoritma SA, sedangkan untuk teknik pengacakan dilakukan dengan menggunakan metode *swap* (menukar), *flip* (membalik), dan *slide* (menggeser). *Makespan* yang dihasilkan pada penjadwalan dengan menggunakan

metode algoritma SA lebih baik dengan selisih waktu 5 jam hampir mendekati 1 hari jam kerja sebelumnya serta *idle time* metode SA lebih baik 2,81 %.

Arjun and Jayamohan (2013), telah melakukan penelitian tujuan untuk mengetahui penerapan *Simulated Annealing* untuk penerapan penjadwalan *flow shop*. Metode algoritma yang digunakan untuk perbandingan yaitu algoritma genetika, algoritma *Round Robin* dan algoritma SA. Penelitian dilakukan dengan membandingkan antara algoritma tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma SA tersimulasi paling baik diantara dua algoritma lainnya. Implementasi algoritma SA meningkat lima kali.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada PT Kembang Joyo Sriwijaya, Jalan Raya Karang Donowarih No.101, Bonowarih Karang plos, Malang, Jawa Timur. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Komputasi dan Analisis Sistem, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Waktu Penelitian dan pengolahan data yang dilakukan dimulai pada bulan Maret – Mei 2018.

3.2 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dilakukan pada penelitian ini, antara lain:

1. Penjadwalan disusun berdasarkan jam operasional perusahaan yaitu meminimum jam lembur.
2. Mengabaikan syarat perusahaan pengiriman harus 100 kg.
3. Proses produksi yang dihitung pada proses pengemasan produk.
4. Produk yang dijadwalkan yaitu madu standar internasional (SI), madu pahit dan madu trigona
5. Produk yang digunakan berukuran 660 ml.

3.3 Asumsi

Asumsi yang dilakukan pada penelitian ini, antara lain:

1. Persediaan bahan baku yang digunakan diasumsikan selalu tersedia.
2. Keadaan mesin diasumsikan dalam keadaan baik.
3. Sumber daya yang mengoperasikan mesin diasumsikan selalu tersedia.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan dalam proses penjadwalan produksi untuk minimasi keterlambatan dengan menggunakan algoritma SA ini dapat dilihat pada Gambar 3.1. Penjelasan prosedur penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

1. Studi Lapangan

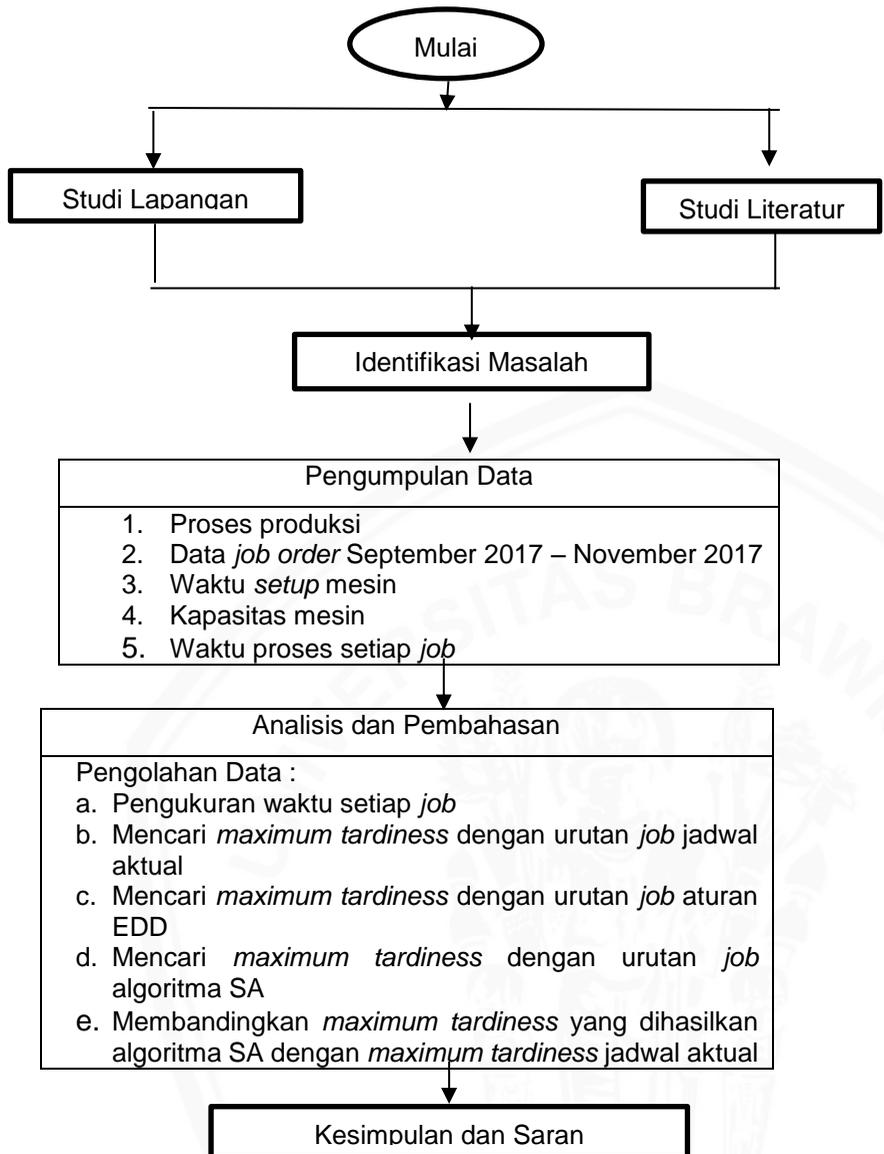
Studi Lapangan merupakan kegiatan yang dilakukan peneliti untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan untuk memenuhi penelitian penjadwalan produksi. Studi ini dilakukan dengan mengunjungi perusahaan yaitu pada PT Kembang Joyo Sriwijaya yang bertujuan untuk mengetahui kondisi perusahaan secara nyata. Studi dilakukan untuk mengetahui permasalahan pada PT Kembang Joyo Sriwijaya.

2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan usaha yang dilakukan oleh peneliti untuk menghimpun informasi terkait kondisi lapang di PT Kembang Joyo Sriwijaya. Penentuan studi literatur ini dilakukan untuk mengetahui beberapa metode yang dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan di PT Kembang Joyo Sriwijaya.

3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan suatu tahapan penelitian dalam memahami permasalahan yang terjadi pada PT Kembang Joyo Sriwijaya. Masalah yang teridentifikasi di PT Kembang Joyo Sriwijaya berdasarkan studi lapang yaitu PT Kembang Joyo Sriwijaya sering mengalami keterlambatan dalam pengiriman produk jadi kepada konsumen. Melihat masalah tersebut penelitian dilakukan dengan mengevaluasi metode penjadwalan yang digunakan perusahaan selama ini. Evaluasi tersebut dilakukan dengan menggunakan metode penjadwalan yang berbeda dengan metode yang telah diterapkan PT Kembang Joyo Sriwijaya yaitu algoritma SA. Rumusan masalah yang didapatkan berdasarkan hasil identifikasi masalah yaitu seberapa besar keterlambatan yang dihasilkan dari penjadwalan yang digunakan perusahaan dan menggunakan algoritma SA serta bagaimana penjadwalan yang baik bagi PT Kembang Joyo Sriwijaya.





Selesai

Gambar 3.1 Prosedur Penelitian

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan kegiatan yang dilakukan oleh peneliti untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk mendukung penjadwalan produksi dengan menggunakan metode algoritma SA. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian yaitu :

- A. Observasi, yaitu pengamatan yang melibatkan semua indera (penglihatan, pendengaran, penciuman, pembau, perasa). Pencatatan hasil dapat dilakukan dengan bantuan alat rekam elektronik. Pengamatan akan dilakukan mengetahui proses produksi dan mengetahui waktu proses setiap *job* di PT Kembang Joyo Sriwijaya.
- B. Dokumentasi merupakan pengambilan data melalui dokumen tertulis dari lembaga/institusi. Dokumen diperlukan untuk mendukung kelengkapan data yang lain. Data yang akan didapatkan yaitu data kapasitas mesin, jumlah mesin dan *job order* pada bulan September hingga Desember 2017.

Data yang menunjang dalam penjadwalan produksi yaitu :

- a. Proses Produksi

Data proses produksi dibutuhkan mengetahui alur dari produksi yang dilakukan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui urutan *job*, pemakaian mesin dan jumlah mesin yang digunakan selama proses produksi. Mesin yang digunakan yaitu mesin khusus untuk produksi setiap produk jadi.

- b. *Job Order*

Data *job order* diambil dengan melihat dokumen PT Kembang Joyo Sriwijaya. Data tersebut digunakan untuk mengetahui jumlah pesanan dan waktu jatuh tempo pengiriman pesanan yang diterima perusahaan selama satu bulan. Data *job order* diambil melalui *masterplan* pada bulan September 2017 – November 2017. Produk

yang dipilih adalah semua produk madu SI, Madu Trigona dan Madu Pahit yang dihasilkan.

- c. Waktu *Setup* Mesin
Waktu *setup* mesin merupakan waktu yang digunakan untuk melakukan penyetelan mesin sebelum dilakukan proses produksi. Waktu *setup* dilakukan menggunakan *stopwatch* secara langsung. Pengamatan dilakukan 30 siklus selama proses berlangsung untuk mendapatkan rata-rata waktu *setup*. Waktu yang digunakan yaitu menggunakan menit.
- d. Kapasitas Mesin
Data didapatkan dengan melihat dokumen yang dimiliki perusahaan. Data kapasitas mesin diperlukan untuk menghitung waktu proses setiap *job*.
- e. Waktu Proses Setiap *Job*
Waktu proses setiap *job* dilakukan dengan pengamatan langsung menggunakan *stopwatch*. Pengukuran dilakukan untuk seluruh *job* baik *job* yang dilakukan dengan manual (tanpa mesin) maupun *job* yang dikerjakan menggunakan mesin. Pengukuran waktu proses untuk *job* manual (tanpa mesin) akan dilakukan dengan menghitung waktu baku setiap *job*.

6. Pengolahan Data

a. Pengukuran Waktu Proses Setiap *Job*

Pengukuran waktu dilakukan secara langsung dengan menggunakan *stopwatch*. Setelah didapatkan pengukuran waktu tiap *job* dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Mengelompokkan hasil pengukuran dan menghitung rata-rata dari tiap subgroup.

$$\bar{x}_k = \frac{\sum x_i}{n} \tag{3.1}$$

Keterangan :

\bar{x}_k = Rata-rata subgroup

$\sum x_i$ = Pengukuran waktu ke- *i*

n = Jumlah pengamatan pada subgroup ke- *k*

- 2) Menghitung rata-rata dari rata-rata subgroup.

$$\bar{x} = \frac{\sum \bar{x}_k}{k} \quad (3.2)$$

Keterangan :

- \bar{x} = Rata-rata dari rata-rata subgroup
- $\sum \bar{x}_k$ = Jumlah rata-rata subgroup ke- k
- k = Jumlah subgroup

3) Menghitung standar deviasi dari waktu penyelesaian.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_j - \bar{x})^2}{N-1}} \quad (3.3)$$

Keterangan :

- x_j = Waktu pengamatan ke- j
- N = Jumlah pengamatan yang dilakukan

4) Pengujian data dilakukan dengan menentukan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah dengan rumus :

$$BKA = \bar{x} + 3\sigma \quad (3.4)$$

$$BKB = \bar{x} - 3\sigma \quad (3.5)$$

5) Pengujian kecukupan data dilakukan dengan rumus :

$$N' = \frac{z}{i} \left[\sqrt{\frac{N(\sum x_j^2) - (\sum x_j)^2}{\sum x_j}} \right]^2 \quad (3.6)$$

Keterangan :

- z = Tingkat keyakinan (%)
- i = Tingkat ketelitian (%)

6) Menghitung waktu siklus (W_s) dengan rumus:

$$W_s = \frac{\sum x_i}{N} \quad (3.7)$$

Keterangan :

- $\sum x_i$ = Rata-rata subgroup ke- i
- N = Jumlah pengamatan yang dilakukan

7) Menghitung waktu normal (W_n) yang dibutuhkan operator untuk mengerjakan tiap elemen pekerjaan dengan rumus :

$$W_n = W_s \times p \quad (3.8)$$

Keterangan :

- W_s = Waktu siklus
- p = Faktor penyesuaian

8) Menghitung waktu baku dengan rumus :

$$W_b = W_n \times \left(\frac{100\%}{100\% - \%kelonggaran} \right) \quad (3.9)$$

Keterangan :

W_n = Waktu Normal

- 9) Penyesuaian dilakukan untuk menormalkan waktu siklus karena kecepatan operator yang tidak wajar. Kriteria penyesuaian yang digunakan yaitu penyesuaian metode *Scumard* pada **Tabel 3.1**. Penyesuaian dipilih berdasarkan kondisi lapang pada perusahaan. Nilai penyesuaian pada perusahaan diasumsikan normal.

Tabel 3.1 Penyesuaian Menggunakan Metode *Scumard*

Kelas	Penyesuaian	Waktu Siklus
Super fast	100	1
Fast (+)	95	2
Fast	90	3
Fast (-)	85	4
Exelent	80	5
Good (+)	75	6
Good	70	7
Good (-)	65	8
Normal	60	9
Fair (+)	55	10
Fair	50	11
Fair(-)	45	12
Poor	40	13

Sumber : Astuti dan Irwan, 2016

Penyesuaian dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$p = \frac{n}{60} \quad (3.10)$$

Keterangan :

n = nilai penyesuaian yang dipilih

- 10) Kelonggaran diberikan untuk memenuhi kebutuhan pribadi pekerja, menghilangkan rasa lelah, dan kelonggaran untuk hal yang tidak diinginkan. Daftar kelonggaran dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Daftar Kelonggaran

Keterangan	Kelonggaran	
	Pria	Wanita
I. Kelonggaran tetap		
a. Kelonggaran pribadi	5	7
b. Kelonggaran untuk kelelahan	4	4
II. Kelonggaran variabel		
a. Sikap kerja		
1. Duduk	0	0
2. Berdiri atau agak membungkuk	1	1,5
3. Membungkuk	2	2,5
4. Berbaring	2,5	4
b. Berat beban		
1. Tanpa beban -1 kg	0	0
2. 1 – 2.25 kg	5	6
3. 2,25 – 9 kg	6	7,5
4. 9 – 18 kg	8	10
5. 18 – 27 kg	10	13
6. 27 – 50 kg	14	18
7. Diatas 50 kg	20	23
c. Kondisi penerangan		
1. Penerangan baik	0	0
2. Kurang begitu terang	2	2
3. Agak gelap	5	5
d. Kondisi aliran udara		
1. Ventilasi baik, udara segar	0	0
2. Ventilasi kurang	3	3
3. Ventilasi jelek dan berdebu	5	5
e. Gerakan kerja (fisik)		
1. Konsisten dan berirama	0	0
2. Terputus-putus	4	4

f. Ketegangan mental		
1. Tidak kompleks	1	1
2. Kompleks	6	6
g. Temperatur dan kelembapan lebih		
1. Dingin (15-21 °C)	8	10
2. Sejuk (21-29 °C)	0	0
3. Panas (29-38 °C)	8	10
4. Sangat panas (diatas 38 °C)	18	20

Sumber : Astuti dan Irwan, 2016

- b. Menghitung penjadwalan produksi dengan metode perusahaan

Penjadwalan dengan menggunakan aturan awal akan dihitung berdasarkan jadwal yang masuk pada perusahaan. Perhitungan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui *maximum tardiness* dari jadwal awal sehingga dapat diketahui efisiensi yang dicapai. Perhitungan dilakukan secara manual dan dilakukan perhitungan untuk 3 bulan yaitu September 2017 hingga November 2017. Langkah – langkah dalam menghitung penjadwalan produksi yaitu:

- 1) Menyusun data permintaan sesuai dengan pengiriman produk yang dilakukan perusahaan.
- 2) Menghitung waktu proses setiap *job* yang dilakukan secara manual. Waktu proses *job* untuk mesin dihitung berdasarkan kapasitas mesin dan jumlah produk yang dihasilkan.

$$\text{Waktu job} = \frac{\text{Jumlah produk diproduksi}}{\text{kapasitas mesin}} + \text{rata – rata waktu setup} \quad (3.11)$$

- 3) Mengumpulkan data *Completion Time* (CT) yang merupakan rentan waktu kegiatan produksi dari mulai hingga selesai, *Due Date* (DD) merupakan batas waktu produksi harus selesai, *Lateness* (Lj) merupakan suatu *job* dapat bernilai positif jika diselesaikan setelah *due date* dan memiliki nilai negatif jika dilakukan sebelum *due date*. *Tardiness* (*t*), jika sebuah *job* dapat diselesaikan lebih awal maka *job* tersebut akan mempunyai *lateness* negatif dengan nilai *tardiness* 0.
- 4) Menghitung keterlambatan dengan rumus :

$$\text{Keterlambatan} = \frac{\text{Maximal Tardiness}}{1 \text{ hari jam kerja}} \quad (3.12)$$

c. Menghitung penjadwalan produksi dengan metode *Earliest Due Date* (EDD)

Penjadwalan dengan aturan EDD dilakukan dengan merubah urutan *job order* sesuai dengan *due date* tercepat. Perhitungan dilakukan selama 3 bulan yaitu September 2017 hingga Desember 2017. Langkah-langkah perhitungan penjadwalan dengan menggunakan metode EDD yaitu:

- 1) Susun data permintaan sesuai dengan *due date* tercepat hingga terlama.
- 2) Mengumpulkan data *Completion Time* (CT) yang merupakan rentan waktu kegiatan produksi dari mulai hingga selesai, *Due Date* (DD) merupakan batas waktu produksi harus selesai, *Lateness* (Lj) merupakan suatu *job* dapat bernilai positif jika diselesaikan setelah *due date* dan memiliki nilai negatif jika dilakukan sebelum *due date*. *Tardiness* (t), jika sebuah *job* dapat diselesaikan lebih awal maka *job* tersebut akan mempunyai *lateness* negatif dengan nilai *tardiness* 0.
- 3) Menghitung keterlambatan dengan rumus :

$$\text{Keterlambatan} = \frac{\text{Maximal Tardiness}}{1 \text{ hari jam kerja}} \quad (3.13)$$

d. Menghitung penjadwalan produksi dengan metode Algoritma SA

Penjadwalan dengan menggunakan algoritma SA dilakukan dengan menentukan parameter yaitu karakteristik pemberhentian algoritma SA adalah:

- 1) Ketika $T = 0,1$ karena nilai T kurang dari 0.1 nilai fungsi *maximal tardiness* yang dihasilkan tidak mengalami perubahan.
- 2) Faktor pereduksi suhu yang ditentukan (c) adalah 0,6 berdasarkan dengan acuan penggunaan algoritma SA pada Metaheuristik. Nilai $c = 0,6$ faktor pereduksi memiliki nilai tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah

sehingga langkah komputasi mencapai konvergen tidak terlalu besar dan tidak terlalu sedikit.

- 3) Suhu pada penelitian ditetapkan dengan nilai 100°C . Suhu tersebut digunakan karena algoritma SA sudah melakukan siklus penurunan suhu dengan nilai $c = 0,6$.
- 4) Konstanta *Boltzmann* (k) = 1. Nilai k dipilih berdasarkan ketentuan umum *Boltzmann*.

Setelah diketahui parameter-parameter algoritma SA, langkah-langkah yang dilakukan yaitu menentukan jadwal inisial dengan aturan EDD yang telah dihitung.

Penjadwalan dengan menggunakan metode algoritma SA dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut pada Gambar 3.2:

1. Menentukan jadwal inialisasi penjadwalan dengan menggunakan metode *Earliest Due Date* (EDD).
2. Menentukan parameter sebagai input yaitu $T = 100, c = 0,6$ dan $k = 1$
3. Membangkitkan solusi baru dengan menggunakan persamaan (2.3) apabila didapatkan hasil positif maka akan dievaluasi solusi tersebut dengan menggunakan persamaan (2.4). Kemudian memilih bilangan random (r) sebagai pembanding probabilitas. Apabila bilangan random lebih kecil dari nilai probabilitas maka solusi akan di terima.
4. Langkah tersebut dilakukan terus hingga memenuhi jumlah iterasi yang ditentukan maka akan masuk pada siklus selanjutnya.
5. Dilakukan penurunan suhu dengan menggunakan persamaan (2.5)
6. Hasil suhu baru akan masuk kembali pada proses iterasi ke -1. Kemudian dilakukan kembali langkah pembangkitan solusi baru berdasarkan solusi sekarang. Proses tersebut berlangsung terus hingga kriteria pemberhentian tercapai yaitu $T \leq 0,1$.

6. Pembahasan

Pembahasan dilakukan dengan melihat hasil yang telah didapatkan dari perhitungan penjadwalan awal perusahaan, penjadwalan dengan EDD dan penjadwalan dengan

menggunakan algoritma SA. Hasil tersebut akan dilakukan perbandingan dimana hasil dengan nilai keterlambatan paling kecil akan dipilih sebagai alternatif lain untuk penjadwalan perusahaan.

7. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran berisi hasil dari pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan. Kesimpulan berisi perbandingan hasil antara penjadwalan dengan menggunakan aturan perusahaan dengan menggunakan aturan algoritma SA. Saran berisi masukan-masukan alternatif yang paling baik untuk perusahaan dan untuk penelitian selanjutnya.





IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

4.1.1 Sejarah PT Kembang Joyo Sriwijaya

PT Kembang Joyo Sriwijaya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang peternakan dan pengolahan madu lebah. Perusahaan tersebut terletak di Karang Ploso, Malang. Perusahaan tersebut dibangun pada tahun 1998 oleh Bapak Ustadi dan Ibu Dewi. Kapasitas yang dimiliki oleh PT Kembang Joyo Sriwijaya 500 botol per hari atau sekitar 40 ton per tahun. Produk olahan yang dihasilkan adalah madu Standar Internasional (SI), madu rambutan, madu mangga, madu pahit, madu multi, madu klanceng, madu kopi, madu super, cuka madu, madu kaliandra, madu karet, madu hutan, madu randu, *bee pollen*, *royal jelly* dan *propolis*. Salah satu lokasi peternakan lebah madu yang berada di Malang yaitu terdapat pada UB *forest* yang merupakan hutan pendidikan milik Universitas Brawijaya.

PT Kembang Joyo Sriwijaya pada mulanya dikenal dengan nama *Queena* Karang Ploso. Usaha tersebut pada mulanya hanya memiliki 18 kotak lebah madu. Produk yang dihasilkan pada saat itu hanyalah produk olahan madu yang dijual dengan volume 1 kg per kemasan. Produk tersebut dipasarkan hingga Surabaya dan Blitar. Usaha *Queena* Karang Ploso berganti nama dengan Kembang Joyo pada tahun 2007.

Perusahaan menambah jumlah kotak madu pada tahun 2007 menjadi 450 kotak. Produk olahan yang dihasilkan tidak hanya produk madu saja, tetapi juga *bee pollen* dan *royal jelly*. Perkembangan terus dilakukan hingga pada tahun 2012 Kembang Joyo berubah menjadi CV (*Comanditaire Venootschap*). Perkembangan dilakukan pada pemasaran produk yaitu produk dipasarkan hingga beberapa kota besar di Indonesia, antara lain pemasaran juga dilakukan secara *online* dan secara langsung sehingga memperluas penjualan. Produk yang dihasilkan sudah dikemas dalam bentuk botol dengan berbagai varian ukuran yaitu 130 ml, 170 ml, 250 ml, 300 ml, 350 ml, 600 ml, 660 ml dan 1 kg, sehingga mempermudah konsumen

dalam mengkonsumsi madu. CV Kembang Joyo beralih menjadi PT (Perseroan Terbatas) dan mengubah nama menjadi PT Kembang Joyo Sriwijaya pada tahun 2016. Perusahaan tersebut hingga sekarang memiliki 21 pekerja yang terdiri dari bagian produksi, administrasi, gudang dan pekerja lokasi (peternak lebah).

4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

Visi yang dimiliki PT Kembang Joyo Sriwijaya yaitu memproduksi berbagai jenis produk lebah madu yang berguna bagi masyarakat dan mengutamakan kualitas serta kepuasan konsumen. Sedangkan untuk misi PT Kembang Joyo Sriwijaya yaitu:

1. Melakukan riset dan mengembangkan berbagai jenis produk lebah madu secara lebih luas.
2. Menjadi perusahaan yang mengutamakan kepuasan dan manfaat bagi konsumen.
3. Memasarkan produk-produk lebah madu ke berbagai wilayah sehingga dapat dikonsumsi oleh berbagai kalangan masyarakat.

4.1.3 Proses Produksi

Penelitian dilakukan pada produk madu Standar Internasional (SI), madu trigona dan madu pahit dengan volume 600 ml setengah jadi hingga barang disimpan. Proses dilakukan secara manual, tetapi beberapa proses produksi menggunakan mesin sederhana antara lain mesin penutup botol dan *hair dryer plastic shrink wrap*. Diagram alir proses produksi dapat dilihat pada Lampiran 1. Penjelasan setiap *job* dan mesin yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Proses filtrasi

Filter bahan baku dilakukan secara manual yang dilakukan oleh 1 orang pekerja menggunakan alat filter 10-20 *micron*. Filter dilakukan untuk menghilangkan bahan atau kotoran yang ada dalam madu. Filter dilakukan sebanyak 3 kali yaitu pada saat setelah pemanenan, setelah sampai pada gudang, dan sebelum dilakukan pengemasan.

2. Proses pengisian madu ke dalam botol
Setelah dilakukan filtrasi madu dimasukkan ke dalam botol ukuran 600 ml. Proses pengemasan madu dilakukan secara manual oleh 2 orang pekerja. Alat yang digunakan yaitu ember sebagai wadah madu dan gelas ukur sebagai alat mengambil madu. Botol yang digunakan yaitu botol kaca untuk menjaga kualitas madu.
3. Proses pemasangan tutup botol
Pemasangan tutup botol dilakukan menggunakan mesin penutup botol. Mesin yang digunakan memiliki kecepatan 1200 botol/jam. Kerja mesin adalah memasang tutup botol yang telah diisi. Pada *job* ini dilakukan oleh 1 orang pekerja yang bertugas meletakkan botol pada mesin penutup botol dan mengambilnya setelah botol tertutup.
4. Proses pemasangan segel tutup botol
Segel tutup botol digunakan untuk menjaga kualitas madu selama pengiriman ke konsumen. Pemasangan segel tutup botol dilakukan dengan menggunakan mesin *hair dryer plastic shrink wrap*. Proses dikerjakan oleh 1 orang pekerja.
5. Proses pemasangan label dan kemasan sekunder
Pemasangan label dilakukan untuk memberi nama produk yang diproduksi. Proses pengemasan sekunder dilakukan sebelum penyimpanan produk akhir. Kemasan sekunder yang digunakan yaitu kemasan kardus jenis *flap* ukuran 35x27 cm. Jumlah madu dalam 1 kardus yaitu 12 botol madu. Proses pengemasan dilakukan oleh 1 orang pekerja.

4.2 Permintaan Produk Madu di PT Kembang Joyo Sriwijaya

Data permintaan merupakan data yang didapatkan dari jumlah permintaan atau *order* yang masuk kepada perusahaan. Data permintaan yang dikumpulkan dalam penelitian ini diambil dari *masterplan* pada bulan September 2017-November 2017. Data bulan September 2017 disajikan pada Tabel 4.1. Jumlah permintaan pada bulan Oktober 2017 disajikan pada Tabel 4.2 dan bulan November pada Tabel 4.3.

Tabel 4.1 Data Jumlah Permintaan Bulan September 2017

Job	Produk	Botol	Pemesanan	Due Date
1	Madu Pahit	55	06-09-2017	07-09-2017
2	Madu SI	816	06-09-2017	08-09-2017
3	Madu Pahit	26	14-09-2017	15-09-2017
4	Madu Pahit	12	02-09-2017	03-09-2017
5	Madu SI	240	02-09-2017	03-09-2017
6	Madu SI	264	25-09-2017	26-09-2017
7	Madu Pahit	16	14-09-2017	15-09-2017
8	Madu SI	126	18-09-2017	19-09-2017
9	Madu Pahit	57	19-09-2017	20-09-2017
10	Madu SI	684	19-09-2017	21-09-2017
11	Madu Pahit	6	15-09-2017	16-09-2017
12	Madu SI	72	15-09-2017	16-09-2017
13	Madu Trigona	4	15-09-2017	16-09-2017
14	Madu Trigona	16	18-09-2017	19-09-2017
15	Madu Trigona	4	18-09-2017	19-09-2017
16	Madu Trigona	12	11-09-2017	12-09-2017
17	Madu Trigona	4	19-09-2017	20-09-2017

Sumber : PT Kembang Joyo Sriwijaya (2018)

Tabel 4.2 Data Jumlah Permintaan Bulan Oktober 2017

Job	Produk	Botol	Pemesanan	Due Date
1	Madu SI	24	07-10-2017	08-10-2017
2	Madu Pahit	54	03-10-2017	04-10-2017
3	Madu SI	809	03-10-2017	05-10-2017
4	Madu Pahit	28	13-10-2017	14-10-2017
5	Madu Pahit	32	16-10-2017	17-10-2017
6	Madu SI	378	13-10-2017	14-10-2017
7	Madu Pahit	2	19-10-2017	20-10-2017
8	Madu SI	6	19-10-2017	20-10-2017
9	Madu Trigona	9	13-10-2017	14-10-2017
10	Madu SI	326	25-10-2017	26-10-2017
11	Madu Trigona	4	25-10-2017	26-10-2017
12	Madu SI	84	16-10-2017	17-10-2017
13	Madu Pahit	33	25-10-2017	26-10-2017
14	Madu Trigona	14	03-10-2017	04-10-2017
15	Madu Trigona	6	06-10-2017	07-10-2017
16	Madu Trigona	4	25-10-2017	26-10-2017

Sumber : PT Kembang Joyo Sriwijaya (2018)

Tabel 4.3 Data Jumlah Permintaan Bulan November 2017

Job	Produk	Botol	Pemesanan	Due Date
1	Madu Pahit	12	03-11-2017	04-11-2017
2	Madu Trigona	12	03-11-2017	04-11-2017
3	Madu SI	756	03-11-2017	05-11-2017
4	Madu SI	68	18-11-2017	19-11-2017
5	Madu SI	216	18-11-2017	19-11-2017
6	Madu Trigona	9	19-11-2017	20-11-2017
7	Madu Trigona	24	04-11-2017	05-11-2017
8	Madu Pahit	28	06-11-2017	07-11-2017
9	Madu Pahit	6	10-11-2017	11-11-2017
10	Madu SI	66	15-11-2017	16-11-2017
11	Madu Pahit	2	04-11-2017	05-11-2017
12	Madu SI	132	04-11-2017	05-11-2017
13	Madu Pahit	23	15-11-2017	16-11-2017
14	Madu Pahit	14	22-11-2017	23-11-2017
15	Madu SI	12	22-11-2017	23-11-2017
16	Madu Trigona	5	15-11-2017	13-11-2017
17	Madu Trigona	55	24-11-2017	25-11-2017
18	Madu Pahit	57	24-11-2017	25-11-2017
19	Madu SI	336	24-11-2017	25-11-2017
20	Madu Pahit	24	27-11-2017	28-11-2017

Sumber: PT Kembang Joyo Sriwijaya (2018)

Tabel permintaan produk madu pada bulan September hingga November menunjukkan bahwa terdapat jumlah order dengan jumlah dan waktu yang berbeda-beda. Data tersebut menunjukkan bahwa permintaan paling besar pada produk madu SI pada bulan September hingga November. Melihat permintaan akan produk yang sangat tinggi masalah keterlambatan pengiriman akan berdampak signifikan.

4.3 Perhitungan Waktu Setup

1. Waktu *setup* mesin

Waktu *setup* mesin merupakan waktu persiapan atau pengaturan yang dibutuhkan mesin hingga siap digunakan (Nur dan Muhammad, 2017). Pengukuran *setup* mesin dilakukan oleh 2 buah mesin yaitu mesin penutup botol dan mesin *hair dryer*

plastic shrink wrap. Perhitungan waktu *setup* dilakukan 30 sampel pengamatan selama proses berlangsung. Data waktu *setup* mesin ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Waktu *Setup* Mesin

Pengamatan	Mesin	
	Penutup Botol (menit)	<i>Hair Dryer Plastic Shrink Wrap</i> (menit)
1	0,033	0,116
2	0,050	0,083
3	0,050	0,083
4	0,033	0,066
5	0,033	0,083
6	0,033	0,083
7	0,083	0,083
8	0,033	0,066
9	0,033	0,066
10	0,033	0,100
11	0,116	0,066
12	0,033	0,100
13	0,083	0,066
14	0,050	0,066
15	0,033	0,066
16	0,033	0,066
17	0,033	0,083
18	0,050	0,100
19	0,066	0,116
20	0,066	0,116
21	0,050	0,083
22	0,066	0,100
23	0,083	0,100
24	0,050	0,083
25	0,050	0,100
26	0,066	0,066
27	0,050	0,116
28	0,033	0,133
29	0,066	0,166
30	0,133	0,100
Rata-rata	0,050	0,083

Sumber : Observsi di PT Kembang Joyo Sriwijaya (2018)

Pada Tabel 4.4 diketahui bahwa setiap sampel memiliki waktu proses yang berbeda dengan kisaran 0,033 sampai 0,113 untuk penutup botol dan 0,066 hingga 0,166 untuk mesin *hair dryer plastic shrink wrap*. Waktu rata-rata *setup* mesin yang digunakan yaitu 0,050 menit untuk mesin penutup botol dan 0,083 menit untuk mesin *hair dryer plastic shrink wrap*.

2. Kapasitas Mesin

Kapasitas mesin merupakan volume yang dibutuhkan dalam mesin untuk melakukan pemrosesan. Kapasitas mesin penutup botol dan mesin *hair dryer plastic shrink wrap* ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kapasitas Mesin

No	Mesin	Kapasitas
1	Penutup Botol	20 botol/menit
2	<i>Hair Dryer Plastic Shrink Wrap</i>	15 botol/menit

Sumber : PT Kembang Joyo Sriwijaya (2018)

Kapasitas penutup botol diperoleh dari spesifikasi mesin yang telah didapatkan yaitu sebesar 20 botol/menit. Sedangkan untuk mesin *hair dryer plastic shrink wrap* kapasitas mesin didapatkan berdasarkan perhitungan waktu baku sebesar 15 botol/menit yang ditunjukkan pada Lampiran 2.

3. Perhitungan Waktu Mesin

Perhitungan waktu mesin merupakan perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan mesin untuk mengerjakan suatu proses. Perhitungan dilakukan berdasarkan permintaan pada bulan September hingga November. Produk yang dihitung yaitu madu pahit, madu trigona dan madu SI. Contoh perhitungan waktu mesin menggunakan rumus (3.11):

1. Madu pahit

Mesin penutup botol :

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu job} &= \frac{\text{Jumlah produk diproduksi} \times \text{satuan produk}}{\text{kapasitas mesin}} + \text{rata waktu setup} \\
 &= \frac{55 \times 1}{20} + 0,050 \\
 &= 2,800 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Mesin *Hair Dryer Plastic Shrink Wrap*:

$$\begin{aligned} \text{Waktu job} &= \frac{\text{jumlah produk diproduksi} \times \text{satuan produk}}{\text{kapasitas mesin}} + \text{rata waktu setup} \\ &= \frac{55 \times 1}{15} + 0,083 \\ &= 3,750 \text{ menit} \end{aligned}$$

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Waktu Mesin Bulan September

Job	Produk	Botol	Penutup Botol (menit)	<i>Hair Dryer Plastic Shrink Wrap</i> (menit)	Total (menit)
1	Madu Pahit	55	2,800	3,750	6,550
2	Madu SI	816	40,850	54,483	95,333
3	Madu Pahit	26	1,350	1,816	3,166
4	Madu Pahit	12	0,650	0,883	1,533
5	Madu SI	240	12,050	16,083	28,133
6	Madu SI	264	13,250	17,683	30,933
7	Madu Pahit	16	0,850	1,150	2,000
8	Madu SI	126	16,250	21,683	37,933
9	Madu Pahit	57	2,900	3,883	6,783
10	Madu SI	684	34,250	45,683	79,933
11	Madu Pahit	6	0,350	0,483	0,833
12	Madu SI	72	3,650	4,883	8,533
13	Madu Trigona	4	0,250	0,350	0,600
14	Madu Trigona	16	0,850	1,150	2,000
15	Madu Trigona	4	0,250	0,350	0,600
16	Madu Trigona	12	0,650	0,883	1,533
17	Madu Trigona	4	0,250	0,350	0,600

Sumber: PT Kembang Joyo Sriwijaya (2018)

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Waktu Mesin bulan Oktober

Job	Produk	Botol	Penutup Botol (menit)	Hair Dryer Plastic Shrink Wrap (menit)	Total (menit)
1	Madu SI	24	1,250	1,683	2,933
2	Madu Pahit	54	2,750	3,683	6,433
3	Madu SI	809	40,500	54,016	94,516
4	Madu Pahit	28	1,450	1,950	3,400
5	Madu Pahit	32	1,650	2,216	3,866
6	Madu SI	378	18,950	25,283	44,233
7	Madu Pahit	2	0,150	0,216	0,366
8	Madu SI	6	0,350	0,483	0,833
9	Madu Trigona	9	0,500	0,683	1,183
10	Madu SI	326	16,350	21,816	38,166
11	Madu Trigona	4	0,250	0,350	0,600
12	Madu SI	84	4,250	5,683	9,933
13	Madu Pahit	33	1,700	2,283	3,983
14	Madu Trigona	14	0,750	1,016	1,766
15	Madu Trigona	6	0,350	0,483	0,833
16	Madu Trigona	4	0,250	0,350	0,600

Sumber: PT Kembang Joyo Sriwijaya (2018)

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Waktu Mesin bulan November

Job	Produk	Botol	Penutup Botol (menit)	Hair Dryer Plastic Shrink Wrap (menit)	Total (menit)
1	Madu Pahit	12	0,650	0,883	1,533
2	Madu Trigona	12	0,650	0,883	1,533
3	Madu SI	756	37,850	50,483	88,333
4	Madu SI	68	3,450	4,616	8,066
5	Madu SI	216	10,850	14,483	25,333
6	Madu Trigona	9	0,500	0,683	1,183
7	Madu Trigona	24	1,250	1,683	2,933
8	Madu Pahit	28	1,450	1,950	3,400
9	Madu Pahit	6	0,350	0,483	0,833
10	Madu SI	66	3,350	4,483	7,833
11	Madu Pahit	2	0,150	0,216	0,366
12	Madu SI	132	6,650	8,883	15,533

Job	Produk	Botol	Penutup Botol (menit)	Hair Dryer Plastic Shrink Wrap (menit)	Total (menit)
13	Madu Pahit	23	1,200	1,616	2,816
14	Madu Pahit	14	0,750	1,016	1,766
15	Madu SI	12	0,650	0,883	1,533
16	Madu Trigona	5	0,300	0,416	0,716
17	Madu Trigona	55	2,800	3,750	6,550
18	Madu Pahit	57	2,900	3,883	6,783
19	Madu SI	336	16,850	22,483	39,333
20	Madu Pahit	24	1,250	1,683	2,933

Sumber: PT Kembang Joyo Sriwijaya (2018)

Perhitungan waktu mesin penutup botol dan mesin *Hair Dryer Plastic Shrink Wrap* pada bulan September hingga November didapatkan hasil yang berbeda-beda sesuai dengan jumlah permintaan yang masuk. Perhitungan mesin tersebut akan digunakan untuk menghitung total waktu produksi yang harus ditempuh untuk memenuhi permintaan. Semakin banyak jumlah permintaan yang masuk maka waktu proses yang ditempuh mesin semakin lama.

4.4 Penentuan Waktu Baku

Pengukuran waktu baku dilakukan pada proses produksi tanpa mesin. Pengambilan data sebanyak 30 sampel data dilakukan selama proses berlangsung untuk setiap komponen proses.

Langkah-langkah penentuan waktu baku dilakukan sebagai berikut:

1. Pengamatan Waktu Proses Produksi

Perhitungan waktu proses dilakukan 30 sampel pengamatan selama proses berlangsung. Data waktu proses dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data Waktu Proses Filtrasi, Pengisian Madu Ke Botol dan Kemasan Sekunder

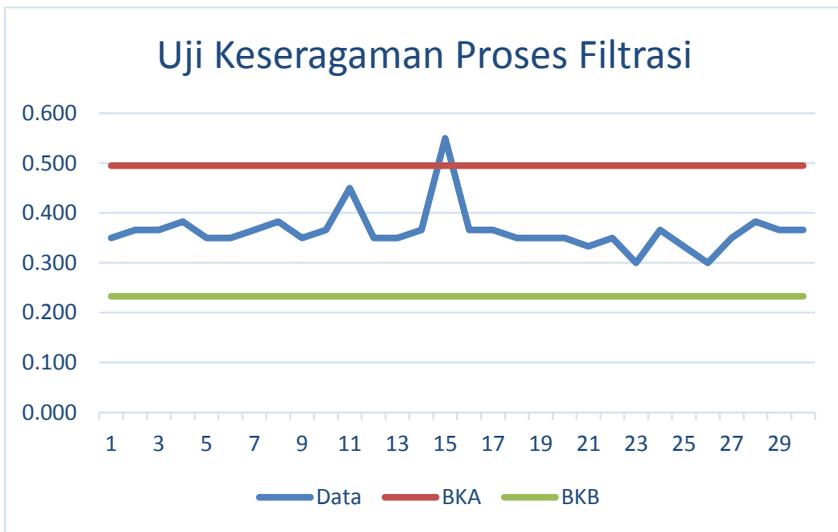
No	Proses Filtrasi (menit)	Proses Filtrasi Revisi (menit)	Proses Pengisian Madu (menit)	Proses Pemasangan Label (menit)	Kemasan Sekunder (menit)
1	0.350	0.350	0.800	0.166	0.400
2	0.366	0.366	0.816	0.166	0.390
3	0.366	0.366	0.700	0.166	0.420
4	0.383	0.383	0.750	0.150	0.450
5	0.350	0.350	0.816	0.166	0.510
6	0.350	0.350	0.750	0.150	0.390
7	0.366	0.366	0.650	0.150	0.430
8	0.383	0.383	0.650	0.183	0.390
9	0.350	0.350	0.800	0.166	0.380
10	0.366	0.366	0.850	0.150	0.490
11	0.450	0.400	0.816	0.166	0.460
12	0.350	0.350	0.750	0.216	0.410
13	0.350	0.350	0.866	0.150	0.390
14	0.366	0.366	0.850	0.150	0.370
15	0.550	0.300	0.550	0.150	0.430
16	0.366	0.366	0.850	0.150	0.320
17	0.366	0.366	0.700	0.183	0.440
18	0.350	0.350	0.716	0.150	0.460
19	0.350	0.350	0.750	0.200	0.390
20	0.350	0.350	0.850	0.150	0.380
21	0.333	0.333	0.750	0.166	0.350
22	0.350	0.350	0.716	0.150	0.390
23	0.300	0.300	0.850	0.183	0.420
24	0.366	0.366	0.750	0.150	0.340
25	0.333	0.333	0.833	0.150	0.400
26	0.300	0.350	0.750	0.166	0.460
27	0.350	0.350	0.600	0.150	0.390
28	0.383	0.383	0.816	0.183	0.390
29	0.366	0.366	0.750	0.166	0.490
30	0.366	0.366	0.850	0.150	0.330
Total	10.975	10.675	22.945	4.892	12.260
Rata-rata	0.364	0.356	0.765	0.163	0.409

Sumber : Observasi di PT Kembang Joyo Sriwijaya

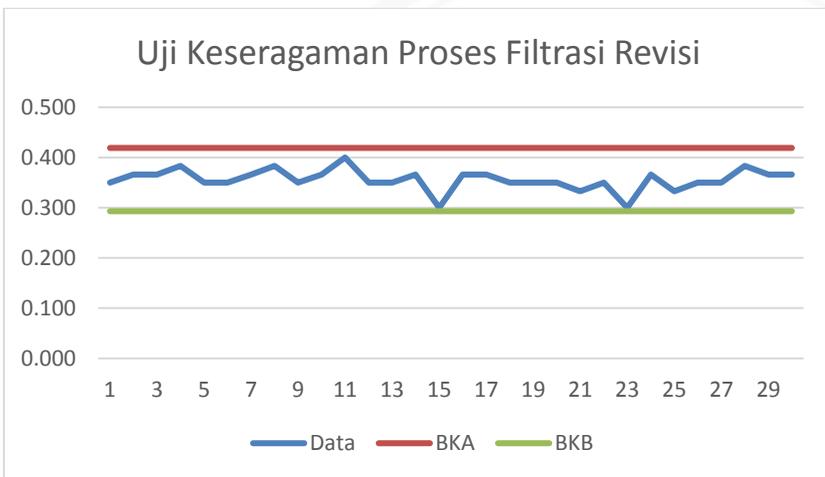
Hasil yang didapatkan adalah total waktu untuk proses filtrasi sebesar 10,975 menit dengan waktu proses berkisar antara 0,300 menit hingga 0,550 menit. Proses filtrasi revisi didapatkan total waktu 10,675 menit dengan waktu proses sekitar 0,300 menit hingga 0,400 menit. Proses pengisian madu didapatkan total waktu proses sebesar 22,945 menit dengan kisaran waktu proses sebesar 0,550 hingga 0,866. Pada proses pemasangan label didapatkan total waktu produksi sebesar 4,892 menit dengan waktu berkisar antara 0,150 hingga 0,216. Proses kemasan sekunder dihasilkan total waktu produksi sebesar 12,260 dengan waktu berkisar antara 0,320 hingga 0,510.

2. Uji Keseragaman Data

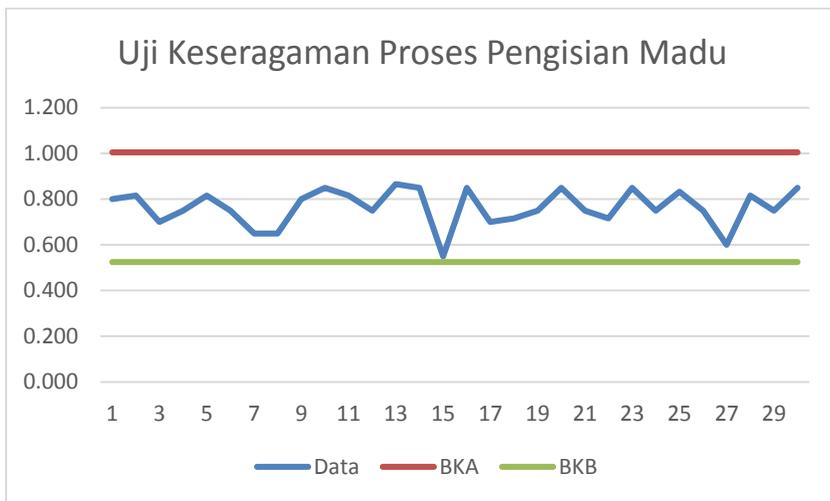
Pengujian keseragaman data dilakukan untuk mengetahui keseragaman data yang telah didapatkan melalui penelitian secara langsung. Data dikatakan seragam jika data tersebut berada dalam batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB). Perhitungan keseragaman data untuk proses filtrasi, proses pengisian madu dan proses pemasangan label dan kemasan sekunder dapat dilihat pada Lampiran 3. Grafik hasil uji keseragaman data ditunjukkan pada Gambar 4.1 untuk proses filtrasi. Grafik tersebut menunjukkan terdapat data waktu proses tidak seragam yaitu pada pengamatan 15. Data tidak seragam terjadi karena adanya kegiatan lain yang mengganggu pekerja saat sedang bekerja. Data tersebut akan dihitung kembali dengan melakukan revisi untuk memenuhi kriteria keseragaman data. Setelah dilakukan revisi data didapatkan hasil pada Gambar 4.2. Data yang telah direvisi pada Gambar 4.2 dinyatakan sudah seragam karena proses dianggap seragam jika garis kecenderungannya terletak diantara garis kendali atas dan garis kendali bawah. Grafik hasil uji keseragaman data untuk proses pengisian madu ditunjukkan pada Gambar 4.3, grafik hasil uji keseragaman data untuk proses pemasangan label ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan grafik hasil uji keseragaman data untuk proses kemasan sekunder ditunjukkan pada Gambar 4.5. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sampel proses produksi madu berada diantara BKA dan BKB sehingga data dapat dikatakan seragam.



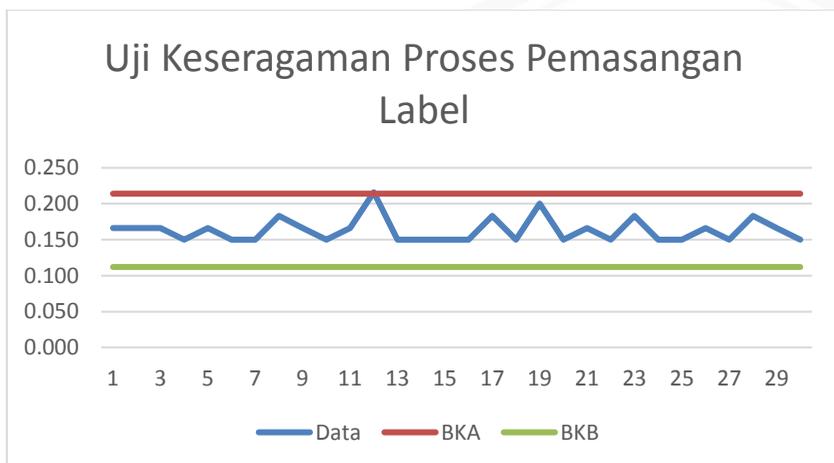
Gambar 4.1 Grafik BKA dan BKB Proses Filtrasi



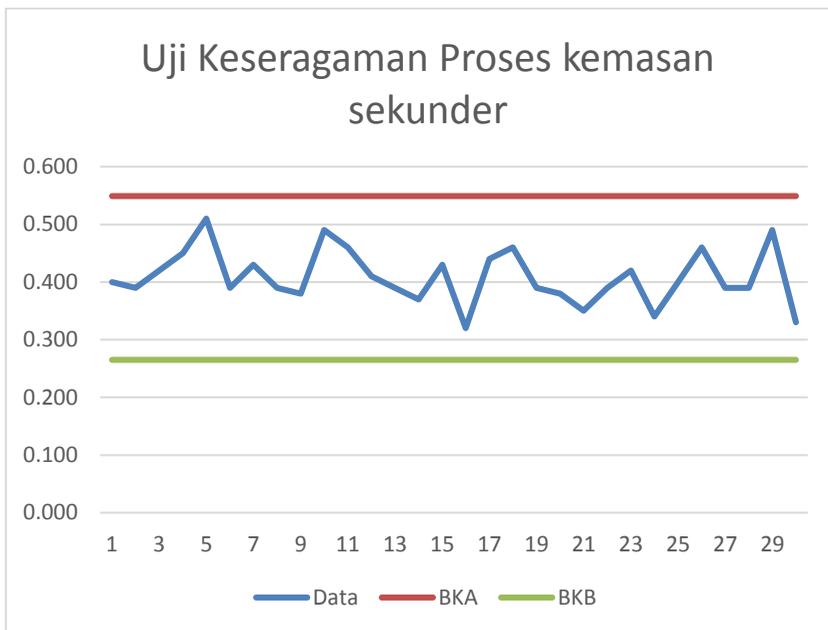
Gambar 4.2 Grafik BKA dan BKB Proses Filtrasi Revisi



Gambar 4.3 Grafik BKA dan BKB Proses Pengisian Madu



Gambar 4.4 Grafik BKA dan BKB Proses Pemasangan Label



Gambar 4.5 Grafik BKA dan BKB Proses Kemasan Sekunder

Tabel 4.10 Uji Keseragaman Data Pengamatan Proses Produksi

Proses	\bar{x}_k	σ	BKA	BKB	Keterangan
Proses Filtrasi (revisi)	0,356	0,021	0,419	0,293	Seragam
Proses Pengisian Madu	0,765	0,080	1,005	0,524	Seragam
Proses Pemasangan Label	0,163	0,017	0,214	0,112	Seragam
Proses Kemasan Sekunder	0,409	0,046	0,549	0,265	Seragam

Sumber : PT Kembang Joyo Sriwijaya (2018)

Nilai BKA dan BKB didapatkan pada proses filtrasi sebesar 0,495 dan 0,233 kemudian dilakukan revisi menjadi sebesar 0,419 dan 0,293. Nilai pada proses pengisian madu yaitu BKA sebesar 1,005 dan Bkb sebesar 0,524. Proses pemasangan label nilai BKA sebesar 0,214 dan nilai BKB 0,112 dan proses kemasan sekunder yaitu BKA sebesar 0,549 dan BKB sebesar 0,265.

3. Uji Kecukupan Data

Pengujian selanjutnya yang dilakukan yaitu pengujian kecukupan data. Pengujian kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data waktu proses yang telah diambil sudah memenuhi jumlah yang sebaiknya digunakan dalam penelitian. Tingkat keyakinan yang digunakan pada penelitian ini yaitu 95%. Derajat ketelitian yang digunakan adalah 5%. Berikut perhitungan kecukupan data untuk waktu proses filtrasi, pengisian madu dan pemasangan label serta pengemasan sekunder. Hasil pengujian kecukupan data dapat dilihat pada Tabel 4.11. Perhitungan lengkap pada Lampiran 4.

Tabel 4.11 Uji Kecukupan Data

Proses	$\sum x_j^2$	$(\sum x_j)^2$	N	N'	Keterangan
Proses Filtrasi	3,811	113,955	30	5,427	Cukup
Proses Pengisian Madu	17,735	526,473	30	16,956	Cukup
Proses Pemasangan Label	0,806	23,931	30	16,836	Cukup
Proses Kemasan Sekunder	5,074	150,307	30	20,293	Cukup

Sumber : PT Kembang Joyo Sriwijaya (2018)

Perhitungan yang dilakukan menunjukkan bahwa data yang didapatkan memiliki nilai $N' < N$. Data menunjukkan bahwa jumlah pengambilan data waktu proses telah mencukupi jumlah minimal sampel data yang dibutuhkan. Data menunjukkan nilai N sebesar 30 lebih besar dari nilai N' pada proses filtrasi sebesar 5,427, proses pengisian madu sebesar 16,956, proses pemasangan label sebesar 16,836 dan proses kemasan sekunder sebesar 20,293.

4. Penentuan Penyesuaian Menggunakan Metode *Scumard*

Penyesuaian digunakan untuk menghitung waktu normal. Pada penelitian ini digunakan metode *scumard*. Penilaian diberikan sesuai dengan kondisi nyata di perusahaan. Penilaian penyesuaian dapat dilihat pada Tabel 3.1. penyesuaian dihitung menggunakan rumus (3.10).

$$p = \frac{60}{60} = 1$$

Nilai penyesuaian digunakan untuk menilai pekerja dalam melakukan tugasnya dan sebagai pembanding dengan pekerja lainnya. Nilai 60 merupakan nilai bahwa seseorang dianggap bekerja secara normal. Penilaian pekerja pada PT Kembang Joyo Sriwijaya dianggap dapat bekerja dengan normal. Operator dapat bekerja normal bila dianggap berpengalaman, bekerja tanpa usaha-usaha yang berlebih, menguasai cara kerja yang ditetapkan dan menunjukkan kesungguhan dalam melakukan pekerjaannya (Sukania dan Teddy, 2014). Nilai penyesuaian didapatkan nilai 1 atau nilai normal.

5. Penentuan Kelonggaran

Penentuan kelonggaran dilakukan untuk menentukan besarnya kelonggaran masing-masing proses produksi berdasarkan faktor yang berpengaruh. Faktor yang mempengaruhi kelonggaran antara lain tenaga kerja dan lingkungan bekerja. Penilaian dilakukan pada semua proses sesuai dengan kondisi di perusahaan berdasarkan Tabel 3.2. Penilaian kelonggaran dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Penilaian Kelonggaran

Keterangan	Kelonggaran			
	Proses Filtrasi (%)	Proses Pengisian Madu (%)	Proses Pemasangan Label (%)	Proses Kemaan Sekunder (%)
I. Kelonggaran tetap				
a. Kelonggaran pribadi	7	7	5	5
b. Kelonggaran untuk kelelahan	4	4	4	4
Jumlah	11	11	9	9
II. Kelonggaran variabel				
a. Sikap kerja	1.5	0	0	0
b. Berat beban	6	0	0	6
c. Kondisi penerangan	0	0	0	0
d. Kondisi aliran udara	0	0	0	0
e. Gerakan kerja	0	0	0	0
f. Ketegangan mental	1	1	1	1
g. Temperature dan kelembapan lebih	0	0	0	0
Jumlah	8.5	1	1	7
Total	19,5	12	10	16

Penilaian kelonggaran didapatkan pada proses filtrasi dengan pekerja seorang wanita didapatkan total nilai kelonggaran sebesar 19,5%. Pada proses pengisian madu dengan pekerja seorang wanita didapatkan total nilai kelonggaran sebesar 12%. Pada proses pemasangan label dilakukan oleh seorang pria dengan nilai total kelonggaran

sebesar 10% dan proses kemasan sekunder yang dilakukan oleh seorang pria didapatkan nilai total kelonggaran sebesar 16%.

6. Perhitungan waktu normal

Perhitungan waktu normal didapatkan dengan mengalikan waktu siklus dengan penyesuaian yang telah didapatkan. Perhitungan waktu normal dilakukan untuk setiap proses. Hasil perhitungan waktu normal didapatkan dengan rumus (3.8) untuk setiap proses yaitu sebagai berikut :

a. Proses filtrasi

$$\begin{aligned}W_n &= W_s \times p \\ &= 0,356 \times 1 \\ &= 0,356 \text{ menit}\end{aligned}$$

b. Proses pengisian madu

$$\begin{aligned}W_n &= W_s \times p \\ &= 0,765 \times 1 \\ &= 0,765 \text{ menit}\end{aligned}$$

c. Proses pemasangan label

$$\begin{aligned}W_n &= W_s \times p \\ &= 0,163 \times 1 \\ &= 0,163 \text{ menit}\end{aligned}$$

d. Proses kemasan sekunder

$$\begin{aligned}W_n &= W_s \times p \\ &= 0,409 \times 1 \\ &= 0,409 \text{ menit}\end{aligned}$$

7. Perhitungan waktu baku

Waktu baku merupakan waktu kerja normal dengan mempertimbangkan kelonggaran yang telah ditentukan sebelumnya. Perhitungan waktu baku dilakukan untuk setiap proses. Hasil perhitungan waktu baku setiap proses menggunakan rumus (3.9) sebagai berikut:

a. Proses filtrasi

$$\begin{aligned}W_b &= W_n \times \left(\frac{100\%}{100\% - \% \text{ kelonggaran}} \right) \\ &= 0,356 \times \left(\frac{100\%}{100\% - 19,5\%} \right) \\ &= 0,442 \text{ menit}\end{aligned}$$

b. Proses pengisian madu

$$\begin{aligned}W_b &= W_n \times \left(\frac{100\%}{100\% - \% \text{ kelonggaran}} \right) \\&= 0,765 \times \left(\frac{100\%}{100\% - 12\%} \right) \\&= 0,869 \text{ menit}\end{aligned}$$

c. Proses pemasangan label

$$\begin{aligned}W_b &= W_n \times \left(\frac{100\%}{100\% - \% \text{ kelonggaran}} \right) \\&= 0,163 \times \left(\frac{100\%}{100\% - 10\%} \right) \\&= 0,181 \text{ menit}\end{aligned}$$

d. Proses kemasan sekunder

$$\begin{aligned}W_b &= W_n \times \left(\frac{100\%}{100\% - \% \text{ kelonggaran}} \right) \\&= 0,409 \times \left(\frac{100\%}{100\% - 16\%} \right) \\&= 0,487 \text{ menit}\end{aligned}$$

Waktu baku yang didapatkan akan digunakan sebagai waktu yang ditempuh untuk 1 botol madu hingga selesai. Waktu tersebut akan dikalikan dengan jumlah permintaan yang harus dipenuhi.

4.5 Perhitungan Waktu Baku Setiap Permintaan

Perhitungan dilakukan dengan melihat jumlah pesanan yang harus dipenuhi oleh PT Kembang Joyo Sriwijaya. Perhitungan dilakukan pada bulan September hingga November 2017. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.13 untuk bulan September, Tabel 4.14 untuk bulan Oktober dan Tabel 4.15 untuk bulan November.

Waktu proses yang didapatkan merupakan waktu proses yang ditempuh untuk menyelesaikan permintaan yang masuk. Waktu proses tersebut akan digunakan sebagai acuan penjadwalan produksi. Semakin besar jumlah permintaan maka waktu proses semakin membutuhkan waktu yang lama. Waktu proses dihitung dengan mengalikan jumlah permintaan dengan waktu baku *job*.

Tabel 4.13 Perhitungan Waktu Proses Bulan September

Job	Produk	Botol	Filtrasi (menit)	Pengisian Madu (menit)	Segel Tutup (menit)	Pemasang an Label (menit)	Pemasang an Label (menit)	Kemasan Sekunder (menit)	Total (menit)
1	Madu Pahit	55	24.31	47.795	2.800	3.750	9.955	26.785	115.39
2	Madu SI	816	360.67	709.104	40.850	54.483	147.696	397.392	1710.20
3	Madu Pahit	26	11.492	22.594	1.350	1.816	4.706	12.662	54.62
4	Madu Pahit	12	5.304	10.428	0.650	0.883	2.172	5.844	25.28
5	Madu SI	240	106.08	208.56	12.050	16.083	43.44	116.88	503.09
6	Madu SI	264	116.68	229.416	13.250	17.683	47.784	128.568	553.39
7	Madu Pahit	16	7.072	13.904	0.850	1.150	2.896	7.792	33.66
8	Madu SI	126	55.692	109.494	6.350	8.483	22.806	61.362	264.19
9	Madu Pahit	57	25.194	49.533	2.900	3.883	10.317	27.759	119.59
10	Madu SI	684	302.32	594.396	34.250	45.683	123.804	333.108	1433.57
11	Madu Pahit	6	2.652	5.214	0.350	0.483	1.086	2.922	12.71
12	Madu SI	72	31.824	62.568	3.650	4.883	13.032	35.064	151.02
13	Madu Trigona	4	1.768	3.476	0.250	0.350	0.724	1.948	8.52
14	Madu Trigona	16	7.072	13.904	0.850	1.150	2.896	7.792	33.66
15	Madu Trigona	4	1.768	3.476	0.250	0.350	0.724	1.948	8.52
16	Madu Trigona	12	5.304	10.428	0.650	0.883	2.172	5.844	25.28
17	Madu Trigona	4	1.768	3.476	0.250	0.350	0.724	1.948	8.52

Sumber : PT Kembang Joyo Sriwijaya (2018)

Tabel 4.14 Perhitungan Waktu Proses Bulan Oktober

Job	Produk	Botol	Filtrasi (menit)	Pengisian Madu (menit)	Segel Tutup (menit)	Pemasang an Label (menit)	Pemasang an Label (menit)	Kemasan Sekunder (menit)	Total (menit)
1	Madu SI	24	10.608	20.856	1.250	1.683	4.344	11.688	50.43
2	Madu Pahit	54	23.868	46.926	2.750	3.683	9.774	26.298	113.30
3	Madu SI	809	357.57	703.021	40.500	54.016	146.429	393.983	1695.53
4	Madu Pahit	28	12.376	24.332	1.450	1.950	5.068	13.636	58.81
5	Madu Pahit	32	14.144	27.808	1.650	2.216	5.792	15.584	67.19
6	Madu SI	378	167.07	328.482	18.950	25.283	68.418	184.086	792.30
7	Madu Pahit	2	0.884	1.738	0.150	0.216	0.362	0.974	4.32
8	Madu SI	6	2.652	5.214	0.350	0.483	1.086	2.922	12.71
9	Madu Trigona	9	3.978	7.821	0.500	0.683	1.629	4.383	18.99
10	Madu SI	326	144.09	283.294	16.350	21.816	59.006	158.762	683.32
11	Madu Trigona	4	1.768	3.476	0.250	0.350	0.724	1.948	8.52
12	Madu SI	84	37.128	72.996	4.250	5.683	15.204	40.908	176.17
13	Madu Pahit	33	14.586	28.677	1.700	2.283	5.973	16.071	69.29
14	Madu Trigona	14	6.188	12.166	0.750	1.016	2.534	6.818	29.47
15	Madu Trigona	6	2.652	5.214	0.350	0.483	1.086	2.922	12.71
16	Madu Trigona	12	5.304	10.428	0.650	0.883	2.172	5.844	25.28

Sumber : PT Kembang Joyo Sriwijaya (2018)

Tabel 4.15 Perhitungan Waktu Proses Bulan November

Job	Produk	Botol	Filtrasi (menit)	Pengisian Madu (menit)	Segel Tutup (menit)	Pemasangan Label (menit)	Pemasangan Label (menit)	Kemasan Sekunder (menit)	Total (menit)
1	Madu Pahit	12	5.304	10.428	0.650	0.883	2.172	5.844	25.28
2	Madu Trigona	12	5.304	10.428	0.650	0.883	2.172	5.844	25.28
3	Madu SI	756	334.15	656.96	37.850	50.483	136.836	368.172	1584.4
4	Madu SI	68	30.056	59.092	3.450	4.616	12.308	33.116	142.64
5	Madu SI	216	95.472	187.70	10.850	14.483	39.096	105.192	452.80
6	Madu Trigona	9	3.978	7.821	0.500	0.683	1.629	4.383	18.99
7	Madu Trigona	24	10.608	20.856	1.250	1.683	4.344	11.688	50.43
8	Madu Pahit	28	12.376	24.332	1.450	1.950	5.068	13.636	58.81
9	Madu Pahit	6	2.652	5.214	0.350	0.483	1.086	2.922	12.71
10	Madu SI	66	29.172	57.354	3.350	4.483	11.946	32.142	138.45
11	Madu Pahit	2	0.884	1.738	0.150	0.216	0.362	0.974	4.32
12	Madu SI	132	58.344	114.70	6.650	8.883	23.892	64.284	276.76
13	Madu Pahit	23	10.166	19.987	1.200	1.616	4.163	11.201	48.33
14	Madu Pahit	14	6.188	12.166	0.750	1.016	2.534	6.818	29.47
15	Madu SI	12	5.304	10.428	0.650	0.883	2.172	5.844	25.28
16	Madu Trigona	5	2.21	4.345	0.300	0.416	0.905	2.435	10.61
17	Madu Trigona	55	24.31	47.795	2.800	3.750	9.955	26.785	115.39
18	Madu Pahit	57	25.194	49.533	2.900	3.883	10.317	27.759	119.59
19	Madu SI	336	148.51	291.98	16.850	22.483	60.816	163.632	704.28
20	Madu Pahit	24	10.608	20.856	1.250	1.683	4.344	11.688	50.43

Sumber : PT Kembang Joyo Sriwijaya (2018)

1.6 Penjadwalan dan Jadwal Awal

Tujuan perhitungan jadwal awal adalah untuk mengetahui *maximum tardiness* dari jadwal awal menggunakan penjadwalan perusahaan, sehingga dapat diketahui efisiensi yang dicapai dari penjadwalan *simulated annealing*. Hasil perhitungan dilakukan pada periode September hingga November 2017 secara terpisah sebagai berikut:

1. Bulan September 2017

Perhitungan bulan September dapat dilihat pada Tabel 4.17. Hasil jadwal awal bulan September diambil berdasarkan data pengiriman perusahaan yang telah berlangsung. Pemesanan produk yang lebih dari 500 botol akan menjalani akumulasi *due date* lebih dari 1 hari, misal: pemesanan madu SI sebanyak 816 botol. Sebanyak 500 botol dapat diproduksi dalam 1 hari tetapi 316 botol akan diproduksi pada hari berikutnya. Jadi *due date* menjadi 2 hari kerja. Perhitungan *tardiness* didapatkan dengan mengurangi total waktu dengan *due date*.

Tabel 4.16 Hasil Jadwal Awal Bulan September

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
1	Madu Pahit	55	115.39	115.39	360	0
2	Madu SI	816	1710.2	1825.5	720	1105.59
3	Madu Pahit	26	54.62	1880.2	360	1520.21
4	Madu Pahit	12	25.28	1905.4	360	1545.49
5	Madu SI	240	503.09	2408.59	360	2048.59
6	Madu SI	264	553.39	2961.98	360	2601.98
7	Madu Pahit	16	33.66	2995.64	360	2635.64
8	Madu SI	126	264.19	3259.83	360	2899.83
9	Madu Pahit	57	119.59	3379.41	360	3019.41
10	Madu SI	684	1433.5	4812.98	720	4092.98
11	Madu Pahit	6	12.71	4825.69	360	4465.69
12	Madu SI	72	151.02	4976.71	360	4616.71
13	Madu Trigona	4	8.52	4985.22	360	4625.22
14	Madu Trigona	16	33.66	5018.89	360	4658.89
15	Madu Trigona	4	8.52	5027.40	360	4667.40
16	Madu Trigona	12	25.28	5052.68	360	4692.68
17	Madu Trigona	4	8.52	5061.20	360	4701.20
Max Tardiness						53897.5

Tabel 4.16 menunjukkan bahwa *maximum tardiness* sebesar 53897,5 menit dengan total waktu proses sebesar 5061,2 menit. Pada produk 1 tidak terjadi keterlambatan dikarenakan proses yang ditempuh lebih cepat dari *due date* yang telah diketahui. Setelah didapatkan nilai *maximum tardiness*, dapat diketahui jumlah hari keterlambatan, dengan menggunakan rumus (3.12):

$$\text{Keterlambatan} = \frac{\text{Maksimal Tardiness}}{1 \text{ hari jam kerja}}$$

$$\text{Keterlambatan} = \frac{53897,5 \text{ menit}}{(6 \text{ jam} \times 60 \text{ menit})}$$

$$\text{Keterlambatan} = \frac{53897,5 \text{ menit}}{360}$$

$$\text{Keterlambatan} = 150 \text{ hari}$$

Pembulatan nilai dilakukan ke atas karenakan satuan yang digunakan yaitu hari sehingga keterlambatan dapat dilihat sebesar 150 hari. Keterlambatan pada bulan September berpengaruh kepada pihak distributor yang melakukan *order* produk madu. Keterlambatan juga akan menyebabkan berkurangnya kepercayaan konsumen terhadap perusahaan.

2. Bulan Oktober 2017

Perhitungan pada Tabel 4.17 dilakukan berdasarkan lama pengiriman *order* produk madu ke konsumen yang telah dilakukan oleh perusahaan. Pengurutan dilakukan tanpa mengubah data yang diberikan oleh perusahaan sehingga diketahui perbandingan antara metode yang digunakan dengan metode yang diusulkan. Perhitungan pada bulan Oktober 2017 secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.17 sebagai berikut:

Tabel 4.17 Hasil Jadwal Awal Bulan Oktober

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
1	Madu SI	24	50.43	50.43	360	0
2	Madu Pahit	54	113.30	163.73	360	0
3	Madu Pahit	809	1695.5	1859.26	720	1139.26
4	Madu Pahit	28	58.81	1918.07	360	1558.07
5	Madu Pahit	32	67.19	1985.26	360	1625.26
6	Madu SI	378	792.30	2777.56	360	2417.56
7	Madu Pahit	2	4.32	2781.88	360	2421.88
8	Madu SI	6	12.71	2794.59	360	2434.59
9	Madu Pahit	9	18.99	2813.58	360	2453.58
10	Madu SI	326	683.32	3496.90	360	3136.90
11	Madu Trigona	4	8.52	3505.42	360	3145.42
12	Madu SI	84	176.17	3681.59	360	3321.59
13	Madu Pahit	33	69.29	3750.88	360	3390.88
14	Madu Trigona	14	29.47	3780.35	360	3420.35
15	Madu Trigona	6	12.71	3793.06	360	3433.06
16	Madu Trigona	4	8.52	3801.57	360	3441.57
Max Tardiness						37339.9

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa *maximum tardiness* pada bulan Oktober 2017 sebesar 37339,95 menit dengan nilai total waktu proses sebesar 3801,57 menit. Pada produk 1 dan 2 tidak terjadi keterlambatan dikarenakan proses yang ditempuh lebih cepat dari *due date* yang telah diketahui. Setelah didapatkan nilai *maximum tardiness*, dapat diketahui jumlah hari keterlambatan, dengan menggunakan gunakan rumus (3.12):

$$\text{Keterlambatan} = \frac{\text{Maksimal Tardiness}}{1 \text{ hari jam kerja}} = \frac{37339,95 \text{ menit}}{360}$$

$$\text{Keterlambatan} = \frac{(6 \text{ jam} \times 60 \text{ menit})}{37339,95 \text{ menit}}$$

$$\text{Keterlambatan} = \frac{360}{37339,95}$$

$$\text{Keterlambatan} = 104 \text{ hari}$$

Keterlambatan sebesar 104 hari pada bulan Oktober 2017. Keterlambatan tersebut akan mempengaruhi kepercayaan konsumen terhadap perusahaan.

3. Bulan November 2017

Tabel 4.18 yang dihitung berdasarkan data pengiriman produk pada bulan November 2017. Perhitungan secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut:

Tabel 4.18 Hasil Jadwal Awal Bulan November

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
1	Madu Pahit	12	25.28	25.28	360	0
2	Madu Trigona	12	25.28	50.56	360	0
3	Madu SI	756	1584.4	1635.02	720	915.02
4	Madu SI	68	142.64	1777.66	360	1417.6
5	Madu SI	216	452.80	2230.45	360	1870.4
6	Madu Trigona	9	18.99	2249.45	360	1889.4
7	Madu Trigona	24	50.43	2299.88	360	1939.8
8	Madu Pahit	28	58.81	2358.69	360	1998.6
9	Madu Pahit	6	12.71	2371.40	360	2011.4
10	Madu SI	66	138.45	2509.84	360	2149.8
11	Madu Pahit	2	4.32	2514.17	360	2154.1
12	Madu Pahit	132	276.76	2790.93	360	2430.9
13	Madu Pahit	23	48.33	2839.26	360	2479.2
14	Madu Pahit	14	29.47	2868.73	360	2508.7
15	Madu SI	12	25.28	2894.02	360	2534
16	Madu Trigona	5	10.61	2904.63	360	2544.6
17	Madu Trigona	55	115.39	3020.02	360	2660.0
18	Madu Pahit	57	119.59	3139.61	360	2779.6
19	Madu SI	336	704.28	3843.88	360	3483.8
20	Madu Pahit	24	50.43	3894.31	360	3534.3
Max Tardiness						41301.9
						4

Perhitungan menunjukkan *maximum tardiness* sebesar 41301,94 menit dengan total waktu proses sebesar 3894,31. Pada produk 1 dan 2 tidak terjadi keterlambatan dikarenakan

proses yang ditempuh lebih cepat dari *due date* yang telah diketahui. *Maximum tardiness* tersebut dapat diketahui jumlah hari keterlambatan produk yang dikirim. Setelah didapatkan nilai *maximum tardiness*, dapat diketahui jumlah hari keterlambatan, dengan menggunakan rumus (3.12):

$$Keterlambatan = \frac{\text{Maksimal Tardiness}}{1 \text{ hari jam kerja}}$$

$$Keterlambatan = \frac{41301,94 \text{ menit}}{(6 \text{ jam} \times 60 \text{ menit})}$$

$$Keterlambatan = \frac{41301,94 \text{ menit}}{360}$$

$$Keterlambatan = 115 \text{ hari}$$

Hasil didapatkan bahwa keterlambatan pada bulan November 2017 sebesar 115 hari. Hasil tersebut dapat dikatakan lebih kecil dari bulan sebelumnya tetapi akan berpengaruh terhadap kepercayaan konsumen terhadap perusahaan.

1.6 Penjadwalan dengan Aturan EDD

Pendekatan penjadwalan yang berbeda dilakukan menggunakan metode *Earlies Due Date* (EDD). Penjadwalan dilakukan berdasarkan tanggal pengurutan dari *due date* terkecil hingga terbesar yang ditentukan oleh perusahaan. Pemesanan produk yang lebih dari 500 botol akan menjalani akumulasi *due date* lebih dari 1 hari, misal: pemesanan madu SI sebanyak 816 botol. Sebanyak 500 botol dapat diproduksi dalam 1 hari tetapi 316 botol akan diproduksi pada hari berikutnya. Jadi *due date* menjadi 2 hari kerja. Penjadwalan produksi menggunakan EDD sebagai berikut:

1. Bulan September 2017

Hasil perhitungan jadwal EDD pada bulan September 2017 ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Hasil Jadwal EDD Bulan September

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
1	Madu Pahit	55	115.39	115.39	360	0
3	Madu Pahit	26	54.62	170.01	360	0
4	Madu Pahit	12	25.28	195.29	360	0
5	Madu SI	240	503.09	698.38	360	338.38
6	Madu SI	264	553.39	1251.77	360	891.77
7	Madu Pahit	16	33.66	1285.43	360	925.43
8	Madu SI	126	264.19	1549.62	360	1189.62
9	Madu Pahit	57	119.59	1669.21	360	1309.21
11	Madu Pahit	6	12.71	1681.92	360	1321.92
12	Madu SI	72	151.02	1832.94	360	1472.94
13	Madu Trigona	4	8.52	1841.46	360	1481.46
14	Madu Trigona	16	33.66	1875.12	360	1515.12
15	Madu Trigona	4	8.52	1883.64	360	1523.64
16	Madu Trigona	12	25.28	1908.92	360	1548.92
17	Madu Trigona	4	8.52	1917.44	360	1557.44
10	Madu SI	684	1433.5	3351.01	720	2631.01
2	Madu SI	816	1710.2	5061.21	720	4341.21
Max Tardiness						22048.07

Tabel 4.19 menunjukkan nilai *maximum tardiness* sebesar 22048,07 menit. Jumlah hari keterlambatan dapat dihitung dengan rumus (3.13):

$$\text{Keterlambatan} = \frac{\text{Maksimal Tardiness}}{1 \text{ hari jam kerja}}$$

$$\text{Keterlambatan} = \frac{22048,07 \text{ menit}}{(6 \text{ jam} \times 60 \text{ menit})}$$

$$\text{Keterlambatan} = \frac{22048,07 \text{ menit}}{360}$$

$$\text{Keterlambatan} = 62 \text{ hari}$$

Keterlambatan yang dihasilkan dari perhitungan dengan aturan EDD adalah 62 hari. Nilai tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai keterlambatan pada jadwal awal yaitu sebesar 150 hari. Penjadwalan menggunakan aturan EDD tentunya bukan

merupakan solusi final dalam masalah penjadwalan. Sehingga dilakukan penjadwalan kembali menggunakan metode heuristik dengan mencari keterlambatan paling kecil.

2. Bulan Oktober 2017

Perhitungan jadwal EDD pada bulan Oktober 2017 ditunjukkan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Hasil Jadwal EDD Bulan Oktober

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
1	Madu SI	24	50.43	50.43	360	0
2	Madu Pahit	54	113.3	163.73	360	0
4	Madu Pahit	28	58.81	222.54	360	0
5	Madu Pahit	32	67.19	289.73	360	0
6	Madu SI	378	792.3	1082.03	360	722.03
7	Madu Pahit	2	4.32	1086.35	360	726.35
8	Madu SI	6	12.71	1099.06	360	739.06
9	Madu Pahit	9	18.99	1118.05	360	758.05
10	Madu SI	326	683.32	1801.37	360	1441.37
11	Madu Trigona	4	8.52	1809.89	360	1449.89
12	Madu SI	84	176.17	1986.06	360	1626.06
13	Madu Pahit	33	69.29	2055.35	360	1695.35
14	Madu Trigona	14	29.47	2084.82	360	1724.82
15	Madu Trigona	6	12.71	2097.53	360	1737.53
16	Madu Trigona	4	8.52	2106.05	360	1746.05
3	Madu Pahit	809	1695.5	3801.58	720	3081.58
						17448.1
Max Tardiness						4

Tabel 4. 20 didapatkan *maximum tardiness* sebesar 17448,14 menit. Jumlah hari keterlambatan dapat dihitung dengan rumus (3.13):

$$Keterlambatan = \frac{\text{Maksimal Tardiness}}{1 \text{ hari jam kerja}}$$

$$Keterlambatan = \frac{17448,14 \text{ menit}}{(6 \text{ jam} \times 60 \text{ menit})}$$

$$\text{Keterlambatan} = \frac{17448,14 \text{ menit}}{360}$$

Keterlambatan = 49 hari

Keterlambatan yang didapatkan dari perhitungan penjadwalan dengan aturan EDD adalah 49 hari. Nilai tersebut lebih baik dibandingkan dengan penjadwalan awal yaitu 104 hari. Hasil penjadwalan dengan aturan EDD bukan solusi final dari masalah penjadwalan. Perhitungan akan dilakukan kembali dengan menggunakan metode SA.

3. Bulan November 2017

Perhitungan jadwal EDD pada bulan November 2017 ditunjukkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil Jadwal EDD Bulan November

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
1	Madu Pahit	12	25.28	25.28	360	0
2	Madu Trigona	12	25.28	50.56	360	0
4	Madu SI	68	142.64	193.2	360	0
5	Madu SI	216	452.8	646	360	286
6	Madu Trigona	9	18.99	664.99	360	304.99
7	Madu Trigona	24	50.43	715.42	360	355.42
8	Madu Pahit	28	58.81	774.23	360	414.23
9	Madu Pahit	6	12.71	786.94	360	426.94
10	Madu SI	66	138.45	925.39	360	565.39
11	Madu Pahit	2	4.32	929.71	360	569.71
12	Madu Pahit	132	276.76	1206.47	360	846.47
13	Madu Pahit	23	48.33	1254.8	360	894.8
14	Madu Pahit	14	29.47	1284.27	360	924.27
15	Madu SI	12	25.28	1309.55	360	949.55
16	Madu Trigona	5	10.61	1320.16	360	960.16
17	Madu Trigona	55	115.39	1435.55	360	1075.55
18	Madu Pahit	57	119.59	1555.14	360	1195.14
19	Madu SI	336	704.28	2259.42	360	1899.42
20	Madu Pahit	24	50.43	2309.85	360	1949.85
3	Madu SI	756	1584.4	3894.31	720	3174.31
Max Tardiness						16792.2

Berdasarkan Tabel 4. 21 dengan melakukan penjadwalan menggunakan aturan EDD yaitu dengan mengurutkan proses dari *due date* terkecil hingga terbesar. Hasil yang didapat pada bulan November 2017 yaitu sebesar 16792,2 menit. Jumlah hari keterlambatan dapat dihitung dengan rumus (3.13):

$$Keterlambatan = \frac{\text{Maksimal Tardiness}}{1 \text{ hari jam kerja}}$$

$$Keterlambatan = \frac{16792,2 \text{ menit}}{(6 \text{ jam} \times 60 \text{ menit})}$$

$$Keterlambatan = \frac{16792,2 \text{ menit}}{360}$$

$$Keterlambatan = 47 \text{ hari}$$

Keterlambatan pada bulan November 2017 didapatkan sebesar 47 hari. Keterlambatan tersebut lebih baik dibandingkan dengan penjadwalan awal sebesar 115 hari. Aturan EDD bukan merupakan hasil maksimal maka dibutuhkan penjadwalan dengan menggunakan metode lain yaitu dengan menggunakan metode SA.

1.7 Penjadwalan dengan Metode *Simulated Annealing* (SA)

Perhitungan dengan algoritma SA secara manual hanya dilakukan menggunakan jadwal produksi madu pada bulan September 2017. Jumlah permintaan pada bulan September 2017 (Tabel 4.1) digunakan untuk melakukan penjadwalan.

Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan algoritma SA.

1. Menentukan jadwal inisialisasi dengan aturan EDD sebagai iterasi 1 ($i=1$). Berdasarkan perhitungan EDD yang telah didapatkan (Tabel 4.19) yaitu dengan urutan 1-3-4-5-6-7-8-9-11-12-13-14-15-16-17-10-2 dengan nilai *maximum tardiness* sebesar 22048,07 menit,
2. Suhu awal yang digunakan yaitu 100°C. Penurunan suhu digunakan untuk menentukan titik-titik global optimum yang akan dilewati.
3. Mengurutkan *job* berdasarkan jenis produk yaitu madu pahit di lakukan proses terlebih dahulu. Pemilihan tersebut dilakukan secara acak.

Swap pada *job* kemudian dilakukan sehingga diperoleh urutan *job*:

1-3-4-9-11-7-5-6-8-12-13-14-15-16-17-10-2

Setelah didapatkan jadwal baru, maka dilakukan perhitungan berdasarkan urutan yang telah diacak.

Tabel 4.22 Jadwal SA Bulan September Iterasi 1

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
1	Madu Pahit	55	115.39	360	115.39	0
3	Madu Pahit	26	54.62	360	170.01	0
4	Madu Pahit	12	25.28	360	195.29	0
9	Madu Pahit	57	119.59	360	314.88	0
11	Madu Pahit	6	12.71	360	327.59	0
7	Madu Pahit	16	33.66	360	361.25	1.25
5	Madu SI	240	503.09	360	864.34	504.34
6	Madu SI	264	553.39	360	1417.73	1057.73
8	Madu SI	126	264.19	360	1681.92	1321.92
12	Madu SI	72	151.02	360	1832.94	1472.94
13	Madu Trigona	4	8.52	360	1841.46	1481.46
14	Madu Trigona	16	33.66	360	1875.12	1515.12
15	Madu Trigona	4	8.52	360	1883.64	1523.64
16	Madu Trigona	12	25.28	360	1908.92	1548.92
17	Madu Trigona	4	8.52	360	1917.44	1557.44
10	Madu SI	684	1433.5	720	3351.01	2631.01
2	Madu SI	816	1710.2	720	5061.21	4341.21
Max Tardiness						18956.98

Perhitungan dihasilkan *maximum tardiness* sebesar 18956,98 menit. Pada *job* 1 hingga 5 tidak mengalami keterlambatan karena total waktu proses tidak melebihi *due date*.

4. Dilakukan pencarian nilai fungsi tujuan atau evaluasi solusi baru dengan menggunakan rumus (2.3):

$$\Delta f = f_{i+1} - f_i = 18956,98 - 22048,07 = -3091,09$$

Perhitungan didapatkan hasil minus (-) yaitu $-3091,09$ yang menunjukkan nilai solusi baru lebih baik dari solusi sebelumnya. Solusi baru akan dipakai untuk melakukan iterasi baru yaitu $i = 2$, kembali pada langkah 2.

5. Dilakukan kembali pengurutan berdasarkan jenis produk yaitu madu pahit, madu trigona dan madu SI sehingga mendapatkan urutan *job*. Setelah dilakukan pengacakan diketahui urutan *job* menjadi :

Swap pada *job* kemudian dilakukan sehingga diperoleh urutan *job*:

1-3-4-9-11-7-13-14-15-16-17-5-6-8-12-10-2

Didapatkan jadwal perhitungan pada Tabel 4.23 sebagai berikut:

Tabel 4.23 Jadwal SA Bulan September Iterasi 2

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
1	Madu Pahit	55	115.39	360	115.39	0
3	Madu Pahit	26	54.62	360	170.01	0
4	Madu Pahit	12	25.28	360	195.29	0
9	Madu Pahit	57	119.59	360	314.88	0
11	Madu Pahit	6	12.71	360	327.59	0
7	Madu Pahit	16	33.66	360	361.25	1.25
13	Madu Trigona	4	8.52	360	369.77	9.77
14	Madu Trigona	16	33.66	360	403.43	43.43
15	Madu Trigona	4	8.52	360	411.95	51.95
16	Madu Trigona	12	25.28	360	437.23	77.23
17	Madu Trigona	4	8.52	360	445.75	85.75
5	Madu SI	240	503.09	360	948.84	588.84
6	Madu SI	264	553.39	360	1502.23	1142.23
8	Madu SI	126	264.19	360	1766.42	1406.42
12	Madu SI	72	151.02	360	1917.44	1557.44
10	Madu SI	684	1433.5	720	3351.01	2631.01
2	Madu SI	816	1710.2	720	5061.21	4341.21
Max Tardiness						11936.53

Perhitungan dihasilkan *maximum tardiness* sebesar 11936,53 menit.

6. Dilakukan pencarian nilai fungsi tujuan atau evaluasi solusi baru dengan menggunakan rumus (2.3):

$$\Delta f = f_{i+1} - f_i = 11936,53 - 18956,98 = -7020,45$$

Perhitungan didapatkan hasil minus (-) yaitu -7020,45 yang menunjukkan nilai solusi baru lebih baik dari solusi sebelumnya. Solusi baru akan dipakai untuk melakukan iterasi baru yaitu $i = 3$.

7. Lakukan penurunan suhu dengan rumus (2.5):

$$T = T \times c$$

$$T = 100 \times 0,6 = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$$

8. Dilakukan kembali pengurutan berdasarkan jenis produk yaitu madu SI, madu trigona dan madu pahit. Setelah dilakukan *swap* diketahui urutan *job* menjadi :

5-6-8-12-10-2-13-14-15-16-17-1-3-4-9-11-7

Didapatkan jadwal perhitungan pada Tabel 4.24 sebagai berikut:

Tabel 4.24 Jadwal SA Bulan September Iterasi 3

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
5	Madu SI	240	503.09	360	503.09	143.09
6	Madu SI	264	553.39	360	1056.48	696.48
8	Madu SI	126	264.19	360	1320.67	960.67
12	Madu SI	72	151.02	360	1471.69	1111.69
10	Madu SI	684	1433.5	720	2905.26	2185.26
2	Madu SI	816	1710.2	720	4615.46	3895.46
13	Madu Trigona	4	8.52	360	4623.98	4263.98
14	Madu Trigona	16	33.66	360	4657.64	4297.64
15	Madu Trigona	4	8.52	360	4666.16	4306.16
16	Madu Trigona	12	25.28	360	4691.44	4331.44
17	Madu Trigona	4	8.52	360	4699.96	4339.96
1	Madu Pahit	55	115.39	360	4815.35	4455.35
3	Madu Pahit	26	54.62	360	4869.97	4509.97
4	Madu Pahit	12	25.28	360	4895.25	4535.25
9	Madu Pahit	57	119.59	360	5014.84	4654.84
11	Madu Pahit	6	12.71	360	5027.55	4667.55
7	Madu Pahit	16	33.66	360	5061.21	4701.21
Max Tardiness						58056

Perhitungan dihasilkan *maximum tardiness* sebesar 58056 menit. seluruh *job* mengalami keterlambatan karena total waktu proses tidak melebihi *due date*.

9. Dilakukan pencarian nilai fungsi tujuan atau evaluasi solusi baru dengan menggunakan rumus (2.3):

$$\Delta f = f_{i+1} - f_i = 58056 - 11936,53 = 46119.47$$

10. Hasil positif (+) yaitu 46119.47 yang didapatkan dilanjutkan dengan menentukan apakah hasil diterima atau ditolak dengan menggunakan kriteria Metropolis. Langkah awal menggunakan kriteria Metropolis yaitu dengan rumus (3.4) dan membangkitkan bilangan *random* antara (0-1), misalkan :

$$r = 0,1604$$

$$P(E_{i+1}) = \left\{ e^{-\frac{\Delta E}{kT}} \right\} = \left\{ e^{-\frac{62,72}{36}} \right\} = 0$$

Apabila nilai $r < P(E_{i+1})$ maka nilai akan diterima dan sebaliknya jika nilai $r > P(E_{i+1})$ maka nilai akan ditolak dan menjadi solusi baru. Perhitungan di dapatkan nilai $0,1604 > 0$ maka nilai atau solusi baru ditolak. Maka solusi tidak digunakan dan dilakukan *random* kembali.

11. Masukan iterasi sebelumnya ($i = 3$) dan melakukan pengacakan *job* dengan cara mengurutkan berdasarkan jenis produk yaitu madu trigona, madu pahit dan madu SI. Didapatkan urutan *job* sebagai berikut:

13-14-15-16-17-1-3-4-9-11-7-5-6-8-12-10-2

Didapatkan jadwal perhitungan pada Tabel 4.25 sebagai berikut:

Tabel 4.25 Jadwal SA Bulan September Iterasi 3a

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
13	Madu Trigona	4	8.52	360	8.52	0
14	Madu Trigona	16	33.66	360	42.18	0
15	Madu Trigona	4	8.52	360	50.70	0
16	Madu Trigona	12	25.28	360	75.98	0
17	Madu Trigona	4	8.52	360	84.50	0
1	Madu Pahit	55	115.39	360	199.89	0
3	Madu Pahit	26	54.62	360	254.51	0
4	Madu Pahit	12	25.28	360	279.79	0
9	Madu Pahit	57	119.59	360	399.38	39.38
11	Madu Pahit	6	12.71	360	412.09	52.09
7	Madu Pahit	16	33.66	360	445.75	85.75
5	Madu SI	240	503.09	360	948.84	588.84
6	Madu SI	264	553.39	360	1502.23	1142.23
8	Madu SI	126	264.19	360	1766.42	1406.42
12	Madu SI	72	151.02	360	1917.44	1557.44
10	Madu SI	684	1433.5	720	3351.01	2631.01
2	Madu SI	816	1710.2	720	5061.21	4341.21
Max Tardiness						11844.37

Perhitungan dihasilkan *maximum tardiness* sebesar 11844,37 menit. seluruh *job* mengalami keterlambatan karena total waktu proses tidak melebihi *due date*.

12. Dilakukan pencarian nilai fungsi tujuan atau evaluasi solusi baru dengan menggunakan rumus (2.3):

$$\Delta f = f_{i+1} - f_i = 11844,37 - 11936,53 = -92,16$$

Perhitungan didapatkan hasil minus (-) yaitu -92,16 yang menunjukkan nilai solusi baru lebih baik dari solusi sebelumnya. Solusi baru akan dipakai untuk melakukan iterasi baru yaitu $i = 4$.

13. Lakukan penurunan suhu dengan rumus (2.5) :

$$T = T \times c$$

$$T = 60 \times 0,6$$

$$T = 36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

14. Dilakukan kembali *swap job* $r_1=9$ dan $r_2=11$ karena $r_1=9$ memiliki nilai permintaan lebih besar dari $r_2=11$ sehingga mendapatkan urutan *job*. *Job* dengan permintaan kecil terlebih dahulu diproses karena dapat mengurangi nilai *tardiness*. Setelah dilakukan pengacakan diketahui urutan *job* menjadi :

13-14-15-16-17-1-3-4-7-11-9-5-6-8-12-10-2

Didapatkan jadwal perhitungan pada Tabel 4.26 sebagai berikut:

Tabel 4.26 Jadwal SA Bulan September Iterasi 4

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
13	Madu Trigona	4	8.52	360	8.52	0
14	Madu Trigona	16	33.66	360	42.18	0
15	Madu Trigona	4	8.52	360	50.70	0
16	Madu Trigona	12	25.28	360	75.98	0
17	Madu Trigona	4	8.52	360	84.50	0
1	Madu Pahit	55	115.39	360	199.89	0
3	Madu Pahit	26	54.62	360	254.51	0
4	Madu Pahit	12	25.28	360	279.79	0
7	Madu Pahit	16	33.66	360	313.45	0
11	Madu Pahit	6	12.71	360	326.16	0
9	Madu Pahit	57	119.59	360	445.75	85.75
5	Madu SI	240	503.09	360	948.84	588.84
6	Madu SI	264	553.39	360	1502.23	1142.23
8	Madu SI	126	264.19	360	1766.42	1406.42
12	Madu SI	72	151.02	360	1917.44	1557.44
10	Madu SI	684	1433.5	720	3351.01	2631.01
2	Madu SI	816	1710.2	720	5061.21	4341.21
Max Tardiness						11752.90

Perhitungan dihasilkan *maximum tardiness* sebesar 11752,90 menit. dimana pada *job* 1 hingga 10 tidak mengalami keterlambatan karena total waktu proses tidak melebihi *due date*.

15. Dilakukan pencarian nilai fungsi tujuan atau evaluasi solusi baru dengan menggunakan rumus (2.3):

$$\Delta f = f_{i+1} - f_i = 11752,90 - 11844,37 = -91,16$$

Perhitungan didapatkan hasil minus (-) yaitu -91,16 yang menunjukkan nilai solusi baru lebih baik dari solusi sebelumnya. Solusi baru akan dipakai untuk melakukan iterasi baru yaitu $i = 5$.

16. Lakukan penurunan suhu dengan rumus (2.5):

$$T = T \times c$$

$$T = 36 \times 0,6$$

$$T = 21,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

17. Dilakukan kembali *swap job* $r1=12$ dan $r2=15$ karena $r1= 12$ memiliki nilai permintaan lebih besar dari $r1= 15$ sehingga mendapatkan urutan *job*. Setelah dilakukan pengacakan diketahui urutan *job* menjadi :

13-14-15-16-17-1-3-4-7-11-9-12-6-8-5-10-2

Didapatkan jadwal perhitungan pada Tabel 4.27 sebagai berikut:

Tabel 4.27 Jadwal SA Bulan September Iterasi 5

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
13	Madu Trigona	4	8.52	360	8.52	0
14	Madu Trigona	16	33.66	360	42.18	0
15	Madu Trigona	4	8.52	360	50.70	0
16	Madu Trigona	12	25.28	360	75.98	0
17	Madu Trigona	4	8.52	360	84.50	0
1	Madu Pahit	55	115.39	360	199.89	0
3	Madu Pahit	26	54.62	360	254.51	0
4	Madu Pahit	12	25.28	360	279.79	0
7	Madu Pahit	16	33.66	360	313.45	0
11	Madu Pahit	6	12.71	360	326.16	0
9	Madu Pahit	57	119.59	360	445.75	85.75
12	Madu SI	72	151.02	360	596.77	236.77
6	Madu SI	264	553.39	360	1150.16	790.16
8	Madu SI	126	264.19	360	1414.35	1054.35
5	Madu SI	240	503.09	360	1917.44	1557.44
10	Madu SI	684	1433.5	720	3351.01	2631.01
2	Madu SI	816	1710.2	720	5061.21	4341.21
Max Tardiness					10696.21	

repository.ub.ac.id

Perhitungan dihasilkan *maximum tardiness* sebesar 10696,21 menit. Dimana pada *job* 1 hingga 10 tidak mengalami keterlambatan karena total waktu proses tidak melebihi *due date*. 18. Dilakukan pencarian nilai fungsi tujuan atau evaluasi solusi baru dengan menggunakan rumus (2.3):

$$\Delta f = f_{i+1} - f_i = 10696,21 - 11752,9 = -1056,69$$

Perhitungan didapatkan hasil minus (-) yaitu -1056,69 yang menunjukkan nilai solusi baru lebih baik dari solusi sebelumnya. Solusi baru akan dipakai untuk melakukan iterasi baru yaitu $i = 6$.

19. Lakukan penurunan suhu dengan rumus (2.5):

$$\begin{aligned} T &= T \times c \\ T &= 21,6 \times 0,6 \\ T &= 12,96 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

20. Dilakukan *swap job* $r1=13$ dan $r2=15$ karena $r1= 13$ memiliki nilai permintaan lebih besar dari $r1= 15$ sehingga mendapatkan urutan *job*. Setelah dilakukan pengacakan diketahui urutan *job* menjadi :

13-14-15-16-17-1-3-4-7-11-9-12-5-8-6-10-2

Didapatkan jadwal perhitungan pada Tabel 4.28 sebagai berikut:

Tabel 4.28 Jadwal SA Bulan September Iterasi 6

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
13	Madu Trigona	4	8.52	360	8.52	0
14	Madu Trigona	16	33.66	360	42.18	0
15	Madu Trigona	4	8.52	360	50.70	0
16	Madu Trigona	12	25.28	360	75.98	0
17	Madu Trigona	4	8.52	360	84.50	0
1	Madu Pahit	55	115.39	360	199.89	0
3	Madu Pahit	26	54.62	360	254.51	0
4	Madu Pahit	12	25.28	360	279.79	0
7	Madu Pahit	16	33.66	360	313.45	0
11	Madu Pahit	6	12.71	360	326.16	0
9	Madu Pahit	57	119.59	360	445.75	85.75
12	Madu SI	72	151.02	360	596.77	236.77
5	Madu SI	240	503.09	360	1099.86	739.86
8	Madu SI	126	264.19	360	1364.05	1004.05
6	Madu SI	264	553.39	360	1917.44	1557.44
10	Madu SI	684	1433.5	720	3351.01	2631.01
2	Madu SI	816	1710.2	720	5061.21	4341.21
Max Tardiness						10596.09

Perhitungan dihasilkan *maximum tardiness* sebesar 10596,09 menit. dimana pada *job* 1 hingga 10 tidak mengalami keterlambatan karena total waktu proses tidak melebihi *due date*.
 21. Dilakukan pencarian nilai fungsi tujuan atau evaluasi solusi baru dengan menggunakan rumus (2.3):

$$\Delta f = f_{i+1} - f_i = 10596,09 - 10696,21 = -100,12$$

Perhitungan didapatkan hasil minus (-) yaitu -100,12 yang menunjukkan nilai solusi baru lebih baik dari solusi sebelumnya. Solusi baru akan dipakai untuk melakukan iterasi baru yaitu $i = 7$.

22. Lakukan penurunan suhu dengan rumus (2.5):

$$T = T \times c$$

$$T = 12,96 \times 0,6$$

$$T = 7,78 \text{ } ^\circ\text{C}$$

23. Dilakukan kembali pengurutan dengan cara *swap job* $r_1=13$ dan $r_2=14$ karena $r_1=13$ memiliki nilai permintaan lebih besar dari $r_1=14$ sehingga mendapatkan urutan *job*. Setelah dilakukan pengacakan diketahui urutan *job* menjadi :

13-14-15-16-17-1-3-4-7-11-9-12-8-5-6-10-2

Didapatkan jadwal perhitungan pada Tabel 4.29 sebagai berikut:

Tabel 4.29 Jadwal SA Bulan September Iterasi 7

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
13	Madu Trigona	4	8.52	360	8.52	0
14	Madu Trigona	16	33.66	360	42.18	0
15	Madu Trigona	4	8.52	360	50.70	0
16	Madu Trigona	12	25.28	360	75.98	0
17	Madu Trigona	4	8.52	360	84.50	0
1	Madu Pahit	55	115.39	360	199.89	0
3	Madu Pahit	26	54.62	360	254.51	0
4	Madu Pahit	12	25.28	360	279.79	0
7	Madu Pahit	16	33.66	360	313.45	0
11	Madu Pahit	6	12.71	360	326.16	0
9	Madu Pahit	57	119.59	360	445.75	85.75
12	Madu SI	72	151.02	360	596.77	236.77
8	Madu SI	126	264.19	360	860.96	500.96
5	Madu SI	240	503.09	360	1364.05	1004.05
6	Madu SI	264	553.39	360	1917.44	1557.44
10	Madu SI	684	1433.5	720	3351.01	2631.01
2	Madu SI	816	1710.2	720	5061.21	4341.21
Max Tardiness						10357.19

Perhitungan dihasilkan *maximum tardiness* sebesar 10357,19 menit. dimana pada *job* 1 hingga 10 tidak mengalami keterlambatan karena total waktu proses tidak melebihi *due date*.

24. Dilakukan pencarian nilai fungsi tujuan atau evaluasi solusi baru dengan menggunakan rumus (2.3):

$$\Delta f = f_{i+1} - f_i = 10357,19 - 10596,09 = -238,9$$

Perhitungan didapatkan hasil minus (-) yaitu -238,9 yang menunjukkan nilai solusi baru lebih baik dari solusi sebelumnya. Solusi baru akan dipakai untuk melakukan iterasi baru yaitu $i = 8$.

25. Lakukan penurunan suhu dengan rumus (2.5):

$$T = T \times c$$

$$T = 7,78 \times 0,6$$

$$T = 4,67 \text{ } ^\circ\text{C}$$

26. Dilakukan pengurutan dengan cara *swap job* $r1=6$ dan $r2=10$ karena $r1= 6$ memiliki nilai permintaan lebih besar dari $r1= 10$ sehingga mendapatkan urutan *job*. Setelah dilakukan pengacakan diketahui urutan *job* menjadi :

13-14-15-16-17-11-3-4-7-1-9-12-8-5-6-10-2

Didapatkan jadwal perhitungan pada Tabel 4.30 sebagai berikut:

Tabel 4.30 Jadwal SA Bulan September Iterasi 8

Job	Produk	Jumlah	Waktu Proses (menit)	Total Waktu (menit)	Due Date (menit)	Tardiness (menit)
13	Madu Trigona	4	8.52	360	8.52	0
14	Madu Trigona	16	33.66	360	42.18	0
15	Madu Trigona	4	8.52	360	50.70	0
16	Madu Trigona	12	25.28	360	75.98	0
17	Madu Trigona	4	8.52	360	84.50	0
11	Madu Pahit	6	12.71	360	97.21	0
3	Madu Pahit	26	54.62	360	151.83	0
4	Madu Pahit	12	25.28	360	177.11	0
7	Madu Pahit	16	33.66	360	210.77	0
1	Madu Pahit	55	115.39	360	326.16	0
9	Madu Pahit	57	119.59	360	445.75	85.75
12	Madu SI	72	151.02	360	596.77	236.77
8	Madu SI	126	264.19	360	860.96	500.96
5	Madu SI	240	503.09	360	1364.05	1004.05
6	Madu SI	264	553.39	360	1917.44	1557.44
10	Madu SI	684	1433.5	720	3351.01	2631.01
2	Madu SI	816	1710.2	720	5061.21	4341.21
Max Tardiness						10357.19

Perhitungan dihasilkan *maximum tardiness* sebesar 10357,19 menit. dimana pada *job* 1 hingga 10 tidak mengalami

repository.ub.ac.id

keterlambatan karena total waktu proses tidak melebihi *due date* yang telah diketahui.

27. Dilakukan pencarian nilai fungsi tujuan atau evaluasi solusi baru dengan menggunakan rumus (2.3):

$$\Delta f = f_{i+1} - f_i = 10357,19 - 10357,19 = 0$$

Perhitungan didapatkan hasil minus (-) yaitu 0 (tetap) yang menunjukkan nilai solusi baru tidak mengalami perubahan dan menjadi solusi baru. Solusi baru akan dipakai untuk melakukan iterasi baru yaitu $i = 9$.

28. Lakukan penurunan suhu dengan rumus (2.5):

$$\begin{aligned}T &= T \times c \\T &= 4,67 \times 0,6 \\T &= 2,80 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

29. Dilakukan langkah 26 hingga T memenuhi kriteria pemberhentian $T \leq 0.1$. Diketahui terdapat 15 iterasi dengan pada iterasi 8 hingga 15 sudah tidak mengalami perubahan nilai *max tardiness*. Oleh karena itu perusahaan memiliki 8 alternatif produksi.

Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.31 untuk bulan September, Tabel 4.32 untuk bulan Oktober dan Tabel 4.33 untuk bulan November.

Tabel 4.31 Hasil Iterasi Pertukaran Urutan *Job* Selama 15 Iterasi Bulan September

Ke- <i>i</i>	Suhu	Urutan	Nilai <i>Max</i> <i>Tardiness</i>	Δf	Bil Random	Prob Peneri- maan	Keteran gan
1	100	1-3-4-9-11-7-5-6-8-12-13-14-15-16-17-10-2	18956.98	-3091.09	-	-	Diterima
2	60	1-3-4-9-11-7-13-14-15-16-17-5-6-8-12-10-2	11936.53	-7020.45	-	-	Diterima
3	36	13-14-15-16-17-1-3-4-9-11-7-5-6-8-12-10-2	11844.37	-92.16	-	-	Diterima
4	21.60	13-14-15-16-17-1-3-4-7-11-9-5-6-8-12-10-2	11752.9	-91.47	-	-	Diterima
5	12.96	13-14-15-16-17-1-3-4-7-11-9-12-6-8-5-10-2	10696.21	-1056.69	-	-	Diterima
6	7.78	13-14-15-16-17-1-3-4-7-11-9-12-5-8-6-10-2	10596.09	-100.12	-	-	Diterima
7	4.67	13-14-15-16-17-1-3-4-7-11-9-12-8-5-6-10-2	10357.19	-238.9	-	-	Diterima
8	2.80	13-14-15-16-17-11-3-4-7-1-9-12-8-5-6-10-2	10357.19	0	-	-	Diterima
9	1.68	13-17-15-16-14-11-3-4-7-1-9-12-8-5-6-10-2	10357.19	0	-	-	Diterima
10	1.01	13-17-15-11-14-16-7-4-3-1-9-12-8-5-6-10-2	10357.19	0	-	-	Diterima
11	0.60	13-17-15-11-16-14-7-4-3-1-9-12-8-5-6-10-2	10357.19	0	-	-	Diterima
12	0.36	13-17-15-11-16-4-7-14-3-1-9-12-8-5-6-10-2	10357.19	0	-	-	Diterima
13	0.22	13-17-15-16-11-4-7-14-3-1-9-12-8-5-6-10-2	10357.19	0	-	-	Diterima
14	0.13	13-17-15-16-14-4-7-11-3-1-9-12-8-5-6-10-2	10357.19	0	-	-	Diterima
15	0.08	13-17-15-16-11-4-7-4-3-1-9-12-8-5-6-10-2	10357.19	0	-	-	Diterima

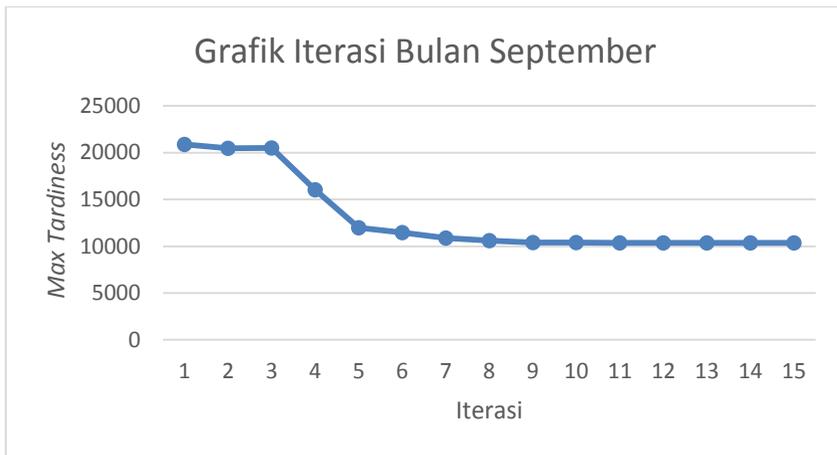
Tabel 4.32 Hasil Iterasi Pertukaran Urutan *Job* Selama 15 Iterasi Bulan Oktober

Ke- <i>i</i>	Suhu	Urutan	Nilai Max <i>Tardiness</i>	Δf	Bil Random	Prob Peneri- maan	Keteran gan
1	100	11-14-15-16-2-4-5-7-9-13-3-1-6-8-10-12	15033.31	-2414.83	-	-	Diterima
2	60	11-14-15-16-2-4-5-7-9-13-12-1-6-8-10-3	7436.51	-7596.8	-	-	Diterima
3	36	11-14-15-16-8-4-5-7-9-13-12-1-10-2-6-3	6885.66	-550.85	-	-	Diterima
4	21.60	11-14-15-16-8-4-5-7-9-13-2-1-10-12-6-3	6697.05	-188.61	-	-	Diterima
5	12.96	11-14-15-16-8-4-5-7-9-13-2-1-12-10-6-3	6189.9	-507.15	-	-	Diterima
6	7.78	11-14-15-16-8-4-5-7-9-13-1-2-12-10-6-3	6146.07	-43.83	-	-	Diterima
7	4.67	11-14-15-16-8-4-1-7-9-13-5-2-12-10-6-3	6146.07	0	-	-	Diterima
8	2.80	11-14-15-16-8-1-4-7-9-13-5-2-12-10-6-3	6146.07	0	-	-	Diterima
9	1.68	11-16-15-14-8-1-4-7-9-13-5-2-12-10-6-3	6146.07	0	-	-	Diterima
10	1.01	11-16-15-14-8-1-9-7-4-13-5-2-12-10-6-3	6146.07	0	-	-	Diterima
11	0.60	11-16-15-14-8-1-7-9-4-13-5-2-12-10-6-3	6146.07	0	-	-	Diterima
12	0.36	11-16-15-14-8-1-7-9-4-5-13-2-12-10-6-3	6146.07	0	-	-	Diterima
13	0.22	11-16-15-14-8-9-7-1-4-5-13-2-12-10-6-3	6146.07	0	-	-	Diterima
14	0.13	11-16-15-7-8-9-14-1-4-5-13-2-12-10-6-3	6146.07	0	-	-	Diterima
15	0.08	11-16-7-15-8-9-14-1-4-5-13-2-12-10-6-3	6146.07	0	-	-	Diterima

Tabel 4.33 Hasil Iterasi Pertukaran Urutan *Job* Selama 15 Iterasi Bulan November

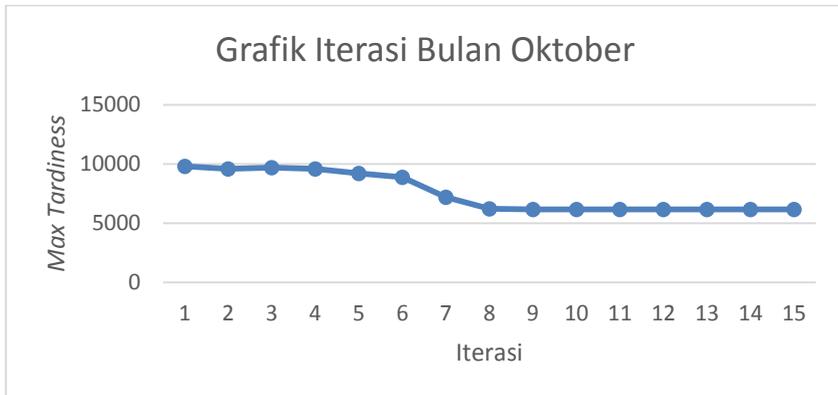
Ke- <i>i</i>	Suhu	Urutan	Nilai Max <i>Tardines</i>	Δf	Bil Random	Prob Peneri- maan	Keter- angan
1	100	1-8-9-11-12-13-14-18-20-2-6-7-16-17-4-5-10-15-19-3	11780.4	-5011.8	-	-	Diterima
2	60	2-6-7-16-17-1-8-9-11-12-13-14-18-20-4-5-10-15-19-3	11065.1	-715.26	-	-	Diterima
3	36	2-6-7-16-17-1-8-9-11-20-13-14-18-12-4-5-10-15-19-3	10159.8	-905.32	-	-	Diterima
4	21.60	2-6-7-16-17-1-14-9-11-20-13-8-18-12-4-5-10-15-19-3	10118.2	-41.59	-	-	Diterima
5	12.96	2-6-7-16-17-1-14-9-11-20-13-8-18-12-4-15-10-5-19-3	9263.19	-855.04	-	-	Diterima
6	7.78	2-6-7-16-17-1-14-9-11-20-13-8-18-15-4-12-10-5-19-3	8760.23	-502.96	-	-	Diterima
7	4.67	2-6-7-16-17-1-14-9-11-20-13-8-18-15-4-10-12-5-19-3	8621.92	-138.31	-	-	Diterima
8	2.80	2-6-7-16-15-1-14-9-11-20-13-8-18-17-4-10-12-5-19-3	8410.52	-211.4	-	-	Diterima
9	1.68	2-6-7-16-15-1-14-9-11-20-13-8-18-17-10-4-12-5-19-3	8406.33	-4.19	-	-	Diterima
10	1.01	2-6-7-16-15-1-14-9-11-20-13-8-17-18-10-4-12-5-19-3	8402.13	-4.2	-	-	Diterima
11	0.60	2-6-11-16-15-1-14-9-7-20-13-8-17-18-10-4-12-5-19-3	8402.13	0	-	-	Diterima
12	0.36	2-6-11-16-9-1-14-15-7-20-13-8-17-18-10-4-12-5-19-3	8402.13	0	-	-	Diterima
13	0.22	2-6-11-16-9-1-14-15-13-20-7-8-17-18-10-4-12-5-19-3	8402.13	0	-	-	Diterima
14	0.13	2-6-11-16-9-1-15-14-13-20-7-8-17-18-10-4-12-5-19-3	8402.13	0	-	-	Diterima
15	0.08	11-6-2-16-9-1-15-14-13-20-7-8-17-18-10-4-12-5-19-3	8402.13	0	-	-	Diterima

Perhitungan penjadwalan dengan menggunakan algoritma SA untuk bulan September 2017 dapat dilihat pada Tabel 4.31. Perhitungan didapatkan bahwa terdapat 15 iterasi. Solusi terbaik berada pada iterasi ke- 8 sebesar 10357,19 menit atau 29 hari dengan suhu 2,80 °C. Urutan *job* yang digunakan yaitu 13-14-15-16-17-11-3-4-7-1-9-12-8-5-6-10-2. Hasil yang telah didapatkan membuktikan bahwa menggunakan algoritma SA lebih baik 121 hari dari pada menggunakan aturan jadwal awal. Grafik dapat dilihat pada Gambar 4.6.



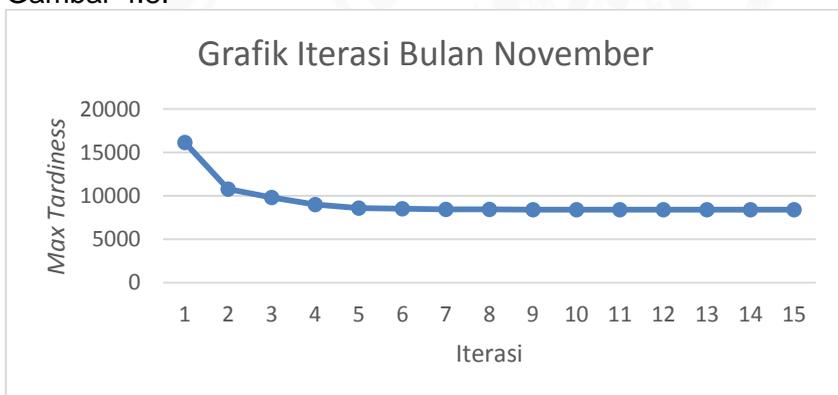
Gambar 4.6 Grafik Iterasi Bulan September 2017

Perhitungan pada bulan Oktober 2017 dapat dilihat pada Tabel 4.32. Perhitungan didapatkan bahwa terdapat 15 iterasi dengan iterasi. Solusi terbaik berada pada iterasi ke- 7 sebesar 6146,07 menit atau 17 hari dengan suhu 4,67 °C. Urutan *job* yang digunakan yaitu 11-14-15-16-8-4-1-7-9-13-5-2-12-10-6-3. Hasil yang telah didapatkan membuktikan bahwa menggunakan algoritma SA lebih baik 86 hari dari pada menggunakan aturan jadwal awal. Grafik dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Iterasi Bulan Oktober 2017

Perhitungan pada bulan November 2017 dapat dilihat pada Tabel 4.33. Perhitungan didapatkan bahwa terdapat 15 iterasi dengan iterasi yang diterima sebanyak 15 iterasi. Artinya ada 15 iterasi yang menghasilkan solusi baru yang lebih baik dari solusi sekarang. Solusi terbaik berada pada iterasi ke- 11 sebesar 8402,13 menit atau 24 hari dengan suhu 0,60 °C. Urutan *job* yang digunakan yaitu 2-6-11-16-15-1-14-9-7-20-13-8-17-18-10-4-12-5-19-3. Hasil yang telah didapatkan membuktikan bahwa menggunakan algoritma SA lebih baik 91 hari dari pada menggunakan aturan jadwal awal. Grafik dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Iterasi Bulan November 2017

4.9 Perbandingan Hasil Jadwal

Pada bab ini akan dibahas mengenai perbandingan penjadwalan awal perusahaan, penjadwalan EDD dan penjadwalan menggunakan algoritma SA. Tujuan perbandingan penjadwalan ini untuk mengetahui perbedaan hasil dari setiap jadwal. Parameter yang digunakan yaitu nilai *maximum tardiness*. Pemilihan parameter tersebut dikarenakan pada penelitian mengacu pada *maximum tardiness* sehingga akan dibahas tentang perbedaan *maximum tardiness* penjadwalan awal dan penjadwalan menggunakan algoritma SA.

1. Bulan September 2017

Pada Tabel 4.34 terlihat bahwa ada perbedaan pada setiap hasil penjadwalan.

Tabel 4.34 Perbedaan Hasil Tiap Jadwal pada Bulan September 2017

	Urutan Job	Maximum Tardiness (menit)
Jadwal Awal	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17	53897.51
EDD	1-3-4-5-6-7-8-9-11-12-13-14-15-16-17-10-2	22048.07
SA	13-14-15-16-17-11-3-4-7-1-9-12-8-5-6-10-2	10357.19

Maximum tardiness terbesar dimiliki oleh jadwal awal sebesar 53897,51 menit. Nilai *maximum tardiness* terendah dimiliki oleh penjadwalan dengan menggunakan algoritma SA sebesar 10357,19 menit. Penjadwalan menggunakan algoritma SA lebih baik 121 hari dari pada jadwal awal.

Mengetahui manfaat dari penjadwalan dengan algoritma SA terhadap jadwal awal maka perbedaan *maximum tardiness* harus diketahui. Perhitungan mengetahui perbedaan *maximum tardiness* dengan rumus:

$$\begin{aligned} & \text{Perbedaan max tardiness (\%)} \\ & = 100\% - \left(\frac{\text{Maksimal Tardiness SA}}{\text{Maksimal Tardiness jadwal awal}} \right) \times 100\% \\ & = 100\% - \left(\frac{10357,19}{53897,51} \right) \times 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 100\% - ((0,1922) \times 100\%) \\
 &= 100\% - (19,22) \\
 &= 80,78\% = 81\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diketahui bahwa besar efisiensi *maximum tardiness* hasil penjadwalan algoritma SA terhadap hasil penjadwalan pada jadwal awal sebesar 81%. Hasil tersebut telah meminimalkan jumlah *maximum tardiness* secara signifikan.

2. Bulan Oktober 2017

Pada Tabel 4.35 terlihat bahwa ada perbedaan pada setiap hasil penjadwalan.

Tabel 4.35 Perbedaan Hasil Tiap Jadwal pada Bulan Oktober 2017

	Urutan Job	Maximum Tardiness (menit)
Jadwal Awal	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16	37339.95
EDD	1-2-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-3	17448.14
SA	11-14-15-16-8-4-1-7-9-13-5-2-12-10-6-3	6146.07

Maximum tardiness terbesar dimiliki oleh jadwal awal sebesar 37339,95 menit. Sedangkan nilai *maximum tardiness* terendah dimiliki oleh penjadwalan dengan menggunakan algoritma SA sebesar 6146,07 menit. Penjadwalan menggunakan algoritma SA lebih baik 87 hari dari pada jadwal awal.

Mengetahui manfaat dari penjadwalan dengan algoritma SA terhadap jadwal awal maka perbedaan *maximum tardiness* harus diketahui. Perhitungan mengetahui perbedaan *maximum tardiness* dengan rumus:

Perbedaan max tardiness (%)

$$= 100\% - \left(\left(\frac{\text{Maksimal Tardiness SA}}{\text{Maksimal Tardiness jadwal awal}} \right) \times 100\% \right)$$

$$= 100\% - \left(\left(\frac{6146,07}{37339,95} \right) \times 100\% \right)$$

$$= 100\% - ((0,164) \times 100\%)$$

$$= 100\% - (16,459)$$

$$= 83,54\% = 84\%$$

Berdasarkan perhitungan diketahui bahwa besar perbedaan *maximum tardiness* hasil penjadwalan algoritma SA terhadap hasil penjadwalan pada jadwal awal sebesar 84%. Hasil tersebut telah meminimalkan jumlah *maximum tardiness* secara signifikan.

3. Bulan November 2017

Pada Tabel 4.36 terlihat bahwa ada perbedaan pada setiap hasil penjadwalan.

Tabel 4.36 Perbedaan Hasil Tiap Jadwal pada Bulan November 2017

	Urutan Job	Maximum Tardiness (menit)
Jadwal Awal	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20	41301.94
EDD	1-2-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-3	16792.2
SA	2-6-11-16-15-1-14-9-7-20-13-8-17-18-10-4-12-5-19-3	8402.13

Maximum tardiness terbesar dimiliki oleh jadwal awal sebesar 41301,94 menit. Sedangkan nilai *maximum tardiness* terendah dimiliki oleh penjadwalan dengan menggunakan algoritma SA sebesar 8402,13 menit. Penjadwalan menggunakan algoritma SA lebih baik 91 hari dari pada jadwal awal.

Mengetahui manfaat dari penjadwalan dengan algoritma SA terhadap jadwal awal maka perbedaan *maximum tardiness* harus diketahui. Perhitungan mengetahui perbedaan *maximum tardiness* dengan rumus:

$$\begin{aligned}
 & \text{Perbedaan max tardiness (\%)} \\
 & = 100\% - \left(\left(\frac{\text{Maksimal Tardiness SA}}{\text{Maksimal Tardiness jadwal awal}} \right) \times 100\% \right) \\
 & = 100\% - \left(\left(\frac{8402,13}{41301,94} \right) \times 100\% \right) \\
 & = 100\% - ((0,2034) \times 100\%) \\
 & = 100\% - (20,343) \\
 & = 79,66\% = 79\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diketahui bahwa besar perbedaan maksimal *Tardiness* hasil penjadwalan algoritma SA terhadap hasil penjadwalan pada jadwal awal sebesar 79%. Hasil tersebut telah meminimalkan jumlah *maximum tardiness* secara signifikan.

4.10 Simulasi Penjadwalan Harian dengan Algoritma SA

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan penjadwalan dengan menggunakan algoritma SA lebih baik dari pada metode perusahaan. Simulasi penjadwalan harian dilakukan dengan mempertimbangkan permintaan 1 hari sebelumnya. Perhitungan dilakukan berdasarkan pesanan pada tanggal 18 September 2017. Simulasi penjadwalan harian dengan algoritma SA dapat dilihat pada Tabel 4.37.

Tabel 4.37 Permintaan Produk Madu 18 September 2017

No	Produk	Jumlah
1	Madu Hitam	12
2	Madu Kaliandra	12
3	Madu Karet	4
4	Madu Kopi	3
5	Madu mangga	3
6	Madu Multi	30
7	Madu Pahit	16
8	Madu Randu	12
9	Madu SI	324
10	Madu Sono	3
11	Madu Super	12
12	madu VIP	12
13	madu Trigona	4
14	madu meniran	2

Permintaan yang terjadi pada PT Kembang Joyo Sriwijaya tidak terjadi setiap hari tetapi produksi dilakukan setiap hari untuk dilakukan penyimpanan atau stok produk. Dari data yang tertera pada Tabel 4.37 didapatkan permintaan jumlah dan produk yang berbeda. Apabila dilakukan penjadwalan dilakukan dengan menggunakan *simulated annealing* akan didapatkan urutan *job* 14-

4-5-10-13-3-1-2-8-11-12-7-6-9 atau sesuai jumlah yang terkecil ke jumlah terbesar. Urutan tersebut menghasilkan keterlambatan sebesar 589,9 menit. Produk yang belum selesai diproduksi atau terlambat akan dilakukan proses produksi di hari berikutnya dengan menambahkan jumlah produk terlambat dengan permintaan yang masuk hari berikutnya.

4.11 Implikasi Manajerial

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, PT Kembang Joyo Sriwijaya harus menerapkan beberapa tindakan untuk mengefisiensikan waktu produksi, di antaranya:

1. pertimbangkan jumlah permintaan yang masuk

Jumlah permintaan produk madu yang berbeda dengan jenis yang berbeda akan menentukan waktu produksi untuk pesanan. Pertimbangan jumlah produk dengan jumlah permintaan sedikit dilakukan pemrosesan terlebih dahulu dibandingkan dengan produk dengan permintaan besar. Menurut Faizal dkk, melakukan prioritas job yang dikerjakan terlebih dahulu berdasarkan jumlah operasi dan yang terakhir berdasarkan jumlah permintaan apabila terjadi datangnya order job secara bersamaan dapat mengefisiensi waktu proses.

Kelebihan penerapan pertimbangan jumlah permintaan yaitu dapat mengurangi jumlah waktu proses produksi. Hal ini karena produk dengan produksi singkat akan dapat dipenuhi terlebih dahulu. Kelebihan lain yaitu adanya penghematan sumber daya yang dimiliki seperti tidak ada nya kerja lembur untuk memenuhi pesanan.

2. produk sejenis akan dilakukan proses secara bersamaan

Produk yang sama akan memiliki proses yang sama pula sehingga permintaan dapat langsung dipenuhi untuk beberapa permintaan dengan konsumen yang berbeda. Kelebihan penerapan proses tersebut yaitu dapat mengefisiensi waktu proses. Hal ini karena setiap produk yang berbeda memiliki kualitas dan proses yang berbeda. Pergantian proses akan dilakukan pembersihan alat-alat yang digunakan sehingga tidak merusak kualitas produk yang akan di proses. Pengurangan kegiatan pergantian tersebut akan dapat mengurangi waktu proses produksi.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis penjadwalan produksi yang telah dilakukan dengan perbandingan antara jadwal awal perusahaan dengan jadwal hasil algoritma SA. Pada bulan September *maximum tardiness* jadwal awal sebesar 53897,51 menit dan nilai *maximum tardiness* menggunakan algoritma SA sebesar 10357,19 menit. pada bulan Oktober *maximum tardiness* jadwal awal sebesar 37339,95 menit dan nilai *maximum tardiness* menggunakan algoritma SA sebesar 6146,07 menit. Pada bulan November *Maximum tardiness* jadwal awal sebesar 41301,94 menit dan nilai *maximum tardiness* menggunakan algoritma SA sebesar 8402,13 menit.

Penjadwalan produksi dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah permintaan yang masuk dimana permintaan terkecil akan diproduksi terlebih dahulu dari pada produk dengan permintaan banyak. Pertimbangan lain yaitu jenis produk yang diminta, produk yang memiliki jenis sama akan di produksi secara berurutan. Kegiatan tersebut akan mengurangi waktu produksi perusahaan dan mengurangi keterlambatan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah disimpulkan, diharapkan perusahaan dapat mempertimbangkan penjadwalan produksi dengan metode yang diusulkan untuk mengurangi keterlambatan. Penelitian sejenis dapat dilakukan dengan menggunakan metode lain seperti algoritma genetika, sehingga akan diketahui hasil yang lebih baik. Penjadwalan produksi hendaknya juga dihitung untuk semua produk sehingga diketahui efisiensi dari keseluruhan proses produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, R.D. dan Irwan, I. 2016. **Analisis dan Perancangan Sistem Kerja**. Sleman. *Deepublish Publisher*
- Arjun, K and Jayamohan, M. 2013. ***Application of Simulated Annealing in Flow Shop Scheduling***. *J Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2(1): 460-469
- Attar, S., Mohammadin, M, and Tavakkoli, R. 2013. ***Hybrid Flexible Flowshop Scheduling Problem With Unrelated Parallel Machines and Limited Waiting Times***. *J Adv Manuf Technol*. 3(68): 1583-1599
- Azmi, M., Sugiono, dan Ceria, F. 2015. **Penjadwalan Produksi Rokok untuk Meminimalkan *Maximum Tardiness* Menggunakan Algoritma *Simulated Annealing* (Studi Kasus Di PT. Adi Bungsu Malang)**. *J Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*. 3(2): 353-362
- Bagshaw, K. 2014. ***Assessing the Application of Production Scheduling: Demand Uncertainty and the Performance of Manufacturing Firms in Rivers State, Nigeria***. *J International Review Management and Business Research*. 3(1): 38-54
- Ball, D. 2007. ***The Chemical Composition of Honey***. *J of Chemical Education*. 84(10): 1643-1646
- Baker, K., and Trietsch, D. 2009. ***Principles of Sequencing and Scheduling***. *John Wiley & Sons, Inc.* New Jersey
- Faizal, A., Arif, R, dan Ceria, F. 2015. **Pengembangan Penjadwalan *Re-Entrant Flowshop* Berdasarkan Algoritma *Nawaz, Enscore, dan Ham (Neh)* dengan Pendekatan *Dispatching Rule* (Studi Kasus: Pt. Sahabat Rubber Industries - Malang)**. *J Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri* 2(6): 1180-1191
- Firdaus M, Ilyas M dan Dana M. 2015. **Penjadwalan *Flowshop* dengan Menggunakan *Simulated Annealing***. *J Spektrum Industri*. 13(1): 1-14

- repository.ub.ac.id
- Hooda K and Dhingra A. 2011. ***Flow Shop Scheduling Using Simulated Annealing: A Review***. *J of Applied Engineering Research*. 2(1). 234-249
- James O, Usman L, and Siyanbola T. 2009. ***Physical Characterisation of Some Honey Samples From North-Central Nigeria***. *J of Physical Sciences*. 4(9): 464-470
- Karabulut, K. 2016. ***A Hybrid Iterated Greedy Algorithm for Total Tardiness Minimization in Permutation Flowshops***. *J Computers & Industrial Engineering*. 98(2016): 300-307
- Kumar, K., Bhowmik, D., Chiranjib., Biswajit., and Chandira, M. 2010. ***Medical Uses and Benefit of Honey: An Overview***. *J of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2(1): 385-395
- Kurnia, K., Refdizon, Y dan Vera, M. 2013. ***Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode Campbell, Dudek & Smith pada Mesin Laser Marking Jenis Evertech Untuk Meminimalisasi Makespan***. PROFESIENSI. 1(2): 93-103
- Livia, C dan Teguh, O. 2017. ***Penjadwalan untuk Meminimalkan Total Tardiness dengan Metode Integer Linear Programming***. *J Teknik Industri*. 18(02): 12-137
- Marwedel, P. 2018. ***Embedded System Design: Embedded System Foundations of Cyber-Physical Systems, and the Internet of Things***. Spring Nature. Cham
- Nafiurridha, N., Rispianada, R dan Cahyadi, N. 2017. ***Rancangan Sistem Informasi Penjadwalan Produk Pada Sistem Shop Floor Control***. *J Teknik Industri Itenas*. 1(4): 35-46
- Nur, R dan Muhammad, A. 2017. ***Pengantar Sistem Manufaktur***. Deepublish Publisher. Yogyakarta
- Osueke., Nnanna, and Adenugba. 2013. ***Decision Making In Manufacturing Process, Using Job Priority Rules for Higher Productivity***. *J of Management & Engineering*. 1(4): 165-173
- Palit, H, dan Tesa, V. 2003. ***Penjadwalan Produksi Flexible Flowshops Dengan Sequence-Dependent Setup Times Menggunakan Metode Relaksasi Lagrangian (Studi Kasus Pada Pt. Cahaya Angkasa Abadi)***. *J Teknik Industri*. 5(2): 111-119

- Patir, HC., Haris, L., dan I, Gede. 2008. **Aplikasi Kombinasi Algoritma Genetik dan Data *Envelopment Analysis* pada Penjadwalan *Flowshop* Multikriteria.** J Teknik Industri. 10(1): 86-96
- Prasetya, C., Jusak dan Valentinus, R. 2016. **Rancang Bangun Sistem Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode *Earliest Due Date* pada Cv Tidar Jaya.** JSIK. 5(9): 1-7
- Radiati, L., Imam, T, dan Nurul, H. 2007. **Kajian Propolis dan Royal pada Produk Madu Sebagai Antioksidan Alami.** J Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak. 2(1): 35-39
- Saepudin, R. 2015. **Identifikasi Permasalahan Perlebaran Sebagai Dasar Pengembangan Usaha Madu di Provinsi Bengkulu.** J Sain Peternakan Indonesia. 10(1): 51-58
- Saleh, A dan Emsosfi, Z. 2009. **Model Penjadwalan pada *Flowshop-4-Stage* Dengan Kriteria Minimisasi *Lateness* Maksimum dan Jumlah Tardy *Jobs*.** J Teknik Industri. 11(2): 148-162
- Santosa, B dan Willy, P. 2011. **Metaheuristik Konsep dan Implementasi.** Guna Widya, Surabaya
- Santoso, L., Jonathan ,G dan Iwan, N. 2012. **Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Algoritma *Simulated Annealing*.** J ilmiah Ilmu Komputer. 9(1): 1-6
- Sari, N., Ishardita, P, dan Ceria ,F. 2015. **Penjadwalan Produksi Pada Lingkungan *Flexible Job Shop Problem* (FJSP) untuk Meminimasi Total *Tardiness* (Studi Kasus di Divisi PPIP PT. Barata Indonesia (Persero), Gresik).** J Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri. 2(6): 1226-1238
- Shiddiq, H, Sugiono, dan Ceria, F. 2014. **Implementasi Algoritma *Simulated Annealing* Pada Penjadwalan Produksi untuk Meminimasi *Makespan* (Studi Kasus Di Pt. Gatra Mapan, Karang Ploso, Malang).** J Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri. 3(1): 43-52
- Setyawati ,N, Sri ,H dan Agus ,D. 2016. **Rancang Bangun Aplikasi Penjadwalan Produksi Pupuk Menggunakan Metode *Earliest Due Date* Pada PT Gemah Ripah Loh Jinawi Industri.** JSIKA. 5(11): 1-8

- repository.ub.ac.id
- Siburan ,R dan Abadi, G. 2013. **Penjadwalan Produksi Job Shop Dengan Menggunakan Algoritma Tabu Search Pada PT. Xyz.** J Teknik Industri FT USU. 8(2): 1-5
- Sukania, I, dan Teddy ,G. 2014. **Analisa Waktu Baku Elemen Kerja pada Pekerjaan Penempelan *Cutting* Stiker di CV Cahaya Thesani.** J Energi dan Manufaktur. 7(2): 155-162
- Susanto, L. 2008. **Penjadwalan Produksi dengan Pendekatan Metode *Nawaz, Ensore, Ham dan Metode Campell, Dudek, Smith.*** INASEA. 9(2): 121-128
- Susanto. 2013. **Algoritma *Simulated Annealing* Untuk Penjadwalan Penggunaan Laboratorium Komputer.** J Ilmiah Mustek Anim Ha. 2(2): 71-82
- Tannady, H. 2013. **Modifikasi Mekanisme Penentuan Penjadwalan *Job* pada Metode *Dannenbring.*** JITI. 12(1): 1-9
- Uyar ,A., Ender ,O and Neil, U. 2013. ***Automated Scheduling and Planning.*** Springer. New York
- Weglarz, J., G Schmidt., E Pesch., K Ecker and J Blazewicz. 2007. ***Handbook on Scheduling: From Theory to Application.*** Spinger, New York
- Widyadana, I, dan Andree, P. 2002. **Perbandingan Kinerja Algoritma Genetika dan *Simulated Annealing* Untuk Masalah *Multiple Objective* pada Penjadwalan *Flowshop.*** J Teknik Industri. 4(1): 26-35
- Wirdianto, E., Jonrinaldi dan Betris ,S. 2007. **Penerapan Algoritma *Simulated Annealing* pada Penjadwalan Distribusi Produk.** J Optimasi Sistem Industri. 7(1): 7-2