Skripsi

by Jeffan Darma Yuvandhi

Submission date: 11-Jan-2018 09:20PM (UTC+0700)
Submission ID: 901823070
File name: ALKAN_MAKESPAN_MENGGUNAKAN_MIXED_INTEGER_LINEAR_PROGRAMMING.docx (2.69M)
Word count: 14502
Character count: 90059

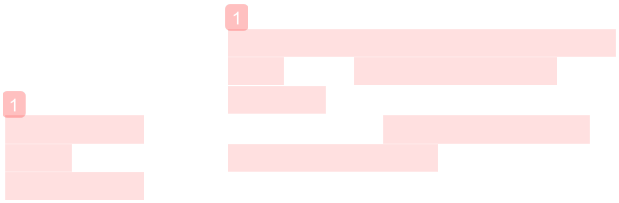
BAB I
PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hal yang menjadi latar belakang dalam penelitian ini, identifikasi masalah dan perumusan masalah yang ada, tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian ini, serta ruang lingkup, batasan masalah dan asumsi yang digunakan selama penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Persaingan industri yang ketat pada saat ini menyebabkan pertumbuhan industri yang mempengaruhi perusahaan untuk meningkatkan produktivitas dalam kegiatan produksinya.

4


1
1

diinginkan dan pada waktu yang diinginkan, walaupun ketepatan waktu merupakan kepuasan pelanggan dan adanya keterbatasan hubungan antara aktivitas dan sumber daya.

Menurut Ginting (2009:15), penjadwalan adalah pengurutan pembuatan atau pengerjaan produk secara menyeluruh yang dikerjakan pada beberapa buah mesin. Sedangkan menurut Baker (1974:2), penjadwalan (*scheduling*) merupakan proses pengalokasian sumber daya untuk memilih sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Definisi ini dijabarkan dalam dua arti. Pertama, penjadwalan merupakan sebuah fungsi dalam pengambilan keputusan untuk menentukan jadwal yang paling tepat. Kedua, penjadwalan merupakan inti dari teori yang berisi kumpulan prinsip, model, teknik dan kesimpulan logis dalam pengambilan keputusan.

Secara umum tujuan penjadwalan (Baker, 1974:10) adalah:

1. Meningkatkan produktivitas mesin, yaitu mengurangi waktu menganggur.
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi dengan cara mengurangi jumlah rata-rata pekerjaan yang menunggu dalam antrin suatu mesin karena mesin tersebut sibuk.
3. Mengurangi beberapa keterlambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas *completion time* (waktu penyelesaian) sehingga meminimasi *penalty cost* (biaya keterlambatan).

2.2.1 *Input* Penjadwalan Produksi

Pekerjaan-pekerjaan yang berupa alokasi kapasitas untuk *order*, penugasan prioritas *job* dan pengendalian jadwal produksi membutuhkan informasi terperinci, dimana informasi-informasi tersebut menyatakan input dari sistem penjadwalan (Kusuma, 2001:18).

Pada penjadwalan produksi, kebutuhan-kebutuhan kapasitas dari semua *order* yang dijadwalkan dalam hal macam dan jumlah keseluruhan sumber daya yang digunakan. Untuk produk tertentu, informasi ini bisa diperoleh dari lembar kerja operasi (berisi kebutuhan-kebutuhan komponen, sub komponen dan bahan pendukung). Kualitas dari keputusan penjadwalan sangat dipengaruhi oleh ketepatan estimasi *input*. Oleh karena itu, pemeliharaan catatan terbaru tentang status tenaga kerja dan peralatan yang tersedia dan perubahan kebutuhan kapasitas yang diakibatkan perubahan desain produk/ proses menjadi sangat penting (Haming & Nurnajmuddin, 2012:72).

2.2.2 *Output* Penjadwalan Produksi

Untuk memastikan bahwa suatu aliran kerja yang lancar melalui tahapan produksi, maka sistem penjadwalan harus membentuk aktivitas-aktivitas *output* sebagai berikut:

1. Pembebanan *(loading)*

Pembebanan melibatkan penyesuaian kebutuhan kapasitas untuk *order* yang diterima/ diperkirakan dengan kapasitas yang tersedia. Pemebebanan dilakukan dengan menugaskan *order* pada fasilitas-fasilitas, operator-operator dan peralatan tertentu.

2. Pengurutan (*sequencing*)

Pengurutan ini merupakan penugasan tentang *order* mana yang diprioritaskan untuk diproses terlebih dahulu bila suatu fasilitas harus memproses banyak *job*.

3. Prioritas *Job* (*dispatching*)

Dispatching merupakan prioritas kerja tentang *job* mana yang diseleksi dan diprioritaskan untuk diproses.

4. Pengendalian Kinerja Penjadwalan

Pengendalian kinerja penjadwalan dapat dilakukan dengan:

a. Meninjau kembali status semua *order* pada saat tertentu melalui sistem tertentu.
b. Mengatur kembali urutan-urutan, misalnya: *expediting* semua *order* yang jauh dibelakang atau mempunyai prioritas utama.
c. *Up-Dating* jadwal, sebagai refleksi kondisi operasi yang terjadi dengan merevisi prioritas-prioritas.

2.2.3 Notasi dan Istilah Penjadwalan Produksi

Menurut Pinedo (2008:22), istilah-istilah yang digunakan dalam penjadwalan produksi adalah sebagai berikut.

1. Setiap *job* i {=1,2,3,….,n} yang dijadwalkan pada mesin j {1,2,3,..,m}. proses pengerjaan *job* i di mesin j disebut dengan O_{ij}.
2. *Processing time* (waktu proses), P_{ij} yaitu lamanya waktu yang harus dihabiskan *job* i di mesin j untuk memproses operasi O_{ij}.
3. *D*ue *date* (waktu tenggat), d_{ij} yaitu batas *completion time job* i yang telah ditentukan. Apabila *completion job* diluar waktu ini, maka dikenakan pinalti pada *job* tersebut.
4. *Release date* (waktu lepas), r_i adalah waktu ketika *job* i masuk ke sistem, yaitu waktu paling awal job i bisa mulai diproses. Biasanya $r_i = 0$.
5. *Start tim* (waktu mulai), s_{ij} adalah waktu mulai diprosesnya *job* i pada mesin j.
6. *Completion time* (waktu penyelesaian), C_{ij} adalah waktu penyelesaian pemrosesan *job* i pada mesin j.
7. *Flow time* (alir waktu), $F_{ij} = C_{ij} - r_i$ adalah rentang waktu antara tugas tersedia untuk diproses dengan ketika tugas tersebut selesai.
8. Makespan C_{max} yaitu waktu penyelesaian dari seluruh *job*.
9. *Lateness* (waktu keterlambatan), $L_i = C_i - d_i$ adalah selisish antara waktu penyelesaian j*ob* i dengan waktu tenggatnya. *Lateness* baru dapat dihitung setelah *job* i selesai menjalani semua proses dan dapat bernilai negatif dan positif.
10. *Tardiness* (waktu keterlambatan positif), $T_i = max\ (L, 0)$, adalah besarnya keterlambatan penyelesaian *job* i.

11. *Earliness* (waktu keterlamabatan negatif),$T_i = min\ (L, 0)$, adalah besarnya keterlambatan penyelesaian *job* i.

2.2.4 Kriteria Evaluasi Penjadwalan

Keberhasilan suatu penjadwalan dapat diukur dengan besaran yang melibatkan informasi dari pekerjaan-pekerjaan yang dijadwalkan. Hal tersebut dapat dicapai dengan menentukan kriteria jadwal yang diinginkan. Menurut Conway (1967:47), penentuan kriteria jadwal dapat didasarkan atas karakteristik pekerjaan dan peralatannya sebagai berikut:

1. Kriteria berdasarkan atribut tugas. Dilihat dari hubungannya dengan tugas yang ada, misalnya minimasi *flow time*, minimasi *lateness* , minimasi jumlah *job* yang terlambat.
2. Kriteria berdasarkan atribut *shop*. Dilihat dalam hubungannya dengan *shop* (alat atau mesin), seperti: maksimal utilitas *shop*, minimasi waktu *set up* mesin, penyeimbang beban mesin.

Jika terdapat n pekerjaan yang dijadwalkan, maka tingkat keberhasilan dapat dinilai dari besaran-besaran berikut (Baker, 1974:12):

1. *Makespan* (waktu penyelesaian seluruh pekerjaan)

$$C_{max} = Max\{Ci\} \quad (2\text{-}1)$$

2. *Mean Flow Time* (waktu penyelesaian rata-rata)

$$\bar{F} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} F_i \quad (2\text{-}2)$$

3. *Mean Lateness* (rata-rata keterlambatan)

$$\bar{L} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} L \quad (2\text{-}3)$$

4. *Mean Tardiness* (rata-rata keterlambatan non negatif)

$$\bar{T} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} T \quad (2\text{-}4)$$

5. *Maximum Flow Time* (maksimal waktu penyelesaian seluruh pekerjaan)

$$F_{max} = \max_{1 \le i \le n}\{F_i\} \quad (2\text{-}5)$$

6. *Maximum Lateness* (maksimum keterlambatan)

$$L_{max} = \max_{1 \le i \le n}\{L_i\} \quad (2\text{-}6)$$

7. *Minimum Tardiness* (maksimum keterlambatan non negatif)

$$L_{min} = \max_{1 \le i \le n}\{T_i\} \quad (2\text{-}7)$$

8. *Number of Tardy Jobs* (jumlah pekerjaan yang terlambat)

$$N = \sum_{i=1}^{n} \delta_i \quad (2\text{-}8)$$

2.3 Jenis Penjadwalan Produksi

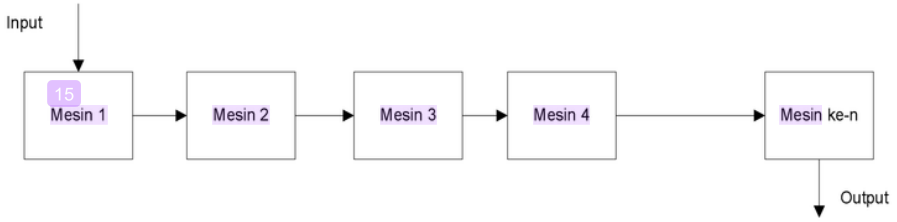
Penjadwalan pada umumnya dibagi menjadi beberapa macam sesuai dengan karakteristiknya. Penjadwalan dibagi berdasarkan mesin yang digunakan dalam proses dan berdasarkan aliran prosesnya.

1. Berdasarkan mesin yan digunakan dalam proses
   a. Penjadwalan pada mesin tunggal (*single machine*)
   b. Penjadwalan pada mesin jamak (*m machine*)
2. Berdasarkan pola aliran proses

a. Penjadwalan *Flowshop*

Proses produksi dengan aliran *flowshop* berarti proses produksi dengan aliran identik dari satu mesin ke mesin yang lain atau dengan kata lain semua produk diproses melalui aliran dan mesin yang sama. Susunan suatu proses produksi jenis *flowshop* dapat diterapkan dengan tepat untuk produk-produk dengan desain yang stabil dan berproduksi dalam jumlah besar, sehingga investasi dengan tujuan khusus yang digunakan dapat segera kembali.

Menurut Baker (1974:137), pada tipe *Flowshop* terbagi lagi menjadi *pure flowshop* dan *general flowshop*. Pada *pure flowshop* semua pekerjaan mengalir pada lini produksi yang sama dan tidak adanya variasi dalam proses produksinya. Sedangkan untuk *general flowshop* terdapat variasi dalam proses produksinya, sehingga dimungkinkan terdapat pekerjaan yang tidak harus di kerjakan di semua mesin.



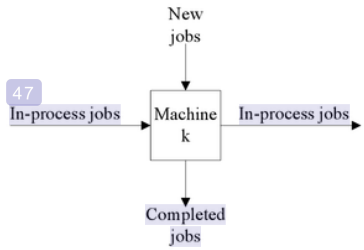
Gambar 2.1 Skema *flow shop*
Sumber: Baker (1974:137)

Gambar 2.1 adalah contoh aliran *job* pada tipe penjadwalan *flowshop* mulai dari mesin 1 hingga ke mesin n.

b. Penjadwalan *Job Shop*

Proses produksi dengan aliran *job shop* berarti proses produksi dengan pola aliran atau rute pada tiap mesin yang spesifik untuk setiap pekerjaan dan mungkin berbeda untuk tiap *job*.

Gambar 2.2 merupakan contoh aliran *job* pada tipe penjadwalan *job shop*.



Gambar 2.2 Skema *job shop*
Sumber: Baker (1974:178)

c. Penjadwalan *Flexible Flowshop*

Dimana tiap *job* mengambil rute yang sama melewati aliran proses seperti *flow shop*, tetapi dalam prosesnya terdapat jumlah mesin yang lebih dari satu tipe dan hanya digunakan dalam satu *job* saja. Keuntungan dalam menggunakan aliran proses ini adalah semakin singkatnya pekerjaan, karena menggunakan mesin lebih dari satu.

d. *Re-entrant Flowshop*

Dimana tiap job dapat mengunjungi kembali mesin sebelumnya dan dapat dilakukan berkali-kali.

2.4 Metode Penjadwalan Produksi

Masalah penjadwalan produksi dapat diselesaikan dengan menggunakan metode heuristik yang terdiri dari 2 jenis, yaitu metode heuristik dan metode meta-heuristik. Algoritma heuristik menyususn satu per satu solusi dari masalah penjadwalan. Alagoritma ini memilih mesin-mesin atau *job-job* atau operasi-operasi mana yang harus dijadwalkan terlebih dahulu. Algoritma heuristik yang sering digunakan untuk menyelesaikan penjadwalan yaitu *priority dispatching rule*.

Priority dispatching rule adalah suatu aturan penjadwalan yang mengatur *job* mana pada suatu antrian job pada suatu mesin yang harus diproses terlebih dahulu berdasarkan prioritas-priorotas tertentu. Jadi, ketika suatu mesin telah selesai melakukan proses pada suatu *job* maka berdasarkan *priority dispatching rule*, dipilih satu *job* yang memiliki prioritas tertinggi untuk diproses di mesin tersebut (Pinedo, 2012:127).

Berikut adalah beberapa aturan yang merupakan *basic priority dispatch rules* (Pinedo, 2012:129):

1. *The Service in Random Order* (SIRO) *rule*

Menurut aturan prioritas ini, setiap kali mesin tidak melakukan pekerjaan, pekerjaan berikutnya dipilih secara acak dari *job* dalam antrian untuk diproses. Aturan ini dilakukan tidak untuk mengoptimalkan apapun.

2. *The Earliest Release Date first* (ERD) *rule*

Aturan ini terkenal juga dengan aturan *First-Come_First-Served* yang berdasarkan waktu kedatangan *job* atau pesanan dari pelanggan. Sehingga *job* yang pertama kali dating, dikerjakan terlebih dahulu dan begitu seterusnya. Aturan ERD digunakan untuk meminimalkan variasi lama waktu tunggu dari pekerjaan pada mesin.

3. *The Earliest Due Date first* (EDD) *rule*

Menurut aturan ini, urutan penjadwalan dilakukan berdasarkan *due date* setiap *job.* Aturan ini mengabaikan waktu proses dari setiap *job* dan waktu kedatangan *job*. Sehingga *job* yang memiliki waktu *due date* paling awal memiliki prioritas yang paling tinggi untuk diproses di sebuah mesin. Aturan ini biasanya digunakan untuk meminimumkan keterlambatan pada *job.*

4. *The Minimum Slack Time first* (MST) *rule*

Menurut aturan ini, *job* diurutkan berdasarkan waktu *slack* yang paling kecil. Pada saat mesin telah selesai memproses suatu *job*, maka dihitung waktu *slack* yang tersisa ($d_i - p_i - t, 0$) dari tiap-tiap *job* yang ada dalam antrian, dimana t merupakan waktu sekarang. *Job* yang memiliki waktu *slack* terkecil memiliki prioritas tertinggi untuk diproses pada mesin selanjutnya. Aturan ini berkaitan dengan *due date* sehingga dapat digunakan untuk meminimalkan keterlambatan *job.*

5. *The Weighted Shortest Time first* (WSPT) *rule*

Shortest Processing Time (SPT) *rule* adalah aturan yang mengurutkan *job* berdasarkan pada lamanya waktu proses setiap *job.* Jadi *job* yang memiliki waktu proses paling singkat diproses terlebih dahulu dan kemudian dilanjutkan oleh *job* lainnya sampai pada *job* yang memiliki waktu proses paling lama. Aturan ini digunakan untuk menyeimbangkan beban kerja antar mesin yang disusun secara paralel. Sedangkan *The Weighted Shortest Processing Time fisrt* (WSPT) *rule* merupakan aturan pengurutan yang setiap kali mesin tidak melakukan pekerjaan dengan rasio tertinggi bobot (w_j) dari waktu pemrosesan (p_j) maka dijadwalkan berikutnya, yaitu pekerjaan dalam urutan w_j/p_j. Aturan ini cenderung untuk meminimalkan jumlah dari waktu penyelesaian terbobot, yaitu w_jC_j. dalam pengaturan mesin tunggal, dengan n pekerjaan yang tersedia pada waktu nol, aturan WSPT tidak meminimalkan w_jC_j. ketika semua bobot adalah sama, aturan WSPT dapat menurun ke aturan SPT.

6. *The Longest Processing Time first* (LPT) *rule*

Aturan ini memerintahkan pekerjaan dalam urutan penurunan pengolahan waktu. Ketika ada mesin paralel, aturan ini cederung untuk menyeimbangkan beban kerja atas mesin. Hal ini menguntungkan untuk mempertahankan pekerjaan dengan waktu pemrosesan singkat untuk nanti, karena pekerjaan ini berguna pada akhir untuk menyeimbangkan

beban kerja. Setelah penugasan pekerjaan ke mesin telah ditentukan, pekerjaan pada setiap mesin tertentu dapat *resequenced* tanpa mempengaruhi keseimbangan beban kerja.

7. *The Shortest Setup Time first* (SST) *rule*

Aturan yang memprioritaskan operasi dengan waktu proses operasi paling sedikit.

8. *The Least Flexible Job first* (LFJ) *rule*

Aturan ini digunakan ketika ada sejumlah mesin non-identik secara paralel dan pekerjaan tunduk pada kendala kelayakan mesin, dimana *job* yang memiliki fleksibilitas pengerjaan yang paling tinggi, dalam artian dapat dikerjakan di jenis mesin manapun, diprioritaskan terlebih dahulu.

9. *The Critical Path* (CP*) rule*

Aturan Jalur kritis digunakan dengan operasi yang ada batasan didahulukan. Aturan ini memilih sebagai pekerjaan berikutnya.

10. *The Largest Number of Successors (*LNS*) rule*

Aturan yang memprioritaskan operasi dengan jumlah successor operasi paling banyak.

11. *The Shortest Queue at Operation (*SQNO*) rule*

Aturan yang digunakan di *job shop*. Aturan ini memprioritaskan jumlah antrian terkecil untuk diproses terlebih dahulu.

12. *The Priority Scheduling (*PS*) rule*

Aturan yang digunakan yang memprioritaskan operasi dengan jumlah pembobotan tertentu. Pembobotan yang terbesar yang dikerjakan terlebih dahulu.

2.5 *Linear Programming*

Linear Programming merupakan salah satu alat riset operasi yang paling efektif untuk digunakan (Taha, 2007:11). *Linear programming* adalah metode matematis yang mengalokasikan sejumlah sumber daya yang terbatas untuk menghasilkan tujuan tunggal yaitu memaksimumkan keuntungan atau meminimumkan biaya. Sumber daya dapat berupa uang, tenaga kerja, bahan mentah, kapasitas mesin, waktu, ruangan atau teknologi. Pokok pikiran yang utama dalam menggunakan *linear programming* adalah merumuskan masalah dengan jelas dari sejumlah informasi yang tersedia, lalu menerjemahkan masalah tersebut menjadi bentuk model matematis untuk mendapatkan solusi terhadap masalah yang dihadapi. Langkah-langkah dalam pembuatan linear programming adalah sebagai berikut (Aminudin, 2005:6-8):

1. Mendefinisikan masalah

Pendefinisian dan penggambaran masalah harus dibuat dengan jelas. Pendefinisian masalah merupakan langkah yang penting sehingga sebaiknya melibatkan manajemen maupun anggota organisasi lainnya.

2. Memformulasikan modem matematis

Model adalah gambaran abstrak dari suatu masalah. Ketepatan dalam memformulasikan sangat dipengaruhi oleh asumsi yang digunakan. Asumsi model harus realistis. Asumsi model yang realistis menjadi faktor kesulitan dalam membuat model. Setelah pendefisinian masalah, langkah selanjutnya adalah membuat formulasi model matematis yang terdiri dari tiga tahap yaitu:

a. Menentukan variabel yang tak diketahui (variabel keputusan) dan nyatakan dalam simbol matematis.

b. Membuat fungsi tujuan yang ditunjukkan sebagai suatu hubungan linier (bukan perkalian) dari variabel keputusan.

c. Menentukan kendala-kendala masalah tersebut dan mengekspresikan dalam persamaan atau pertidaksamaan yang juga merupakan hubungan linier dari variabel keputusan. Kendala mencerminkan keterbatasan sumber daya masalah tersebut.

3. Mengukur validitas

Untuk dapat memastikan apakah terdapat korelasi antara model matematis dengan kejadian sebenarnya diperlukan pengujian-pengujian terhadap model.

4. Implementasi keputusaan

Langkah terakhir dalam suatu kajian *linear programming* adalah pelaksanaan atau implementasi dari solusi yang dihasilkan dengan disetujui oleh pembuat keputusan.

Permasalahan *linear programming* pada dasarnya memiliki lima karakteristik utama yaitu:

1. Masalah *linear programming* pada umumnya berupaya untuk memaksimumkan keuntungan atau meminimumkan biaya. Upaya maksimasi keuntungan atau minimasi biaya disebut fungsi tujuan (*objective function*) dari *linear programming*. Fungsi tujuan ini terdiri dari variabel-variabel keputusan (*decision variables*).
2. Terdapat keterbatasan atau kendala-kendala untuk mencapai tujuan yang ditentukan dalam *linear programming*. Kendala-kendala tersebut dirumuskan dalam fungsi-fungsi kendala (*constrains function*) yang terdiri dari variabel-variabel keputusan yang menggunakan sejumlah sumber daya yang terbatas. Jadi, *linear programming* akan menghasilkan fungsi tujuan dengan memperhatikan fungsi-fungsi kendala yang ada.
3. Memiliki sifat linearitas. Sifat linearitas ini berlaku untuk semua fungsi tujuan dan fungsi-fungsi kendala. Sebagai contoh, apabila satu unit produk A dapat menghasilkan keuntungan, katakanlah Rp200.000 maka apabila kita memproduksi dua unit produk A memberikan keuntungan Rp400.000 (2 x Rp200.000), produksi tiga unit A menghasilkan keuntungan Rp600.000 (3 x Rp200.000) dan seterusnya. Demikian

pula untuk penggunaan sumber-sumber daya. Misalnya untuk sumber daya tenaga kerja, katakanlah untuk memproduksi satu unit produk A membutuhkan tiga jam kerja, maka untuk menghasilakan dua unit produk A membutuhkan enam jam kerja (2 x 3 jam kerja) sedangkan produksi 3 unit produk A membutuhkan sembilan jam kerja (3 x 3 jam kerja).

4. Memiliki sifat homogenitas. Sifat homogenitas ini berkaitan dengan kehomogenan sejumlah sumber daya yang digunakan. Misalnya dalam proses produksi, semua produk X dihasilkan oleh mesin-mesin yang identik, tenaga kerja yang memilki kemampuan sama.
5. Memiliki sifat *divisibility* . Sifat *divisibility* dibutuhkan karena *linear programming* mengasumsikan bahwa nilai dari variabel-variabel keputusan maupun penggunaan sumber daya dapat dibagi ke dalam pecahan-pecahan. Jika pembagian ini tidak mungkin dilakukan terhadap variabel keputusan, sebagai contoh dalam industri mobil dan furniture nilai kuantitas produksi diukur dalam bilangan bulat, maka modifikasi terhadap *linear programming* harus dilakukan. Bentuk modifikasi dari linear programming ini disebut *integer linear programming*.

Berikut ini salah satu contoh pemodelan *integer linear programming* yang digunakan pada kasus penjadwalan dengan n-kriteria non-permutasi (Komaki *et al*, 2015:353):

Indeks

J = *Job* j dimana j= 1,..,N

i = *Stage* i dimana i=1,...,M

Parameter

$t_{i,j}$ = waktu proses *job* j pada *stage* i

$s_{i,k,j}$ = waktu *setup* dari *job* k menuju *job* j pada *stage* i

$r_{i,j}$ = waktu rute dari *job* j menuju *stage* i. $r_{i,j}$ bernilai 1 jika *job* j dikerjakan pada *stage* i, selain itu bernilai 0

U = nilai berukuran besar

g_j = tahapan *job* yang diinginkan pada *stage* terakhir

w_1, w_2, w3 = pembobotan pada fungsi tujuan f_1, f_2 dan f_3

d_j = *due* date untuk *job* j

Variabel Keputusan

$C_{i,j}$ = waktu *completion* time pada *job* j di *stage* i

$P_{i,k,j}$ = pendahulu *job* j menuju *job* k di stage i. $P_{i,k,j}$ bernilai 1 jika *job* k harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum *job* j, selain itu bernilai 0

o_j = tahapan *job* sekarang (tanpa mempertimbangkan prioritas) pada *stage* terakhir

Fungsi Tujuan

$$\text{Min } Z = w_1 \times f_1' + w_2 \times f_2' + w_3 \times f_3' \qquad (2\text{-}9)$$

Fungsi Kendala

$w_1 + w_2 + w_3 = 1$ (2-10)

$f_1 = \text{Max}\{Cj\}$ (2-11)

$f_2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} T$ (2-12)

$f_3 = \sum_{j=1}^{n} |o_j - g_j|$ (2-13)

$f_1' = (f_1 - f_{1,min}) / (f_{1,max} - f_{1,min})$ (2-14)

$f_2' = (f_2 - f_{2,min}) / (f_{2,max} - f_{2,min})$ (2-15)

$f_3' = (f_3 - f_{3,min}) / (f_{3,max} - f_{3,min})$ (2-16)

$C_{i,j} \geq r_{i,j} \times t_{i,j}$ (2-17)

$C_{i+1,j} \geq C_{i,j} + r_{i,j} \times t_{i,j}$ (2-18)

$r_{i,j} \times (C_{i,j} - C_{i,k}) + U \times P_{i,j} \geq r_{i,j} \times (t_{i,j} + s_{i,k,j})$ (2-19)

$r_{i,j} \times (C_{i,k} - C_{i,j}) + U \times (1 - P_{i,j}) \geq r_{i,j} \times (t_{i,j} + s_{i,k,j})$ (2-20)

$f_1 \geq C_{M,j}$ (2-21)

Persamaan (2-9) digunakan untuk memperoleh nilai optimal yang diperoleh dari waktu *makespan*, *tardiness* dan perbedaan dengan jadwal sebelum. Persamaan (2-10) menjelaskan total keseluruhan pembobotan bernilai 1. Persamaan (2-11) menghitung total waktu *makespan.* Persamaan (2-12) menghitung nilai rata-rata dari *tardiness.* Persamaan (2-13) menghitung nilai perbedaan penjadwalan *existing* dan usulan. Persamaan (2-14), (2-15) dan (2-16) menujukan nilai kemungkinan minimum dan maksimun dari fungsi tujuan. Persamaan (2-17) memastikan dan menghitung nilai penyelesain suatu *job* j pada *stage* i. Persamaan (2-18) menghitung penambahan waktu penyelesaian pada *stage* sebelumnya. Persamaan (2-19) dan (2-20) memastikan bahwa *job* dikerjakan pada setiap *stage*. Persamaan (2-21) memastikan bahwa nilai *maksepan* yang diperoleh adalah nilai *makespan* keseluruhan.

2.6 *Gantt Chart*

Gantt chart merupakan grafik hubungan antara alokasi sumber daya dengan waktu. *Gantt chart* digunakan untuk berbagai tujuan yang berhubungan dengan pembebanan dan penjadwalan. Tujuan dari *Gant chart* adalah untuk mengorganisasi dan secara visual menampilkan penggunaan sumber daya aktual atau yang diinginkan dalam sebuah kerangka kerja waktu. *Gantt chart* terdiri dari sumbu X dan sumbu Y. Sumbu X merupakan durasi pengerjaan tugas yang dapat dinyatakan dalam jam, hari, minggu, bulan

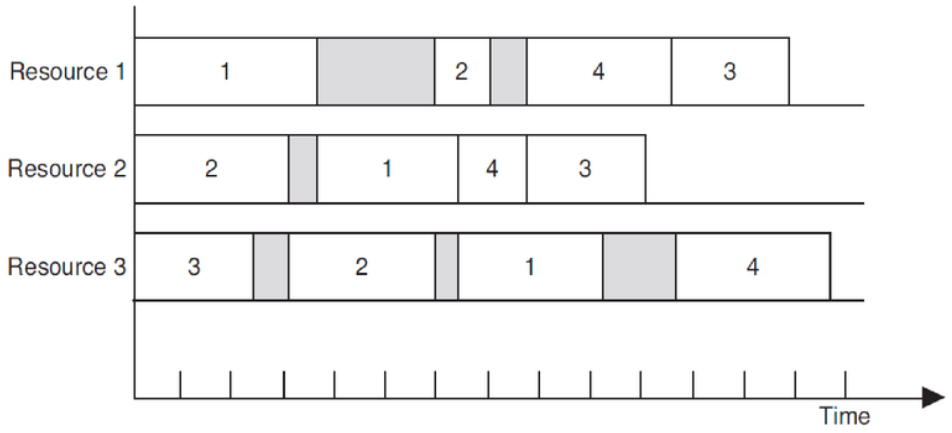
atau lainnya sesuai dengan kebutuhan (Nisa, 2008:94). Sedangkan sumbu Y merupakan tugas atau sumber daya yang digunakan dalam kegiatan tersebut.

Menurut Ginting (2009:93), dari *gantt chart* kemudian ditentukan urutan *(sequence)* dari *job* yang memberikan kriteria penjadwalan terbaik, misalnya waktu pemrosesan tersingkat, utilitas mesin dan *idle time* minimum.

Menurut Pinedo (2009:360), ada beberapa model/ *interface* yang tersedia untuk mempermudah visualisasi dari penjadwalan secara detail antara lain:

1. *Gantt chart*: menunjukkan kapasitas yang tersedia dalam jangka pendek (hari atau minggu) ketika ada sejumlah pekerjaan/ *job* (dua puluh atau tiga puluh).
2. Dispatch *list*: menunjukkan daftar pekerjaan di urutan mana pekerjaan tersebut diproses pada suatu mesin, namun interface ini tidak memberikan pandangan yang baik dari jadwal yang relatif terhadap waktu.
3. *Capacity bucket*: menunjukkan angka/ numerik pada setiap segmen waktu, utilitas setiap mesin dan baik untuk perencanaan jangka medium atau panjang.
4. *Throughput diagram*: menunjukkan secara kumulatif dari waktu ke waktu mengenai jumlah total pesanan yang diterima, total yang dihasilkan dan total yang dikirimkan.

Model yang paling sederhana dan paling banyak dipakai adalah *gantt chart*. *Gantt chart* dipopulerkan penggunaannya oleh Henry Gantt pada tahun 1990-an. Pada umumnya, *gantt chart* terdiri dari garis vertikal dengan sumbu y dan garis horisontal dengan sumbu x. Seperti pada Gambar 2.3, sumbu y mewakili sumber daya tertentu, sedangkan sumbu x menunjukkan skala waktu. *Gantt chart* tersebut juga menunjukkan kapan *job* mulai hingga selesai dan juga menunjukkan perkiraan waktu *idle* untuk setiap sumber daya.



Gambar 2.3 Gantt chart
Sumber: Baker (1974:3)

Dengan *gantt chart*, lebih mudah menemukan informasi tentang jadwal yang diberikan dengan menganalisis hubungan geometris. Selain itu, juga dapat mengatur ulang tugas atau

job pada grafik untuk memperoleh informasi komparatif tentang jadwal alternatif. Dengan cara ini, *gantt chart* berfungsi sebagai bantuan untuk mengukur kinerja dan membandingkan jadwal serta untuk memvisualisasikan masalah sejak awal.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III
METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan langkah awal yang dilakukan sebelum melakukan penyelesaian suatu masalahan. Dengan adanya metode penelitian maka penelitian yang dilakukan dapat lebih terarah dan terstruktur sehingga dapat sesuai dengan tujuan penelitian. Pada metodologi penelitian dijelaskan mengenai pendekatan, metode, teknik dan langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Pada dasarnya terdapat beberapa jenis penelitian yaitu: penelitian deskriptif, penelitian kualitatif, penelitian eksperimental, penelitian teoritis, penelitian evaluasi dan penelitian rekayasa. Menurut Sukmadinata (2006:5), penelitian deskriptif adalah suateu metode penelitian yang ditujukan untuk menggambarkan fenomena-fenomena yang ada, yang berlangsung saat ini atau saat lampau.

Metode penelitian yang digunakan oleh peneliti dalam penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif. Dalam penelitian ini diharapkan dapat menggambarkan kondisi penjadwalan yang berlangsung pada PT. Kencana Tiara Gemilang.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT. Kencana Tiara Gemilang pada bulan November 2017 – Mei 2018 yang terletak di Singosari km. 22 kabupaten Malang, Jawa Timur.

3.3 Data yang Digunakan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua jenis data yaitu:

1. Data primer, merupakan data yang diperoleh peneliti secara langsung (dari tangan pertama). Penelitian ini menggunakan data primer berupa hasil wawancara peneliti dengan narasumber terkait informasi penjadwalan yang ada di perusahaan dan data proses produksi.
2. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh peneliti dari sumber yang sudah ada. Data sekunder yang digunakan adalah profil singkat PT. Kencana Tiara Gemilang, data *job*, produk yang dihasilkan, serta waktu standar perusahaan.

3.4 Langkah Penelitian

Langkah penelitian merupakan suatu gambaran sistematika penulisan yang dijadikan acuan dalam melaksanakan penelitian agar terarah. Langkah-langkah penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Lapangan

   Tahap awal yang dilakukan untuk memulai penelitian ini adalah dengan melakukan observasi langsung ke lapangan untuk mengumpulkan informasi yang ada di departemen produksi PT. Kencana Tiara Gemilang.

2. Studi Literatur

   Hasil dari tahap studi lapangan perlu didukung oleh studi pustaka dengan mengumpulkan teori yang berhubungan dengan permasalahan yang diteliti yang dapat dijadikan referensi untuk mendukung penelitian ini. Sumber pustaka ini dapat diperoleh dari buku, laporan penelitian, jurnal dan internet.

3. Identifikasi Masalah

   Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah-masalah yang sedang terjadi pada departemen produksi PT. Kencana Tiara Gemilang, terutama dalam hal penjadwalan produksi.

4. Perumusan Masalah

   Tahap selanjutnya yang dilakukan adalah merumuskan masalah sesuai dengan kondisi nyata di PT. Kencana Tiara Gemilang.

5. Penetapan Tujuan Penelitian

   Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya.

6. Pengumpulan Data

   Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan informasi yang diperlukan selama penelitian berlangsung. Data yang dikumpulkan digunakan sebagai *input* pada pengolahan data untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat. Data–data yang dikumpulkan tersebut terdiri dari:

   a. Data umum perusahaan (profil singkat)
   b. Data *job* bulan November 2016
   c. Data permesinan (waktu standar proses)

7. Pengolahan Data

   Data yang telah dikumpulkan selanjutnya diolah untuk dianalisis. Adapun langkah pengolahan data adalah sebagai berikut:

a. Melakukan perhitungan waktu proses untuk masing-masing *job*

Perhitungan waktu proses untuk masing-masing *job* dapat dilakukan dengan membagi jumlah yang harus diproduksi untuk *job* (kg) dengan waktu standar untuk memproduksi *job* (kg/jam) pada mesin.

b. Merancang dan mengembangkan penjadwalan

Pengembangan penjadwalan mesin menggunakan pengembangan model *Mixed Integer Linear Programming* dengan fungsi tujuan meminmalkan *makespan*.

c. Melakukan penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming*

Melakukan penjadwalan mesin menggunakan pengembangan model *Mixed Integer Linear Programming*.

d. Melakukan verifikasi model matematis

Melakukan verifikasi terhadap model pengembangan penjadwalan *Mixed Integer Linear Programming* untuk memastikan model matematis sesuai dengan logika berpikir.

e. Melakukan perbandingan penjadwalan *existing* dengan penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming*.

Melakukan perbandingan hasil penjadwalan *existing* dengan hasil model *Mixed Integer Linear Programming* berdasarkan *makespan* dan urutan jadwala yang dihasilkan.

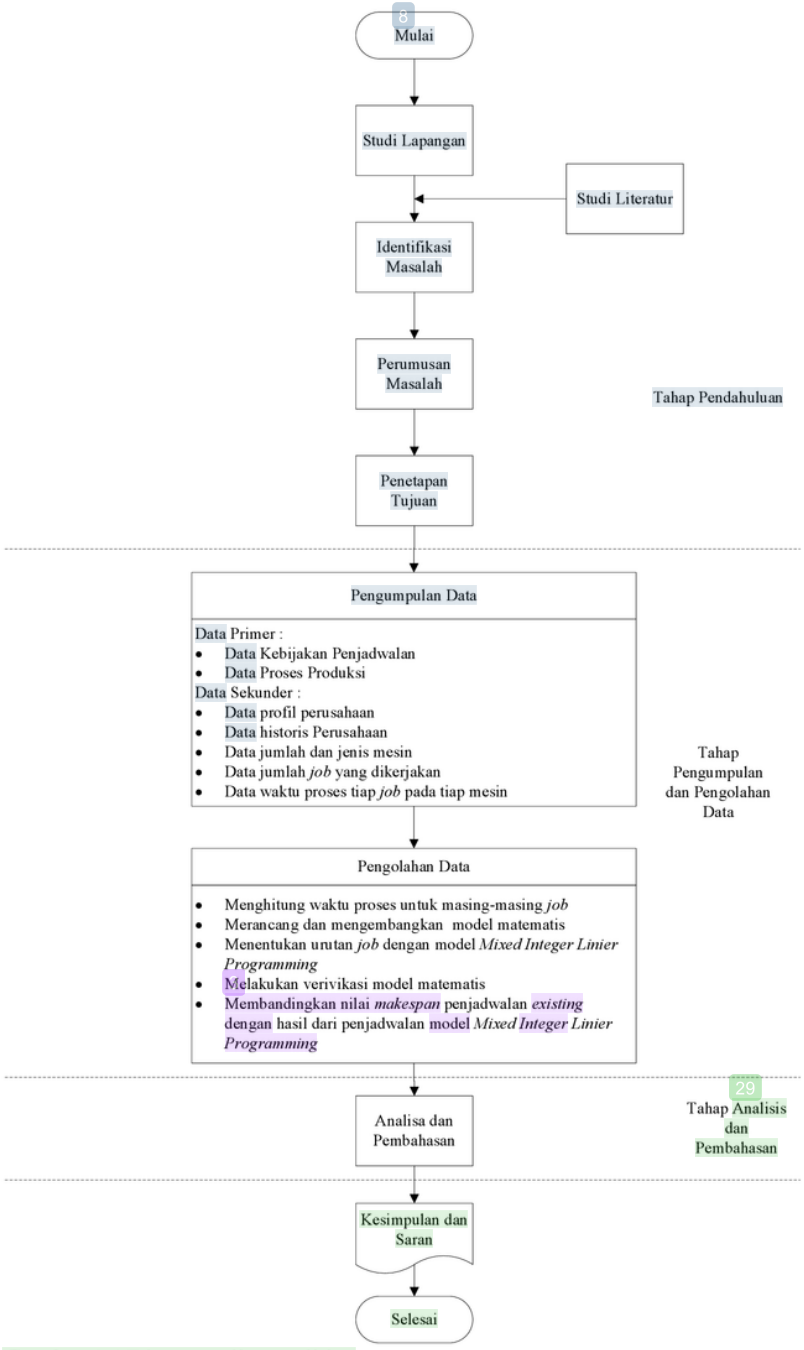
8. Analisis dan Pembahasan

Tahap ini bertujuan untuk menganalisa dan membandingkan kinerja model *Mixed Integer Linear Programming* dengan penjadwalan *existing* berdasarkan *makespan* yang dihasilkan.

9. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan penutup dari keseluruhan langkah penelitian. Kesimpulan yang berisi hasil-hasil analisa yang menjawab rumusan masalah. Serta saran sebagai tindak lanjut dari penelitian diharapkan dapat memberi manfaat untuk PT. Kencana Tiara Gemilang.

Diagram alir penelitian yang dilakukan di PT. Kencana Tiara Gemilang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab hasil dan pembahasan ini berisi data yang telah dikumpulkan dan selanjutnya dilakukan pengolahan berdasarkan metode penelitian yang sudah dilakukan. Kemudian menginterpretasi data untuk mendapatkan hasil analisis dan pembahasan dari metode yang digunakan dalam penelitian ini.

4.1 Pengumpulan Data

Tahap ini menyajikan hasil pengumpulan data yang didapatkan dari perusahaan yang terdiri dari gambaran umum perusahaan, gambaran umum proses produksi, data permintaan pada bulan November 2016, data jumlah produk yang dikerjakan, data waktu proses pengerjaan mesin setiap proses produksi.

4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan

Pada bagian ini dijelaskan mengenai gambaran PT. Kencana Tiara Gemilang secara umum, mengenai profil singkat perusahaan, visi, misi dan struktur organisasi perusahaan.

4.1.1.1 Profil Perusahaan

PT. Kencana Tiara Gemilang terletak di Singosari km. 22, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. PT. Kencana Tiara Gemilang yang sebelumnya merupakan PT. Sido Bangun Indonesia, merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dalam produksi plastic *packaging* yang bediri sejak awal 2004. PT. Kencana Tiara Gemilang memiliki 4 proses produksi utama, antara lain: *Extrusion*, *Gusset*, *Printing* dan *Converting*. PT. Kencana Tiara Gemilang memiliki lahan daerah seluas 77.200 m^2 dan memiliki manajemen mutu yang sudah tersertifikasi ISO 9001:2008.

Pada awal berdirinya, PT. Kencana Tiara Gemilang banyak bergerak di produksi kemasan plastik industri dan rumah tangga, kantong sampah, kantong belanja dan *protective plastic sheet*. Karena adanya permintaan konsumen yang bervariasi, PT. Kencana Tiara Gemilang menerapkan suatu sistem penjadwalan yang dapat memenuhi jumlah permintaan dan produk dari memiliki jenis produk utama, dimana terdapat 9 jenis produk yang merupakan pesanan dari pelanggan (*Make To Order*).

PT. Kencana Tiara Gemilang memiliki motto "Dari Kami untuk Bumi", yang berarti PT. Kencana Gemilang sudah mulai menghasilkan produk bergerak ke bidang agrikultur

seperti *mulsa*, *polybag* dan *protective sheet*. Adanya peluang permintaan permintaan di bidang Perikanan dan Kelautan dan Konstruksi, maka pada awal tahun 2018, PT. Kencana Tiara Gemilang menambahkan suatu *line* produksi *Geomembrane*.

4.1.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

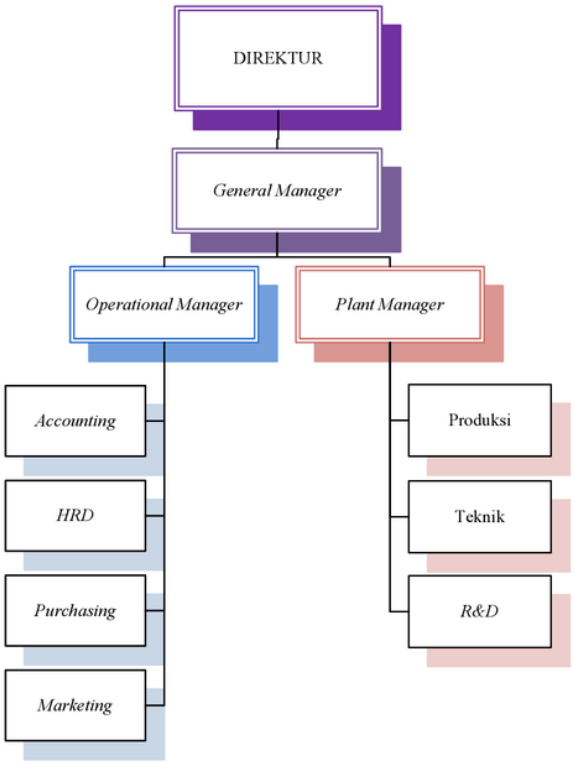
Dalam menjalankan usahanya, PT. Kencana Tiara Gemilang memiliki visi untuk menjadi perusahaan industri kemasan plastik terkemuka di dunia dengan kapasitas produksi tahun sebesar 100.000 MT di tahun 2025. Guna meraih visi tersebut, PT. Kencana Tiara Gemilang memiliki misi sebagai berikut:

1. Pengembangan strategi finansial yang sehat dan efisien.
2. Inovasi yang selaras dengan perkembangan perusahaan dan dunia usaha.
3. Perencanaan yang strategis guna melebarkan bisnis ke pasar internasional.
4. Pengembangan sistem produksi yang dinamis dan berdaya guna.
5. Pemebrian nilai tambah bagi seluruh pemegang saham, pelanggan, masyarakat dan lingkungan global.
6. Perbaikan berkesinambungan di segala aspek.

4.1.1.3 Struktur Perusahaan

PT. Kencana Tiara Gemilang terdiri dari dua departemen utama, yaitu : departemen *Operational Manager* dan *Plant Manager*. *Operational* Manager memiliki 4 sub departemen berupa *Accounting*, HRD, *Purchasing* dan, *Marketing*. Plant Manager memiliki 3 sub departemen berupa Produksi, Teknik dan R&D. Pada penelitian ini, objek penelitian dilakukam pada sub departemen produksi, yang mana departemen produksi merupakan departemen yang bertanggung jawab terhadap seluruh kegiatan produksi. Sehingga dalam penelitian ini dilakukan pengambilan data primer maupun sekunder pada sub departemen produksi.

Gambar 4.1 menunjukkan struktur organisasi dari PT. Kencana Tiara Gemilang. *General Manager* mengkoordinasikan dan bertanggung jawab atas dua departemen utama..



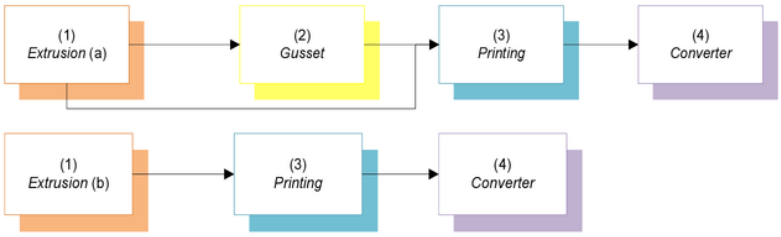
Gambar 4.1 Struktur organisasi PT. Kencana Tiara Gemilang
Sumber: PT. Kencana Tiara Gemilang (2016)

Uraian pembagian tugas dari masing-masing sub departemen adalah sebagai berikut:

1. Departemen *Accounting* bertugas merencanakan dan mengatur segala hal yang berhubungan dengan dana atau keuangan, seperti menetapkan struktur keuangan dan melakukan pembayaran pajak perusahaan.
2. Departemen *HRD* bertugas merencanakan dan mengatur segala hal yang berhubungan dengan sumber daya manusia, seperti merekrut karyawan baru, memberikan training, mengadakan konseling dan memberhentikan karyawan.
3. Departemen *Purchasing* bertugas merencanakan dan mengatur segala hal yang berhubungan dengan pembelian yang mendukung perusahaan, seperti pembelian bahan baku dan pembelian mesin baru.
4. Departemen *Marketing* bertugas merencanakan dan mengatur segala hal yang berhubungan dengan penjualan hasil produksi, seperti melakukan promosi, memasarkan produk dan menghubungi distributor.
5. Departemen Produksi bertugas merencanakan, mengkoordinasikan dan mengontrol serta memastikan jalannya proses produksi, menentukan target dan mengusahakan target tersebut dapat dicapai.
6. Departemen Teknik bertugas untuk merencanaakan, mengkoordinasikan dan mengendalikan masalah permesinan pada proses produksi dan melakukan perawatan pada mesin.
7. Departemen *R&D* bertugas untuk melakukan penelitian, pengembangan, inovasi dan mengetahui jenis produk yang dibutuhkan masyarakat, seperti meluncurkannya produk baru mulsa yang berfungsi melindungi padi.

4.1.2 Proses Produksi

PT. Kencana Tiara Gemilang memiliki 4 tahapan proses utama dalam keseluruhan menjalankan produksinya, yaitu *Extrusion*, *Gusset*, *Printing* dan *Converting*. Pada tahap awal, proses *extrusion* yang dibedakan menjadi 2 proses yang berbeda. Hal ini dikarenakan adanya produk yang membutuhkan perlakuan yang berbeda pada proses *extrusion*. Gambar 4.2 merupakan skema proses pembuatan *plastic packaging* secara keseluruhan.



Gambar 4.2 Skema proses produksi *plastic packaging* PT. Kencana Tiara Gemilang
Sumber: PT. Kencana Tiara Gemilang (2016)

1. Proses *Extrusion*

   Proses pertama dalam produksi lembaran plastik adalah proses ekstrusi yang juga dikenal dengan istilah "peniupan film plastik" (*blown film*) dimana bijih plastik diubah menjadi gelembung dalam berbagai ketebalan, lebar, warna dan karakteristik sesuai dengan permintaan. Pada proses ini, digunakan dua jenis mesin ekstrusi. Hasil dari tahap ini berupa lembaran atau gulungan plastik (*plastic roll*) yang kemudian diolah kembali pada proses berikutnya. Gambar 4.3 merupakan gambar proses *extruison.*

Gambar 4.3 Proses *extrusion*
Sumber: PT. Kencana Tiara Gemilang (2016)

2. Proses *Gusset*

Proses kedua merupakan proses mengubah lembaran plastik menjadi memiliki pola yang disesuaikan. Pada proses ini, dilakukakn penekanan pada sudut plastik tertentenu atau *gusseting* sehingga didapatkan plastik yang memiliki pola. Produk yang melalui proses *gusset* yaitu: *masking film*, *shopping bag*, *garbage bag* dan *garbage bag* KTG. Gambar 4.4 merupakan gambar proses *gusset*.

Gambar 4.4 Proses *gusset*
Sumber: PT. Kencana Tiara Gemilang (2016)

3. Proses Printing

Proses *printing* merupakan proses pemberian warna atau logo pada produk hasil dari proses *extrusion* atau *gusset*. Hasil dari proses berupa gulungan-gulungan film plastik kemudian diproses printing dengan menggunakan teknologi cetak *rotogravure* dan *flexography*. Gambar 4.5 merupakan gambar proses *printing*.

Gambar 4.5 Proses *printing*
Sumber: PT. Kencana Tiara Gemilang (2016)

4. Proses *Converting*

Proses *converting* adalah tahap terakhir dari proses produksi kantong plastik dimana lembaran plastik dipotong dan diubah menjadi berbagai tipe dan ukuran kemasan plastik sesuai permintaan pelanggan. Berbagai tipe *converting* dan opsi tersedia, seperti *t-shirt, flush cut, flush cut with handle, draw tape, star seal*, tas plastik berbentuk segitiga atau kerucut, *soft loop bags*, lembaran plastik untuk mengemas makanan dan lembaran pelindung otomotif dan interior.

Gambar 4.6 Proses *converting*
Sumber: PT. Kencana Tiara Gemilang (2016)

4.1.3 Proses Penjadwalan Perusahaan

Dalam menjalankan fungsi perencanaan dan pengendalian produksi, PT. Kencana Tiara Gemilang tidak melakukan proses peramalan untuk memproyeksikan permintaan yang diproduksi. Hal ini dikarenakan sebagian besar produk PT. Kencana Tiara Gemilang beroperasi dengan sistem *Make to Order*, sehingga data produksi *plastic packaging* tiap bulannya disesuaikan dengan pesanan yang datang. Permintaan pelanggan yang diterima dikerjakan pada awal bulan berikutnya karena adanya kendala waktu dan biaya serta *setup* pada proses mesin, sehingga sulit untuk mengerjakan produksi pada saat bulan tersebut. Namun, tidak menutup kemungkinan PT. Kencana Tiara Gemilang mampu memerima permintaan jika *job* yang dikerjakan memilik proses dan *setup* yang sama. Proses penjadwalan yang dilakukan PT. Kencana Tiara Gemilang adalah *Priority Scheduling* dimana produk yang dikerjakan terlebih dahulu adalah produk dengan jumlah permintaan terbanyak.

4.1.4 Data Produksi Plastik

Data produksi plastik berisi informasi mengenai jumlah produk plastik yang harus diproduksi dalam satuan ton dengan spesifikasi jenis produk sesuai pesanan. Pengambilan data produksi untuk periode 1 bulan berasal dari pesanan yang telah dikerjakan pada bulan November 2016. Data jumlah permintaan dan realisasi yang telah diproduksi pada bulan November 2016 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1
Jumlah Permintaan dan Realisasi November 2016

No.	Jenis Produk	Jumlah Permintaan (kg)	Jumlah yang Mampu Terpenuhi (kg)
1	*Polybag*	6192	6192
2	*Piping Bag*	5888	5888
3	*Flush Cut*	5290	5290
4	*Mulsa*	4007	4007
5	*Drawtape*	7453	7453
6	*Masking Film*	8219	8219
7	*Shopping Bag*	6686	6686
8	*Garbage Bag*	3998	3895
9	*Garbage Bag* KTG	3486	2618

Sumber: PT. Kencana Tiara Gemilang (2016)

4.1.5 Data Waktu Teoritis Kapasitas Mesin

Setiap kapasitas mesin memiliki waktu yang berbeda di tiap mesin atau *stage*. Waktu kapasitas mesin ini sangat berpengaruh dalam tercapainya target produksi suatu perusahaan. Pengambilan data waktu kapasitas mesin dilakukan secara wawancara secara langsung terhadap pihak *General Manager* dan *Plant Manager*, maka jenis data waktu

yang diperoleh akan bersifat waktu teoritis. Data waktu teoritis kapasitas mesin dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2
Waktu Teoritis Kapasitas Mesin

No.	Jenis Produk	Waktu Teoritis Kapasitas Mesin (Kg/Jam)				
		Extrusion (a)	*Extrusion* (b)	*Gusset*	*Printing*	*Converting*
1	*Polybag*	0	79,65	71,9	0	422,5
2	*Piping Bag*	0	146,3	0	0	220,8
3	*Flush Cut*	0	151,5	0	58,6	0
4	*Mulsa*	190	0	0	46,16	0
5	*Drawtape*	0	80,36	0	58	426,1
6	*Masking Film*	238,8	0	96,22	57,73	424
7	*Shopping Bag*	241	0	97,26	53,49	428,5
8	*Garbage Bag*	184,7	0	74,78	41,13	329,5
9	*Garbage Bag* KTG	236,2	0	96,65	58	426

Sumber: PT. Kencana Tiara Gemilang (2016)

Berdasarkan Tabel 4.2, dapat diketahui waktu teoritis kapasitas mesin pada setiap produk dan mesin. Waktu teoritis kapasitas mesin untuk *extrusion* (a) pada *shopping bag* adalah 241 kg/jam yang artinya selama 1 jam pada proses *extrusion* (a) dapat m,lenghasilkan lembaran plastik untuk *shopping bag* sebanyak 241 kg. Waktu teoritis kapasitas mesin untuk *extrusion* (b) pada *shopping bag* adalah 0 kg/jam yang artinya untuk produk *shopping bag*, tidak perlu melalui proses *extrusion* (b). Waktu teoritis kapasitas mesin untuk *gusset* pada *shopping bag* adalah 97,26 kg/jam yang artinya selama 1 jam pada proses *gusset* dapat menghasilkan lembaran plastik yang telah diberi sudut untuk *shopping bag* sebanyak 97,26 kg. Waktu teoritis kapasitas mesin untuk *printing* pada *shopping bag* adalah 53,49 kg/jam yang artinya selama 1 jam pada proses *printing* dapat dihasilkan lembaran plastik yang telah diberi warna untuk *shopping bag* sebanyak 53,49 kg. Waktu teoritis kapasitas mesin untuk *converting* pada *shopping bag* adalah 428,5 kg/jam yang artinya selama 1 jam pada proses *converting* dapat dihasilkan lembaran plastik yang telah dibentuk untuk *shopping bag* sebanyak 428,5 kg. Dikarenakan waktu kapasitas mesin bersifat teoritis, waktu ini tidak memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan penjelasan yang ada pada Tabel 4.2. Penambahan *allowance* (waktu kelonggaran) akan dilakukan pada data waktu kerja sebesar 5% untuk mengatasi jika terjadi adanya *delay* (penundaan) atau hal-hal yang tidak terduga.

4.1.6 Data Waktu Kerja

PT. Kencana Tiara Gemilang beroperasi selama tiap hari dengan jam kerja selama 24 jam. Jumlah hari kerja dalam satu bulan sangat mempengaruhi proses penyusunan rencana produksi harian yang dilakukan oleh pihak perusahaan. Penjadwalan bulan Agustus dilakukan selama 4 minggu, yaitu mulai tanggal 1 November 2016 – 5 Desember 2016. Maka total waktu yang dimiliki PT. Kencana Tiara Gemilang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3
Waktu Proses Produksi

Bulan	Lama Jam Kerja per Hari	Jumlah Hari yang tersedia	Total Jam Kerja Tersedia (jam)
November 2016	24	35	840

Sumber: PT. Kencana Tiara Gemilang (2016)

Berdasarkan Tabel 4.3, dapat dilihat waktu total jam kerja yang tersedia selama bulan November 2016 sebanyak 840 jam. Penambahan waktu *allowance* yang diberikan pada jam kerja sebesar 840 x 5% = 42 jam yang dibulatkan menjadi 2 hari.

4.2 Pengolahan Data

Setelah melakukan pengumpulan data, dilanjutkan dengan pengolahan data mulai dari melakukan menghitung waktu proses, membuat formulasi *Mixed Integer Linear Programming*, melakukan penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming*, melakukan verifikasi model *Mixed Integer Linear Programming* dan membandingkannya dengan penjadwalan *existing*.

4.2.1 Perhitungan Waktu Proses

Waktu proses adalah waktu yang diperlukan suatu *stage* (mesin) untuk menyelesaiakan suatu *job* (produk). Waktu proses diperoleh dari jumlah yang mampu terpenuhi pada Tabel 4.1 dibagi dengan waktu teoritis kapasitas mesin pada Tabel 4.2.

Perhitungan waktu proses untuk tiap produk dapat menggunakan rumus:

$$t_{i,j} = S_j / V_{i,j} \quad (4\text{-}1)$$

Dimana:

$t_{i,j}$ = waktu proses pada produk atau *job* j pada proses atau *stage* i

S_j = jumlah yang harus diproduksi pada produk atau *job* j

$V_{i,j}$ = kecepatan produk dihasilkan pada produk atau *job* j pada proses atau *stage* i

Berikut ini adalah contoh perhitungan waktu proses untuk produk *Shopping bag* pada proses *extrusion* (a).

Diketahui:

S_j = 6686 kg

$V_{i,j}$= 241 kg/jam

Maka, $t_{i,j} = S_j/V_{i,j} = 6686/241 = 27{,}75$ jam

Data hasil rekapitulasi waktu proses produksi untuk masing-masing proses dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4
Data Waktu Proses Produksi untuk Masing-masing Produk

No.	Jenis Produk	Waktu Proses Produksi (jam)				
		Extrusion (a)	*Extrusion* (b)	*Gusset*	*Printing*	*Converting*
1	*Polybag*	0	77,75	86,12	0	14,66
2	*Piping Bag*	0	40,25	0	0	26,67
3	*Flush Cut*	0	34,92	0	90,28	0
4	*Mulsa*	21,09	0	0	86,81	0
5	*Drawtape*	0	92,75	0	128,5	17,5
6	*Masking Film*	34,42	0	85,42	142,37	19,39
7	*Shopping Bag*	27,75	0	68,75	125	15,61
8	*Garbage Bag*	21,09	0	52,09	94,7	11,83
9	*Garbage Bag* KTG	11,09	0	27,09	45,14	6,15

Pada Tabel 4.4 terdapat nilai 0 di sebagian produk pada proses *extrusion* (a), *exrtusion* (b), *gusset printing* dan *converting*. Nilai 0 ini menunujukkan bahwa produk tersebut tidak dilalui atau dikerjakan melalu mesin atau *stage* tersebut.

4.2.2 Pengembangan model *Mixed Integer Linear Programming*

Pengembangan model *Mixed Integer Linear Programming* memerlukan adanya parameter, variabel keputusan, fungsi objektif dan fungsi kendala yang diformulasikan dalam bentuk matematis. Pengembangan model *Mixed Integer Linear Programming* ini mempermudah membuat jadwal usulan.

4.2.2.1 Indeks

Indeks yang digunakan dalam model *Mixed Interger Linear Programming* ini sebagai berikut:

i = dinyatakan sebagai mesin atau *stage* dimana i bernilai 1,2,3,4,5

j = dinyatakan sebagai *job* dimana j bernilai 1,2,3,4,5,6,7,8,9

k = dinyatakan sebgai job dimana k bernilai 1,2,3,4,5,6,7,8,9

4.2.2.2 Parameter

Parameter-parameter yang digunakan dalam model *Mixed Interger Linear Programming* ini sebagai berikut:

$t_{i,j}$ = waktu proses *job* j pada *stage* i

U = nilai berukuran besar (*Big M*) = 9999

4.2.2.3 Variabel Keputusan

Variabel-variabel keputusan yang digunakan dalam model *Mixed Interger Linear Programming* ini sebagai berikut:

$Y_{i,j,k}$ = pendahulu *job* k menuju *job* j di *stage* i. $Y_{i,j,k}$ bernilai 1 jika *job* k harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum *job* j, selain itu bernilai 0

$C_{i,j}$ = waktu penyelesaian *job* (*completion time*) pada *job* j di *stage* i

4.2.2.4 Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dari penelitian ini adalah meminimasi maksimum waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan yang ada dalam proses produksi (*makespan*). Fungsi tujuan tersebut secara matematis dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$minimize\ C_{max} \tag{4-2}$$

4.2.2.5 Fungsi Kendala

Fungsi kendala dari penelitian ini berkaitan dengan batasan-batasan (*constraints*) yang diberikan agar dapat memenuhi fungsi tujuan yang telah ditetapkan. Berikut ini kendala-kendala yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Kendala berikut ini digunakan untuk menunjukkan bahwa nilai *completion time* tidak boleh lebih kecil daripada nilai proses pengerjaan berdasarkan waktu proses *job* j pada *stage* i. Secara matematis dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$C_{i,j} \geq t_{i,j} \qquad \forall i, \forall j \tag{4-3}$$

2. Kendala berikut ini digunakan untuk menghitung dan menambah *completion time* berdasarkan waktu proses *job* j pada *stage* i. Secara matematis dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$C_{i,j} = C_{i-1,j} \qquad \forall i, \forall j, t_{i,j} = 0$$

$$C_{i,j} \geq C_{i-1,j} + t_{i,j} \qquad \forall i, \forall j, t_{i,j} \neq 0 \tag{4-4}$$

3. Kendala berikut ini menjelaskan bahwa selisih *completion time* antara produk sesudah dengan produknya sebelumnya tidak boleh kurang dari *completion time* produk sesudahnya. Secara matematis dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$C_{i,j} - C_{i,k} + U \times y_{i,j,k} \geq t_{i,j} \qquad \forall i, \forall j, \forall k, j>k, t_{i,j} \neq 0 \tag{4-5}$$

4. Kendala berikut ini menjelaskan bahwa selisih *completion time* antara produk sebelum dengan produknya sesudahnya tidak boleh kurang dari *completion time* waktu produk sebelumnya. Secara matematis dapat diformulasikan sebagai berikut

$C_{i,k} - C_{i,j} + U_x (1 - y_{i,j,k}) \geq t_{i,k}$ $\forall i, \forall j, \forall k, j>k, t_{i,k} \neq 0$ (4-6)

5. *Completion time* maksimum (C_{max}) merupakan nilai maksimum dari *completion time* produk terakhir yang dikerjakan pada masing-masing *stage*. Secara matematis dapat diformulasikan sebagai berikut.

$C_{max} \geq C_{i,j}$ $\forall i, \forall j, i=5$ (4-7)

6. Kendala berikut ini digunakan untuk memastikan bahwa *completion time* yang dihasilkan harus bernilai positif. Secara matematis dapat diformulasikan sebagai berikut.

$C_{i,j} \geq 0$ $\forall i, \forall j$ (4-8)

7. Kendala berikut ini digunakan untuk memastikan bahwa *completion time* maksimum yang dihasilkan harus bernilai positif. Secara matematis dapat diformulasikan sebagai berikut.

$C_{max} \geq 0$ (4-9)

8. Kendala berikut ini digunakan untuk memastikan bahwa masing-masing job hanya dikerjakan hanya sekali pada satu *stage*. Secara matematis dapat diformulasikan sebagai berikut.

$Y_{i,j,k} = 0,1$ $\forall i, \forall j, \forall k, j>k$ (4-10)

$\sum_{k=1}^{n} (Yi,j,k + Yi,k,j) = 1$ $\forall i, \forall j, \forall k, j>k, t_{i,j} \neq 0$ (4-11)

4.2.2.6 Formulasi *Mixed Integer Linear Programming*

Berdasarkan penjelasan mengenai fungsi objektif (4-2) dan fungsi kendala (4-3) sampai (4-11), maka formulasi *Mixed Integer Linear Programming* ditulis sebagai berikut.

Fungsi Tujuan:

minimize C_{max}

Fungsi Kendala:

$C_{i,j} \geq t_{i,j}$ $\forall i, \forall j$

$C_{i,j} = C_{i-1,j}$ $\forall i, \forall j, t_{i,j} = 0$

$C_{i,j} \geq C_{i-1,j} + t_{i,j}$ $\forall i, \forall j, t_{i,j} \neq 0$

$C_{i,j} - C_{i,k} + U_x y_{i,j,k} \geq t_{i,j}$ $\forall i, \forall j, \forall k, j>k, t_{i,j} \neq 0$

$C_{i,k} - C_{i,j} + U_x (1 - y_{i,j,k}) \geq t_{i,k}$ $\forall i, \forall j, \forall k, j>k, t_{i,k} \neq 0$

$C_{max} \geq C_{i,j}$ $\forall i, \forall j, i=5$

$C_{i,j} \geq 0$ $\forall i, \forall j$

$C_{max} \geq 0$

$Y_{i,j,k} = 0,1$ $\forall i, \forall j, \forall k, j>k$

$\sum_{\substack{j=1 \\ k=1}}^{n} (Yi,j,k + Yi,k,j) = 1$ $\forall i, \forall j, \forall k, j>k, t_{i,j} \neq 0$

4.2.2.7 Parameterisasi Model *Mixed Integer Linear Programming*

Parameterisasi model ini dilakukan untuk menentukan nilai pada parameter yang ada di dalam model. Parameterisasi waktu proses $t_{i,j}$ yang menyatakan waktu proses untuk *job* j pada *stage* i, nilai parameternya untuk masing-masing indeksnya dapat dilihat pada Tabel 4.5. Indeks *stage* i = 1,2,..,5 dan indeks *job* j = 1,2,.9.

Tabel 4.5
Parameter $t_{i,j}$ untuk Tiap Indeks

Indeks	j								
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0	0	21.09	0	34.42	27.75	21.09	11.09
2	77.75	40.25	34.92	0	92.75	0	0	0	0
3	86.12	0	0	0	0	85.42	68.75	52.09	27.09
4	0	0	90.28	86.81	128.5	142.4	125	94.7	45.14
5	14.66	26.67	0	0	17.5	19.39	15.61	11.83	6.15

4.2.3 Formulasi Model *Mixed Integer Linear Proggramming*

Permasalahan penjadwalan produksi *plastic packaging* dengan model *Mixed Integer Linear Programming* diselesaikan secara komputasi dengan bantuan *software* LINGO 11.0. Dalam penyelesaian menggunakan *software* LINGO 11.0, semua data, fungsi tujuan, dan fungsi kendala pada *Mixed Integer Linear Programming* dubah menjadi *syntax* sesuai dengan bahasa LINGO 11.0. Hasil perubahan algoritma menjadi *syntax* dapat dilihat pada Lampiran 2.

4.3 Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dijelaskan mengenai analisis dan pembahasan dari hasil pengumpulan dan pengolahan data yang nantinya digunakan sebagai dasar untuk membuat suatu kesimpulan dan jadwal rekomendasi untuk PT. Kencana Tiara Gemilang.

4.3.1 Analisis Jadwal *Existing*

PT. Kencana Tiara Gemilang menerapkan penjadwalan *Priority Scheduling*, dimana *job* yang memiliki prioritas terbesar dikerjakan terlebih dahulu. Pada PT. Kencana Tiara Gemilang prioritas atau pembobotan terletak pada jumlah permintaan terbanyak. Berikut ini hasil penjadwalan *existing* pada PT. Kencana Tiara Gemilang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6
Jadwal Kerja *Existing*

Jenis Produk	Jadwala Kerja (jam ke)				
	Extrusion (a)	*Extrusion* (b)	*Gusset*	*Printing*	*Converting*
Polybag		92,75	188,59		531,32
Piping Bag		170,7			545,98
Flush Cut		210,75		515,71	
Mulsa	62,17			605,99	
Drawtape		0		262,61	390,71
Masking Film	0		34,42	119,84	262,21
Shopping Bag	34,42		119,84	390,71	515,71
Garbage Bag	83,26		274,71	692,8	787,5
Garbage Bag KTG	104,36		326,8	787,5	832,64

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui jadwal produk yang dikerjakan pada setiap produk dan mesin. Jenis produk *polybag* pada proses *extrusion* (b) dikerjakan pada jam ke 92,75. Dengan menggunakan Tabel 4.7, dapat dihitung *completion time* pada masing-masing produk. Hasil perhitungan *completion time* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7
Completion Time Jadwal *Existing* untuk Masing-masing Produk

Jenis Produk	*Complention Time* (jam)				
	Extrusion (a)	*Extrusion* (b)	*Gusset*	*Printing*	*Converting*
Polybag		170,5	274,71		545,98
Piping Bag		210,95			572,65
Flush Cut		245,67		605,99	
Mulsa	83,26			692,8	
Drawtape		92,75		391,11	408,21
Masking Film	34,42		119,84	262,24	281,6
Shopping Bag	62,17		188,59	515,71	531,32
Garbage Bag	104.35		326.8	787,5	799.33
Garbage Bag KTG	115.45		353.89	832.64	838.79

Pada Tabel 4.7 diperoleh nilai *makespan* dari keseluruhan produk, terletak pada produk *Garbage Bag* KTG dengan nilai sebesar 838,79 jam. Hal ini menunjukkan bahwa untuk menyelesaikan seluruh kegiatan produksi PT. Kencana Tiara Gemilang membutuhkan waktu selama 838,79 jam.

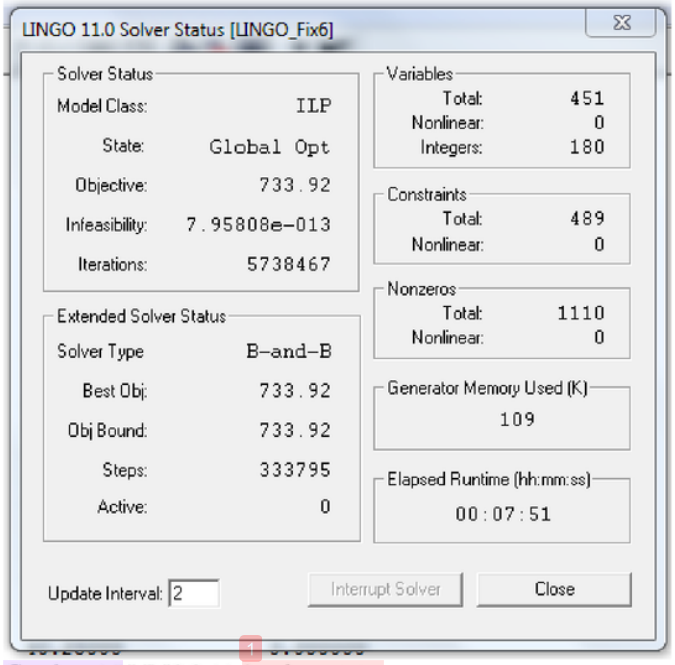
Gantt chart pada Lampiran 1, merupakan hasil penjadwalan *existing.* Berdasarkan gambar *gantt chart* pada Lampiran 1, dapat diketahui *idle* dan *completion time* untuk masing-masing produk. *Idle* yang dihasilkan pada penjadwalan dengan penjadwalan *existing,* terletak pada proses *gusset* sebesar 34,43 jam, proses *printing* 119,84 sebesar jam dan proses *converting* sebesar 729,98 jam. Produk *polybag* memiliki *completion time* sebesar 531,32 jam atau setara dengan 22,14 hari. Produk *piping bag* memiliki *completion time* sebesar 545,98 jam atau setara dengan 22,75 hari. Produk *flush cut* memiliki *completion time* sebesar 515,71 jam atau setara dengan 21,49 hari. Produk *mulsa* memiliki *completion time* sebesar 605,99 jam atau setara dengan 25,25 hari. Produk *drawtape*

memiliki *completion time* sebesar 390,71 jam atau setara dengan 16,28 hari. Produk *masking film* memiliki *completion time* sebesar 262,21 jam atau setara dengan 10,93 hari. Produk *shopping bag* memiliki *completion time* sebesar 515,71 jam atau setara dengan 21,49 hari. Produk *garbage bag* memiliki *completion time* sebesar 787,5 jam atau setara dengan 32,82 hari. Produk *garbage bag* KTG memiliki *completion time* sebesar 832,64 jam atau setara dengan 34,7 hari.

4.3.2 Analisis Model *Mixed Integer Linear Programming*

Hasil dari penyelesaian LINGO 11.0 dengan model *Mixed Integer Linear Programming* berupa fungsi tujuan yang didefinisikan untuk meminimasi *makespan*. Nilai *makespan* ini merupakan total dari seluruh waktu proses produksi pada semua *stage*. Untuk hasil output dari formulasi model *Mixed Integer Linear Programming*, dapat dilihat pada Lampiran 3.

Pengembangan model *Mixed Integer Linear Programming* dikomputasi dengan menggunakan komputer *Intel® Core*™ i5-2410M 2.3 GHz dengan RAM 2 GB. Dari hasil komputasi (*running*) untuk model *Mixed Integer Linear Programming*, diperoleh nilai masing-masing *completion time* yang dapat diproses menjadi jadwal usulan. Keterangan hasil dari ormulasi model *Mixed Integer Linear Programming*, dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 LINGO 11.0 *solver status*

Gambar 4.7 dapat ditunjukkan total variabel yang ada pada model sebesar 451 variabel dengan 180 variabel di antaranya adalah variabel *integer*, total batasan (*constraints)* yang dijabarkan dari model sebesar 489 batasan dan total *nonzeroes coefficient* dalam model sebesar 1110 koefisien. Dengan jumlah variabel, batasan dan koefisien tersebut, didapatkan solusi dari LINGO 11.0 untuk model *Mixed Integer Linear Programming* yang berupa nilai fungsi tujuan untuk meminimasi *maximum completion time/ makespan* dengan total iterasi sebesar 5.738.467 iterasi. Dengan itu, nilai waktu proses dari permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini untuk proses penjadwalan produksi *plastic packaging* didapat sebesar 733,92 jam atau setara dengan 30,58 hari.

4.3.3 Analisis Jadwal Model *Mixed Integer Linear Programming*

Hasil komputasi (*running*) untuk model *Mixed Integer Linear Programming* menghasilkan nilai *completion time* pada masing-masing *job* berdasarkan *stage* yang dapat diproses menjadi jadwal model *Mixed Integer Linear Programming*. Pada variabel *completion time* ($C_{i,j}$) dilakukan pengurutan berdasarkan *value* yang dihasilkan. Hasil pengurutan variabel *completion time* dapat dilihat pada Lampiran 4. Jadwal kerja model *Mixed Integer Linear Programming* dapat dibuat dengan mengurutkan data waktu proses produksi pada Tabel 4.8 menjadi Tabel 4.10.

Tabel 4.8
Data Waktu Proses Produksi untuk Masing-masing Produk

No.	Jenis Produk	Waktu Proses Produksi (jam)				
		Extrusion (a)	*Extrusion* (b)	*Gusset*	*Printing*	*Converting*
1	*Polybag*	0	77,75	86,12	0	14,66
2	*Piping Bag*	0	40,25	0	0	26,67
3	*Flush Cut*	0	34,92	0	90,28	0
4	*Mulsa*	21,09	0	0	86,81	0
5	*Drawtape*	0	92,75	0	128,5	17,5
6	*Masking Film*	34,42	0	85,42	142,4	19,39
7	*Shopping Bag*	27,75	0	68,75	125	15,61
8	*Garbage Bag*	21,09	0	52,09	94,7	11,83
9	*Garbage Bag* KTG	11,09	0	27,09	45,14	6,15

Data *completion time* yang telah diurutkan pada Lampiran 4 dibentuk menjadi sebuah tabel yang berisi urutan pengerjaan suatu proses. Pengrurutan ini untuk mendapatkan waktu pengerjaan pada jadwal model *Mixed Integer Linear Programming*.

Contoh pengurutan pada $C_{2,4}$, diketahui $C_{2,4}$ memiliki urutan ke-6. Nilai 2 menunjukkan pada proses *extrusion* (b) dan nilai 4 menunjukkan pada produk *mulsa,* maka pada pengerjaan produk *mulsa* pada proses *extrusion* (b) dikerjakan pada urutan ke-6.

Berikut rekapitulasi pengurutan untuk masing-masing produk terhadap proses dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9
Pengurutan Pengerjaan untuk Masing-masing Produk

No.	Jenis Produk	Waktu Proses Produksi				
		Extrusion (a)	*Extrusion* (b)	*Gusset*	*Printing*	*Converting*
1	*Polybag*	1	24	37	38	44
2	*Piping Bag*	2	31	27	29	32
3	*Flush Cut*	3	25	26	43	45
4	*Mulsa*	5	6	7	14	40
5	*Drawtape*	4	18	21	30	42
6	*Masking Film*	17	19	28	33	34
7	*Shopping Bag*	11	20	22	39	41
8	*Garbage Bag*	12	13	15	23	35
9	*Garbage Bag* KTG	8	9	10	16	36

Tabel 4.9 menunjukkan urutan pengerjaan waktu proses produksi pada masing-masing *job* dan *stage*. Dari Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 dapat dibuat tabel *completion time* dengan memperhatikan *completion time* tertinggi pada *job* atau *stage* sebelumnya. Nilai 0 (kosong) dapat diabaikan karena produk (*job*) tidak perlu melalui proses yang ada.

Contoh perhitungan *completion time* pada *mulsa* pada proses *extrusion* (a). Diketahui bahwa *mulsa* pada proses *extrusion* (a) memiliki urutan ke-5. Pada pengerjaan ini *job* pendahulu tertinggi bernilai 0 dan *stage* pendahulu tertinggi bernilai 0, maka nilai tertinggi dari kedua nilai tersebut adalah 0. Nilai proses pada pengerjaan bernilai 21,09, maka *completion time* yang dihasilkan bernilai 0 + 21,09 = 21,09 jam.

Contoh perhitungan *completion time* pada *masking film* pada proses *gusset*. Diketahui bahwa *masking film* pada proses *gusset* (a) memiliki urutan ke-28. Pada pengerjaan ini *job* pendahulu tertinggi bernilai 115,44 dan *stage* pendahulu tertinggi bernilai 201,86 maka nilai tertinggi dari kedua nilai tersebut adalah 201,86. Nilai proses pada pengerjaan bernilai 85,42, maka *completion time* yang dihasilkan bernilai 201,86 + 85,42 = 287,28 jam.

Berikut rekapitulasi hasil *completion time* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10
Completion Time Jadwal Model *Mixed Integer Linear Programming* untuk Masing-masing Produk

Jenis Produk	*Complention Time* (jam)				
	Extrusion (a)	*Extrusion* (b)	*Gusset*	*Printing*	*Converting*
Polybag		170,5	373,4		691,41
Piping Bag		245,67			272,34
Flush Cut		205,42		733,92	
Mulsa	21,09			107,9	
Drawtape		92,75		376,24	676,75
Masking Film	115,44		287,28	518,64	538,03
Shopping Bag	59,93		201,86	643,64	659,25
Garbage Bag	81,02		133,11	247,74	549,86
Garbage Bag KTG	32,18		59,27	153,04	556,01

Pada Tabel 4.10 diperoleh nilai *makespan* dari keseluruhan produk, terletak pada produk *Flush Cut* dengan nilai sebesar 733,92 jam. Hal ini menunjukkan bahwa untuk menyelesaikan seluruh kegiatan produksi PT. Kencana Tiara Gemilang membutuhkan waktu selama 733,92 jam. Jadwal kerja model *Mixed Integer Linear Programming* dapat diperoleh dengan cara mengurangi *completion time* untuk masing-masing produk dengan nilai waktu proses produksi yang dimiliki pada tiap *job* dan *stage*.

Contoh perhitungan jadwal kerja model *Mixed Integer Linear Programming* pada *mulsa* pada proses *extrusion* (a). Diketahui bahwa *mulsa* pada proses *extrusion* (a) memiliki *completion time* sebesar 21,09, maka jadwal kerja model *Mixed Integer Linear Programming mulsa* pada proses *extrusion* (a) dikerjakan pada jam ke 21,09-21,09 = 0. Contoh perhitungan jadwal kerja model *Mixed Integer Linear Programming* pada *masking film* pada proses *gusset*. Diketahui bahwa *masking film* pada proses *gusset* memiliki *completion time* sebesar 287,28, maka jadwal kerja model *Mixed Integer Linear Programming* pada proses *gusset* dikerjakan pada jam ke 287,28-85,42 = 201,86.Keseluruhan perhitungan jadwal model *Mixed Integer Linear Programming* dapat dilihat pada Lampiran 6.

Berikut rekapitulasi hasil jadwal kerja model *Mixed Integer Linear Programming* dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11
Jadwal Kerja model *Mixed Integer Linear Programming*

Jenis Produk	Jadwala Kerja (jam ke)				
	Extrusion (a)	*Extrusion* (b)	*Gusset*	*Printing*	*Converting*
Polybag		92.75	287,28		589,12
Piping Bag		205,42			245,67
Flush Cut		170,5		643,64	
Mulsa	0			21,09	
Drawtape		0		247,74	571,62
Masking Film	81.02		201,86	376,24	518,64
Shopping Bag	32,18		133,11	518,64	556,01
Garbage Bag	59,93		81,02	133,11	538,03
Garbage Bag KTG	21,09		32,18	59,27	549,86

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat diketahui jadwal produk yang dikerjakan pada setiap produk dan mesin. Jenis produk *polybag* pada proses *extrusion* (b) dikerjakan pada jam ke 92,75. Jenis produk *polybag* pada proses *gusset* dikerjakan pada jam ke 287,28. Jenis produk *polybag* pada proses *converting* dikerjakan pada jam ke 589,12.

Gantt chart pada Lampiran 5, merupakan hasil penjadwalan dengan model *Mixed Integer Linear Programming*. Berdasarkan gambar *gantt chart* pada Lampiran 5, dapat diketahui *idle* dan *completion time* untuk masing-masing produk. *Idle* yang dihasilkan pada

penjadwalan dengan model *Mixed Integer Linear Programming,* terletak pada proses *gusset* sebesar 53,93 jam, proses *printing* 34,42 sebesar jam dan proses *converting* sebesar 691,41 jam. Produk *polybag* memiliki *completion time* sebesar 691,78 jam atau setara dengan 28,81 hari. Produk *piping bag* memiliki *completion time* sebesar 272,24 jam atau setara dengan 11,35 hari. Produk *flush cut* memiliki *completion time* sebesar 733,92 jam atau setara dengan 30,58 hari. Produk *mulsa* memiliki *completion time* sebesar 107,9 jam atau setara dengan 4,5 hari. Produk *drawtape* memiliki *completion time* sebesar 676,75 jam atau setara dengan 28,2 hari. Produk *masking film* memiliki *completion time* sebesar 538,03 jam atau setara dengan 22,42 hari. Produk *shopping bag* memiliki *completion time* sebesar 659,25 jam atau setara dengan 27,47 hari. Produk *garbage bag* memiliki *completion time* sebesar 549,86 jam atau setara dengan 22,92 hari. Produk *garbage bag* KTG memiliki *completion time* sebesar 556,01 jam atau setara dengan 23,17 hari.

4.3.4 Verifikasi Model *Mixed Integer Linear Programming*

Proses verifikasi digunakan untuk memastikan penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* yang dikembangkan telah berjalan sesuai model matematis dan dapat bekerja untuk menyelesaikan permasalahan di PT. Kencana Tiara Gemilang. Proses verifikasi dalam model *Mixed Integer Linear Programming* dapat dilakukan dengan cara menguji kembail fungsi kendala pada formulasi matematis dan dengan pembuatan *Gantt Chart*.

Berikut contoh pengujian fungsi kendala jadwal model *Mixed Integer Linear Programming* dengan menggunakan *job* ke 2 dan *stage* ke 4 sebagai berikut :

1. Fungsi kendala 4-3, dimana nilai *completion time* tidak boleh lebih kecil daripada nilai proses pengerjaan berdasarkan waktu proses *job* 2 pada *stage* 4.

   $C_{i,j} \geq t_{i,j}$

   $C_{4,2} \geq t_{4,2}$

   $376{,}24 \geq 26{,}67$

2. Fungsi kendala 4-4, dimana penambahan *completion time* berdasarkan waktu proses *job* 2 pada *stage* 4.

   $C_{i,j} \geq C_{i-1,j} + t_{i,j}$

   $C_{4,2} \geq C_{3,2} + t_{4,2}$

376,24 ≥376,24 + 0

376,24 ≥ 376,24

3. Fungsi kendala 4-5, dimana selisih *completion time* antara produk sesudah dengan produknya sebelumnya tidak boleh kurang dari *completion time* produk sesudahnya.

$C_{i,j} - C_{i,k} + U_x y_{i,k,j} \geq t_{i,j}$

$C_{4,2} - C_{4,1} + 9999_x y_{4,2,1} \geq t_{4,2}$

376,24 - 733,92 + 9999 $_x$ 1 ≥26,67

9641,32 ≥ 26,67

4. Fungsi kendala 4-6, dimana selisih *completion time* antara produk sebelum dengan produknya sesudahnya tidak boleh kurang dari *completion time* produk sebelumnya.

$C_{i,k} - C_{i,j} + U_x (1 - y_{i,j,k}) \geq t_{i,k}$

$C_{4,1} - C_{4,2} + 9999_x (1 - y_{4,2,1}) \geq t_{2,1}$

733,92 - 376,24 + 9999 x (1-1) ≥ 26,67

357,68 ≥ 26,67

5. Fungsi kendala 4-7, dimana waktu penyelesain maksimum (C_{max}) merupakan nilai maksimum dari *completion time* produk terakhir yang dikerjakan pada masing-masing *stage*.

$C_{max} \geq C_{i,j}$

$C_{max} \geq C_{4,2}$

733,92 ≥ 357,68

6. Fungsi kendala 4-8, dimana *completion time* yang dihasilkan harus bernilai positif. $C_{i,j} \geq 0$

$C_{4,2} \geq 0$

357,68 ≥ 0

7. Fungsi kendala 4-9, dimana total *completion time* yang dihasilkan harus bernilai positif.

$C_{max} \geq 0$

733,92 ≥ 0

8. Fungsi kendala 4-10, dimana masing-masing job hanya dikerjakan hanya sekali pada satu *stage*.

$Y_{i,j,k} = 0,1$	$Y_{i,j,k} + Y_{i,k,j} = 1$
$Y_{4,2,1} = 0,1$	$Y_{4,2,1} + Y_{4,1,2} = 1 + 0$
$1 = 1$	$1 = 1$

Berdasarkan contoh penyelesaian fungsi kendala dalam model *Mixed Integer Linear Programming* tidak ada fungsi kendala yang dilanggar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa fungsi kendala dapat mewakili model *Mixed Integer Linear Programming* dan dapat memenuhi seluruh *job*.

Proses verifikasi pada model *Mixed Integer Linear Programming* selanjutnya dengan menghitung *makespan* dan dibandingkan dengan Gantt Chart jadwal model *Mixed Integer Linear Programming* pada Lampiran 4. *Makespan* jadwal model *Mixed Integer Linear Programming* sebesar 733,92 jam atau 30,58 hari sudah sesuai dengan Gantt *Chart* dimana *job* terakhir selesai pada tanggal 1 Desember 2016, maka dapat dikatakan hasil model *Mixed Integer Linear Programming* dapat mewakili model *Mixed Integer Linear Programming* dan dapat memenuhi seluruh *job*.

4.3.5 Perbandingan Jadwal *Existing* dengan Model *Mixed Integer Linear Programming*

Makespan merupakan total waktu yang dibutuhkan untuk menyelsaikan semua *job* dan *idle* adalah waktu yang terbuang akibat *job* yang tidak dapat dikerjakan. Perbandingan nilai *makespan* dan *idle* antara jadwal *existing* dengan jadwal model *Mixed Integer Linear Programming* menggunakan model *Mixed Integer Linear Programming* dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan Tabel 4.13.

Tabel 4.12
Perbandingan Nilai *Makespan*

Makespan Existing (jam)	*Makespan MILP* (jam)	Persentase Penurunan %
838,79	733,92	12,5

Pada Tabel 4.12 dapat dilihat adanya pengurangan waktu *makespan* pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming*. Hal ini dikarenakan penjadwalan menggunakan model *mixed integer linear programming* memilih jam kerja optimal dengan memilih *idle* terkecil sehingga dengan penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* yang optimal ini dapat meminimasi *makespan.* Penurunan nilai *makespan* dapat mengurangi terjadinya *lost sale*.

Tabel 4.13
Perbandingan Nilai *Idle*

Jenis Proses	*Idle Existing* (jam)	*Idle* Model *MILP*(jam)	Persentase Penuruan %
Extrusion (a)	0	0	0

Jenis Proses	*Idle Existing* (jam)	*Idle* Model *MILP*(jam)	Persentase Penuruan %
Extrusion (b)	0	0	0
Gusset	34,42	53,93	-57
Printing	119,84	34.42	71
Converting	726,98	691,41	5

Pada Tabel 4.13 menunjukkan perbandingan *idle* antar penjadwalan *existing* dan penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming*. Besarnya *idle* ini disebabkan karena adanya *bottleneck* pada proses produksi. Terdapat penurunan *idle* pada proses *printing* dan *converting* yang dapat mengurangi *makespan*, namun ada kenaikan waktu *idle* pada proses *gusset*. Kenaikan *idle* pada proses *gusset* ini memperuntukkan penurunannya *bottleneck* pada proses *gusset* dan *printing*. Meskipun adanya kenaikan *idle* pada proses gusset, kenaikan tersebut tidak mempengaruhi *makespan* karena *idle* yang dihasilkan pada proses *gusset* tidak terlalu besar.

Adanya penurunan total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh produk, maka proses produksi dapat dioptimalkan. Sehingga PT. Kencana Tiara Gemilang dapat mengisi waktu yang sebelumnya terpakai untuk mengerjakan produk dengan penjadwalan *existing* dengan permintaan baru. Penerimaan permintaan baru tersebut dapat mengurangi *lost sale* yang dapat merugikan perusahaan.

Dengan membandingkan *gantt chart* jadwal *existing* pada Lampiran 1 dengan *gantt chart* jadwal model *Mixed Integer Linear Programming* pada Lampiran 5, diperoleh adanya perbedaan urutan pengerjaan pada tiap proses atau *stage*. Perbedaan urutan pengerjaan ini menyebabkan *completion time* masing-masing produk pada penjadwalan *existing* dengan penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* menjadi berbeda.

Tabel 4.14
Perbandingan Urutan Pengerjaan Pada Proses *Extrusion* (a)

Penjadwalan	Urutan Pengerjaan				
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima
Penjadwalan *Existing*	*Masking film*	*Shopping bag*	*Mulsa*	*Garbage bag*	*Garbage bag* KTG
Penjadwalan Model *MILP*	*Mulsa*	*Garbage bag* KTG	*Shopping bag*	*Garbage bag*	*Masking film*

Pada Tabel 4.14, urutan pengerjaan pada proses *extrusion* (a) di penjadwalan *existing*: *masking film, shopping bag, mulsa, garbage bag* selanjutnya *garbage bag* KTG dan urutan pengerjaan pada proses *extrusion* (a) di penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming*: *mulsa, garbage bag* KTG, *shopping bag, garbage bag* selanjutnya *masking film*. Pada kedua penjadwalan tersebut terdapat perbedaan urutan pada tiap produk dimana *masking film* dikerjakan pada urutan pertama menjadi urutan ke-5, *shopping bag* dikerjakan pada urutan ke-2 menjadi urutan ke-3, *mulsa* dikerjakan pada urutan ke-3

menjadi urutan pertama, *garbage* bag dikerjakan pada urutan ke-4 menjadi urutan ke-2 dan *garbage bag* KTG dikerjakan pada urutan ke-5 menjadi urutan ke-2.

Tabel 4.15
Perbandingan Urutan Pengerjaan Pada Proses *Extrusion* (b)

Penjadwalan	Urutan Pengerjaan			
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat
Penjadwalan *Existing*	*Drawtape*	*Polybag*	*Piping bag*	*Flush cut*
Penjadwalan Model *MILP*	*Drawtape*	*Polybag*	*Flush cut*	*Piping bag*

Pada Tabel 4.15, urutan pengerjaan pada proses *extrusion* (b) di penjadwalan *existing*: *drawtape, polybag, piping bag* selanjutnya *flush cut* dan urutan pengerjaan pada proses *extrusion* (b) di penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming*: *drawtape, polybag, flush cut* selanjutnya *piping bag.* Pada kedua penjadwalan tersebut terdapat perbedaan urutan pada tiap produk dimana *piping bag* dikerjakan pada urutan ke-3 menjadi urutan ke-4 dan *flush cut* dikerjakan pada urutan ke-4 menjadi urutan ke-3.

Tabel 4.16
Perbandingan Urutan Pengerjaan Pada Proses *Gusset*

Penjadwalan	Urutan Pengerjaan				
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima
Penjadwalan *Existing*	*Masking film*	*Shopping bag*	*Polybag*	*Garbage bag*	*Garbage bag* KTG
Penjadwalan Model *MILP*	*Garbage bag* KTG	*Garbage bag*	*Shopping bag*	*Masking film*	*Polybag*

Pada Tabel 4.16 urutan pengerjaan pada proses *gusset* di penjadwalan *existing*: *masking fillm, shopping bag, polybag, garbage bag* selanjutnya *garbage bag* KTG dan urutan pengerjaan pada proses *gusset* di penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming*: *garbage bag* KTG, *garbage bag, shopping bag, masking film* selanjutnya *polybag*. Pada kedua penjadwalan tersebut terdapat perbedaan urutan pada tiap produk dimana *masking fillm* dikerjakan pada urutan pertama menjadi urutan ke-4, *shopping bag* dikerjakan pada urutan ke-2 menjadi urutan ke-3, *polybag* dikerjakan pada urutan ke-3 menjadi urutan ke-5, *garbage bag* dikerjakan pada urutan ke-4 menjadi urutan ke-2 dan *garbage bag* KTG dikerjakan pada urutan ke-5 menjadi urutan pertama.

Tabel 4.17
Perbandingan Urutan Pengerjaan Pada Proses *Printing*

Penjadwalan	Urutan Pengerjaan				
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima
Penjadwalan *Existing*	*Masking film*	*Drawtape*	*Shopping bag*	*Flush cut*	*Mulsa*
Penjadwalan Model *MILP*	*Mulsa*	*Garbage bag* KTG	*Garbage bag*	*Drawtape*	*Masking film*

Penjadwalan	Urutan Pengerjaan	
	Keenam	Ketujuh

Penjadwalan *Existing*	*Garbage bag*	*Garbage bag* KTG
Penjadwalan Model *MILP*	*Shopping bag*	*Flush cut*

Pada urutan pengerjaan pada proses *printing* di penjadwalan *existing*: *masking fillm, drawtape, shopping bag, flush cut, mulsa, garbage bag* selanjutnya *garbage bag* KTG dan urutan pengerjaan pada proses *printing* di penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming*: *mulsa, garbage bag* KTG, *garbage bag, drawtape, masking film, shopping bag* selanjutnya *flush cut*. Pada kedua penjadwalan tersebut terdapat perbedaan urutan pada tiap produk dimana *masking film* dikerjakan pada pada urutan pertama menjadi urutan ke-5,*drawtape* dikerjakan pada urutan ke-2 menjadi urutan ke-4, *shopping bag* dikerjakan pada urutan ke-3 menjadi urutan ke-6, *flush cut* dikerjakan pada urutan ke-4 menjadi urutan ke-7, *mulsa* dikerjakan pada urutan ke-5 menjadi urutan pertama, *garbage bag* dikerjakan pada urutan ke-6 menjadi urutan ke-3 dan *garbage bag* KTG dikerjakan pada urutan ke-7 menjadi urutan ke-2.

Tabel 4.18
Perbandingan Urutan Pengerjaan Pada Proses *Converting*

Penjadwalan	Urutan Pengerjaan				
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima
Penjadwalan *Existing*	*Masking film*	*Drawtape*	*Shopping bag*	*Polybag*	*Piping Bag*
Penjadwalan Model *MILP*	*Piping Bag*	*Masking film*	*Garbage bag*	*Garbage bag* KTG	*Shopping bag*

Penjadwalan	Urutan Pengerjaan	
	Keenam	Ketujuh
Penjadwalan *Existing*	*Garbage bag*	*Garbage bag* KTG
Penjadwalan Model *MILP*	*Drawtape*	*Polybag*

Pada urutan pengerjaan pada proses *converting* di penjadwalan *existing*: *masking fillm, drawtape, shopping bag, polybag, piping bag, garbage bag* selanjutnya *garbage bag* KTG dan urutan pengerjaan pada proses *printing* di penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming*: *piping bag, masking fillm, garbage bag, garbage bag* KTG, *shopping bag, drawtape* selanjutnya *polybag*. Pada kedua penjadwalan tersebut terdapat perbedaan urutan pada tiap produk dimana *masking fillm* dikerjakan pada urutan pertama menjadi urutan ke-2, *drawtape* dikerjakan pada urutan ke-2 menjadi urutan ke-6, *shopping bag* dikerjakan pada urutan ke-3 menjadi urutan ke-5, *polybag* dikerjakan pada urutan ke-4 menjadi urutan ke-7, *piping bag* dikerjakan pada urutan ke-5 menjadi urutan pertama, *garbage bag* dikerjakan pada urutan ke-6 menjadi urutan ke-3, *garbage bag* KTG dikerjakan pada urutan ke-7 menjadi urutan ke-4.

Perbedaan urutan pengerjaan ini menghasilkan *completion time* tiap produk pada kedua penjadwalan menjadi berbeda. Berikut ini perbandingan *completion time* tiap produk penjadwalan *existing* dengan penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming*.

Tabel 4.19
Perbandingan Penjadwalan Pada Produk *Shopping Bag*

Jenis Proses	Urutan Pengerjaan		*Completion Time*	
	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*
Extrusion (a)	2	3	62,17	59,93
Gusset	2	3	188,59	201,86
Printing	3	6	515,71	643,64
Converting	3	5	531,32	659,25

Pada Tabel 4.19, dapat dilihat nilai *completion time shopping bag* pada penjadwalan *existing* sebesar 531,32 jam, sedangkan pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* terdapat kenaikan menjadi 659,25 jam. Kenaikan *completion time* pada produk *shopping bag* ini disebabkan karena adanya penundaan pengerjaan pada keseluruhan proses sehingga *completion time* yang dihasilkan lebih besar.

Tabel 4.20
Perbandingan Penjadwalan Pada Produk *Drawtape*

Jenis Proses	Urutan Pengerjaan		*Completion Time*	
	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*
Extrusion (b)	1	1	92,75	92,75
Printing	2	4	391,11	376,24
Converting	2	6	408,21	676,75

Pada Tabel 4.20, dapat dilihat nilai *completion time drawtape* pada penjadwalan *existing* sebesar 408,21 jam, sedangkan pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* terdapat kenaikan menjadi 676,75 jam. Kenaikan *completion time* pada produk *drawtape* ini disebabkan karena adanya penundaan pengerjaan pada proses *printing* dan *converting* sehingga *completion time* yang dihasilkan lebih besar.

Tabel 4.21
Perbandingan Penjadwalan Pada Produk *Flush Cut*

Jenis Proses	Urutan Pengerjaan		*Completion Time*	
	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*
Extrusion (b)	4	3	245,67	205,42
Printing	4	7	605,99	733,92

Pada Tabel 4.21, dapat dilihat nilai *completion time flush cut* pada penjadwalan *existing* sebesar 605,99 jam, sedangkan pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* terdapat kenaikan menjadi 733,92 jam. Kenaikan *completion time* pada produk *flush cut* ini disebabkan karena adanya penundaan pengerjaan pada proses *printing*

completion time yang dihasilkan lebih besar meskipun terdapat adanya pengerjaan terlebih dahulu pada proses *Extrusion* (b).

Tabel 4.22
Perbandingan Penjadwalan Pada Produk *Mulsa*

Jenis Proses	Urutan Pengerjaan		*Completion Time*	
	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*
Extrusion (b)	3	1	83,26	21,09
Printing	5	1	692,8	107,9

Pada Tabel 4.22, dapat dilihat nilai *completion time mulsa* pada penjadwalan *existing* sebesar 692,8 jam, sedangkan pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* terdapat penurunan menjadi 107,9 jam. Penurunan *completion time* pada produk *mulsa* ini disebabkan karena produk *mulsa* dikerjakan terlebih dahulu sehingga waktu *completion time* semakin berkurang.

Tabel 4.23
Perbandingan Penjadwalan Pada Produk *Polybag*

Jenis Proses	Urutan Pengerjaan		*Completion Time*	
	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*
Extrusion (b)	2	2	170,5	170,5
Printing	3	5	274,71	373,4
Converting	4	7	545,98	691,41

Pada Tabel 4.23, dapat dilihat nilai *completion time polybag* pada penjadwalan *existing* sebesar 545,98 jam, sedangkan pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* terdapat kenaikan menjadi 691,41 jam. Kenaikan *completion time* pada produk *polybag* ini disebabkan karena adanya penundaan pengerjaan pada proses *printing* dan *converting* sehingga *completion time* yang dihasilkan lebih besar.

Tabel 4.24
Perbandingan Penjadwalan Pada Produk *Masking Film*

Jenis Proses	Urutan Pengerjaan		*Completion Time*	
	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*
Extrusion (a)	1	4	34,42	115,44
Gusset	1	4	119,84	287,28
Printing	1	5	262,24	518,64
Converting	1	2	281,6	538,03

Pada Tabel 4.24, dapat dilihat nilai *completion time masking film* pada penjadwalan *existing* sebesar 281,6 jam, sedangkan pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* terdapat kenaikan menjadi 538,03 jam. Kenaikan *completion time* pada produk *polybag* ini disebabkan karena adanya penundaan pengerjaan pada seluruh proses sehingga *completion time* yang dihasilkan lebih besar.

Tabel 4.25
Perbandingan Penjadwalan Pada Produk *Garbage Bag*

Jenis Proses	Urutan Pengerjaan		*Completion Time*	
	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*
Extrusion (a)	3	3	104.35	81,02
Gusset	4	2	326.8	133,11
Printing	6	3	787,5	247,74
Converting	6	3	799.33	549,86

Pada Tabel 4.25, dapat dilihat nilai *completion time garbage bag* pada penjadwalan *existing* sebesar 799.33 jam, sedangkan pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* terdapat penurunan menjadi 549,86 jam. Penurunan *completion time* pada produk *garbage bag* ini disebabkan karena keseluruhan proses produk *garbage bag* dikerjakan terlebih dahulu sehingga *completion time* semakin berkurang.

Tabel 4.26
Perbandingan Penjadwalan Pada Produk *Piping Bag*

Jenis Proses	Urutan Pengerjaan		*Completion Time*	
	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*
Extrusion (b)	3	4	210,95	245,67
Converting	5	1	572,65	272,34

Pada Tabel 4.26, dapat dilihat nilai waktu penyelesaian *piping bag* pada penjadwalan *existing* sebesar 572,65 jam, sedangkan pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* terdapat penurunan menjadi 272,34 jam. Meskipun terdapat penundaan pada proses *extrusion* (b) pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming*, produk *piping bag* pada proses *converting* dikerjakan pada urutan pertama sehingga *completion time* yang dihasilkan berkurang.

Tabel 4.27
Perbandingan Penjadwalan Pada Produk *Garbage Bag* KTG

Jenis Proses	Urutan Pengerjaan		*Completion Time*	
	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*	Penjadwalan *Existing*	Penjadwalan Model *MILP*
Extrusion (a)	5	2	115.45	32,18
Gusset	5	1	353.89	59,27
Printing	7	2	832.64	153,04
Converting	7	4	838.79	556,01

Pada Tabel 4.27, dapat dilihat nilai *completion time garbage bag* KTG pada penjadwalan *existing* sebesar 838.79 jam, sedangkan pada penjadwalan model *Mixed*

Integer Linear Programming terdapat penurunan menjadi 556,01 jam. Penurunan *completion time* pada produk *garbage bag* KTG ini disebabkan karena keseluruhan proses produk *garbage bag* KTG dikerjakan terlebih dahulu sehingga *completion time* semakin berkurang. Meskipun pada produk ini terdapat *idle* pada proses *gusset* sebesar 21,75 jam.

Adanya kenaikan dan penuruan pada *completion time* pada tiap produk dikarenakan pada model *Mixed Integer Linear Programming* mempertimbangkan waktu proses terbesar untuk dikerjakan terlebih dahulu sehingga terdapat proses yang terlebih dahulu dikerjakan untuk mengurangi *makespan* secara keseluruhan. Pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* ini, penekanan pengurangan *makespan* dipusatkan pada proses *printing* dikarenakan pada proses *printing* memiliki waktu proses paling besar dibandingkan proses lainnya. Pengurangan waktu proses *printing* ini mengakibatkan proses *gusset* memiliki *completion time* yang lebih besar dibandingkan penjadwalan *existing*. Penambahan *completion time* pada proses *gusset* nampak pada produk *garbage bag* KTG yang dikerjakan terlebih dahulu sehingga munculnya *idle* antara produk *garbage bag* KTG dengan *garbage bag*.

4.3.6 Hasil Penjadwalan Model *Mixed Integer Linear Programming*

Penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* akan menghasilkan jadwal produksi yang baru dengan *makespan* yang lebih singkat. Penurunan *makespan* ini mempengaruhi total jam kerja yang digunakan selama proses produksi, sehingga terdapat sisa waktu yang dapat digunakan untuk menutupi kekurangan dari target produksi. Berikut data sisa waktu jam kerja dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28
Data Sisa Waktu Jam Kerja

Jenis Proses	Sisa Waktu *Existing* (jam)	Sisa Waktu *MILP* (jam)	Persentase Kenaikan %
Extrusion (a)	724,56	724,56	0
Extrusion (b)	594,33	594,33	0
Gusset	486,11	466,6	-2,3
Printing	7,36	106,08	11,8
Converting	1,21	148,59	17,5

Berdasarkan Tabel 4.28, dapat dilihat pada sisa waktu *existing* bahwa pada proses *extrusion* (a) memiliki sisa waktu sebesar 724,56 jam, proses *extrusion* (b) memiliki sisa waktu sebesar 594,33 jam, proses *gusset* memiliki sisa waktu sebesar 486,11 jam, proses *Printing* memiliki sisa waktu sebesar 7,36 jam dan proses *converting* memiliki sisa waktu sebesar 1,21 jam sedangkan pada sisa waktu *MILP* bahwa pada proses *extrusion* (a)

memiliki sisa waktu sebesar 724,56 jam, proses *extrusion* (b) memiliki sisa waktu sebesar 594,33 jam, proses *gusset* memiliki sisa waktu sebesar 466,6 jam, proses *Printing* memiliki sisa waktu sebesar 106,08 jam dan proses *converting* memiliki sisa waktu sebesar 148,59 jam. Waktu ini diperoleh dari waktu total jam kerja pada Tabel 4.3 dengan *allowance* dengan total sebesar 840 jam dikurangi dengan *completion time* tertinggi pada proses pada Tabel 4.10 pada proses *extrusion* (a) sebesar 115,44 jam, proses *extrusion* (b) sebesar 245,67 jam, proses *gusset* sebesar 373,4 jam, proses *printing* sebesar 733,92 jam dan proses *converting* sebesar 691,41 jam. Terdapat penurunan waktu terhada perbandingan pada sisa waktu *existing* dan *MILP*. Pada perbandingan mesin *extrusion* (a) dan *extrusion* (b) sebesar 0% yang menunjukkan tidak adanya perubahan kecepatan. Pada proses *gusset* sebesar -2,3% berarti terjadi penuruan sebesar 2,3% . Pada proses *printing* dan *converting* sebesar 11,8% dan 17,5% berarti ada kenaikan sisa waktu sebesar 11,8% dan 17,5%. Contoh perhitungan pada proses *extrusion* (a), 840 jam – 115,44 jam = 724,56 jam.

Dengan sisa waktu jam kerja yang tersedia, PT. Kencana Tiara Gemilang dapat memenuhi target produksi yang tersisa pada Tabel 4.1 dengan menggunakan jadwal model *Mixed Integer Linear Programming*. Berikut data yang diperlukan untuk menghitung nilai sisa *completion time* dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29
Data Sisa Jumlah Permintaan dan Waktu Proses Produksi

No.	Jenis Produk	Sisa Jumlah Permintaan (kg)	Waktu Teortitis Kapasitas Mesin (kg/jam)			
			Extrusion (a)	*Gusset*	*Printing*	*Converting*
1	*Garbage Bag*	103	184,7	74,78	41,13	329,5
2	*Garbage Bag* KTG	868	236,2	96,65	58	426

Pada Tabel 4.29, sisa jumlah permintaan diperoleh dari jumlah permintaan dikurangi dengan jumlah yang mampu terpenuhi pada Tabel 4.1. Dari sisa jumlah permintaan kemudian akan dibagi dengan masing-masing nilai pada waktu teoritis kapasitas mesin untuk memperoleh nilai sisa waktu proses. Rekapitulasi nilai sisa waktu prosesdapat dilihat pada Tabel 4.30

Tabel 4.30
Sisa Waktu Proses pada Masing-masing Produk

No.	Jenis Produk	Waktu Proses (jam)			
		Extrusion (a)	*Gusset*	*Printing*	*Converting*
1	*Garbage Bag*	0,56	1,38	2,51	0,32
2	*Garbage Bag* KTG	3,68	8,99	14,97	2,04

Pada Tabel 4.30, dapat diketahui untuk memproses *garbage bag* memerlukan waktu pada proses *extrusion* (a) sebesar 0,56 jam, proses *gusset* sebesar 1,36 jam, proses *printing* sebesar 2,51 jam dan proses *converting* sebesar 0,32 jam. Produk *garbage bag* KTG

memerlukan waktu pada proses *extrusion* (a) sebesar 3,68 jam, proses *gusset* sebesar 8,99 jam, proses *printing* sebesar 14,97 jam dan proses *converting* sebesar 2,04 jam.

Dengan menggunakan Tabel 4.30, dapat dihitung nilai *complemention time* untuk keseluruhan jumlah permintaan dengan melanjutkan nilai *complemention time* model jadwal model *Mixed Integer Linear Programming* pada Tabel 4.10. Berikut hasil penambahan complemention time dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31
Penambahan *Complention Time* pada Jadwal *Model Mixed Integer Linear Programming*

Jenis Produk	*Complention Time* (jam)				
	Extrusion (a)	*Extrusion* (b)	*Gusset*	*Printing*	*Converting*
Polybag		170,5	373,4		691,41
Piping Bag		245,67			272,34
Flush Cut		205,42		733,92	
Mulsa	21,09			107,9	
Drawtape		92,75		376,24	676,75
Masking Film	115,44		287,28	518,64	538,03
Shopping Bag	59,93		201,86	643,64	659,25
Garbage Bag	81,02		133,11	247,74	549,86
Garbage Bag KTG	32,18		59,27	153,04	556,01
Sisa *Garbage Bag*	116		374,78	736,43	736,75
Sisa Garbage Bag KTG	119,68		383,77	751,4	753,44

Berdasarkan Tabel 4.31, dapat diketahui produk sisa *garbage bag* memiliki waktu pada proses *extrusion* (a) sebesar 116 jam, proses *gusset* sebesar 374,78 jam, proses *printing* sebesar 736,43 jam dan proses *converting* sebesar 736,75 jam. Produk sisa *garbage bag* KTG memiliki waktu pada pada proses *extrusion* (a) sebesar 119,68 jam, proses *gusset* sebesar 383,77 jam, proses *printing* sebesar 751,4 jam dan proses *converting* sebesar 753,44 jam.

Hasil penjadwalan berupa *gantt chart* dapat dilihat pada Lampiran 7. Berdasarkan Tabel 4.31 dan Lampiran 7, dapat dilihat bahwa sisa produk mampu diselesaikan di dalam batasan waktu total kerja. Hal ini menujukan bahwa penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* sesuai dengan permasalahan proses produksi pada PT. Kencana Tiara Gemilang.

BAB V
PENUTUP

Pada bagian ini berisi kesimpulan yang diuraikan dalam pembahasan dan saran yang disampaikan berdasarkan pengalaman dan pertimbangan terkait dengan penelitian yang telah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

5. Pengembangan penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* dalam penelitian ini berfokus pada minimasi *makespan* dengan mengurangi *idle* pada tiap proses. Pada pengengembangan model *Mixed Integer Linear Programming* ini memodelkan penjadwalan dengan jumlah produk (*job)* 9, jumlah proses (*stage*) dengan jumlah 5 dan fungsi kendala sebanyak 8 . Pada penjadwalan ini memiliki total variabel sebanyak 451 variabel, dengan 180 variabel diantarnya adalah variabel integer. Total batasan (constraints) yang dijabarkan dari model sebesar 497 batasan, dan total nonzeroes coefficient dalam model sebesar 1262 koefisien dengan iterasi sebesar 1.036.946.734 iterasi. Nilai *makespan* yang dihasilkan pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* sebesar 733,92 jam atau 30,82 hari lebih kecil dibandingkan dengan penjadwalan *existing* sebesar 838,79 jam atau 34,95 hari, hal ini menunjukan bahwa penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* lebih tepat diterapkan pada proses produksi PT. Kencana Tiara Gemilang.
6. Dari penelitian ini didapatkan *gantt chart* pada Lampiran 5 yang merupakan hasil dari model *Mixed Integer Linear Programming*. Pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* diperoleh inilai *maksespan* sebesar 733,92 jam atau setara dengan 30,58 hari kerja. Urutan *job* yang dikerjakan pada proses *extrusion* (a) dengan produk: *mulsa, garbage bag* KTG, *shopping bag, garbage bag* selanjutnya *masking film*. Urutan *job* yang dikerjakan pada proses *extrusion* (b) dengan produk: *draw tape, polybag, flushcut* selanjutnya *piping bag.* Urutan *job* yang dikerjakan pada proses *gusset* dengan produk: *garbage bag* KTG, *garbage bag, shopping bag, masiking film* selanjutnya *polybag.* Urutan *job* yang dikerjakan pada proses *printing* dengan produk: *mulsa, garbage bag* KTG, *garbage bag, draw tape, masking film,shopping bag*

selanjutnya *flush cut*. Urutan *job* yang dikerjakan pada proses *converting* dengan produk: *piping bag, masikng film, garbage bag, garbage bag* KTG, *shopping bag, draw tape* selanjutnya *mulsa.*

7. Perbandingan nilai *makespan* dan *idle* antara jadwal *existing* dengan jadwal usulan menggunakan model *Mixed Integer Linear Programming* memiliki hasil yang berbeda. Pada penjadwalan *existing* diperoleh waktu *makespan* sebesar 838,79 jam atau 34,95 hari dan pada penjadwalan usulan sebesar 733,92 jam atau 30,58 hari. Penurunan waktu makespan yang dihasilkan pada penjadwalan usulan sebesar 12,5%. Terdapat penurunan waktu terhada perbandingan pada sisa waktu *existing* dan *MILP*. Pada perbandingan mesin *extrusion* (a) dan *extrusion* (b) sebesar 0% yang menunjukkan tidak adanya perubahan kecepatan. Pada proses *gusset* sebesar -2,3% berarti terjadi penuruan sebesar 2,3% setara dengan 19,51 jam . Pada proses *printing* dan *converting* sebesar 11,8% dan 17,5% berarti ada kenaikan sisa waktu sebesar 11,8% setara dengan 98,82 jam dan 17,5% setara dengan 147,38 jam. Dengan adanya penurunan total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh produk, maka proses produksi dapat dioptimalkan. Pada penjadwalan model *Mixed Integer Linear Programming* ini, penekanan pengurangan waktu *makespan* dipusatkan pada proses *printing* dikarenakan pada proses *printing* memiliki waktu proses paling besar dibandingkan proses lainnya. Pengurangan waktu proses *printing* ini mengakibatkan proses *gusset* memiliki *completion time* yang lebih besar dibandingkan penjadwalan *existing*.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan sebelumnya, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk perusahaan maupun penelitian yang mendatang. Adapun saran yang diberikan antara lain sebagai berikut:

1. Diharapkan perusahaan dapat menggunakan pengembangan model *Mixed Integer Linear Programming* dalam melakukan perencanaan penjadwalan produksi pada masing-masing tiap produk.
2. Diharapkan perusahaan memperhatikan penambahan kapasitas dengan *line balancing* pada tiap mesin dikarenakan kapasitas mesin yang tidak berimbang.
3. Diharapkan adanya penelitian selanjutnya dengan penambahan aplikasi program sehingga memudahkan perusahaan dalam pembuatan jadwal produksi.

Skripsi

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

Skripsi

ORIGINALITY REPORT

17%	17%	1%	3%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	media.neliti.com Internet Source	4%
2	elib.unikom.ac.id Internet Source	2%
3	jrmsi.studentjournal.ub.ac.id Internet Source	2%
4	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	1%
5	thesis.binus.ac.id Internet Source	1%
6	library.binus.ac.id Internet Source	1%
7	repository.usu.ac.id Internet Source	1%
8	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	1%
9	documents.tips Internet Source	1%

10	idec.industri.ft.uns.ac.id Internet Source	1%
11	materi-kuliah-13.blogspot.com Internet Source	<1%
12	www.pps.unud.ac.id Internet Source	<1%
13	www.uajy.ac.id Internet Source	<1%
14	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1%
15	ml.scribd.com Internet Source	<1%
16	repository.its.ac.id Internet Source	<1%
17	www.ktgplastics.com Internet Source	<1%
18	eprints.upnjatim.ac.id Internet Source	<1%
19	Toreja, A.J.. "Hybrid numerical methods for convection-diffusion problems in arbitrary geometries", Computers and Fluids, 200307 Publication	<1%
20	digilib.unimed.ac.id Internet Source	<1%

21	eprints.uns.ac.id Internet Source	<1%
22	MAIDE BUCOLO. International Journal of Bifurcation and Chaos, 2006 Publication	<1%
23	Submitted to UIN Sunan Gunung DJati Bandung Student Paper	<1%
24	Leah Epstein. "Caching Content under Digital Rights Management", Lecture Notes in Computer Science, 2009 Publication	<1%
25	Submitted to University of Pittsburgh Student Paper	<1%
26	repository.upi.edu Internet Source	<1%
27	sir.stikom.edu Internet Source	<1%
28	ramakurniirawansyah.blogspot.com Internet Source	<1%
29	digilib.uin-suka.ac.id Internet Source	<1%
30	Submitted to Universitas Negeri Jakarta Student Paper	<1%

31	M. Ye. "A local genetic approach to multi-objective, facility layout problems with fixed aisles", International Journal of Production Research, 11/14/2006 Publication	<1%
32	Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta Student Paper	<1%
33	repository.unair.ac.id Internet Source	<1%
34	Submitted to University of Warwick Student Paper	<1%
35	pdfs.semanticscholar.org Internet Source	<1%
36	Lanlan Chang. "Effective use of spatial and spectral correlations for color filter array demosaicking", IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2/2004 Publication	<1%
37	Submitted to Ohio University Student Paper	<1%
38	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1%
39	de Lapparent, M.. "Empirical Bayesian analysis of accident severity for motorcyclists in large	<1%

	French urban areas", Accident Analysis and Prevention, 200603 Publication	
40	fr39.wordpress.com Internet Source	<1%
41	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1%
42	www.nzfsa.govt.nz Internet Source	<1%
43	simakip.uhamka.ac.id Internet Source	<1%
44	Yujun Yang. "Kirchhoff index of linear hexagonal chains", International Journal of Quantum Chemistry, 2008 Publication	<1%
45	bhegrezfack.blogspot.com Internet Source	<1%
46	Hongqiang Wang. "", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 12/2007 Publication	<1%
47	www.scribd.com Internet Source	<1%

Exclude quotes	On	Exclude matches	< 8 words
Exclude bibliography	On		