

**ANALISIS PENJADWALAN PRODUKSI
UNTUK OPTIMASI KEUNTUNGAN DENGAN
FUZZY LOGIC APPLICATION FOR SCHEDULING (FLASH)
DAN LINEAR PROGRAMMING**
(Studi Kasus CV. Kajeye Food Malang)

SKRIPSI

Oleh
CHOLIDA USI WARDANI
155090401111020



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

**ANALISIS PENJADWALAN PRODUKSI
UNTUK OPTIMASI KEUNTUNGAN DENGAN
FUZZY LOGIC APPLICATION FOR SCHEDULING (FLASH)
DAN LINEAR PROGRAMMING**
(Studi Kasus CV. Kajeye Food Malang)

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika

Oleh

CHOLIDA USI WARDANI

155090401111020



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2019

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS PENJADWALAN PRODUKSI
UNTUK OPTIMASI KEUNTUNGAN DENGAN
FUZZY LOGIC APPLICATION FOR SCHEDULING (FLASH)
DAN LINEAR PROGRAMMING**
(Studi Kasus CV. Kajeye Food Malang)

oleh

CHOLIDA USI WARDANI

155090401111020

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 27 Februari 2019
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Matematika

Pembimbing

Kwardiniya Andawaningtyas, S.Si., M.Si.

NIP. 197006221998022001

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

Ratno Bagus Edy Wibowo, S.Si., M.Si., Ph.D.

NIP. 197509082000031003

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Cholida Usi Wardani

NIM : 155090401111020

Jurusan : Matematika

Penulis Skripsi Berjudul : Analisis Penjadwalan Produksi Untuk Optimasi Keuntungan Dengan *Fuzzy Logic Application for Scheduling* (FLASH) dan *Linear Programming* (Studi Kasus CV. Kajeje Food Malang)

dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah hasil pemikiran saya, bukan hasil menjiplak dari tulisan orang lain. Rujukan-rujukan yang tercantum pada Daftar Pustaka hanya digunakan sebagai acuan.
2. Apabila di kemudian hari Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menanggung segala akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 27 Februari 2019

Yang Menyatakan,

Cholida Usi Wardani

NIM. 155090401111020

ANALISIS PENJADWALAN PRODUKSI UNTUK OPTIMASI KEUNTUNGAN DENGAN FUZZY LOGIC APPLICATION FOR SCHEDULING (FLASH) DAN LINEAR PROGRAMMING

(Studi Kasus CV. Kajeye Food Malang)

ABSTRAK

Persaingan antar perusahaan keripik buah dalam melaksanakan kegiatan produksi, membuat CV. Kajeye Food Malang dapat menyusun perencanaan produksi untuk seluruh operasional perusahaan. Salah satu cara untuk menyusun perencanaan produksi adalah metode *Fuzzy Logic Application for Scheduling* (FLASH) dengan durasi aktivitas bilangan *fuzzy* segitiga (waktu batas bawah, waktu paling mungkin, dan waktu batas atas). Selain itu, perusahaan juga dapat membuat perencanaan jumlah produksi. Hal ini dapat dilakukan dengan cara analisis *linear programming*. Skripsi ini membahas lintasan kritis jaringan kerja proses produksi berikut waktu produksi dan keuntungan maksimum keripik buah angka yang dilakukan oleh CV. Kajeye Food Malang. Variabel keputusan yang ingin diketahui pada skripsi ini adalah kombinasi jumlah kemasan keripik angka, yakni kemasan 100 gr, 85 gr, dan 50 gr. Fungsi tujuan yang digunakan adalah memaksimalkan keuntungan, sedangkan fungsi kendala yang digunakan adalah bahan baku, waktu produksi, dan jam kerja mesin yang diperoleh dari hasil lintasan kritis pada metode FLASH. Diperoleh hasil optimal jumlah kemasan keripik buah angka sebanyak 400 unit kemasan 100 gr dan 200 unit kemasan 50 gr dengan total keuntungan Rp 1.800.000,00 yang dihasilkan selama 1.645 menit waktu produksi.

Kata kunci: FLASH, *linear programming*, lintasan kritis, keuntungan maksimum.

**PRODUCTION SCHEDULING ANALYSIS
FOR OPTIMIZATION OF PROFIT USING
FUZZY LOGIC APPLICATION FOR SCHEDULING (FLASH)
AND LINEAR PROGRAMMING**

(Case Study of CV. Kajeye Food Malang)

ABSTRACT

Competition between fruit chip companies in carrying out production activities, makes CV. Kajeye Food Malang can arrange production planning for all company operations. One way to arrange production planning is the Fuzzy Logic Application for Scheduling (FLASH) method with the activity duration of triangular fuzzy numbers (the time of the lower limit, the most likely time, and the time of the upper limit). In addition, the company can also plan production quantities. This can be done by linear programming analysis. This research discusses the critical trajectory of the production process work network along with the production time and maximum profit of jackfruit chips made by CV. Kajeye Food Malang. The decision variable that you want to know in this research is a combination of the number of jackfruit chips packaging, which is 100 gr, 85 gr, and 50 gr. The objective function used in this research is the benefit per pack of jackfruit chips, while the constraint function are the raw material, production time, and machine working hours obtained from the critical trajectory results in the FLASH method. Optimal results were obtained for the number of jackfruit chips packaging of 400 packaging units of 100 gr and 200 units of 50 gr packaging with a total profit of Rp. 1,800,000.00 produced during 1,645 minutes of production time.

Keywords: FLASH, linear programming, critical path, maximum profit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Penjadwalan Produksi Untuk Optimasi Keuntungan Dengan *Fuzzy Logic Application For Scheduling* (FLASH) dan *Linear Programming* (Studi Kasus CV. Kajeje Food Malang)” dengan baik dan lancar. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW sebagai suri teladan bagi penulis. Banyak pihak yang telah berkontribusi selama proses penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih atas segala bantuan, bimbingan, dan motivasi kepada :

1. Kwardiniya Andawaningtyas, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan nasihat, saran, dan kritik yang sangat bermanfaat untuk penulis dan selalu sabar ketika membimbing penulis selama proses penyusunan hingga skripsi dapat diselesaikan.
2. Dr. Sobri Abusini, MT., dan Drs. Imam Nurhadi Purwanto, MT., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan kritik kepada penulis sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
3. Dr. Noor Hidayat, M.Si., selaku Dosen Penasihat Akademik penulis atas arahan dan motivasi selama kuliah.
4. Ratno Bagus Edy Wibowo, S.Si., M.Si., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Matematika dan Isnani Darti, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi Matematika atas segala bantuan yang diberikan.
5. Seluruh dosen Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis, serta seluruh karyawan Jurusan Matematika atas segala bantuannya.
6. Orang tua dan seluruh keluarga besar penulis yang selalu memberikan motivasi dan doa untuk penulis.

7. Ir. Kristiawan selaku pemilik dan seluruh karyawan CV. Kajeje Food Malang atas segala bantuannya selama penulis melakukan penelitian.
8. Keluarga Besar Matematika angkatan 2015 atas segala bantuan dan dukungannya selama perkuliahan.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu dan memberi dukungan untuk penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Semoga Allah SWT memberikan anugerah dan rahmat-Nya kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan di masa mendatang. Kritik dan saran dapat disampaikan melalui email wardaniusi@gmail.com. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk berbagai pihak, serta menjadi sumber inspirasi untuk penulisan skripsi selanjutnya.

Malang, 27 Februari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Asumsi Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Tujuan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Teori <i>Fuzzy</i>	5
2.2. <i>Fuzzy Logic Application for Scheduling</i> (FLASH).....	7
2.3. <i>Linear Programming</i>	10
2.4. Program <i>Solver</i>	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1. Tempat Penelitian.....	17
3.2. Waktu Penelitian.....	17
3.3. Metode Pengumpulan Data.....	17
3.4. Sumber Data.....	18
3.5. Langkah-langkah Penelitian.....	19
BAB IV PEMBAHASAN	23
4.1. Data Proses Produksi dan Penjelasan Proses.....	23
4.2. Data Proses Produksi Pendahulu dan Waktu Produksi.....	24
4.3. Pembentukan Diagram Jaringan Kerja.....	25
4.4. Perhitungan Maju Metode FLASH.....	27
4.5. Perhitungan Mundur Metode FLASH.....	30

4.6.	Perhitungan Total <i>Float</i> Metode FLASH.....	33
4.7.	Penentuan Jalur Kritis Metode FLASH.....	35
4.8.	Perumusan Model <i>Linear Programming</i>	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		51
5.1.	Kesimpulan.....	51
5.2.	Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....		53
LAMPIRAN.....		55

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Grafik Fungsi Keanggotaan Bilangan Fuzzy Segitiga	6
Gambar 3.1. Diagram Alir Tahapan Penelitian	19
Gambar 4.1. Diagram Jaringan Kerja Proses Produksi Keripik Buah Nangka	26
Gambar 4.2. Diagram Jaringan Lintasan Kritis Proses Produksi Keripik Buah Nangka	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Simpleks Awal Kasus Maksimasi.....	14
Tabel 4.1 Data Proses Produksi Keripik Buah Nangka CV. Kájeye Food Malang.....	23
Tabel 4.2 Data Proses Produksi Pendahulu dan Waktu Proses	24
Tabel 4.3 Perhitungan Total <i>Float</i> Proses Produksi Keripik Buah Nangka	34
Tabel 4.4 Perhitungan Jalur Kritis Semua Lintasan.....	37
Tabel 4.5 Harga Jual, Biaya Total, dan Keuntungan Per Kemasan	40
Tabel 4.6 Penggunaan dan Ketersediaan Bahan Baku.....	40
Tabel 4.7 Perhitungan Koefisien Fungsi Kendala Waktu Produksi.....	42
Tabel 4.8 Jumlah Mesin Untuk Produksi Keripik Buah Nangka.....	42
Tabel 4.9 Perhitungan Koefisien Fungsi Kendala Jam Kerja Mesin.....	44
Tabel 4.10 Jumlah Kemasan dan Total Keuntungan Keripik Buah Nangka Waktu Batas Bawah (<i>a</i>).....	46
Tabel 4.11 Jumlah Kemasan dan Total Keuntungan Keripik Buah Nangka Waktu Paling Mungkin (<i>m</i>).....	47
Tabel 4.12 Jumlah Kemasan dan Total Keuntungan Keripik Buah Nangka Waktu Batas Atas (<i>b</i>).....	48

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1.	Printscreen Hasil Olahan Pada Excel <i>Solver</i>	55
Lampiran 2.	Printscreen <i>Solver Parameters</i>	58
Lampiran 3.	Perhitungan Metode Simpleks	59

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Buah-buahan merupakan bahan pangan sumber vitamin yang sangat diperlukan bagi tubuh manusia. Meski demikian, masih banyak orang yang tidak menyukai buah. Salah satu penyebabnya adalah dengan berkembangnya makanan cepat saji. Hal ini juga mengakibatkan harga jual buah menurun. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dibutuhkan penyajian buah-buahan yang lebih praktis tanpa mengurangi kandungan vitamin pada buah tersebut, misalnya keripik buah. Hal ini yang mendasari banyak bermunculan usaha keripik buah.

Dengan banyaknya usaha keripik buah, maka persaingan antar perusahaan juga semakin tinggi. Dalam melaksanakan kegiatan produksinya, perusahaan akan membuat suatu perencanaan waktu produksi. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode lintasan kritis (*Critical Path Method*).

Menurut Hutchings (2004), CPM adalah suatu metode perencanaan dan penjadwalan jaringan kerja yang digunakan untuk menentukan lintasan kritis suatu jaringan kerja. Lintasan kritis merupakan suatu lintasan yang memiliki kegiatan dengan total waktu paling lama dibandingkan dengan lintasan lain yang mungkin. CPM dapat bekerja secara efisien ketika durasi aktivitas dalam sebuah jaringan kerja diketahui secara pasti. Namun dalam praktiknya, durasi aktivitas pada jaringan kerja seringkali mengalami perubahan. Sebuah metode alternatif untuk mengatasi masalah perubahan durasi aktivitas pada jaringan kerja adalah metode *Fuzzy Logic Application for Scheduling* (FLASH).

Lintasan kritis pada suatu jaringan kerja telah dibahas oleh Harwanto (2016), yaitu tentang penjadwalan proyek dengan adanya ketidakpastian waktu menggunakan metode FLASH. Sementara itu, Vizia (2014) membandingkan waktu penyelesaian proses fabrikasi

pada boiler menggunakan metode CPM, PERT dan *Fuzzy Logic Application for Scheduling* (FLASH) terhadap waktu aktualnya.

Selain memerhatikan durasi aktivitas kerja, perusahaan juga harus membuat perencanaan jumlah produksi sehingga dapat mencapai keuntungan maksimum. Permasalahan yang berkaitan dengan proses memaksimalkan keuntungan merupakan proses mencari solusi optimal dalam produksi. Tingkat keuntungan, faktor-faktor produksi, dan produk yang dihasilkan perusahaan memiliki hubungan *linear*, maka pemecahan masalah optimasi yang digunakan adalah analisis *linear programming*.

Produksi optimal dengan menggunakan analisis *linear programming* telah dibahas oleh Astina (2011), yaitu tentang teknik pengambilan keputusan dengan kondisi ketidakpastian pada masalah perencanaan produksi dengan tujuan untuk memaksimalkan keuntungan. Permasalahan ini diselesaikan dengan menggunakan program linear *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan segitiga dan linear.

Pada skripsi ini dibahas mengenai lintasan kritis pada jaringan kerja dengan mengacu pada artikel Liang dan Han (2004) menggunakan metode *fuzzy critical path*. Metode *fuzzy critical path* sebenarnya sama dengan metode FLASH yang digunakan untuk menentukan lintasan kritis pada jaringan kerja dengan durasi aktivitas menggunakan bilangan *fuzzy* atau interval *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan segitiga. Selain itu, pada skripsi ini juga dibahas mengenai total keuntungan maksimum menggunakan *linear programming* dengan bantuan program *solver*. Konsep ini diterapkan untuk menentukan lintasan kritis dan keuntungan maksimum dalam proses produksi keripik buah nangka CV. Kajeye Food Malang.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah pada skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana menentukan lintasan kritis pada jaringan produksi keripik buah nangka menggunakan metode FLASH dengan durasi aktivitas bilangan *fuzzy* segitiga pada CV. Kajeye Food Malang?
2. Berapa waktu yang dibutuhkan dalam sekali proses produksi keripik buah nangka dengan menggunakan metode FLASH pada CV. Kajeye Food Malang?
3. Bagaimana menentukan keuntungan maksimum keripik buah nangka menggunakan metode *linear programming* dengan bantuan program Excel *solver* pada CV. Kajeye Food Malang?

1.3. Asumsi Penelitian

Asumsi penelitian yang digunakan dalam skripsi ini sebagai berikut.

1. Tidak memerhatikan jumlah permintaan.
2. Seluruh produk dapat terjual.
3. Pada ± 50 kg keripik buah nangka dalam satu kali produksi menghasilkan 600 unit kemasan keripik buah nangka (Sumber : hasil wawancara dengan manajer produksi CV. Kajeye Food Malang).

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam skripsi ini sebagai berikut.

1. Proses produksi yang diamati mulai dari persiapan bahan baku sampai pengepakan barang.
2. Waktu produksi yang diamati hanya untuk sekali proses produksi.
3. Keripik buah yang diamati adalah produksi keripik buah nangka.

4. Variabel keputusan berupa jumlah kemasan keripik buah angka 100 gr, 85 gr, dan 50 gr.

1.5. Tujuan

Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui lintasan kritis pada jaringan produksi keripik buah angka menggunakan metode FLASH dengan durasi aktivitas bilangan *fuzzy* segitiga pada CV. Kajeye Food Malang.
2. Mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam sekali proses produksi keripik buah angka dengan menggunakan metode FLASH pada CV. Kajeye Food Malang.
3. Mengetahui keuntungan maksimum produk keripik buah angka menggunakan metode *linear programming* dengan bantuan program Excel *solver* pada CV. Kajeye Food Malang.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Fuzzy

Menurut Kusumadewi dan Purnomo (2004), *fuzzy* adalah kata sifat yang menggambarkan sesuatu yang tidak jelas, meragukan, kabur, dan lain sebagainya. Konsep himpunan *fuzzy* menawarkan suatu metode yang dapat menjelaskan dimana terdapat batas yang tidak jelas antara satu kondisi dengan kondisi lain.

2.1.1. Himpunan Fuzzy

Menurut Kwang (2005), jika X adalah kumpulan dari objek-objek yang dinotasikan secara umum oleh x , maka suatu himpunan *fuzzy* A , dalam x adalah suatu himpunan pasangan berurutan.

$$A = \{(x, \mu_A(x)), x \in X\}$$

Dengan $\mu_A(x)$ adalah derajat keanggotaan x di A yang memetakan X ke suatu ruang keanggotaan yang terletak pada rentang $[0, 1]$.

2.1.2. Bilangan Fuzzy (Fuzzy Number)

Menurut Kwang (2005), interval merupakan konsep utama dari bilangan *fuzzy*, ketika suatu interval didefinisikan sebagai bilangan riil (\mathbb{R}), maka interval itu dapat dikatakan bagian dari himpunan \mathbb{R} . Interval tersebut dapat dinotasikan $A = (a_1; a_3)$ dimana $a_1, a_3 \in \mathbb{R}, a_1 < a_3$ dengan kata lain interval tersebut sebagai himpunan. Interval tersebut dapat digambarkan dalam fungsi keanggotaan dengan:

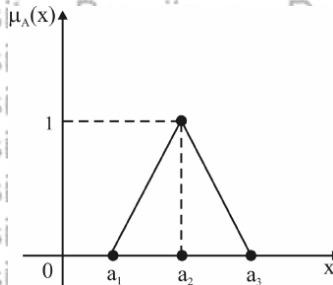
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0; & x < a_1 \\ 1; & a_1 \leq x \leq a_3 \\ 0; & x > a_3 \end{cases}$$

Bilangan *fuzzy* merupakan himpunan *fuzzy* yang berupa *fuzzy* interval pada bilangan riil (\mathbb{R}).

2.1.3. Bilangan Fuzzy Segitiga (Triangular Fuzzy Number)

Menurut Kwang (2005), suatu fungsi keanggotaan himpunan fuzzy dapat dinyatakan dengan fungsi keanggotaan segitiga jika mempunyai tiga parameter yang dapat dinotasikan $A = (a_1, a_2, a_3)$. Fungsi keanggotaan bilangan fuzzy segitiga sebagai berikut.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}; & a_1 < x \leq a_2 \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}; & a_2 \leq x < a_3 \\ 0; & x \geq a_3 \end{cases}$$



Gambar 2.1 Grafik Fungsi Keanggotaan Bilangan Fuzzy Segitiga

2.1.4. Operasi Pada Bilangan Fuzzy Segitiga

Menurut Kwang (2005), operasi-operasi pada bilangan fuzzy dengan dua buah bilangan fuzzy $A = (a_1; a_2; a_3)$ dan $B = (b_1; b_2; b_3)$ sebagai berikut.

1. Operasi penjumlahan

$$\begin{aligned} A + B &= (a_1; a_2; a_3) + (b_1; b_2; b_3) \\ &= (a_1 + b_1; a_2 + b_2; a_3 + b_3) \end{aligned} \tag{2.1}$$

2. Operasi pengurangan

$$\begin{aligned} A - B &= (a_1; a_2; a_3) - (b_1; b_2; b_3) \\ &= (a_1 - b_3; a_2 - b_2; a_3 - b_1) \end{aligned} \tag{2.2}$$

2.2. Fuzzy Logic Application for Scheduling (FLASH)

Menurut Wibowo (2001), metode *Fuzzy Application for Scheduling* (FLASH) merupakan salah satu bentuk aplikasi logika fuzzy dalam hal penjadwalan suatu aktivitas (kegiatan/proses), misalnya dalam penjadwalan proses produksi dan penjadwalan proyek.

2.2.1. Durasi Aktivitas Metode FLASH

Penggunaan bilangan fuzzy untuk aktivitas pada jaringan kerja lebih umum, walaupun perhitungannya lebih rumit tetapi dapat diketahui lintasan mana saja yang bisa menjadi kritis atau kejadian mana yang tidak akan terletak pada lintasan kritis jika lama pelaksanaan masing-masing proses berubah menurut bilangan fuzzy yang bersangkutan.

Menurut Wibowo (2001), FLASH menggunakan tiga parameter durasi waktu dalam menentukan lintasan kritis pada pelaksanaan suatu jaringan kerja. Ketiga parameter durasi dalam bentuk TFN (*Triangular Fuzzy Number*) dengan penotasian sebagai berikut.

$$t_{(i,j)} = (a; m; b)$$

keterangan:

$t_{(i,j)}$ = waktu (durasi) suatu proses (i,j) , dimana i merupakan kejadian awal, dan j merupakan kejadian akhir,

a = waktu batas bawah,

m = waktu paling mungkin,

b = waktu batas atas.

2.2.2. Perhitungan Maju dengan Metode FLASH

Menurut Wibowo (2001), perhitungan maju adalah perhitungan yang dimulai dari kejadian awal dan bergerak ke kejadian akhir guna mendapatkan waktu paling awal suatu kejadian dapat terjadi yang didefinisikan sebagai berikut.

$$TE_{(j)} = TE_{(i)} + t_{(i,j)} \quad (2.3)$$

keterangan:

$TE_{(j)}$ = waktu paling awal suatu kejadian dapat terjadi.

Bila kejadian (j) berakhir dengan beberapa proses, maka kejadian (j) paling cepat dapat dilakukan saat sesudah semua proses yang berakhir pada kejadian (j), yang didefinisikan sebagai berikut.

$$TE_{(j)} = \max_i (TE_{(i)} + t_{(i,j)}) \quad (2.4)$$

2.2.3. Perhitungan Mundur dengan Metode FLASH

Menurut Wibowo (2001), perhitungan mundur dilakukan guna mendapatkan waktu paling lambat kejadian harus dilakukan, perhitungan mundur dimulai dari kejadian paling akhir pada jaringan kerja setelah perhitungan $TE_{(i)}$ dilakukan. Perhitungan tersebut didefinisikan sebagai berikut.

$$TL_{(i)} = TL_{(j)} - t_{(i,j)}$$

keterangan:

$TL_{(i)}$ = waktu paling lambat kejadian harus dilakukan.

Untuk kejadian akhir berlaku $TL_{(j)} = TE_{(j)}$ sehingga,

$$TL_{(i)} = TE_{(j)} - t_{(i,j)} \quad (2.5)$$

Sama halnya dengan perhitungan maju, bila terdapat lebih dari satu kejadian akhir dengan beberapa proses, maka dibutuhkan perbandingan $TL_{(i)}$ yang paling minimum seperti rumus berikut.

$$TL_{(i)} = \min_j (TE_{(j)} - t_{(i,j)}) \quad (2.6)$$

2.2.4. Perhitungan Total Float dengan Metode FLASH

Menurut Wibowo (2001), *float* merupakan sejumlah kelonggaran waktu dan suatu elastisitas pada suatu jaringan kerja. Perhitungan besarnya waktu pada jaringan kerja *fuzzy* ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$S_{(i,j)} = TL_{(j)} - TE_{(i)} - t_{(i,j)} \quad (2.7)$$

keterangan:

$S_{(i,j)}$ = total *float* aktivitas $i-j$.

2.2.5. Decision Maker's Risk Index

Menurut Liang dan Han (2004), *Decision Maker's Risk Index* yang dinyatakan dengan simbol (λ) digunakan untuk menentukan *ranking value* pada masing-masing proses. Jika durasi suatu proses dinyatakan dengan $t_{(i,j)} = (a_{(i,j)}; m_{(i,j)}; b_{(i,j)})$ maka dapat diketahui:

$$\lambda = \left[\frac{\sum_i \sum_j \frac{m_{(i,j)} - a_{(i,j)}}{(m_{(i,j)} - a_{(i,j)}) + (b_{(i,j)} - m_{(i,j)})}}{t} \right] \quad (2.8)$$

keterangan:

λ = decision maker's risk index,

t = jumlah proses keseluruhan dalam jaringan kerja.

2.2.6. Ranking Value

Menurut Liang dan Han (2004), *ranking value* digunakan untuk menentukan waktu paling awal suatu kejadian (TE) dan waktu paling lambat suatu kejadian (TL). Jika terdapat dua buah TFN L_1 dan L_2 , maka $L_1 > L_2$ jika dan hanya jika $R(L_1) > R(L_2)$ dan $L_1 = L_2$ jika dan hanya jika $R(L_1) = R(L_2)$. Dalam penjadwalan maju *ranking value* digunakan untuk mengidentifikasi nilai maksimum pada bilangan *fuzzy* segitiga sedangkan pada perhitungan mundur *ranking value* digunakan untuk mengidentifikasi nilai minimum dari bilangan *fuzzy* segitiga.

Dalam suatu proses dengan durasi waktu berupa bilangan *fuzzy*, tidak dimungkinkan untuk mengidentifikasi jalur kritis berdasarkan *zero slack* seperti pada penjadwalan konvensional layaknya CPM, akan tetapi setiap lintasan (P_i) pada jaringan kerja dapat diidentifikasi berdasarkan "*degree of critically*" sehingga waktu penyelesaian suatu kegiatan dapat ditentukan. Setelah setiap lintasan (P_i) yang mungkin pada jaringan kerja telah diidentifikasi, selanjutnya menjumlahkan seluruh total *float* pada lintasan tersebut dengan rumus sebagai berikut.

$$P_i = \sum_{1 < i < j < n} S_{(i,j)} \quad (2.9)$$

keterangan:

P_i = semua lintasan yang mungkin,

$i = 1, 2, \dots, n,$

$j = 1, 2, \dots, n,$

$i, j \in P_i.$

Liang dan Han (2004) menentukan sebuah metode penentuan *ranking value* untuk mengatasi masalah dalam menentukan analisis jalur fuzzy yang melibatkan durasi suatu proses berupa TFN sehingga penentuan jalur kritis pada jaringan kerja dapat diidentifikasi. *Ranking value* dari sebuah TFN dapat diperoleh dengan rumus:

$$RL_i = \lambda \left[\frac{b_i - X_1}{(X_2 - X_1 + b_i - m_i)} \right] + (1 - \lambda) \left[1 - \frac{X_2 - a_i}{(X_2 - X_1 + m_i - a_i)} \right] \quad (2.10)$$

keterangan:

λ = decision maker's risk index,

$X_1 = \min\{a_1, a_2, \dots, a_n\},$

$X_2 = \max\{b_1, b_2, \dots, b_n\},$

i = urutan bilangan fuzzy.

Suatu lintasan (p_i) dikatakan kritis jika memiliki nilai *ranking value* terendah atau dapat dituliskan sebagai berikut.

$$p = \min\{R(P_i)\} \quad (2.11)$$

keterangan:

p = lintasan kritis.

2.3. **Linear Programming**

Menurut Mulyono (2004), *linear programming* merupakan salah satu teknik riset operasi, yaitu metode matematika dalam mengalokasikan sumber daya yang langka untuk mencapai tujuan seperti memaksimalkan keuntungan atau meminimumkan biaya.

2.3.1. **Bentuk Persamaan Linear Programming**

Menurut Dimiyati dan Dimiyati (1994), terdapat variabel-variabel yang terlibat dalam setiap model dari suatu permasalahan *linear programming* sebagai berikut.

1. Nilai dari fungsi tujuan (Z)
Nilai fungsi tujuan merupakan nilai yang diperoleh dari fungsi tujuan pada suatu permasalahan *linear programming*.

2. Variabel keputusan (X_j)
Suatu variabel diperoleh dari suatu pemecahan permasalahan *linear programming*. Variabel ini juga merupakan besaran yang memengaruhi nilai fungsi tujuan yang harus dicari atau ditentukan nilainya agar optimalitas yang diinginkan tercapai.

3. Koefisien untuk setiap variabel keputusan dalam fungsi tujuan (C)
Suatu parameter untuk memperoleh fungsi tujuan yang telah diharapkan.

4. Koefisien sumber daya yang digunakan pada kegiatan yang bersangkutan (a_{ij})
Jumlah sumber daya yang digunakan pada kegiatan untuk masing-masing kegiatan.

5. Jumlah sumber daya yang tersedia untuk tiap jenis sumber daya (b_i) yang membatasi kegiatan, disebut juga sebagai nilai ruas kanan

Nilai ruas kanan merupakan batas dari sumber daya yang tersedia, dimana nantinya jumlah penggunaan sumber daya tersebut tidak boleh melebihi dari batasan yang ada.

Berikut adalah bentuk umum formulasi model matematika dari *linear programming* untuk kasus maksimasi atau minimasi.

Fungsi tujuan:

$$\text{Maksimumkan atau minimumkan } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$

Fungsi kendala:

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq, =, \text{ atau } \geq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \leq, =, \text{ atau } \geq b_2$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq, =, \text{ atau } \geq b_i$$

$$X_j \geq 0$$

keterangan:

X_j = variabel keputusan ke- j ,

C_j = parameter fungsi tujuan ke- j ,

b_i = kapasitas kendala ke- i ,

a_{ij} = parameter fungsi kendala ke- i untuk variabel keputusan ke- j ,

$i = 1, 2, \dots, m$,

$j = 1, 2, \dots, n$.

2.3.2. Metode Simpleks

Menurut Wijaya (2013), metode simpleks adalah metode yang biasanya digunakan dalam masalah pada pemrograman *linear* yang kombinasi variabelnya terdiri dari tiga variabel atau bahkan lebih.

Ada beberapa sifat dari bentuk baku programming untuk metode simpleks, yaitu:

1. Semua batasan adalah persamaan (sisi kanan bernilai positif),
2. Semua variabel tidak bernilai negatif,
3. Fungsi tujuan dapat berupa minimasi atau maksimasi.

Ada beberapa langkah yang dapat digunakan dalam metode simpleks, yaitu:

1. Menentukan variabel keputusan dan memformulasikan dalam model matematis.
2. Menentukan fungsi tujuan yang akan dicapai dan fungsi kendala yang terjadi.
3. Memformulasikan fungsi tujuan dan fungsi kendala ke dalam model matematis.
4. Mengubah model fungsi tujuan dan fungsi kendala menjadi bentuk standar, yaitu dengan cara mengubah tanda " \leq " atau " \geq " menjadi " $=$ ", dan menambahkan variabel *slack* (S).
5. Menyusun model fungsi tujuan dan fungsi kendala yang telah terbentuk ke dalam tabel.
6. Melakukan iterasi dengan mencari kolom kunci, baris kunci, dan angka kunci (angka *pivot*). Jika fungsi tujuan berupa

maksimasi maka kolom kunci yang diambil (*entering variable*) berdasarkan nilai $Z_j - C_j$ paling negatif. Sedangkan jika fungsi tujuan berupa minimasi maka kolom kunci yang diambil berdasarkan nilai $C_j - Z_j$ paling positif. Baris kunci yang diambil (*leaving variable*) berdasarkan rasio positif terkecil. Rumus untuk menentukan rasio sebagai berikut.

$$\text{Rasio} = \frac{\text{indeks masing-masing baris}}{\text{masing-masing koefisien kolom kunci baru}}$$

Sementara itu, angka kunci yang diambil adalah angka pertemuan antara kolom kunci dan baris kunci.

7. Mengubah variabel keputusan pada baris kunci dengan variabel keputusan pada kolom kunci, lalu menentukan baris kunci baru dan koefisien lainnya. Rumus untuk menentukan baris kunci baru sebagai berikut

$$\text{baris kunci baru} = \frac{\text{baris kunci lama}}{\text{angka kunci}}$$

Semua angka pada kolom kunci baru bernilai nol kecuali angka kunci. Sementara itu, angka baru selain baris kunci dan kolom kunci dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{angka baru}_{i,j} = \text{angka lama}_{i,j} - \left(\frac{\text{koefisien kolom kunci}_i \times \text{koefisien baris kunci}_j}{\text{angka kunci}} \right)$$

8. Jika fungsi tujuan berupa minimasi maka memastikan nilai $C_j - Z_j$ tidak bernilai positif sedangkan jika fungsi tujuan berupa maksimasi maka memastikan nilai $Z_j - C_j$ tidak bernilai negatif sehingga diperoleh solusi optimal. Jika tidak, maka dilakukan iterasi selanjutnya seperti pada langkah 6 dan 7.

Tabel awal simpleks kasus maksimasi dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Simpleks Awal Kasus Maksimasi

C_b	C_1	C_2	C_n	0	0	0	0	0	Indeks (b_j)	Rasio
Basis	X_1	X_2	X_n	S_1	S_2	S_1	S_2	S_m		
0	a_{11}	a_{12}	a_{1n}	1	0	1	0	0	b_1	-
0	a_{21}	a_{22}	a_{2n}	0	1	0	1	0	b_2	-
\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
0	a_{m1}	a_{m2}	a_{mn}	0	0	0	0	1	b_m	-
$Z_j - C_j$	$\sum_{j=1}^m C_b X_{1j} - C_1$	$\sum_{j=1}^m C_b X_{2j} - C_2$	$\sum_{j=1}^m C_b X_{nj} - C_n$	$\sum_{j=1}^m C_b S_{1j} - C_{n+1}$	$\sum_{j=1}^m C_b S_{2j} - C_{n+2}$	$\sum_{j=1}^m C_b S_{mj} - C_{n+m}$	\dots	\dots	$\sum_{j=1}^m C_b b_j$	

2.4. Program Solver

Menurut Dwijanto (2007), *solver* merupakan program *Add-Ins* yang berada dibawah program Microsoft Excel. Program *solver* ini berisi perintah-perintah yang berfungsi untuk melakukan analisis terhadap masalah optimalisasi. *Solver* ini tidak secara otomatis ada dalam Microsoft Excel ketika pertama di instal tetapi harus di instal secara khusus. Berikut ini cara untuk mengaktifkan fasilitas *solver* di MS Excel:

1. Klik *Office Button* dan klik *Word Options*.
2. Klik *Add-Ins*, klik *solver add-ins* pada kolom *Inactive Application Add-Ins*.
3. Centang *Solver Add-Ins* kemudian klik tombol *OK*.
4. Maka *tool solver* dapat digunakan pada menu data.

Sebelum memasuki *solver*, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mendefinisikan dan memilih variabel keputusan, kendala dan fungsi tujuan dari suatu masalah. Setelah langkah pertama dilakukan, masukkan data fungsi tujuan, kendala dan variabel keputusan dalam Excel. Untuk menentukan nilai optimal suatu *linear programming* dengan Excel dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu:

1. Menentukan model *linear programming* berdasarkan data.
2. Membuat tabel model *linear programming* pada halaman Excel.
3. Klik *Solver* pada menu *Data*, maka akan muncul *solver Parameters*.
4. Pada *Set Objective* klik fungsi tujuan pada halaman Excel yang telah dibuat.
5. Klik *max* untuk memaksimalkan dan klik *min* untuk meminimumkan.
6. Pada sel *by changing variable cells* pilih variabel keputusan pada halaman Excel yang telah dibuat.
7. Pada sel *add cell references* pilih fungsi kendala pada halaman Excel yang telah dibuat.

- Pilih metode simplex LP.
- Selanjutnya klik OK.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian

CV. Kajeye Food merupakan perusahaan yang bergerak pada pengolahan keripik buah dan sayur. Sampai saat ini produk yang dihasilkan perusahaan antara lain: keripik melon, belimbing, nanas, rambutan, kelengkeng, kesemek, semangka, salak, mangga, keripik sayur dan manis buah yang dikenal dengan keripik bermerek SoKressh. Untuk memproduksi aneka olahan tersebut, perusahaan menggunakan tenaga kerja beberapa karyawan dan mesin. Adapun proses produksi keripik di perusahaan ini antara lain: pengupasan buah dan sayur, pencucian, penirisan dan penyimpanan, perajangan buah atau sayur, perendaman, penggorengan, penirisan, penimbangan, pengepakan, dan pemberian label. Perusahaan ini beralamat di Kelurahan Polowijen, Kecamatan Blimbing, Kota Malang.

3.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di CV. Kajeye Food yang beralamat di Kelurahan Polowijen, Kecamatan Blimbing, Kota Malang. Penelitian dilaksanakan pada 12 November – 7 Desember 2018.

3.3. Metode Pengumpulan Data

Menurut Rozak (2012), dalam pengumpulan data dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu wawancara, angket, observasi, dan penelusuran literatur.

1. Wawancara (*interview*)

Wawancara adalah suatu cara mengumpulkan data dengan tanya jawab dengan responden secara langsung atau dengan perantara yang mengetahui masalah (objek) yang akan diteliti.

2. Angket (kuisisioner)

Angket adalah suatu cara mengumpulkan data, dimana responden mengisi daftar isian atau daftar pertanyaan yang telah disiapkan. Daftar isian tersebut dapat berbentuk obyektif atau uraian tentang hal yang akan diteliti.

3. Observasi (pengamatan)

Observasi adalah suatu cara mengumpulkan data dengan cara mengamati secara langsung terhadap objek. Cara pengumpulan seperti ini dapat dilakukan di laboratorium atau di luar laboratorium.

4. Penelusuran literatur

Penelusuran literatur adalah suatu cara pengumpulan data dengan cara menelusuri bagian atau seluruh data yang telah dicatat atau dilaporkan oleh peneliti sebelumnya, yang dilakukan di perpustakaan atau lembaga yang menyediakan data yang akan diteliti.

Pada skripsi ini, pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode wawancara dan observasi.

3.4. Sumber Data

Menurut Sumarsono (2004), jenis data pada umumnya terbagi menjadi dua sebagai berikut.

1. Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung oleh pengumpul data dari objek yang diteliti.

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dari objek yang diteliti.

Pada skripsi ini, data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan observasi langsung antara lain sebagai berikut.

1. Data proses produksi.

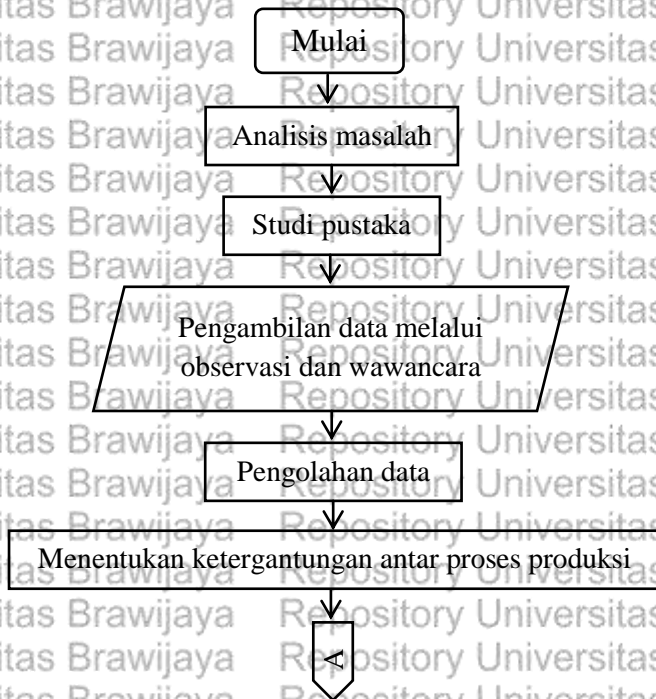
2. Data waktu proses produksi.

Sementara itu, data sekunder diperoleh dengan melakukan wawancara antara lain sebagai berikut.

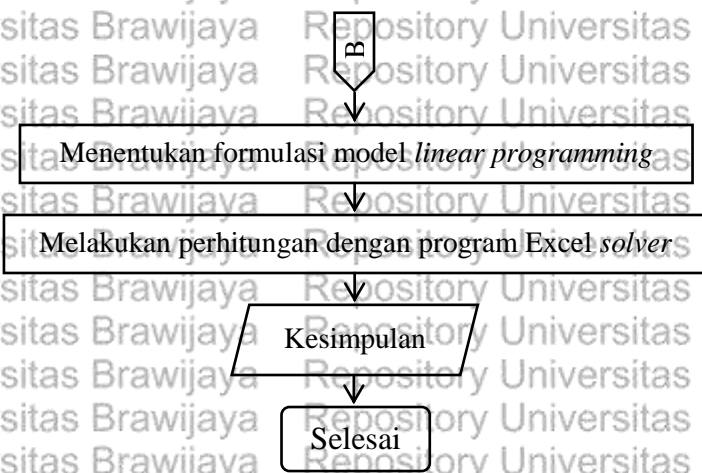
1. Data harga jual per unit.
2. Data biaya produksi per unit.
3. Data keuntungan per unit.
4. Data komposisi bahan baku per unit.
5. Data ketersediaan bahan baku.
6. Data jumlah mesin.

3.5. Langkah-langkah Penelitian

Diberikan diagram alir pada Gambar 3.1 yang merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini.







Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian



BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Data Proses Produksi dan Penjelasan Proses

CV. Kajeye Food Malang merupakan perusahaan keripik buah pertama di Kota Malang. Sampai saat ini, produk keripik buah yang paling tinggi tingkat permintaannya adalah keripik buah nangka. Untuk dapat menghasilkan keripik buah nangka, CV. Kajeye Food Malang menerapkan beberapa proses produksi. Tabel 4.1 menunjukkan daftar dan penjelasan proses produksi.

Tabel 4.1 Data Proses Produksi Keripik Buah Nangka CV. Kajeye Food Malang

Kode	Proses Produksi	Keterangan
A	Persiapan	Persiapan bahan baku dan peralatan
B	Pembelahan buah	Membelah buah menjadi beberapa bagian lebih kecil
C	Penyortiran buah yang tidak layak	Menyisihkan buah yang busuk dan tidak layak
D	Pengupasan dan perajangan buah	Memisahkan buah nangka dari biji dan membelahnya menjadi dua bagian
E	Perendaman	Merendam buah dengan air yang telah dicampur bubuk natrium metabisulfid dan asam sitrat
F	Penyimpanan	Menyimpan buah yang telah direndam di dalam kulkas besar
G	Penggorengan	Menggoreng buah dengan mesin penggorengan vacuum fryer
H	Penirisan	Meniriskan keripik buah yang telah digoreng dengan mesin spinner
I	Penimbangan	Menimbang keripik buah yang telah ditiriskan

Kode	Proses Produksi	Keterangan
J	Penyortiran	Memisahkan keripik buah yang layak dan tidak layak
K	Pengepakan	Mengepak keripik buah dengan kemasan aluminium foil
L	Pemberian label	Memberikan label stiker pada aluminium foil yang telah diisi keripik buah

4.2. Data Proses Produksi Pendahulu dan Waktu Proses

Di CV. Kajeje Food Malang produk keripik buah nangka pada satu kali proses produksi dapat dihasilkan keripik buah nangka sebanyak ± 50 kg. Tabel 4.2 menunjukkan data proses produksi pendahulu dan waktu proses yang digunakan perusahaan. Data diperoleh atas dasar observasi dan pertimbangan pekerja.

Tabel 4.2 Data Proses Produksi Pendahulu dan Waktu Proses

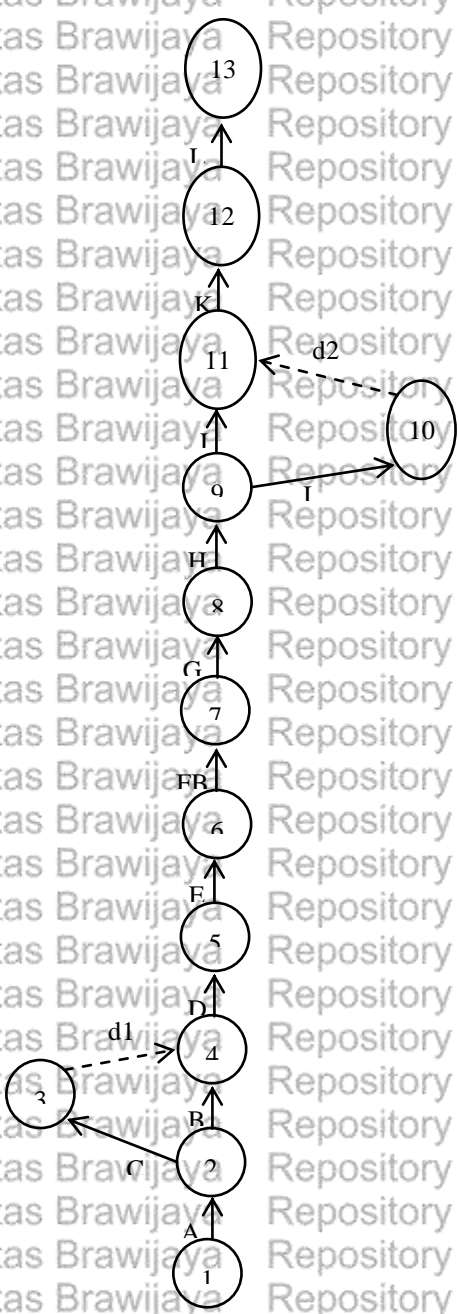
Kode	Proses Produksi	Proses Pendahulu	Waktu (menit)		
			Batas Bawah (a)	Paling Mungkin (m)	Batas Atas (b)
A	Persiapan	-	5	7	10
B	Pembelahan buah	A	20	25	30
C	Penyortiran buah yang tidak layak	A	13	15	18
D	Pengupasan dan perajangan buah	B,C	120	150	180

Kode	Proses Produksi	Proses Pendahulu	Waktu (menit)		
			Batas Bawah (a)	Paling Mungkin (m)	Batas Atas (b)
E	Perendaman	D	30	45	60
F	Penyimpanan	E	720	1.080	1.440
G	Penggorengan	F	120	130	150
H	Penirisan	G	5	8	10
I	Penimbangan	H	0,5	0,75	1
J	Penyortiran	H	15	20	25
K	Pengepakan	I,J	120	150	180
L	Pemberian label	K	25	30	35
Total			1.193,5	1.660,75	2.139

Berdasarkan Tabel 4.2, total dari waktu batas bawah adalah 1.193,5 menit, waktu paling mungkin adalah 1.660,75 menit, dan waktu batas atas adalah 2.139 menit.

4.3. Pembentukan Diagram Jaringan Kerja

Diagram jaringan kerja menunjukkan hubungan saling ketergantungan yang terjadi dalam proses-proses produksi. Berdasarkan data pada Tabel 4.2 maka dapat dibentuk diagram jaringan kerja proses produksi keripik buah nangka yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. Proses produksi berupa kode huruf disimbolkan dengan anak panah. Lingkaran kecil dengan angka melambangkan suatu kejadian. Setiap proses produksi terdiri dari kejadian awal dan kejadian akhir. Anak panah putus-putus dinamakan *dummy activity* menunjukkan ketergantungan dari suatu proses produksi pada proses produksi lainnya. Suatu *dummy activity* tidak membutuhkan waktu.



4.4. Perhitungan Maju Metode FLASH

Perhitungan maju dilakukan untuk memperoleh waktu paling awal suatu kejadian dapat terjadi yang dihitung menggunakan rumus persamaan (2.3). Hasil perhitungan sebagai berikut.

1. Kejadian 1, untuk kejadian awal pada suatu jaringan kerja maka nilai $TE_1 = (0;0;0)$.

2. Kejadian 2,
 $TE_2 = TE_1 + t_{1,2}$
 $= (0;0;0) + (5;7;10) = (5;7;10)$.

3. Kejadian 3,
 $TE_3 = TE_2 + t_{2,3}$
 $= (5;7;10) + (13;15;18) = (18;22;28)$.

4. Kejadian 4, untuk mendapatkan kejadian 4 diperlukan 2 proses kejadian yaitu kejadian 2 dan 3. Oleh karena itu, penentuan waktu paling awal kejadian 4 menggunakan rumus persamaan (2.4).

$$TE_4 = \max\{TE_2 + t_{2,4}, TE_3 + t_{3,4}\}$$

$$= \max\{(5;7;10) + (20;25;30); (18;22;28) + (0;0;0)\}$$

$$= \max\{(25;32;40), (18;22;28)\}$$

Untuk menentukan nilai mana yang merupakan nilai paling maksimal dari kedua bilangan *fuzzy* tersebut maka dalam penyelesaiannya perlu menentukan nilai dari *Decision Maker's Risk Index* (λ). Nilai (λ) dihitung menggunakan rumus persamaan (2.8).

$$\lambda = \left[\frac{\sum_i \sum_j \frac{m_{(i,j)} - a_{(i,j)}}{(m_{(i,j)} - a_{(i,j)}) + (b_{i,j} - m_{i,j})}}{t} \right]$$

$$= \left[\frac{\frac{m_{(1,2)} - a_{(1,2)}}{(m_{(1,2)} - a_{(1,2)}) + (b_{(1,2)} - m_{(1,2)})} + \frac{m_{(2,4)} - a_{(2,4)}}{(m_{(2,4)} - a_{(2,4)}) + (b_{(2,4)} - m_{(2,4)})}}{7-5} + \dots + \frac{m_{(12,13)} - a_{(12,13)}}{(m_{(12,13)} - a_{(12,13)}) + (b_{(12,13)} - m_{(12,13)})}}{25-20} \right] / t$$

$$= \left[\frac{15-13}{(7-5)+(10-7)} + \frac{15-13}{(25-20)+(30-25)} + \frac{15-13}{(15-13)+(18-15)} + \dots + \frac{45-30}{(45-30)+(60-45)} \right]$$

$$\begin{aligned}
& \frac{1,080-720}{(1,080-720)+(1,440-1,080)} + \frac{130-120}{(130-120)+(150-130)} + \\
& \frac{8-5}{(8+5)+(10-8)} + \frac{0,75-0,5}{(0,75-0,5)+(1-0,75)} + \frac{20-15}{(20-15)+(25-20)} + \\
& \frac{150-120}{(150-120)+(180-150)} + \frac{30-25}{(30-25)+(35-30)} \Big/ 12 \\
& = \left[\frac{2}{2+3} + \frac{5}{5+5} + \frac{2}{2+3} + \frac{30}{30+30} + \frac{15}{15+15} + \frac{360}{360+360} + \frac{10}{10+20} + \frac{3}{3+2} \right. \\
& \quad \left. + \frac{0,25}{0,25+0,25} + \frac{5}{5+5} + \frac{30}{30+30} + \frac{5}{5+5} \right] / 12 \\
& = \left[\frac{2}{5} + \frac{5}{10} + \frac{2}{5} + \frac{30}{60} + \frac{15}{30} + \frac{360}{720} + \frac{10}{30} + \frac{3}{5} + \frac{0,25}{0,5} + \frac{5}{10} + \frac{30}{60} + \right. \\
& \quad \left. \frac{5}{5} \right] / 12 \\
& = \left[\frac{2}{5} + \frac{1}{2} + \frac{2}{5} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{3}{5} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right] / 12 \\
& = \left[\frac{7}{5} + 4 + \frac{1}{3} \right] / 12 \\
\lambda &= \left[\frac{86}{15} \right] / 12 \\
&= 0,478 \tag{4.1}
\end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai dari (λ) maka langkah selanjutnya adalah dengan menggunakan rumus persamaan (2.10) untuk memperoleh *ranking value* dari kedua bilangan *fuzzy* (25;32;40) dan (18;22;28). Berdasarkan data dari dua bilangan *fuzzy* dapat diketahui $X_1 = 18$ dan $X_2 = 40$, sehingga:

$$\begin{aligned}
R(25;32;40) &= 0,478 \left[\frac{40-18}{40-18-32+40} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{40-25}{40-18+32-25} \right] \\
&= 0,478 \left[\frac{22}{30} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{15}{29} \right] \\
&= 0,478 (0,733) + 0,522 (0,483) = 0,603
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R(18;22;28) &= 0,478 \left[\frac{28-18}{40-18-22+28} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{40-18}{40-18+22-18} \right] \\
&= 0,478 \left[\frac{10}{28} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{22}{26} \right] \\
&= 0,478 (0,357) + 0,522 (0,154) = 0,251.
\end{aligned}$$

Oleh karena itu nilai $R(25;32;40) > R(18;22;28)$ maka

$$TE_4 = (25;32;40).$$

5. Kejadian 5,

$$TE_5 = TE_4 + t_{4,5}$$

$$= (25;32;40) + (120;150;180) = (145;182;220).$$

6. Kejadian 6,

$$TE_6 = TE_5 + t_{5,6}$$

$$= (145;182;220) + (30;45;60) = (175;227;280).$$

7. Kejadian 7,

$$TE_7 = TE_6 + t_{6,7}$$

$$= (175;227;280) + (720;1.080;1.440) = (895;1307;1.720).$$

8. Kejadian 8,

$$TE_8 = TE_7 + t_{7,8}$$

$$= (895;1.307;1.720) + (120;130;150)$$

$$= (1.015;1.437;1.870).$$

9. Kejadian 9,

$$TE_9 = TE_8 + t_{8,9}$$

$$= (1.015;1.437;1.870) + (5;8;10) = (1.020;1.445;1.880).$$

10. Kejadian 10,

$$TE_{10} = TE_9 + t_{9,10}$$

$$= (1.020;1.445;1.880) + (0,5;0,75;1)$$

$$= (1.020,5;1.445,75;1.881)$$

11. Kejadian 11, untuk mendapatkan kejadian 11 diperlukan 2 proses kejadian yaitu kejadian 9 dan 10. Oleh karena itu, penentuan waktu paling awal kejadian 11 menggunakan rumus persamaan (2.4).

$$TE_{11} = \max\{TE_9 + t_{9,11}, TE_{10} + t_{10,11}\}$$

$$= \max\{(1.020;1.445;1.880) + (15;20;25),$$

$$(1.020,5;1.445,75;1.881) + (0;0;0)\}$$

$$= \max\{(1.035;1.465;1.905), (1.020,5;1.445,75;1.881)\}.$$

Diketahui nilai (λ) dari persamaan (4.1) sebesar 0,478. Selanjutnya menggunakan rumus persamaan (2.10) diperoleh *ranking value* dari kedua bilangan *fuzzy* (1.035;1.465;1.905) dan (1.020,5;1.445,75;1.881). Berdasarkan data dari dua bilangan *fuzzy* dapat diketahui $X1 = 1.020,5$ dan $X2 = 1.905$, sehingga:

$$R(1.035;1.465;1.905) = 0,478 \left[\frac{1.905 - 1.020,5}{1.905 - 1.020,5 - 1.465 + 1.905} \right] +$$

$$\begin{aligned}
& 0,522 \left[1 - \frac{1,905 - 1,035}{1,905 - 1,020,5 + 1,465 - 1,035} \right] \\
& = 0,478 \left[\frac{884,5}{1,324,5} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{870}{1,314,5} \right] \\
& = 0,478 (0,668) + 0,522 (0,338) \\
& = 0,496
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R(1.020,5;1.445,75;1.881) & = 0,478 \\
& \left[\frac{1,881 - 1,020,5}{1,905 - 1,020,5 - 1,445,75 + 1,881} \right] + \\
& 0,522
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left[1 - \frac{1,905 - 1,020,5}{1,905 - 1,020,5 + 1,445,75 - 1,020,5} \right] \\
& = 0,478 \left[\frac{860,5}{1,319,75} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{884,5}{1,309,75} \right] \\
& = 0,478 (0,652) + 0,522 (0,325) \\
& = 0,481
\end{aligned}$$

Oleh karena itu nilai $R(1,035;1,465;1,905) > R(1,020,5;1,445,75;1,881)$ maka $TE_{11} = (1,035;1,465;1,905)$.

12. Kejadian 12,

$$\begin{aligned}
TE_{12} & = TE_{11} + t_{11,12} \\
& = (1,035;1,465;1,905) + (120;150;180) \\
& = (1,155;1,615;2,085).
\end{aligned}$$

13. Kejadian 13,

$$\begin{aligned}
TE_{13} & = TE_{12} + t_{12,13} \\
& = (1,155;1,615;2,085) + (25;30;35) \\
& = (1,180;1,645;2,120).
\end{aligned}$$

4.5. Perhitungan Mundur Metode FLASH

Perhitungan mundur dilakukan untuk memperoleh waktu paling lambat suatu kejadian harus dilakukan yang dihitung menggunakan rumus persamaan (2.5). Perhitungan dimulai dari kejadian akhir pada jaringan kerja setelah perhitungan maju selesai dilakukan. Hasil perhitungan sebagai berikut.

1. Kejadian 13, berdasarkan perhitungan maju yang telah dilakukan sebelumnya diperoleh $TE_{13} = (1,180;1,645;2,120)$.

Oleh karena itu untuk kejadian akhir berlaku $TL_{(j)} = TE_{(j)}$.

$$\begin{aligned} TL_{13} &= TE_{13} \\ &= (1.180; 1.645; 2.120). \end{aligned}$$

2. Kejadian 12,

$$\begin{aligned} TL_{12} &= TL_{13} - t_{12,13} \\ &= (1.180; 1.645; 2.120) - (25; 30; 35) = (1.145; 1.615; 2.095). \end{aligned}$$

3. Kejadian 11,

$$\begin{aligned} TL_{11} &= TL_{12} - t_{11,12} \\ &= (1.145; 1.615; 2.095) - (120; 150; 180) \\ &= (965; 1.465; 1.975) \end{aligned}$$

4. Kejadian 10,

$$\begin{aligned} TL_{10} &= TL_{11} - t_{10,11} \\ &= (965; 1.465; 1.975) - (0; 0; 0) = (965; 1.465; 1.975). \end{aligned}$$

5. Kejadian 9, untuk mendapatkan kejadian 9 diperlukan 2 proses kejadian yaitu kejadian 10 dan 11. Oleh karena itu, penentuan waktu paling lambat kejadian 9 menggunakan rumus persamaan (2.6).

$$\begin{aligned} TL_9 &= \min\{TL_{11} - t_{9,11}, TL_{10} - t_{9,10}\} \\ &= \min\{(965; 1.465; 1.975) - (15; 20; 25), \\ &\quad (965; 1.465; 1.975) - (0,5; 0,75; 1)\} \\ &= \min\{(940; 1.445; 1.960), (964; 1.464,25; 1.974,5)\}. \end{aligned}$$

Diketahui nilai (λ) dari persamaan (4.1) sebesar 0,478. Selanjutnya menggunakan rumus persamaan (2.10) diperoleh *ranking value* dari kedua bilangan *fuzzy* (940; 1.445; 1.960) dan (964; 1.464,25; 1.974,5). Berdasarkan data dari dua bilangan *fuzzy* dapat diketahui $X1 = 940$ dan $X2 = 1.974,5$, sehingga:

$$\begin{aligned} R(940; 1.445; 1.960) &= 0,478 \left[\frac{1.960 - 940}{1.974,5 - 940 - 1.445 + 1.960} \right] + \\ &\quad 0,522 \left[1 - \frac{1.974,5 - 940}{1.974,5 - 940 + 1.445 - 940} \right] \\ &= 0,478 \left[\frac{1.020}{1.549,5} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{1.034,5}{1.539,5} \right] \\ &= 0,478 (0,658) + 0,522 (0,328) \\ &= 0,486 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R(964;1.464,25;1.974,5) &= 0,478 \left[\frac{1.974,5-940}{1.974,5-940-1.464,25+1.974,5} \right] \\
&\quad + 0,522 \left[1 - \frac{1.974,5-964}{1.974,5-940+1.464,25-964} \right] \\
&= 0,478 \left[\frac{1.034,5}{1.544,75} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{1.010,5}{1.534,75} \right] \\
&= 0,478 (0,670) + 0,522 (0,342) \\
&= 0,499.
\end{aligned}$$

Oleh karena itu nilai $R(940;1.445;1.960) < R(964;1.464,25;1.974,5)$ maka $TL_9 = (940;1.445;1.960)$.

6. Kejadian 8,
 $TL_8 = TL_9 - t_{8,9}$
 $= (940;1.445;1.960) - (5;8;10) = (930;1.437;1.955)$.

7. Kejadian 7,
 $TL_7 = TL_8 - t_{7,8}$
 $= (930;1.437;1.955) - (120;130;150) = (780;1.307;1.835)$.

8. Kejadian 6,
 $TL_6 = TL_7 - t_{6,7}$
 $= (780;1.307;1.835) - (720;1.080;1.440)$
 $= (-660;227;1.115)$.

9. Kejadian 5,
 $TL_5 = TL_6 - t_{5,6}$
 $= (-660;227;1.115) - (30;45;60) = (-720;182;1.085)$.

10. Kejadian 4,
 $TL_4 = TL_5 - t_{4,5}$
 $= (-720;182;1.085) - (120;150;180) = (-900;32;965)$.

11. Kejadian 3,
 $TL_3 = TL_4 - t_{3,4}$
 $= (-900;32;965) - (0;0;0) = (-900;32;965)$.

12. Kejadian 2, untuk mendapatkan kejadian 2 diperlukan 2 proses kejadian yaitu kejadian 3 dan 4. Oleh karena itu, penentuan waktu paling lambat kejadian 2 menggunakan rumus persamaan (2.6).

$$\begin{aligned}
TL_2 &= \min\{TL_4 - t_{2,4}, TL_3 - t_{2,3}\} \\
&= \min\{(-900;32;965) - (20;25;30)\},
\end{aligned}$$

$$(-900;32;965) - (13;15;18) \\ = \min\{(-930;7;945), (-918;17;952)\}.$$

Diketahui nilai (λ) dari persamaan (4.1) sebesar 0,478. Selanjutnya menggunakan rumus persamaan (2.10) diperoleh *ranking value* dari kedua bilangan *fuzzy* $(-930;7;945)$ dan $(-918;17;952)$. Berdasarkan data dari dua bilangan *fuzzy* dapat diketahui $X1 = -930$ dan $X2 = 952$, sehingga:

$$R(-930;7;945) = 0,478 \left[\frac{945+930}{952+930-7+945} \right] + 0,522 \\ \left[1 - \frac{952+930}{952+930+7+930} \right] \\ = 0,478 \left[\frac{1.875}{2.820} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{1.882}{2.819} \right] \\ = 0,478 (0,665) + 0,522 (0,332) = 0,491$$

$$R(-918;17;952) = 0,478 \left[\frac{952+930}{952+930-17+952} \right] + 0,522 \\ \left[1 - \frac{952+918}{952+930+17+918} \right] \\ = 0,478 \left[\frac{1.882}{2.817} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{1.870}{2.817} \right] \\ = 0,478 (0,668) + 0,522 (0,336) = 0,495.$$

Oleh karena itu nilai $R(-930;7;945) < R(-918;17;952)$ maka $TL_2 = (-930;7;945)$.

13. Kejadian 1,

$$TL_1 = TL_2 - t_{1,2} \\ = (-930;7;945) - (5;7;10) = (-940;0;940).$$

4.6. Perhitungan Total Float Metode FLASH

Perhitungan total *float* dilakukan dengan menggunakan rumus persamaan (2.7). Nilai total *float* merupakan sejumlah kelonggaran waktu pada suatu jaringan kerja. Berikut ini merupakan contoh perhitungan total *float* dari kejadian (1-2):

$$S_{1,2} = TL_2 - TE_1 - t_{1,2} \\ = (-930;7;945) - (0;0;0) = (5;7;10) \\ = (-930;7;945) - (5;7;10) = (-940;0;940).$$

Untuk nilai total float dari kejadian-kejadian yang lain disajikan dalam Tabel 4.3.

$i-j$	TL_j	TE_i	$t_{i,j}$	Total float ($S_{i,j}$)
1-2	(-930;7,945)	(0;0;0)	(5;7;10)	(-940;0;940)
2-3	(-900;32;965)	(5;7;10)	(13;15;18)	(-928;10;947)
2-4	(-900;32;965)	(5;7;10)	(20;25;30)	(-940;0;940)
3-4	(-900;32;965)	(18;22;28)	(0;0;0)	(-928;10;947)
4-5	(-720;182;1.085)	(-25;32;40)	(120;150;180)	(-940;0;940)
5-6	(-660;227;1.115)	(145;182;220)	(30;45;60)	(-940;0;940)
6-7	(780;1.307;1.835)	(175;227;280)	(720;1.080;1.440)	(-940;0;940)
7-8	(930;1.437;1.955)	(895;1.307;1.720)	(120;130;150)	(-940;0;940)
8-9	(940;1.445;1.960)	(1.015;1.437;1.870)	(5;8;10)	(-940;0;940)
9-10	(965;1.465;1.975)	(1.020;1.445;1.880)	(0,5;0,75;1)	(-916;19,25;954,5)
9-11	(965;1.465;1.975)	(1.020;1.445;1.880)	(15;20;25)	(-940;0;940)
10-11	(965;1.465;1.975)	(1.020,5;1.445,75;1.881)	(0;0;0)	(-916;19,25;954,5)
11-12	(1.145;1.615;2.095)	(1.035;1.465;1.905)	(120;150;180)	(-940;0;940)
12-13	(1.180;1.645;2.120)	(1.155;1.615;2.085)	(25;30;35)	(-940;0;940)

4.7. Penentuan Lintasan Kritis Metode FLASH

Pada penentuan lintasan kritis perlu ditentukan semua kemungkinan lintasan yang mungkin terbentuk dari jaringan kerja. Berdasarkan Gambar 4.1 terdapat 4 lintasan yang mungkin dilalui dari awal hingga akhir, yaitu:

1. P1 : A-B-D-E-F-G-H-I-d2-K-L

2. P2 : A-B-D-E-F-G-H-J-K-L

3. P3 : A-C-d1-D-E-F-G-H-I-d2-K-L

4. P4 : A-C-d1-D-E-F-G-H-J-K-L

Selanjutnya dilakukan perhitungan total *float* dan *ranking value* pada P1, P2, P3, dan P4 menggunakan rumus persamaan (2.9) dan (2.10). Hasil perhitungan total *float* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P1 &= S_{1,2} + S_{2,4} + S_{4,5} + S_{5,6} + S_{6,7} + S_{7,8} + S_{8,9} + S_{9,10} + S_{10,11} + S_{11,12} \\ &\quad + S_{12,13} \\ &= (-940;0;940) + (-940;0;940) + (-940;0;940) + (-940;0;940) + \\ &\quad (-940;0;940) + (-940;0;940) + (-940;0;940) + \\ &\quad (-916;19,25;954,5) + (-916;19,25;954,5) + (-940;0;940) + \\ &\quad (-940;0;940) = (-10.292;38,5;10.369) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P2 &= S_{1,2} + S_{2,4} + S_{4,5} + S_{5,6} + S_{6,7} + S_{7,8} + S_{8,9} + S_{9,11} + S_{11,12} + S_{12,13} \\ &= (-940;0;940) + (-940;0;940) + (-940;0;940) + (-940;0;940) \\ &\quad + (-940;0;940) + (-940;0;940) + (-940;0;940) + (-940;0;940) \\ &\quad + (-940;0;940) + (-940;0;940) = (-9.400;0;9.400) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P3 &= S_{1,2} + S_{2,3} + S_{3,4} + S_{4,5} + S_{5,6} + S_{6,7} + S_{7,8} + S_{8,9} + S_{9,10} + S_{10,11} \\ &\quad + S_{11,12} + S_{12,13} \\ &= (-940;0;940) + (-928;10;947) + (-928;10;947) + \\ &\quad (-940;0;940) + (-940;0;940) + (-940;0;940) + (-940;0;940) + \\ &\quad (-940;0;940) + (-916;19,25;95,5) + (-916;19,25;954,5) + \\ &\quad (-940;0;940) + (-940;0;940) = (-11.208;58,5;11.323) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P4 &= S_{1,2} + S_{2,3} + S_{3,4} + S_{4,5} + S_{5,6} + S_{6,7} + S_{7,8} + S_{8,9} + S_{9,11} + S_{11,12} \\ &\quad + S_{12,13} \\ &= (-940;0;940) + (-928;10;947) + (-928;10;947) + \\ &\quad (-940;0;940) + (-940;0;940) + (-940;0;940) + (-940;0;940) + \\ &\quad (-940;0;940) + (-940;0;940) + (-940;0;940) + (-940;0;940) \end{aligned}$$

$$= (-10.316; 20; 10.354).$$

Berdasarkan hasil perhitungan total float pada lintasan P1, P2, P3, P4, dan hasil pada persamaan (4.1) diketahui nilai $X1 = -11.208$, $X2 = 11.323$, dan nilai (λ) adalah 0,478. Selanjutnya dengan menggunakan rumus persamaan (2.10) dilakukan penentuan *ranking value* dari total *float* keempat lintasan yang terbentuk. Hasil perhitungan *ranking value* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R(P1) &= 0,478 \left[\frac{10.369+11.208}{11.323+11.208-38,5+10.369} \right] + 0,522 \\ &\quad \left[1 - \frac{11.323+10.292}{11.323+11.208+38,5+10.292} \right] \\ &= 0,478 \left[\frac{21.577}{32.861,5} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{21.615}{32.861,5} \right] \\ &= 0,478 (0,657) + 0,522 (0,342) = 0,4926 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R(P2) &= 0,478 \left[\frac{9.400+11.208}{11.323+11.208-0+9.400} \right] + 0,522 \\ &\quad \left[1 - \frac{11.323+9.400}{11.323+11.208+0+9.400} \right] \\ &= 0,478 \left[\frac{20.608}{31.931} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{20.723}{31.931} \right] \\ &= 0,478 (0,645) + 0,522 (0,351) = 0,4915 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R(P3) &= 0,478 \left[\frac{11.323+11.208}{11.323+11.208-58,5+11.323} \right] + 0,522 \\ &\quad \left[1 - \frac{11.323+11.208}{11.323+11.208+58,5+11.208} \right] \\ &= 0,478 \left[\frac{22.531}{33.795,5} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{22.531}{33.797,5} \right] \\ &= 0,478 (0,667) + 0,522 (0,333) = 0,4927 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R(P4) &= 0,478 \left[\frac{10.354+11.208}{11.323+11.208-20+10.354} \right] + 0,522 \\ &\quad \left[1 - \frac{11.323+10.316}{11.323+11.208+20+10.316} \right] \\ &= 0,478 \left[\frac{21.562}{32.865} \right] + 0,522 \left[1 - \frac{21.639}{32.867} \right] \\ &= 0,478 (0,656) + 0,522 (0,342) = 0,4921. \end{aligned}$$

Hasil perhitungan total *float* dan *ranking value* P1, P2, P3, dan P4 disajikan dalam Tabel 4.4.

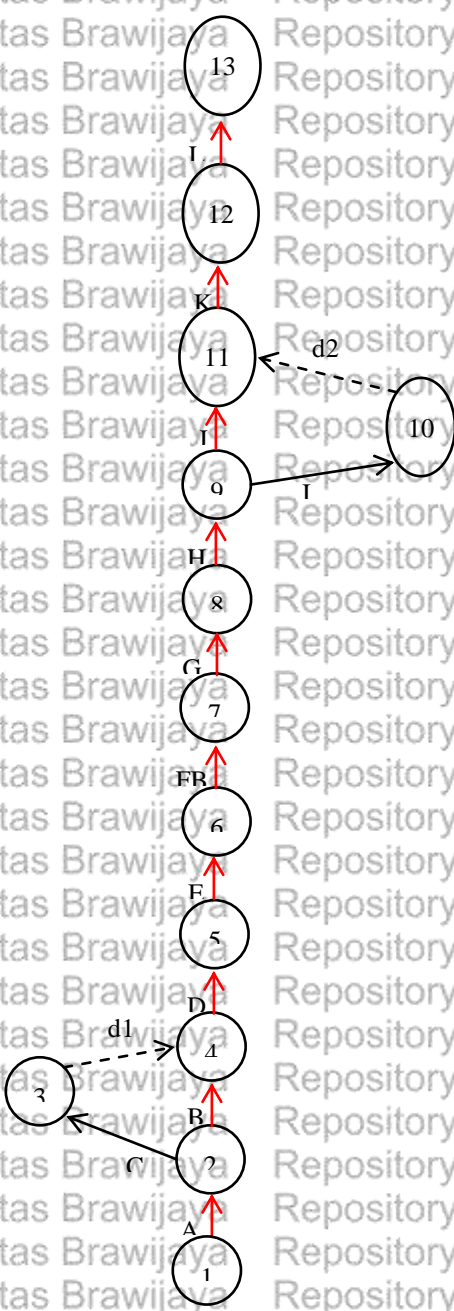
Tabel 4.4 Perhitungan Lintasan Kritis Semua Lintasan

	Lintasan	Total float lintasan	Ranking Value
P1	A-B-D-E-F-G-H-I-d2-K-L	(-10.292;38,5;10.369)	0,4926
P2	A-B-D-E-F-G-H-J-K-L	(-9.400;0;9.400)	0,4915
P3	A-C-d1-D-E-F-G-H-I-d2-K-L	(-11.208;58,5;11.323)	0,4927
P4	A-C-d1-D-E-F-G-H-J-K-L	(-10.316;20;10.354)	0,4921

Untuk menentukan lintasan kritis menggunakan rumus persamaan (2.11).

$$\begin{aligned}
 p &= \min\{R(P1); R(P2); R(P3); R(P4)\} \\
 &= \min\{0,4926; 0,4915; 0,4927; 0,4921\} \\
 &= 0,4915.
 \end{aligned}$$

Lintasan P2 memiliki nilai *ranking value* terendah sehingga lintasan P2 ditetapkan sebagai lintasan kritis pada proses produksi keripik buah nangka. Lintasan kritis memiliki waktu penyelesaian paling lama. Nilai *ranking value* terendah menunjukkan bahwa waktu penyelesaian pada lintasan P2 merupakan waktu paling optimal untuk proses produksi keripik buah nangka. Adapun proses produksi pada lintasan P2 antara lain: persiapan, pembelahan buah, pengupasan dan perajangan buah, perendaman, penyimpanan, penggorengan, penirisan, penyortiran, pengepakan, dan pemberian label. Proses penyortiran buah yang tidak layak bukan termasuk dalam proses pada lintasan kritis, hal ini dikarenakan penyortiran buah yang tidak layak dapat dilakukan sekaligus pada proses pengupasan dan perajangan buah. Proses penimbangan juga bukan termasuk dalam proses pada lintasan kritis, hal ini dikarenakan penimbangan dapat dilakukan setelah semua proses dilaksanakan. Urutan proses produksi pada lintasan kritis memberikan waktu penyelesaian sebesar (1.180;1.645;2.120). Diagram jaringan kerja yang merupakan lintasan kritis dapat dilihat pada Gambar 4.2.



4.8. Perumusan Model *Linear Programming*

Setelah diperoleh waktu penyelesaian proses produksi keripik buah angka, selanjutnya akan dirumuskan model *linear programming*. Perumusan model *linear programming* terdiri dari perumusan variabel keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi kendala perusahaan. Adapun kendala yang menjadi pembatas dalam proses produksi keripik buah angka adalah bahan baku, waktu produksi, dan jam kerja mesin. Ketiga waktu penyelesaian yang telah diperoleh pada jaringan kerja, masing-masing akan menjadi pembatas pada fungsi kendala waktu produksi.

4.8.1. Perumusan Variabel Keputusan

Keripik buah angka yang dihasilkan akan dikemas dengan ukuran kemasan yang berbeda. Kuantitas produksi keripik buah angka untuk satu kali produksi dengan ukuran kemasan yang berbeda merupakan variabel keputusan dari model *linear programming* sehingga dalam penyusunan model dapat terbentuk tiga variabel keputusan yang akan dicari kombinasi produksi optimalnya, yaitu:

X_1 : jumlah kemasan keripik buah angka 100 gr (unit)

X_2 : jumlah kemasan keripik buah angka 85 gr (unit)

X_3 : jumlah kemasan keripik buah angka 50 gr (unit)

Perumusan Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan yang dirumuskan bertujuan untuk mengetahui tingkat produksi dan kombinasi optimal sehingga mampu menghasilkan keuntungan maksimum dari produksi keripik buah angka di CV. Kajeye Food Malang. Koefisien fungsi tujuan merupakan keuntungan per kemasan dari tiap-tiap ukuran kemasan yang berbeda. Nilai keuntungan diperoleh dari selisih antara harga jual dengan biaya total per kemasan. Adapun harga jual, biaya total, dan keuntungan per kemasan diperoleh dari hasil wawancara dengan manajer produksi CV. Kajeye Food Malang yang dapat dilihat pada

Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Harga Jual, Biaya Total, dan Keuntungan Per Kemasan

Variabel	Kemasan	Harga jual per kemasan (Rp)	Biaya total per kemasan (Rp)	Keuntungan per kemasan (Rp)
X ₁	100 gr	14.000	10.500	3.500
X ₂	85 gr	11.000	8.250	2.750
X ₃	50 gr	8.000	6.000	2.000

Data yang digunakan untuk perumusan fungsi tujuan adalah data keuntungan maka fungsi tujuan yang digunakan adalah maksimasi keuntungan. Berdasarkan data pada Tabel 4.5 maka dapat dirumuskan fungsi tujuan dari model *linear programming* sebagai berikut.

$$\text{Max } Z = 3.500X_1 + 2.750X_2 + 2.000X_3$$

4.8.2. Perumusan Fungsi Kendalah Bahan Baku

CV. Kajeye Food Malang menggunakan bahan baku untuk memproduksi keripik buah nangka berdasarkan standar pemakaian yang telah ditetapkan. Penggunaan bahan baku yang sesuai standar pemakaiannya merupakan nilai koefisien dari fungsi kendala bahan baku. Ketersediaan bahan baku untuk satu kali produksi merupakan nilai ruas kanan dari fungsi kendala bahan baku. Penggunaan dan ketersediaan bahan baku untuk menghasilkan ±50 kg keripik buah nangka diperoleh dari hasil wawancara dengan manajer produksi CV. Kajeye Food Malang yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Penggunaan dan Ketersediaan Bahan Baku

No.	Bahan baku	Variabel			Ketersediaan
		X ₁ (100 gr)	X ₂ (85 gr)	X ₃ (50 gr)	
1.	Buah nangka (gr)	200	170	100	100.000
2.	Minyak nabati (ml)	17	15	8,8	300.000

No.	Bahan baku	Variabel			Ketersediaan
		X ₁ (100 gr)	X ₂ (85 gr)	X ₃ (50 gr)	
3.	Asam sitrat (mg)	0,2	0,17	0,1	5.000
4.	Natrium metabisulfit (mg)	2	1	0,5	30.000

Berdasarkan Tabel 4.6 maka dapat dirumuskan fungsi kendala bahan baku dari model *linear programming* sebagai berikut.

$$\text{Buah nangka} : 200X_1 + 170X_2 + 100X_3 \leq 100.000$$

$$\text{Minyak nabati} : 17X_1 + 15X_2 + 8,8X_3 \leq 300.000$$

$$\text{Asam sitrat} : 0,2X_1 + 0,17X_2 + 0,1X_3 \leq 5.000$$

$$\text{Natrium metabisulfit} : 2X_1 + 1X_2 + 0,5X_3 \leq 30.000$$

4.8.3. Perumusan Fungsi Kendala Waktu Produksi

Diketahui waktu produksi seluruh proses produksi keripik buah nangka menggunakan metode FLASH sebesar (1.180;1.645;2.120) menit. Ketiga waktu tersebut masing-masing akan menjadi ketersediaan waktu produksi pada ruas kanan dari fungsi kendala waktu produksi. Berdasarkan hasil wawancara dengan manajer produksi CV. Kajeye Food Malang dari ±50 kg keripik buah nangka dikemas sebanyak 600 unit dengan kemasan 100 gr, 85 gr, dan 50 gr. Koefisien fungsi kendala waktu produksi pada satu kemasan keripik buah nangka diperoleh dari waktu produksi dibagi dengan 600 unit kemasan keripik buah nangka. Berikut contoh perhitungan koefisien fungsi kendala waktu produksi selama 1.180 menit.

$$\text{Koefisien} = \frac{1.180}{600} = 1,97 \text{ menit.}$$

Hasil perhitungan tersebut digunakan sebagai koefisien fungsi kendala waktu produksi untuk kemasan 100 gr, 85 gr, dan 50 gr. Hal ini dikarenakan waktu produksi untuk menghasilkan satu kemasan keripik buah nangka membutuhkan waktu yang sama. Perhitungan koefisien fungsi kendala waktu produksi selama 1.180 menit, 1.645 menit dan 2.120 menit disajikan dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perhitungan Koefisien Fungsi Kendala Waktu Produksi

Variabel	Kemasan (unit)	Waktu produksi (menit)		
		1.180 menit (a)	1.645 menit (m)	2.120 menit (b)
X ₁	100 gr	1,97	2,74	3,53
X ₂	85 gr	1,97	2,74	3,53
X ₃	50 gr	1,97	2,74	3,53
Ketersediaan		1.180	1.645	2.120

Berdasarkan Tabel 4.7 maka dapat dirumuskan fungsi kendala waktu produksi.

Waktu produksi batas bawah : $1,97X_1 + 1,97X_2 + 1,97X_3 \leq 1.180$

Waktu produksi paling mungkin : $2,74X_1 + 2,74X_2 + 2,74X_3 \leq 1.645$

Waktu produksi batas atas : $3,53X_1 + 3,53X_2 + 3,53X_3 \leq 2.120$

4.8.5. Perumusan Fungsi Kendala Jam Kerja Mesin

Fungsi kendala jam kerja mesin yang akan dirumuskan adalah fungsi kendala berdasarkan jenis mesin yang digunakan pada produksi buah nangka. Berdasarkan wawancara dengan manajer produksi CV. Kajeye Food malang terdapat 3 jenis mesin yang digunakan dalam proses produksi keripik buah nangka yang dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Jumlah Mesin Untuk Produksi Keripik Buah Nangka

No.	Nama Mesin	Jumlah (unit)
1.	Kulkas besar	2
2.	Penggorengan	2
3.	Spinner	1

Terdapat tiga parameter estimasi waktu produksi keripik buah nangka untuk kulkas besar, mesin penggorengan, dan mesin spinner. Berikut ketiga waktu estimasi untuk kulkas besar, mesin penggorengan, dan mesin spinner.

1. Kulkas besar, pada metode FLASH diperoleh dari Tabel 4.2 proses produksi penyimpanan (kode F) sebesar (720;1.080;1.440) menit.
2. Mesin penggorengan, pada metode FLASH diperoleh dari Tabel 4.2 proses produksi penggorengan (kode G) sebesar (120;130;150) menit.
3. Mesin spinner, pada metode FLASH diperoleh dari Tabel 4.2 proses produksi penirisan (kode H) sebesar (5;8;10) menit.

Ketersediaan jam kerja mesin pada ruas kanan fungsi kendala jam kerja mesin diperoleh dari masing-masing estimasi waktu mesin dikalikan dengan jumlah mesin yang dapat dilihat pada Tabel 4.8. Berikut contoh perhitungan ketersediaan jam kerja kulkas besar selama 720 menit.

$$\text{Ketersediaan} = 720 \text{ menit} \times 2 \text{ kulkas besar} = 1.440 \text{ menit.}$$

Koefisien jam kerja mesin pada satu kemasan keripik buah nangka diperoleh dari masing-masing waktu estimasi mesin dibagi dengan 600 unit kemasan keripik buah nangka. Berikut contoh perhitungan koefisien fungsi kendala jam kerja kulkas besar selama 720 menit.

$$\text{Koefisien} = \frac{720}{600} = 1,2 \text{ menit.}$$

Hasil perhitungan tersebut digunakan sebagai koefisien fungsi kendala jam kerja mesin untuk kemasan 100 gr, 85 gr, dan 50 gr. Hal ini dikarenakan jam kerja mesin untuk menghasilkan satu kemasan keripik buah nangka membutuhkan waktu yang sama. Perhitungan koefisien fungsi kendala jam kerja mesin untuk kulkas besar, mesin penggorengan, dan mesin spinner disajikan dalam Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perhitungan menggunakan Koefisien Fungsi Keandalan Jam Kerja Mesin

Variabel	Kemasan (unit)	Jam Kerja (menit)								
		Kulkas besar			Mesin penggorengan			Mesin spinner		
		720 (a)	1.080 (m)	1.440 (b)	120 (a)	130 (m)	150 (b)	5 (a)	8 (m)	10 (b)
X ₁	100 gr	1,2	1,8	2,4	0,2	0,22	0,25	0,0083	0,013	0,017
X ₂	85 gr	1,2	1,8	2,4	0,2	0,22	0,25	0,0083	0,013	0,017
X ₃	50 gr	1,2	1,8	2,4	0,2	0,22	0,25	0,0083	0,013	0,017
Ketersediaan		1.440	2.160	2.880	240	260	300	5	8	10

Berdasarkan Tabel 4.9 maka dapat dirumuskan fungsi kendala jam kerja mesin.

$$\text{Jam kerja kulkas besar waktu batas bawah} : 1,2X_1 + 1,2X_2 + 1,2X_3 \leq 1.440$$

$$\text{Jam kerja kulkas besar waktu paling mungkin} : 1,8X_1 + 1,8X_2 + 1,8X_3 \leq 2.160$$

$$\text{Jam kerja kulkas besar waktu batas atas} : 2,4X_1 + 2,4X_2 + 2,4X_3 \leq 2.880$$

$$\text{Jam kerja mesin penggorengan waktu batas bawah} : 0,2X_1 + 0,2X_2 + 0,2X_3 \leq 240$$

$$\text{Jam kerja mesin penggorengan waktu paling mungkin} : 0,22X_1 + 0,22X_2 + 0,22X_3 \leq 260$$

$$\text{Jam kerja mesin penggorengan waktu batas atas} : 0,25X_1 + 0,25X_2 + 0,25X_3 \leq 300$$

$$\text{Jam kerja mesin spinner waktu batas bawah} : 0,0083X_1 + 0,0083X_2 + 0,0083X_3 \leq 5$$

$$\text{Jam kerja mesin spinner waktu paling mungkin} : 0,013X_1 + 0,013X_2 + 0,013X_3 \leq 8$$

$$\text{Jam kerja mesin spinner waktu batas atas} : 0,017X_1 + 0,017X_2 + 0,017X_3 \leq 10$$

4.8.6. Tingkat Produksi Optimal

Dari perumusan fungsi tujuan dan beberapa fungsi kendala sebelumnya, maka dapat dirumuskan model *linear programming* produksi keripik buah nangka dengan waktu batas bawah, paling mungkin, dan batas atas sebagai berikut.

1. Model *linear programming* produksi keripik buah nangka dengan waktu batas bawah (a)

Fungsi tujuan: Memaksimumkan keuntungan

$$\text{Max } Z = 3.500X_1 + 2.750X_2 + 2.000X_3$$

Fungsi Kendala:

$$\text{Buah nangka} : 200X_1 + 170X_2 + 100X_3 \leq 100.000$$

$$\text{Minyak nabati} : 17X_1 + 15X_2 + 8,8X_3 \leq 300.000$$

$$\text{Asam sitrat} : 0,2X_1 + 0,17X_2 + 0,1X_3 \leq 5.000$$

$$\text{Natrium metabisulfit} : 2X_1 + 1X_2 + 0,5X_3 \leq 30.000$$

$$\text{Waktu produksi batas bawah} : 1,97X_1 + 1,97X_2 + 1,97X_3 \leq 1.180$$

$$\text{Jam kerja kulkas besar waktu batas bawah} : 1,2X_1 + 1,2X_2 + 1,2X_3 \leq 1.440$$

$$\text{Jam kerja mesin penggorengan waktu batas bawah} : 0,2X_1 + 0,2X_2 + 0,2X_3 \leq 240$$

$$\text{Jam kerja mesin spinner waktu batas bawah} : 0,0083X_1 + 0,0083X_2 + 0,0083X_3 \leq 5$$

Setelah data diolah menggunakan program Excel *solver* memperlihatkan hasil olahan solusi optimal yang terdiri dari kombinasi jumlah kemasan yang dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Jumlah Kemasan dan Total Keuntungan Keripik Buah Nangka Waktu Batas Bawah (*a*)

Variabel	Kemasan	Keuntungan (Rp)	Jumlah Kemasan (unit)	Total Keuntungan (Rp)
X_1	100 gr	3.500	402	1.407.000
X_2	85 gr	2.750	0	0
X_3	50 gr	2.000	196	392.000
Total			598	1.799.000

Berdasarkan Tabel 4.10 dapat dilihat bahwa untuk menghasilkan keuntungan maksimum maka CV. Kajeye Food Malang dapat memproduksi keripik buah nangka kemasan 100 gr sebanyak 402 unit dan kemasan 50 gr sebanyak 196 unit. Sementara itu, untuk kemasan 85 gr tidak berproduksi. Oleh karena itu dengan menggunakan parameter waktu batas bawah diperoleh total keuntungan keseluruhan sebesar Rp 1.799.000,00.

2. Model *linear programming* produksi keripik buah nangka dengan waktu paling mungkin (*m*)

Fungsi tujuan: Memaksimumkan keuntungan

$$\text{Max } Z = 3.500X_1 + 2.750X_2 + 2.000X_3$$

Fungsi Kendala:

Buah nangka : $200X_1 + 170X_2 + 100X_3 \leq 100.000$

Minyak nabati : $17X_1 + 15X_2 + 8,8X_3 \leq 300.000$

Asam sitrat : $0,2X_1 + 0,17X_2 + 0,1X_3 \leq 5.000$

Natrium metabisulfite : $2X_1 + 1X_2 + 0,5X_3 \leq 30.000$

Waktu produksi paling mungkin : $2,74X_1 + 2,74X_2 + 2,74X_3 \leq$

1.645

Jam kerja kulkas besar waktu paling mungkin : $1,8X_1 + 1,8X_2 +$

$1,8X_3 \leq 2.160$

Jam kerja mesin penggorengan waktu paling mungkin : $0,22X_1 +$

$0,22X_2 + 0,22X_3 \leq 260$

Jam kerja mesin spinner waktu paling mungkin : $0,013X_1 + 0,013X_2$

$+ 0,013X_3 \leq 8$

Setelah data diolah menggunakan program Excel *solver* memperlihatkan hasil olahan solusi optimal yang terdiri dari kombinasi jumlah kemasan yang dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Jumlah Kemasan dan Total Keuntungan Keripik Buah Nangka Waktu Paling Mungkin (*m*)

Variabel	Kemasan	Keuntungan (Rp)	Jumlah Kemasan (unit)	Total Keuntungan (Rp)
X_1	100 gr	3.500	400	1.400.000
X_2	85 gr	2.750	0	0
X_3	50 gr	2.000	200	400.000
Total			600	1.800.000

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa untuk menghasilkan keuntungan maksimum maka CV. Kajeye Food Malang dapat memproduksi keripik buah nangka kemasan 100 gr sebanyak 400 unit dan kemasan 50 gr sebanyak 200 unit. Sementara itu, untuk kemasan 85 gr tidak berproduksi. Oleh karena itu dengan menggunakan parameter waktu paling mungkin diperoleh total keuntungan keseluruhan sebesar Rp 1.800.000,00.

3. Model linear programming produksi keripik buah nangka dengan waktu batas atas (b)

Fungsi tujuan: Memaksimumkan keuntungan

$$\text{Max } Z = 3.500X_1 + 2.750X_2 + 2.000X_3$$

Fungsi Kendala:

$$\text{Buah nangka} : 200X_1 + 170X_2 + 100X_3 \leq 100.000$$

$$\text{Minyak nabati} : 17X_1 + 15X_2 + 8,8X_3 \leq 300.000$$

$$\text{Asam sitrat} : 0,2X_1 + 0,17X_2 + 0,1X_3 \leq 5.000$$

$$\text{Natrium metabisulfit} : 2X_1 + 1X_2 + 0,5X_3 \leq 30.000$$

$$\text{Waktu produksi batas atas} : 3,53X_1 + 3,53X_2 + 3,53X_3 \leq 2.120$$

$$\text{Jam kerja kulkas besar waktu batas atas} : 2,4X_1 + 2,4X_2 + 2,4X_3 \leq 2.880$$

$$\text{Jam kerja mesin penggorengan waktu batas atas} : 0,25X_1 + 0,25X_2 + 0,25X_3 \leq 300$$

$$\text{Jam kerja mesin spinner waktu batas atas} : 0,017X_1 + 0,017X_2 + 0,017X_3 \leq 10$$

Setelah data diolah menggunakan program Excel solver memperlihatkan hasil olahan solusi optimal yang terdiri dari kombinasi jumlah kemasan yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Jumlah Kemasan dan Total Keuntungan Keripik Buah Nangka Waktu Batas Atas (b)

Variabel	Kemasan	Keuntungan (Rp)	Jumlah Kemasan (unit)	Total Keuntungan (Rp)
X_1	100 gr	3.500	412	1.442.000
X_2	85 gr	2.750	0	0
X_3	50 gr	2.000	176	352.000
Total			588	1.794.000

Berdasarkan Tabel 4.12 dapat dilihat bahwa untuk menghasilkan keuntungan maksimum maka CV. Kajeye Food Malang dapat memproduksi keripik buah nangka kemasan 100 gr sebanyak 412 unit dan kemasan 50 gr sebanyak 176 unit. Sementara

itu, untuk kemasan 85 gr tidak berproduksi. Oleh karena itu dengan menggunakan parameter waktu batas atas diperoleh total keuntungan keseluruhan sebesar Rp 1.794.000,00.

Dari ketiga parameter waktu yang digunakan, diperoleh hasil total keuntungan maksimum sebesar Rp 1.800.000,00 yaitu waktu produksi keripik buah nangka selama 1.645 menit (*m*). Hal ini dikarenakan 1.645 menit (*m*) merupakan waktu dengan kondisi normal yang mana jika produksi dilakukan berulang-ulang akan menghasilkan keuntungan yang hampir sama. Selama 1.645 menit diperoleh hasil total 600 unit kemasan keripik buah nangka yang mana jumlah tersebut sesuai dengan jumlah target kemasan hasil wawancara dengan manajer produksi CV. Kajeye Food Malang.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan pembahasan skripsi ini, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Lintasan kritis pada jaringan produksi keripik buah nangka di CV. Kajeye Food Malang dengan metode FLASH adalah A-B-D-E-F-G-H-J-K-L. Proses produksi yang termasuk dalam lintasan kritis antara lain: persiapan, pembelahan buah, pengupasan dan perajangan buah, perendaman, penyimpanan, penggorengan, penirisan, penyortiran, pengepakan, dan pemberian label.
2. Waktu yang dibutuhkan dalam sekali proses produksi dengan metode FLASH sebesar (1.180;1.645;2.120) menit. Artinya waktu batas bawah (waktu paling cepat) untuk menyelesaikan seluruh proses produksi adalah 1.180 menit (19 jam 40 menit), waktu paling mungkin (waktu kondisi normal) untuk menyelesaikan seluruh proses produksi adalah 1.645 menit (27 jam 25 menit), dan waktu batas atas (waktu paling lambat) untuk menyelesaikan seluruh proses produksi adalah 2.120 menit (35 jam 20 menit).
3. Hasil optimal jumlah kemasan keripik buah nangka di CV. Kajeye Food Malang sebanyak 400 unit kemasan 100 gr dan 200 unit kemasan 50 gr dengan total keuntungan Rp 1.800.000,00 yang dihasilkan selama 1.645 menit waktu produksi.

5.2. Saran

Pada skripsi selanjutnya disarankan membahas jaringan kerja menggunakan metode *Precedence Diagram Method* (PDM) untuk kasus proyek dengan kegiatan yang tumpang tindih dan berulang-ulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Astina, 2011, *Model Program Linear Fuzzy Menggunakan Kriteria Maximin : studi kasus Optimasi keuntungan UD, Slamet Jaya Desa Baron, Kabupaten Nganjuk*, Skripsi, Universitas Brawijaya Malang.
- Dimiyati, T. dan Dimiyati, A., 1994, *Operation Research Model-Model pengambilan Keputusan*, Cetakan Ketiga, PT. Sinar Baru, Agensindo, Bandung.
- Dwijanto, 2007, *Program Linear Berbantuan Komputer Lindo, Lingo dan Solver*, UPT UNNES Press, Semarang.
- Harwanto, W.F., 2016, *Analisis Penjadwalan Proyek Dengan Menggunakan Metode FLASH Pada Industri Mesin Pascapanen*, Skripsi, Universitas Brawijaya Malang.
- Hutchings, J.F, 2004, *Project Scheduling Handbook*, Marcell Dekker Inc, New York.
- Kusumadewi, S. dan Purnomo H., 2004, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, Edisi 1, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Kwang, L., 2005, *First Course on Fuzzy Theory and Applications*, Springer, Jerman.
- Liang, G.S., dan Han, T.C., 2004, Fuzzy Critical Path For Project Network. *Information and Management Science*, Vol. 15 (No.4): 29-40.
- Mulyono, S., 2004, *Riset Operasi*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.

Vizkia, N., 2014, *Perbandingan Metode Pert Dan Fuzzy Logic Application For Schedulling (FLASH) Pada Penjadwalan Proses Fabrikasi Boiler (Studi Kasus: PT Indonesian Marine Corp. Ltd.)*, Skripsi, Universitas Brawijaya Malang.

Rozak, A., 2012, *Pengantar Statistika*, Intimedia, Malang.

Sumarsono, H.M.S., 2004, *Metode Riset Sumber Daya Manusia*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Wibowo, A., 2001, Alternatif Metoda Penjadwalan Proyek Konstruksi Menggunakan Teori Set Samar, *Dimensi Teknik Sipil*, Vol. 3 (No.1):1-8.

Wijaya, A., 2013, *Pengantar Riset Operasi*, Mitra Wacana Media, Jakarta.