

**OPTIMASI PERENCANAAN *LEVEL PRODUCTION* UNTUK *PERISHABLE PRODUCT* MENGGUNAKAN *INTEGER LINEAR PROGRAMMING*  
(Studi Kasus : KUD Dau Malang)**

***OPTIMIZATION OF LEVEL PRODUCTION PLANNING FOR PERISHABLE PRODUCT WITH INTEGER LINEAR PROGRAMMING METHOD*  
(Case study : KUD Dau Malang)**

Sartika Kusuma Dewi<sup>1)</sup>, Arif Rahman<sup>2)</sup>, Ceria Farel M. T<sup>3)</sup>  
Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya  
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
Email : [xartika.kd@gmail.com](mailto:xartika.kd@gmail.com)<sup>1)</sup>, [posku@ub.ac.id](mailto:posku@ub.ac.id)<sup>2)</sup>, [ceria\\_fmt@ub.ac.id](mailto:ceria_fmt@ub.ac.id)<sup>3)</sup>

**Abstrak**

*Susu pasteurisasi merupakan salah satu produk yang dihasilkan Unit KUD Dau Malang. Perusahaan memproduksi susu pasteurisasi dalam kemasan 140 cc dan 200 cc dengan menggunakan sistem produksi make to stock. Perencanaan jumlah produksi pada perishable product yang mempunyai masa umur relatif pendek dengan permintaan berfluktuasi akan menghadapi resiko kerugian akibat produk rusak sebelum terjual. Perusahaan dihadapkan pada pilihan overstock ketika produksi melebihi permintaan dan shortage ketika jumlah permintaan melebihi jumlah produksi. KUD Dau memiliki batas penyimpanan produk hingga 2 hari, dan ketika produk masih belum terjual pada hari kedua maka barang tersebut akan dibuang. Penelitian ini mempergunakan pendekatan Integer Linear Programming untuk meminimalisir total biaya akibat adanya ketidaksesuaian perencanaan produksi. Pendekatan Integer Linear Programming yang diformulasikan dengan satufungsi tujuan untuk meminimasi biaya yang meliputi biaya overstock, shortage dan scrapped dan dibatasi beberapa fungsi kendala berkaitan dengan variabel overstock, shortage, scrapped dan semua variabel yang terdapat pada persamaan dalam bentuk bilangan non-negatif.*

**Kata Kunci:** *Production planning, level production, perishable product, cost minimization, integer linear programming.*

**1. Pendahuluan**

Susu merupakan salah satu jenis *perishable product*, menurut Donselaar (2006), perbedaan utama antara *perishable product* dan *non perishable product* adalah mengenai umur dari produk tersebut dihitung saat proses produksi selesai dilakukan sampai produk tersebut sudah tidak bisa dikonsumsi lagi. Susu pasteurisasi merupakan salah satu produk yang dihasilkan Unit KUD Dau Malang. Produksi untuk susu pasteurisasi kemasan 140cc dan 200cc menggunakan sistem produksi *make to stock*. Susu segar memiliki *lifetime* yang pendek dimana produk tersebut akan mulai mengalami penurunan kualitas setelah proses produksi dan akan semakin menurun saat pengiriman produk tersebut sampai ke tangan konsumen (Chen, Hsueh dan Chang 2009).

*Lifetime* produk susu pasteurisasi yang relatif pendek, yaitu 5 hari, menyebabkan pihak perusahaan kesulitan dalam menentukan jumlah perencanaan produksi setiap harinya. Karena perusahaan dihadapkan akan kondisi

*shortage* dan *overstock* dimana kedua kondisi tersebut merupakan kondisi yang menjadi perhatian pada kasus *perishable product*. Kondisi *shortage* ketika jumlah permintaan lebih besar dibandingkan jumlah produk yang diproduksi perusahaan, sedangkan kondisi *overstock* adalah kebalikan dari kondisi *shortage* yaitu jumlah produksi melebihi dari jumlah permintaan. Pada umumnya masa produk pada *perishable product* hanya selama satu hari, sehingga apabila terjadi kelebihan produk atau *overstock* produk akan dibuang.

Pihak KUD Dau memiliki batas maksimal penyimpanan produk selama 2 hari dalam tanki penyimpanan susu terhitung sejak waktu produksi susu. Berbeda dengan kasus *perishable product* pada umumnya, dalam penelitian ini produk akan dibuang ketika melewati hari kedua. Oleh karena itu, dalam penelitian ini muncul tiga kondisi ketika terjadi ketidaksesuaian perencanaan produksi, yaitu kondisi *shortage* yang menimbulkan *shortage cost*, *overstock* yang menimbulkan *inventory cost* yaitu biaya untuk penyimpanan kelebihan

produk, dan kondisi *scrapped* ketika produk masih tersisa pada hari kedua dan menimbulkan *waste cost*.

Dalam perencanaan penentuan jumlah produksi untuk susu pasteurisasi kemasan 140cc dan 200cc, selama ini pihak perusahaan masih sebatas subjektivitas dari pihak perusahaan. Dengan sistem tersebut, menyebabkan sering terjadinya ketidaksesuaian antara jumlah produksi dengan jumlah permintaan pelanggan yang dapat menimbulkan biaya kerugian bagi perusahaan.

Masalah optimasi jumlah perencanaan produksi untuk kondisi *perishable product* dapat diselesaikan dengan *integer linear programming*. Dengan menggunakan metode *integer linear programming*, dapat diperoleh nilai produksi dengan *level production* yang optimal dengan mempertimbangkan ketiga kondisi yang ditimbulkan dan biaya – biaya yang ditimbulkannya. Formulasi yang dibentuk dengan *integer linear programming* memiliki fungsi tujuan untuk meminimalkan total biaya akibat adanya *shortage*, *overstock*, dan *scrapped*.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dimaksudkan untuk mengetahui permasalahan yang sedang dihadapi oleh perusahaan.

### 2.2 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memberikan landasan teori dalam melakukan penelitian. Pada tahap ini dilakukan usaha untuk menggali konsep-konsep maupun teori-teori yang dapat mendukung usaha penelitian.

### 2.3 Mengidentifikasi Permasalahan

Identifikasi masalah adalah tahap awal pemahaman terhadap suatu permasalahan yang timbul untuk mencari solusi permasalahan tersebut. Pada tahap ini, akan dikaji permasalahan yang ada pada Unit KUD Dau Malang

### 2.4 Merumuskan Masalah Penelitian

Dari identifikasi masalah awal dan studi pustaka, selanjutnya dirumuskan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini.

### 2.5 Menentukan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah ditetapkan

sebelumnya. Hal ini ditujukan agar mempermudah peneliti untuk menentukan batasan-batasan yang perlu dalam pengolahan dan analisis data selanjutnya.

## 2.6 Pengumpulan Data

Data ataupun informasi yang dikumpulkan harus relevan dengan persoalan yang dibahas yang nantinya akan menjadi *input* pada tahap pengolahan data. Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah riset lapangan dan riset kepustakaan.

## 2.7 Pengolahan Data

Langkah-langkah dari pengolahan data adalah sebagai berikut :

- Menghitung biaya total awal dengan menggunakan data eksisting perusahaan yang nantinya akan dibandingkan dengan biaya total akhir yang didapatkan dengan menggunakan formulasi model yang disusun dalam penelitian ini.
- Mengidentifikasi konsep sistem perencanaan produksi pada perusahaan untuk membangun model konseptual sistem yang memuat elemen sistem nyata.
- Berdasarkan model konseptual sistem , dirumuskan persamaan model formulasi yang dapat merepresentasikan model konseptual yang dibangun sebelumnya. Dengan formulasi model yang memiliki fungsi tujuan minimasi biaya dan fungsi kendala yang berhubungan dengan kondisi biaya yang ditimbulkan.
- Selanjutnya digunakan *solver* untuk mengetahui jumlah biaya optimal dengan menggunakan data eksisting perusahaan.
- Membandingkan total biaya *existing* dengan total biaya dengan menggunakan formulasi model.
- Forecast/* peramalan data dengan menggunakan formulasi monte carlo untuk beberapa periode mendatang digunakan untuk menentukan nilai konstanta dari perencanaan produksi agar dapat dilakukan pengambilan keputusan dalam menentukan jumlah kebutuhan produksi yang tepat untuk meminimasi adanya *shortages* atau *overstock* yang akan terjadi.
- Melakukan pengujian pendugaan parameter untuk mengetahui sejauh mana ketahanan formulasi model dengan perubahan nilai-nilai parameter yang akan terjadi.

## 2.8 Analisis Hasil Dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisis hasil dan pembahasan mengenai penentuan nilai perencanaan *level production* yang digunakan sebagai usulan kepada perusahaan untuk biaya total yang lebih rendah dari biaya total awal.

## 2.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan menjabarkan tentang penentuan nilai perencanaan *level production* yang disulkan kepada pihak perusahaan yang dapat memberikan perbaikan dari segi biaya. Dengan adanya saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut dengan dasar penelitian yang telah dilakukan, sehubungan dengan kondisi sistem produksi pada Unit KUD Dau Malang.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Data yang dikumpulkan yaitu yang berkaitan dengan penentuan jumlah produksi susu pasteurisasi, yang terdiri dari sistem perencanaan produksi pada perusahaan, data produksi dan data permintaan pada periode tertentu, serta biaya – biaya yang ditimbulkan akibat adanya ketidaksesuaian perencanaan produksi.

### 3.1 Sistem Perencanaan Produksi

KUD Dau memproduksi dua macam susu, yaitu susu segar homogenisasi dan susu pasteurisasi dengan beberapa varian rasa. KUD Dau menggunakan sistem produksi berbasis *semimake to stock* untuk produk susu pasteurisasi, dimana pihak KUD menentukan perencanaan produksi harian sebagai *stock* yang akan dijual pada suatu hari tertentu dan juga menerima *order* sepanjang *order* dilakukan H-1 sebelum diproduksi sampai sebelum waktu produksi harian dimulai.

Dalam penentuan jumlah produksi pihak perusahaan masih menggunakan intuisi dan sistem perhitungan dari pihak KUD. Karena karakteristik produk yang mempunyai umur pendek, yaitu lima hari, sehingga dihindari adanya persediaan karena dapat mengurangi kualitas produk apabila sampai ke tangan konsumen. Pihak KUD membatasi penyimpanan produk susu pasteurisasi hanya dua hari, terhitung pada hari susu pasteurisasi diproduksi. Untuk sistem penjualannya perusahaan menggunakan sistem FIFO agar tidak terjadi pengurangan masa susu pasteurisasi.

## 3.2 Data Permintaan

Tabel 1 merupakan data permintaan susu pasteurisasi pada bulan Maret 2013 untuk varian ukuran 140cc dan 200cc.

Tabel 1. Data Permintaan

| Tgl | Permintaan |       |
|-----|------------|-------|
|     | 140cc      | 200cc |
| 1   | 300        | 330   |
| 2   | 750        | 1230  |
| 3   | 912        | 528   |
| 4   | 950        | 1220  |
| 5   | 610        | 330   |
| 6   | 820        | 1165  |
| 7   | 360        | 1235  |
| 8   | 250        | 605   |
| 9   | 625        | 630   |
| 10  | 820        | 795   |
| 11  | 720        | 984   |
| 12  | 740        | 1064  |
| 13  | 835        | 835   |
| 14  | 460        | 789   |
| 15  | 265        | 620   |
| 16  | 880        | 1184  |
| 17  | 755        | 742   |
| 18  | 465        | 369   |
| 19  | 630        | 965   |
| 20  | 785        | 861   |
| 21  | 763        | 300   |
| 22  | 450        | 1067  |
| 23  | 630        | 975   |
| 24  | 560        | 550   |
| 25  | 920        | 1207  |
| 26  | 540        | 779   |
| 27  | 780        | 419   |
| 28  | 550        | 879   |
| 29  | 780        | 729   |
| 30  | 920        | 827   |
| 31  | 610        | 766   |

### 3.3 Data Produksi

Tabel 2 menampilkan mengenai data produksi susu pasteurisasi pada bulan Maret 2013

**Tabel 2.** Data produksi

| Tgl | Produksi |       | Tgl | Produksi |       |
|-----|----------|-------|-----|----------|-------|
|     | 140cc    | 200cc |     | 140cc    | 200cc |
| 1   | 680      | 1410  | 17  | 430      | 451   |
| 2   | 1208     | 825   | 18  | 615      | 521   |
| 3   | 1232     | 810   | 19  | 323      | 1341  |
| 4   | 560      | 1246  | 20  | 845      | 650   |
| 5   | 1500     | 550   | 21  | 682      | 1203  |
| 6   | 398      | 1262  | 22  | 420      | 921   |
| 7   | 308      | 450   | 23  | 235      | 550   |
| 8   | 600      | 730   | 24  | 845      | 1320  |
| 9   | 880      | 1255  | 25  | 568      | 768   |
| 10  | 1150     | 520   | 26  | 862      | 782   |
| 11  | 450      | 1210  | 27  | 438      | 625   |
| 12  | 560      | 620   | 28  | 562      | 1020  |
| 13  | 545      | 925   | 29  | 623      | 920   |
| 14  | 620      | 605   | 30  | 835      | 538   |
| 15  | 830      | 1104  | 31  | 545      | 850   |
| 16  | 225      | 841   |     |          |       |

**3.4 Data Kapasitas Produksi dan Biaya – Biaya yang Ditimbulkan**

Unit KUD Dau memiliki kapasitas produksi susu pasteurisasi 8000 liter per hari. Sedangkan Tabel 3 merupakan data mengenai biaya – biaya yang ditimbulkan ketika terjadi ketidaksesuaian produksi pada produk susu pasteurisasi 140cc dan 160cc.

**Tabel 3.** Biaya – Biaya yang Ditimbulkan

| Jenis Produk | Inventory Cost (Rp / unit) | Shortage Cost (Rp / unit) | Waste Cost (Rp/unit) |
|--------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|
| 140 cc       | 20                         | 300                       | 1200                 |
| 200 cc       | 30                         | 500                       | 1500                 |

**3.5 Pengolahan Data**

Pengolahan data dimulai dengan mendapatkan biaya total awal, kemudian menentukan formulasi model dengan fungsi tujuan minimasi Z dengan fungsi kendala dan selanjutnya pengolahan data menggunakan metode *Linear Programming* dengan bantuan *vba* dalam *Ms. Excel*.

**3.5.1 Perhitungan Biaya Awal**

Tahap awal yang dilakukan yaitu melakukan perhitungan total biaya awal, dimana data yang digunakan adalah data pada

bulan Maret 2013. Total biaya didapatkan berdasarkan banyaknya satuan unit produk yang mengalami *overstock*, *shortage* dan *scrapped*. Kemudian masing – masing total *overstock*, *shortage*, dan *scrapped* tersebut dikalikan dengan biaya yang ditimbulkannya. Berikut merupakan perhitungan total biaya untuk susu pasteurisasi kemasan 140cc pada bulan Maret 2013.

$$TC = A + B + C$$

$$TC = (1.260 \times 300) + (10.001 \times 20) + (1.199 \times 1.200)$$

$$TC = 2.016.820$$

Keterangan,

$$A : \sum shortage \times shortagecost$$

$$B : \sum overstock \times inventorycost$$

$$C : \sum scrapped \times wastecost$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan total biaya awal untuk susu pasteurisasi 140cc sebesar Rp2.016.820,-

Perhitungan total biaya awal juga dilakukan pada produk susu pasteurisasi kemasan 200cc. Berikut merupakan perhitungan untuk total biaya awal susu pasteurisasi 200cc pada bulan Maret 2013.

$$TC = A + B + C$$

$$TC = (138 \times 500) + (18.312 \times 30) + (1.360 \times 1.500)$$

$$TC = 2.658.360$$

Keterangan,

$$A : \sum shortage \times shortagecost$$

$$B : \sum overstock \times inventorycost$$

$$C : \sum scrapped \times wastecost$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan total biaya awal untuk susu pasteurisasi 200cc sebesar Rp2.658.360,-

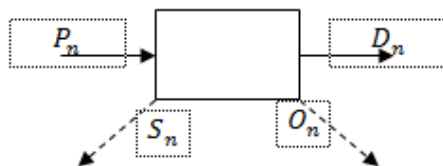
**3.5.2 Formulasi Model**

Untuk dapat menentukan suatu formulasi persamaan model suatu permasalahan, urutan pertama yang dilakukan adalah mempelajari sistem relevan dan mengembangkan pernyataan permasalahan yang telah dipertimbangkan dengan jelas. Penggambaran sistem dalam pernyataan ini termasuk pernyataan tujuan, sumber daya yang membatasi, alternatif keputusan, dan variabel yang mempengaruhi dalam penentuan keputusan.

Selanjutnya yang dilakukan adalah membuat model yang sesuai dengan analisis. Pendekatan konvensional riset operasional untuk pemodelan adalah membangun model matematik yang menggambarkan inti permasalahan. Kasus dari bentuk cerita diterjemahkan ke model matematik. Formulasi model harus diketahui terlebih dahulu sebelum data diolah dengan program linier, diawali dengan menentukan variabel keputusan kemudian dilanjutkan dengan menentukan fungsi tujuan dan fungsi kendala.

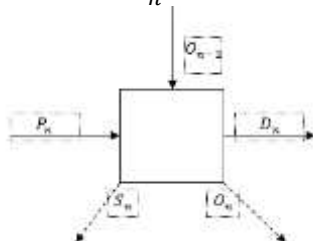
### 1. Menentukan Model Konseptual Sistem

Model konseptual yang dibangun dalam penelitian ini berupa konstruksi verbal yang digambarkan dalam suatu bagan yang menggambarkan secara logis hubungan kausal antara factor – factor yang berkaitan yang mempengaruhi timbulnya biaya – biaya akibat adanya ketidak sesuaian perencanaan produksi. Berdasarkan sistem perencanaan produksi perusahaan pada sub bab 3.1, muncul beberapa bagan yang menggambarkan kemungkinan kondisi yang ditanggung perusahaan pada lini perencanaan produksi.



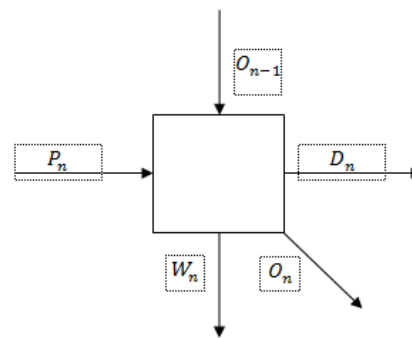
Gambar 1. Kondisi pertama

Gambar 1 merupakan kondisi pertama pada awal perhitungan, pada penelitian ini pada awal bulan Maret 2013, dimanapada bagan terdiri dari masukan yang berupa jumlah produksi susu pasteurisasi yang diproduksi pada hari tersebut, dan keluaranyang berupa jumlah permintaan yang dipenuhi perusahaan. Sedangkan garis putus – putus menunjukkan kemungkinan kondisi yang ditanggung oleh perusahaan, yaitu adanya  $O_n$  dan  $S_n$ . Dimana  $O_n$  adalah *overstock* dan  $S_n$  adalah *shortage*.



Gambar 2. Kondisi Kedua

Gambar 2 menunjukkan dua kemungkinan kondisi yang sama seperti pada gambar 1, perbedaannya hanya terletak pada jumlah masukan yang masuk. Pada Gambar 2 masukan tidak hanya dari jumlah produksi hari-H akan tetapi juga jumlah *overstock* pada hari sebelumnya. Sehingga dapat dilihat pada gambar 4.4 nilai *overstock* dapat muncul ketika nilai  $P_n + O_{n-1}$  lebih besar dibandingkan dengan nilai  $D_n$ . Sedangkan nilai *shortage* dapat muncul ketika nilai  $P_n + O_{n-1}$  lebih kecil dibandingkan dengan nilai  $D_n$ .



Gambar 3. Kondisi ketiga

Gambar 3 kemungkinan kondisi ketiga yang akan ditanggung perusahaan, yaitu masukan berupa nilai  $P_n + O_{n-1}$  akan serupa dengan nilai *output* yaitu nilai  $W_n + O_n + D_n$ . Pada kondisi ini,  $W_n$  akan muncul ketika nilai  $O_{n-1}$  lebih besar dibandingkan dengan nilai permintaan hari tersebut. Sedangkan jumlah *overstock* hari tersebut merupakan jumlah produksi pada hari tersebut. Seperti yang telah dijelaskan hal ini disebabkan karena perusahaan menerapkan sistem FIFO, dan barang tidak dapat dijual ketika memasuki hari kedua.

### 2. Menentukan Formulasi Persamaan Model

Setelah memahami permasalahan dan mengetahui tujuan optimalisasi, tahap selanjutnya yang harus dilakukan adalah membuat model yang sesuai dengan analisis. Pendekatan konvensional riset operasional untuk pemodelan adalah membangun model matematik yang menggambarkan inti permasalahan. Kasus dari bentuk cerita diterjemahkan ke model matematik.

Sedangkan model matematik sendiri merupakan representasi kuantitatif tujuan dan sumber daya yang membatasi sebagai fungsi variabel keputusan. Formulasi yang disusun

terdiri dari variabel keputusan, fungsi tujuan dan fungsi kendala.

a. Menentukan Variabel Keputusan

Variabel keputusan adalah variabel-variabel yang mempengaruhi persoalan dalam pengambilan keputusan dan dapat dikendalikan oleh pengambil keputusan. Di samping variabel keputusan terdapat variabel lain yang muncul dalam persoalan yang akan mempengaruhi total biaya yang dihasilkan, yaitu variabel *intermediate*.

Variabel keputusan yang terdapat pada penelitian ini adalah jumlah *level production* optimal. Karena nilai *level production* mempengaruhi secara langsung terhadap total biaya yang didapatkan. Sedangkan jumlah *overstock*, *shortage*, dan *scrapped* merupakan variabel *intermediate*. Variabel ini tidak secara langsung mempengaruhi nilai maksimum atau minimum fungsi tujuan. Dapat dikatakan variabel *intermediate* merupakan penghubung antara variabel keputusan dan variabel hasil.

b. Menentukan Fungsi Tujuan

Pada sub bab 3.5.1 telah dicantumkan total biaya merupakan akumulasi berdasarkan total biaya *overstock*, *shortage*, dan *scrapped*. Sehingga fungsi tujuan pada penelitian ini adalah minimasi biaya atas ketiga kondisi tersebut, dan sasarannya adalah menentukan nilai optimal dimana nilai optimal merupakan titikbalik pada fungsi tujuan yang digunakan. Adapun persamaan fungsi tujuan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada persamaan 1.

$$TC_{min} = \sum_{n=1}^{31} C_w \times W_n + C_i \times O_n + C_u \times S_n \quad (\text{Pers.1})$$

Keterangan,

- $N$  : hari ke-  $n$
- $C_w$  : *waste cost* (Rp/unit)
- $W_n$  : jumlah produk *scrapped* pada hari ke- $n$ (unit)
- $C_i$  : *inventory cost* (Rp/unit)
- $O_n$  : jumlah produk *overstock* pada hari ke- $n$  (unit)
- $C_u$  : *shortage cost* (Rp/unit)
- $S_n$  : jumlah produk *shortage* pada hari ke- $n$

c. Menentukan Fungsi Kendala

1. Kendala nilai *overstock*

Kendala yang pertama mengenai penentuan nilai *overstock*, dimana nilai *overstock* muncul ketika masih terdapat sisa produk ketika nilai produksi hari ke- $n$  dijumlahkan nilai *overstock* pada hari ke- $n - 1$  dikurangkan nilai permintaan hari tersebut dan jumlah *scrapped* yang muncul pada hari yang sama juga. Akan tetapi ketika nilai *scrapped*  $\leq 0$  maka nilai  $W_n$  tidak dimasukkan. Formulasi fungsi kendala *overstock* dijelaskan pada persamaan 2.

$$O_n - (P_n + O_{n-1} - D_n) - W_n \geq 0 \quad (\text{Pers.2})$$

Keterangan,

- $O_n$  : Nilai *overstock* hari ke- $n$  (unit)
- $O_{n-1}$  : Nilai *overstock* hari ke- $n-1$  (unit)
- $W_n$  : Nilai *scrapped* hari ke- $n$ (unit)
- $P_n$  : Nilai *level production* (unit)
- $D_n$  : Nilai permintaan hari ke- $n$  (unit)

2. Kendala nilai *scrapped*

Fungsi kendala yang kedua adalah penentuan nilai *scrapped* yang menimbulkan *waste cost*. Nilai *scrapped* dihitung ketika *overstock* pada hari ke- $n - 1$  lebih dari nilai permintaan pada hari ke- $n$ . Akan tetapi untuk mendapatkan nilai *overstock*, harus dilakukan perhitungan terlebih dahulu apakah terdapat nilai *waste* atau tidak sebelum melakukan perhitungan pada persamaan 2. Persamaan 3 menjelaskan fungsi kendala yang kedua untuk mendapatkan nilai *scrapped*.

$$W_n - (O_{n-1} - D_n) \geq 0 \quad (\text{Pers.3})$$

Keterangan,

- $W_n$  : Nilai *scrapped* (unit)
- $O_{n-1}$  : Nilai *overstock* hari ke- $n-1$  (unit)
- $D_n$  : Nilai permintaan hari ke- $n$  (unit)

3. Kendala nilai *shortage*

Dan fungsi kendala yang ketiga adalah penentuan nilai *shortage*, dimana nilai *shortage* muncul ketika permintaan pada hari ke- $n$  lebih besar dibandingkan total stock pada hari ke- $n$ . Nilai total stock didapatkan dari penjumlahan nilai produksi pada hari ke- $n$  dan *overstock* hari sebelumnya atau hari ke- $n - 1$  dan dikurangkan *scrapped* pada hari ke- $n$ , jika ada. Sehingga didapatkan persamaan 4.

$$S_n - (D_n - P_n - O_{n-1}) \geq 0 \quad (\text{Pers.4})$$

Dimana,

- $S_n$  : Nilai *shortage* hari ke-n (unit)
- $D_n$  : Nilai permintaan hari ke-n (unit)
- $P_n$  : Nilai *level production* (unit)
- $O_{n-1}$  : Nilai *overstock* hari ke n-1 (unit)

#### 4. Kendala non-negativitas

Karena model persamaan ini menggunakan metode *integer linear programming*, maka semua nilai variabel yang terdapat pada persamaan dalam bilangan bulat non-negatif. Dan nilai produksi optimal yang dihasilkan harus dalam bentuk bilangan bulat non-negatif juga. Yang dijelaskan pada persamaan 5.

$$P_n \geq 0 \quad (\text{Pers.5})$$

Berdasarkan hasil perumusan yang disajikan dalam persamaan 1 sampai 5, maka dapat diformulasikan model tersebut sebagai berikut:

$$TC_{min} = \sum_{n=1}^{31} C_w \times W_n + C_i \times O_n + C_u \times S_n$$

dengan fungsi kendala

- (1)  $O_n - (P_n + O_{n-1} - D_n) - W_n \geq 0$
- (2)  $W_n - (O_{n-1} - D_n) \geq 0$
- (3)  $S_n - (D_n - P_n - O_{n-1}) \geq 0$
- (4)  $P_n \geq 0$ , dan *integer*

### 3. Menjalankan Formulasi Model

Setelah formulasi model tersusun, tahap selanjutnya adalah menjalankan model. Digunakan bantuan *vba* pada *Ms. Excel* untuk mendapatkan nilai *level production* dilakukan iterasi dari angka 1 hingga angka maksimal pada data permintaan yang akan digunakan. Pada program yang digunakan, data yang dimasukkan adalah data permintaan eksisting pada bulan Maret 2013. Tabel 4 merupakan *interface* untuk tabel perhitungan total biaya minimal yang dihasilkan dalam persamaan model dengan bantuan *vba* dalam *Microsoft Excel*.

**Tabel 4.** Hasil Total Biaya Minimal untuk Susu Pasteurisasi 140cc

| optimal result |          |        |
|----------------|----------|--------|
| cost           | waste    | 54000  |
|                | invent   | 174960 |
|                | shortage | 201000 |
| minimum cost   |          | 429960 |
| prod optimal   |          | 640    |

Sedangkan Tabel 5 menyajikan hasil rekapan total biaya minimal yang didapatkan untuk susu pasteurisasi 200cc.

**Tabel 5.** Hasil Total Biaya Minimal untuk Susu Pasteurisasi 200cc

| optimal result |          |        |
|----------------|----------|--------|
| cost           | waste    | 4500   |
|                | invent   | 313290 |
|                | shortage | 292000 |
| minimum cost   |          | 609790 |
| prod optimal   |          | 810    |

#### 3.5.3 Generate data

Pada sub bab ini akan dilakukan simulasi sebanyak 40 replikasi, dengan 31 data setiap replikasinya untuk menguji apakah model yang dibangun dapat digunakan dan menghasilkan total biaya yang optimal dengan menjabarkan segala nilai yang mungkin muncul. Adapun tahap yang dilakukan yaitu penentuan distribusi dan parameter, kemudian dilakukan *generate data*. Berdasarkan nilai *generate data* tersebut akan dilakukan pendugaan nilai parameter untuk mensimulasikan apabila model formulasi yang digunakan dalam penelitian ini diterapkan pada studi kasus perusahaan.

### 1. Penentuan Distribusi dan Parameter

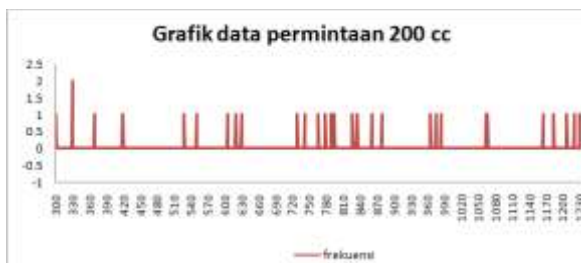
Tahap ini merupakan tahap penentuan distribusi probabilitas teoritis yang paling mendekati pola data permintaan yang digunakan. Mengingat bahwa *input* variabel acak untuk model simulasi mengikuti distribusi probabilitas tertentu, maka hasil simulasi berjalan nilai acak akan mengikuti distribusi probabilitas dan parameter yang digunakannya. Oleh karena itu, untuk mendapat hasil pembangkitan bilangan acak atau *generate number* yang sesuai dengan data *existing*, maka harus didapatkan satu distribusi probabilitas teoritis yang paling mendekati dan dapat mencerminkan sebaran pola data. Oleh karena itu, pola dari permintaan sebelumnya akan

sangat mempengaruhi pemilihan model peramalan (Tersine, 2001).

Salah satu penentuan distribusi pola data adalah dengan mengidentifikasi berdasarkan pola sebaran data yang digunakan. Gambar 4 dan Gambar 5, secara berturut – turut merupakan grafik data susu pasteurisasi 140 cc dan grafik data susu pasteurisasi 200cc pada bulan Maret 2014.



Gambar 4. Grafik data permintaan 140cc



Gambar 5. Grafik data permintaan 200cc

Berdasarkan hasil pengamatan dengan grafik permintaan data eksisting bulan Maret 2013 susu pasteurisasi kemasan 140cc dan 200cc didapatkan distribusi *uniform* yang memiliki kecenderungan lebih sesuai dengan sebaran data aktual. Selanjutnya dilakukan pengujian *Kolmogrov –Smirnov* untuk memastikan kebenaran apakah data memiliki distribusi. Dengan menggunakan  $\alpha$  sebesar 5% , hasil kedua pengujian menunjukkan  $D_{hitung} \leq D_{\alpha}$ . Hal ini menunjukkan bahwa  $H_0$  diterima sehingga data berdistribusi *uniform*. Sedangkan parameter yang digunakan pada distribusi *uniform* adalah nilai minimum dan maksimum.

## 2. Generate Data

Tahap selanjutnya setelah mengetahui distribusi teoritis probabilitas beserta parameternya adalah melakukan *generate data* atau pembangkitan bilangan acak. Pembangkitan bilangan acak dilakukan sebanyak 31 data sebanyak 40 replikasi untuk menguji apakah model dapat diimplementasikan untuk bulan berikutnya dan mengetahui berbagai kemungkinan total biaya yang muncul. *Generate data* dilakukan dengan bantuan *Ms.*

*Excel* dengan fungsi *random* dan memasukkan rumus pembilangan acak sesuai dengan jenis distribusi probabilitasnya.

Tabel 6 merupakan rekapitulasi *generate data* untuk susu pasteurisasi 140cc sebanyak 40 replikasi dengan memasukkan nilai *level production* optimal yang didapatkan pada data *existing* bulan Maret 2013, yaitu sebesar 640 unit.

Tabel 6. Rekapitulasi *Generate Data* Susu Pasteurisasi 140cc

| ke- | Total biaya | Waste cost | Inventory cost | Shortage cost |
|-----|-------------|------------|----------------|---------------|
| 1   | 1208120     | 159900     | 163820         | 884400        |
| 2   | 693580      | 46800      | 197980         | 448800        |
| 3   | 2304460     | 86700      | 246160         | 1971600       |
| 4   | 2614080     | 0          | 314880         | 2299200       |
| 5   | 2076620     | 270600     | 225620         | 1580400       |
| 6   | 651940      | 157500     | 186040         | 308400        |
| 7   | 2291120     | 114900     | 228620         | 1947600       |
| 8   | 1331720     | 7500       | 257420         | 1066800       |
| 9   | 2727740     | 16200      | 306740         | 2404800       |
| 10  | 1502860     | 73500      | 283360         | 1146000       |
| 11  | 778340      | 96900      | 177440         | 504000        |
| 12  | 898460      | 167100     | 130160         | 601200        |
| 13  | 439200      | 27000      | 208200         | 204000        |
| 14  | 882160      | 223800     | 174760         | 483600        |
| 15  | 1287680     | 33000      | 293480         | 961200        |
| 16  | 1315560     | 122400     | 228360         | 964800        |
| 17  | 1168460     | 117600     | 239660         | 811200        |
| 18  | 1297020     | 163800     | 235620         | 897600        |
| 19  | 1752980     | 0          | 326180         | 1426800       |
| 20  | 714340      | 172200     | 176140         | 366000        |
| 21  | 1730360     | 8700       | 255260         | 1466400       |
| 22  | 2346240     | 45600      | 263040         | 2037600       |
| 23  | 912660      | 317700     | 185760         | 409200        |
| 24  | 1816380     | 79500      | 198480         | 1538400       |
| 25  | 1246140     | 162900     | 188040         | 895200        |
| 26  | 2305880     | 65100      | 252380         | 1988400       |
| 27  | 829080      | 148200     | 132480         | 548400        |
| 28  | 1341000     | 13500      | 302700         | 1024800       |
| 29  | 482040      | 408600     | 73440          | 0             |
| 30  | 1818440     | 26400      | 264440         | 1527600       |
| 31  | 2754720     | 0          | 337920         | 2416800       |
| 32  | 1291920     | 352200     | 165720         | 774000        |
| 33  | 376760      | 123000     | 154160         | 99600         |
| 34  | 2298880     | 152400     | 266080         | 1880400       |
| 35  | 2123940     | 0          | 256740         | 1867200       |
| 36  | 1919380     | 142500     | 222880         | 1554000       |
| 37  | 988980      | 320400     | 139380         | 529200        |
| 38  | 769720      | 0          | 224920         | 544800        |
| 39  | 733420      | 142800     | 187420         | 403200        |
| 40  | 1286200     | 207000     | 172000         | 907200        |



Dilakukan perhitungan pendugaan parameter untuk kedua jenis produk. Berikut merupakan perhitungan pendugaan parameter untuk susu pasteurisasi 140cc berdasarkan rumus menurut Hasan (2001),

$$\begin{aligned}\bar{X}(\text{rerata}) &= \frac{\sum \text{total biaya}}{\text{jumlah replikasi}} \\ &= \frac{(1208120 + \dots + 1286200)}{40} \\ &= 1.432.714,5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s(\text{stdev}) &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n - 1}} \\ &= 679532,5\end{aligned}$$

$$t_{\alpha/2} = 2,26$$

Pendugaan interval untuk rata – rata:

$$\bar{X} - t_{\alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$1189892 < \mu < 1675537$$

Dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan rata – rata total biaya akan berada di antara Rp1.189.892,- hingga Rp1.675.537,- akan benar 95% dari keseluruhan waktu, jika pendugaan itu dilakukan berulang – ulang dengan cara yang sama.

Dengan tahap pengolahan yang sama, dilakukan *generate* data untuk produk susu pasteurisasi 200cc . Tabel 7 merupakan hasil rekapitulasi *generate* data untuk susu pasteurisasi 200cc sebanyak 40 replikasi dengan memasukkan nilai *level production* optimal yang didapatkan pada data *existing* bulan Maret 2013, yaitu sebesar 810 unit.

**Tabel 7.** Rekapitulasi *Generate* Data Susu Pasteurisasi 200cc

| ke - | Total biaya | Waste cost | Inventory cost | Shortage cost |
|------|-------------|------------|----------------|---------------|
| 1    | 2820950     | 302000     | 516450         | 2002500       |
| 2    | 2608170     | 679500     | 325170         | 1603500       |
| 3    | 2108300     | 477500     | 328800         | 1302000       |
| 4    | 1822660     | 379000     | 342660         | 1101000       |
| 5    | 2597900     | 158000     | 429900         | 2010000       |
| 6    | 1315880     | 833000     | 266880         | 216000        |
| 7    | 1457200     | 83500      | 383700         | 990000        |
| 8    | 1991100     | 433500     | 372600         | 1185000       |
| 9    | 2330740     | 367000     | 403740         | 1560000       |
| 10   | 1911330     | 229500     | 394830         | 1287000       |
| 11   | 930340      | 430000     | 299340         | 201000        |
| 12   | 2280870     | 211500     | 485370         | 1584000       |

|    |         |        |        |         |
|----|---------|--------|--------|---------|
| 13 | 3224770 | 401500 | 462270 | 2361000 |
| 14 | 3359840 | 83000  | 468840 | 2808000 |
| 15 | 1690560 | 823500 | 222060 | 645000  |
| 16 | 949040  | 402500 | 287040 | 259500  |
| 17 | 1281160 | 512500 | 336660 | 432000  |
| 18 | 1169470 | 920500 | 248970 | 0       |
| 19 | 2844750 | 112500 | 476250 | 2256000 |
| 20 | 1713970 | 356500 | 314970 | 1042500 |
| 21 | 3510270 | 792000 | 339270 | 2379000 |
| 22 | 1221250 | 412000 | 324750 | 484500  |
| 23 | 3153600 | 589500 | 341100 | 2223000 |
| 24 | 1845550 | 157000 | 443550 | 1245000 |
| 25 | 2659590 | 203550 | 172590 | 451500  |
| 26 | 897700  | 731500 | 166200 | 0       |
| 27 | 2263030 | 262000 | 402030 | 1599000 |
| 28 | 1131310 | 466000 | 204810 | 460500  |
| 30 | 3919320 | 495000 | 472320 | 2952000 |
| 31 | 2230540 | 322000 | 342540 | 1566000 |
| 32 | 2055020 | 779000 | 263520 | 1012500 |
| 33 | 2759570 | 60500  | 561570 | 2137500 |
| 35 | 838600  | 244000 | 362100 | 232500  |
| 36 | 1189450 | 298000 | 336450 | 555000  |
| 37 | 3563890 | 59500  | 532890 | 2971500 |
| 38 | 1516650 | 49500  | 456150 | 1011000 |
| 39 | 1777060 | 566500 | 358560 | 852000  |
| 40 | 1428330 | 532500 | 307830 | 588000  |

Berikut merupakan perhitungan pendugaan parameter untuk susu pasteurisasi 200cc menurut Hasan (2001),

$$\begin{aligned}\bar{X}(\text{rerata}) &= \frac{\sum \text{total biaya}}{\text{jumlah replikasi}} \\ &= \frac{(2820950 + \dots + 2301780)}{40} \\ &= 2099563\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s(\text{stdev}) &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \\ &= 841349.3\end{aligned}$$

Pendugaan interval untuk rata – rata:

$$\bar{X} - t_{\alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$1798918 < \mu < 2400209$$

Dengan hasil perhitungan tersebut dapat dipercaya 95% bahwa total biaya yang ditimbulkan menunjukkan rata – rata total biaya pada rentang Rp1.798.918- hingga Rp2.400.209,-, jika pendugaan itu dilakukan berulang – ulang dengan cara yang sama.

### 3.6 Pembahasan

Berdasarkan perhitungan minimasi biaya distribusi dengan metode *Integer Linear Programming* yang diolah dengan bantuan program *vba* pada *Ms. Excel* pengoptimalan perencanaan produksi pada susu pasteurisasi kemasan 140cc dan 160cc dapat mengurangi yang lebih sedikit dibandingkan biaya awal. Perbandingan total biaya awal dan total biaya dengan formulasi model disajikan dalam Tabel 8.

**Tabel 8.** Perbandingan Total Biaya *Existing* dan Model pada bulan Maret 2013

| Produk | Total Biaya Existing | Total Biaya Model | Perbaikan |
|--------|----------------------|-------------------|-----------|
| 140 cc | Rp2.016.820,-        | Rp429.960,-       | 78,68%    |
| 200 cc | Rp2.658.360,-        | Rp705.390,-       | 73,47%    |

Berdasarkan Tabel 8 dapat ditunjukkan total biaya dengan menerapkan persamaan model untuk produk susu pasteurisasi 140 cc mengalami perbaikan sebesar 78,68% dibandingkan dengan total biaya existing. Sedangkan untuk produk susu pasteurisasi 200 cc mengalami persentase perbaikan 73,47% dibandingkan total biaya existingnya.

### 4 Penutup

Berdasarkan hasil penelitian mengenai optimalisasi perencanaan *level production* dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming*, terdapat beberapa kesimpulan yang bisa diambil, antara lain:

1. Dengan studi kasus dalam penelitian ini, terbentuk formulasi persamaan model yang terdiri dari empat variabel keputusan yaitu jumlah produksi, jumlah *overstock*, *shortage* dan *scrapped*. Sedangkan fungsi tujuannya untuk meminimasi biaya selama satu periode, yaitu selama satu bulan dengan empat fungsi kendala.
2. Dengan menggunakan persamaan model yang dirumuskan, didapatkan nilai produksi optimal untuk susu pasteurisasi 140 cc pada bulan Maret 2013 sebesar 640 unit produk dengan total biaya sebesar Rp429.960,- sedangkan untuk susu pasteurisasi 200 cc pada bulan Maret 2013 sebesar 810 unit produk dengan total biaya Rp609.790,-. Sedangkan untuk total biaya dengan data *existing* produk susu pasteurisasi 140 cc dan 200 cc pada bulan Maret 2013 secara berturut-turut sebesar Rp2.016.820,- dan

Rp2.658.360,-. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diidentifikasi terjadi perbaikan biaya sebesar 75,71% untuk produk susu pasteurisasi 140 cc dan 77,06% untuk produk susu pasteurisasi 200 cc pada bulan Maret 2013.

3. . Berdasarkan 40 kali replikasi *generate* data dan diimplementasikan pada hasil produksi dengan *level production* sebesar 640 untuk susu pasteurisasi 140cc dan 810 untuk susu pasteurisasi 200cc. Dengan perhitungan menggunakan pendugaan interval untuk rata – rata dengan menggunakan  $\alpha$  sebesar 5%, didapatkan hasil bahwa dengan keyakinan 95% interval rata – rata total biaya berada pada rentang Rp1.189.892,- hingga Rp1.675.537,- untuk susu pasteurisasi 140 cc sedangkan untuk susu pasteurisasi 200 cc dengan hasil perhitungan pendugaan interval untuk rata – rata disimpulkan bahwa interval rata – rata total biaya pada rentang Rp1.798.918- hingga Rp2.400.209, -, dengan persentase keyakinan 95%.

### 5. Daftar Pustaka

- Arbib, C., Pacciarelli, D., Smriglio, S., (1999). A three dimensional matching model for perishable production scheduling.
- Chen, H-K., Hsueh, C-F., Chang, M-S., (2009). Production scheduling and vehicle routing problem with time windows for perishable food product. *Computers and Operations Research*, 36, 2311-2319
- Donseelar, K., Woensel, T., Broekmeulen, R., Fransisco, K., (2006). Inventory control of perishables in supermarket. *International Journal of Production Economics*, 104, 462-472
- Hasan, Iqbal. (2001). Pokok-Pokok Materi Statistik 2 (Statistik Inferensia). PT. Bumi Aksara. Jakarta
- Supranto, J. (2001). Statistik teori dan aplikasi edisi keenam. PT. Gelora aksara pratama : Jakarta
- Sridadi, Bambang. (2009). Pemodelan dan Simulasi Sistem. Informatika Bandung : Bandung
- Tersine, R.J., (1994). Principles of Inventory and Materials Management, 4th edition., NJ : Prentice-Hall, Inc.