

# Penelitian Mandiri Sains Komputasi III dan IV

*Update Progress*

Mohammad Rizka Fadhli  
Magister Sains Komputasi, FMIPA, ITB  
[20921004@mahasiswa.itb.ac.id](mailto:20921004@mahasiswa.itb.ac.id)

10 March 2022

# Contents

<b>RENCANA KERJA</b>	<b>6</b>
Rencana Judul Thesis . . . . .	6
Target Luaran . . . . .	6
Penelitian Mandiri III . . . . .	6
Penelitian Mandiri IV . . . . .	6
<b>PENELITIAN MANDIRI III</b>	<b>7</b>
<b>DOKUMENTASI SISTEM PRODUKSI</b>	<b>7</b>
Masalah Optimisasi . . . . .	7
Kondisi yang Ada Saat Ini . . . . .	7
Rencana Kerja . . . . .	7
Dokumentasi Sistem Produksi . . . . .	8
Rangkaian Produksi . . . . .	8
Informasi Terkait Pengiriman Bahan Baku . . . . .	8
Ilustrasi Pengiriman Bahan Baku . . . . .	9
Ilustrasi Pengiriman Bahan Baku . . . . .	9
Informasi Terkait Jenis Bahan Baku . . . . .	10
Ilustrasi Alur Pengadaan Bahan Baku: Misal - Gula . . . . .	10
Informasi Terkait Substitusi Bahan Baku . . . . .	11
Informasi Terkait Substitusi Bahan Baku . . . . .	11
Informasi Terkait Substitusi Bahan Baku . . . . .	12
Data yang Digunakan . . . . .	12
Data yang Dijadikan <i>Input</i> . . . . .	12

---

Contoh Data I: Spek Bahan Baku . . . . .	13
Contoh Data II: Komposisi Bahan Baku per Produk . . . . .	13
Contoh Data III: Data <i>Demand</i> Mingguan per Produk . . . . .	14
<b>PENELITIAN MANDIRI IV</b>	<b>15</b>
<b>MODEL OPTIMISASI</b>	<b>15</b>
Parameter yang Diketahui . . . . .	15
Variabel Keputusan . . . . .	16
Kendala Optimisasi . . . . .	17
Fungsi Objektif . . . . .	20

## List of Figures

1	Simplifikasi dari Penggunaan Bahan Baku . . . . .	9
2	Simplifikasi dari Penggunaan Bahan Baku . . . . .	11

## List of Tables

1	Data Bahan Baku . . . . .	13
2	Contoh Sample Data Komposisi Bahan Baku . . . . .	13
3	Contoh Sample Data Demand Mingguan . . . . .	14

# RENCANA KERJA

## Rencana Judul Thesis

*Optimization Model for Supplier Selection and Raw-Material Composition: Case Study FnB Manufacture*

## Target Luaran

### Penelitian Mandiri III

*Data collection dan dokumentasi production system.*

### Penelitian Mandiri IV

Model optimisasi yang telah disempurnakan.

## PENELITIAN MANDIRI III

# DOKUMENTASI SISTEM PRODUKSI

### Masalah Optimisasi

Penentuan keputusan strategis dalam hal:

- Memilih *supplier* bahan mentah.
- Menentukan banyaknya bahan mentah yang harus dibeli dari suatu *supplier*.
- Menentukan komposisi bahan mentah di setiap produk.

dengan tujuan total biaya pembelian seminim mungkin tetapi memenuhi kebutuhan yang ada.

### Kondisi yang Ada Saat Ini

Saat ini pemilihan *supplier* dan penentuan kuantitas pembelian *raw material* dilakukan secara manual dengan mempertimbangkan data-data terkait secara mingguan oleh departemen PPIC (*Production Planning and Inventory Control*). Data-data yang terkait tersebut adalah data *demand product* dan data komposisi *raw material* per produk.

Jika ada perubahan *demand*, maka proses perhitungan tersebut harus dihitung ulang kembali. Proses perhitungan ini memerlukan waktu yang cukup lama karena banyaknya produk yang terlibat.

### Rencana Kerja

Permasalahan dalam penentuan *supplier* dan *raw material* ini bisa dipandang sebagai masalah optimisasi dan dapat dibuat menjadi suatu model optimisasi. Model optimisasi ini kelak akan diimplementasikan pada departemen PPIC sehingga proses pemilihan *supplier* dan penentuan

kuantitas pembelian *raw material* bisa dilakukan secara cepat dan tepat. Diharapkan proses bisnis menjadi lebih efisien dan *cost* yang ada bisa ditekan lebih baik lagi.

Selain itu, akan dibuat suatu *software decision support system* berdasarkan model optimisasi ini untuk memudahkan dalam hal penentuan penyediaan *raw material*.

## Dokumentasi Sistem Produksi

### Rangkaian Produksi

Dalam rangkaian produksi, **NFI** menggunakan banyak sekali bahan baku tapi ada beberapa bahan baku utama yang paling sering digunakan di berbagai produknya. Selama ini **NFI** memesan bahan-bahan baku tersebut secara langsung setiap bulannya dengan besarnya pemesanan disesuaikan dengan:

1. Angka *demand* atau *forecast* masing-masing produk yang menggunakan bahan-bahan baku tersebut.
2. *Existing stock* bahan baku yang ada di gudang bahan baku.
3. *Minimum order* per jenis bahan baku yang ditetapkan *supplier*.

### Informasi Terkait Pengiriman Bahan Baku

Pengiriman bahan baku oleh para *supplier* dilakukan sebanyak 4 kali dalam sebulan dengan jumlah sesuai dengan aturan berikut:

- Banyaknya bahan baku pada **pengiriman pertama** disesuaikan dengan **stok *existing*** dan ***demand*** produk terkait bahan baku tersebut pada minggu I.
- Sedangkan bahan baku gula pada **pengiriman kedua hingga keempat** dibuat proporsional.
- **Waktu pengiriman dan inspeksi** adalah selama 17 hari setelah pemesanan gula sampai akhirnya gula tersebut dapat digunakan untuk produksi.



Oleh karena itu, perencanaan pembelian gula dilakukan setidaknya sebulan sebelum gula tersebut akan digunakan.

## Ilustrasi Pengiriman Bahan Baku

Contoh pada suatu bulan tertentu:

- Kebutuhan bahan baku diperkirakan sebesar **400 ton**.
- Stok *existing* bahan baku di gudang bahan baku ada **50 ton**.
- Maka **NFI** perlu memesan bahan baku sebesar **350 ton**.
- Pengiriman dilakukan **4 kali**.
  - Pada minggu I, diperkirakan kebutuhan bahan baku ada sebesar **100 ton**. Oleh karena itu, **pengiriman pertama** adalah sebesar **50 ton** saja.
  - Pada minggu II, III, dan IV pengiriman gula adalah proporsional sebesar **100 ton**.

Oleh karena itu, kelak pada model matematika perlu ada *constraints* terkait hal ini.

## Ilustrasi Pengiriman Bahan Baku

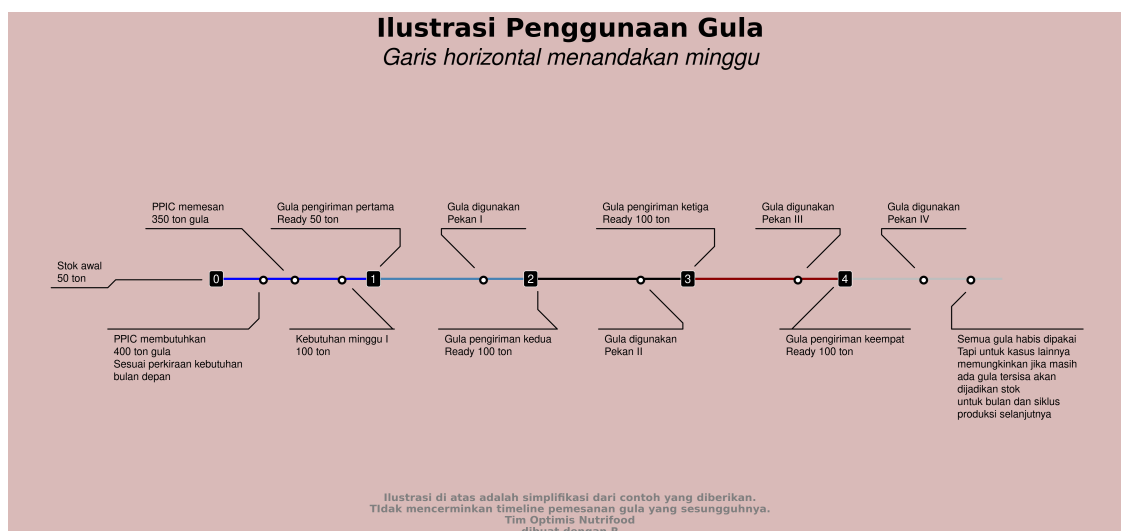


Figure 1: Simplifikasi dari Penggunaan Bahan Baku

## Informasi Terkait Jenis Bahan Baku

Saat ini, ada **6** jenis bahan baku yang bisa dipesan ke **6** *supplier* yang berbeda. Masing-masing bahan baku digunakan untuk membuat produk tertentu. Informasi lain yang perlu diketahui adalah:

- **Tidak ada kewajiban** bagi NFI untuk membeli semua jenis bahan baku tersebut.
- Terkait penggunaan bahan baku:
  - Sebagian kecil dari produk hanya bisa diproduksi dengan **satu jenis bahan baku saja**.
  - Sebagian besar lainnya memungkinkan untuk diproduksi dengan **dua atau lebih jenis bahan baku**.
    - \* Unit per jenis bahan baku yang digunakan untuk membuat produk adalah sama walau berbeda jenis bahan baku.
- Setidaknya minimal ada **2 jenis bahan baku** yang dibeli NFI sebagai *back up* substitusi bahan baku.
- Pembelian bahan baku harus memenuhi *minimum order* yang ditetapkan oleh *supplier* **tapi** jika pembelian di atas *minimum order* harus dilakukan **pembulatan**. Misalkan:
  - *Minimum order* adalah **10 ton**, maka:
    - \* Boleh membeli **11 ton**.
    - \* Tidak boleh membeli **10.5 ton**.
- Harga masing-masing jenis bahan baku berbeda. Namun untuk lama pengiriman, pada kasus ini semua gula memiliki lama pengiriman yang sama.

## Ilustrasi Alur Pengadaan Bahan Baku: Misal - Gula

Berikut adalah *summary* alur pengadaan bahan baku gula yang dilakukan Nutrifood:

### Timeline Pengadaan Bahan Baku

Garis horizontal menandakan minggu

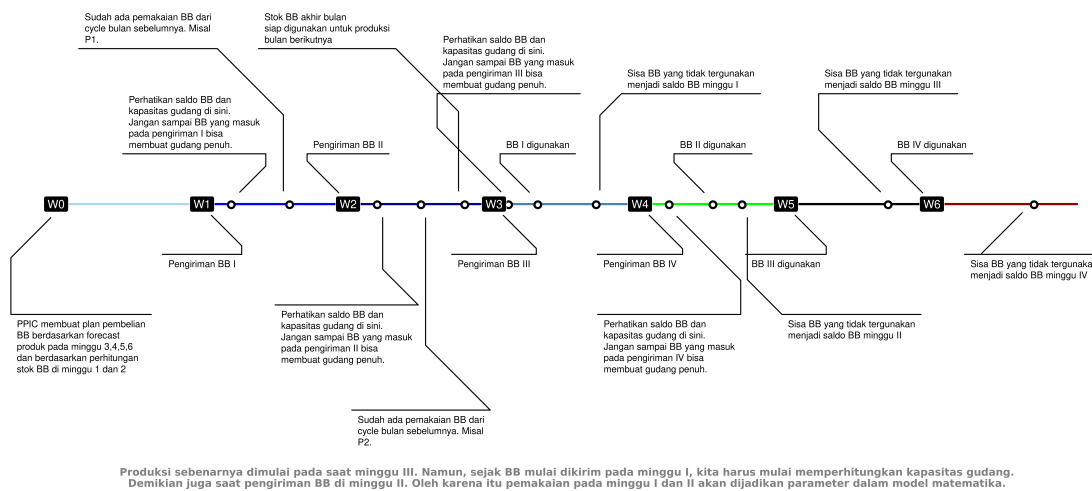


Figure 2: Simplifikasi dari Penggunaan Bahan Baku

### Informasi Terkait Substitusi Bahan Baku

**Case I: Minimal 2 jenis bahan baku sebagai *back up*** Dalam suatu bulan tertentu, untuk memproduksi produk **A**, **B**, dan **C** dibutuhkan bahan baku  $x_1$ ,  $x_2$ , atau  $x_3$ .

Untuk memastikan tidak ada masalah di kemudian hari (sebagai *back up*), maka minimal harus ada **2** jenis bahan baku yang harus dibeli. Alternatifnya:

1. Membeli  $x_1$  dan  $x_2$ ,
2. Membeli  $x_1$  dan  $x_3$ ,
3. Membeli  $x_2$  dan  $x_3$ , atau
4. Membeli  $x_1$ ,  $x_2$ , dan  $x_3$ .

### Informasi Terkait Substitusi Bahan Baku

**Case II: Unit bahan baku yang digunakan sama** Dalam suatu bulan tertentu, untuk membuat produk **A**, kita bisa menggunakan:

1. 100 unit  $x_1$  atau,

2. 100 unit  $x_2$ .

Sedangkan untuk membuat produk **B**, kita bisa menggunakan:

1. 100 unit  $x_2$  atau,
2. 100 unit  $x_3$ .

### Informasi Terkait Substitusi Bahan Baku

**Case II: Unit bahan baku yang digunakan sama** Dari kasus di atas, kita bisa menuliskan bahwa:

1. Kebutuhan bahan baku 1 ada sebesar  $x_1 \leq 100$ .
2. Kebutuhan bahan baku 2 ada sebesar  $x_2 \leq 200$ .
3. Kebutuhan bahan baku 3 ada sebesar  $x_3 \leq 100$ .

Karena minimal harus ada **2 bahan baku yang dipilih**, maka alternatif solusi yang ada adalah:

1. 100 unit  $x_1$  dan 100 unit  $x_2$ .
2. 100 unit  $x_1$  dan 100 unit  $x_3$ .
3. 100 unit  $x_2$  dan 100 unit  $x_3$ .
4. 100 unit  $x_1$ , 100 unit  $x_2$  dan 100 unit  $x_3$ .

## Data yang Digunakan

### Data yang Dijadikan *Input*

Ada beberapa data yang dijadikan *input* dalam permasalahan ini, yakni:

1. Data spek bahan baku, meliputi: harga (Rupiah per *kg*), *minimum order quantity* (MOQ dalam *kg*), *leadtime* pengiriman hingga siap guna (dalam hari), stok terkini (dalam *kg*) untuk masing-masing jenis bahan baku.

2. Data komposisi bahan baku per produk yang diproduksi.
3. Data *demand* mingguan untuk masing-masing produk (dalam unit *batch* produksi) termasuk kebutuhan bahan baku per *batch*.

### Contoh Data I: Spek Bahan Baku

Table 1: Data Bahan Baku

bahan_baku	stok	min_order	leadtime	harga
bb_1	5.39	3.4	17	142588
bb_2	52.64	233.6	17	128686
bb_3	41.72	274.2	17	228136
bb_4	94.53	67.9	17	162134
bb_5	40.84	156.1	17	217970
bb_6	45.84	186.9	17	149140

### Contoh Data II: Komposisi Bahan Baku per Produk

Table 2: Contoh Sample Data Komposisi Bahan Baku

produk	bb_1	bb_2	bb_3	bb_4	bb_5	bb_6	bb_bisa_digunakan
fg_1	1	1	0	1	1	0	4
fg_2	0	0	0	1	1	0	2
fg_3	1	0	0	1	1	1	4
fg_4	0	1	1	0	1	0	3
fg_5	0	1	1	1	0	1	4
fg_6	0	1	0	0	0	1	2
fg_7	0	0	0	1	1	1	3
fg_8	1	0	1	0	1	0	3

**Contoh Data III: Data *Demand* Mingguan per Produk**

Table 3: Contoh Sample Data Demand Mingguan

produk	demand_w1	demand_w2	demand_w3	demand_w4	bb_per_batch
fg_1	4	8	6	7	1000
fg_2	7	10	9	3	40
fg_3	1	3	0	0	550
fg_4	5	7	7	2	330
fg_5	9	0	8	4	330
fg_6	8	6	2	8	500
fg_7	9	1	9	7	500
fg_8	6	9	5	2	640

## PENELITIAN MANDIRI IV

### MODEL OPTIMISASI

Masalah *supplier selection* and *raw material composition* yang dipertimbangkan adalah masalah dengan satu kriteria, yaitu total harga pengadaan tetapi ukuran masalahnya lebih besar karena penentuan *supplier* mana yang akan dipilih dan berapa *quantity* yang akan dipesan hanya sebagian dari variabel keputusan. Variabel keputusan lainnya adalah bagaimana distribusi pengiriman dari tiap *supplier* dan komposisi dari tiap varian bubuk minuman. Karena itu, masalah krusial pertama dari penyelesaian masalah ini adalah menurunkan masalah optimisasi yang tepat yang dapat menjadi model dari masalah ini.

Berdasarkan informasi-informasi yang telah didapatkan dari Penelitian Mandiri III, berikut adalah model optimisasi dari permasalahan *supplier selection* dan *raw material composition*.

#### Parameter yang Diketahui

Notasikan:

- $M$  sebagai himpunan semua minggu.
  - $\hat{M} \setminus \{1, 6\}$
- $P = P_1 \cup P_2 \cup P_3 \cup P_4 \cup P_5 \cup P_6$  sebagai himpunan produk di semua minggu.
  - $\hat{P}$  sebagai himpunan bagian dari  $P$ , yakni himpunan produk yang menggunakan minimal dua jenis BB.
  - $\dot{P}$  sebagai himpunan bagian dari  $P$ , yakni himpunan produk yang menggunakan satu jenis BB saja.
- $G = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  sebagai himpunan BB.
- $D$  sebagai kebutuhan BB di bulan perencanaan, yaitu: *week* 3 - 6.
- $maxcap$  sebagai kapasitas gudang BB.

- $\forall i \in P_j, g_{ijk}$  adalah kebutuhan BB (dalam ton) dari produk  $i$  pada *week*  $k$ .
- $\forall k \in G, c_k$  adalah harga BB  $k$  per ton.
- $\forall k \in G, \epsilon_k$  adalah *minimum order quantity* dari BB  $k$ .
- $\forall k \in G, \hat{d}_{2k}$  adalah total BB  $k$  yang dibutuhkan pada *week* 2.
- $\forall k \in G, Z_{ik}$  adalah stok level BB  $k$  di gudang pada akhir *week* 1.

## Variabel Keputusan

### Variabel I

Definisikan  $\forall k \in G, x_k$  adalah banyaknya BB  $k$  yang dibeli.

Berdasarkan informasi sebelumnya, kita ketahui bahwa  $x_k$  bernilai bulat positif dan harus lebih besar atau sama dengan nilai  $\epsilon_k$ . Kemudian tidak ada kewajiban untuk membeli BB dari seluruh *supplier*.

Maka kita bisa tuliskan:  $x_k = 0$  atau  $\epsilon_k \leq x_k \leq maxcap$ . Untuk menghindari nilai diskontinu dari  $x_k$  ini, definisikan:

$$y_k = \begin{cases} 1, & x_k = 0 \\ 0, & \epsilon_k \leq x_k \leq maxcap \end{cases}$$

$$\forall j \in M \setminus \{1, 6\}, \forall i \in P_j, \forall k \in G,$$

### Variabel II

Definisikan:  $\hat{x}_{jk}$  sebagai banyaknya pengiriman BB jenis  $k$  di awal *week*  $j$ .

$$a_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{produk ke } i \text{ di week } j \text{ menggunakan BB } k \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases}$$



**Variabel III**

Definisikan:  $b_{ijk}$  sebagai proporsi penggunaan BB  $k$  dari seluruh kebutuhan BB untuk produk  $i$  di *week*  $j$ ,  $\forall j \in M \setminus \{1\}, \forall k \in G$ .

**Variabel IV**

Definisikan:  $z_{jk}$  sebagai stok level BB  $k$  di akhir *week*  $j$ .

**Kendala Optimisasi****Kendala I**

Kendala I adalah penghubung yang benar antara variabel keputusan biner, integer, atau kontinu yang berkaitan:

$$\begin{aligned} \forall k \in G, \\ x_k &\leq Dy_k \\ x_k &\geq \epsilon y_k \\ \forall j \in M \setminus \{1, 2\}, \forall i \in P_j, \forall k \in G, \\ b_{ijk} &\leq a_{ijk} \\ b_{ijk} &\geq \mu a_{ijk} \end{aligned}$$

untuk suatu nilai  $\mu$  yang kecil.

**Kendala II**

Kendala II dibuat agar total BB yang dipesan tidak kurang dari total *demand* di bulan perencanaan.

$$\sum_{k \in G} x_k \geq D$$

**Kendala III**

Kendala III mengatur hubungan antara total pembelian BB dan pengiriman setiap minggu.

$$\forall k \in G,$$

$$x_k = \sum_{j \in \hat{M}} \hat{x}_{jk}$$

**Kendala IV**

Kendala IV menjaga volume pengiriman gula pada *week* 2, 3, dan 4 selalu sama.

$$\begin{aligned}\forall k \in G, \\ \hat{x}_{3k} &= \hat{x}_{4k} \\ \hat{x}_{4k} &= \hat{x}_{5k}\end{aligned}$$

**Kendala V**

Kendala V berfungsi untuk menjaga komposisi gula yang diinginkan.

$$\begin{aligned}\forall j \in M \setminus \{1, 2\}, \forall i \in \hat{P}_j, \\ \sum_{k \in G} a_{ijk} &\geq 2 \\ \sum_{k \in G} b_{ijk} &= 1 \\ \forall j \in M \setminus \{1, 2\}, \forall i \in \dot{P}_j, \\ \sum_{k \in G} a_{ijk} &= 1 \\ \sum_{k \in G} b_{ijk} &= 1\end{aligned}$$

**Kendala VI**

Kendala VI berfungsi untuk menjaga stok level sesaat setelah pengiriman BB agar tidak melebihi kapasitas gudang.

$$\begin{aligned}\sum_{k \in G} (Z_{1k} + \hat{x}_{1k} - \hat{d}_{2k} + z_{jk}) &= maxcap \\ \forall j \in M \setminus \{1, 2\} \\ \sum_{k \in G} (z_{(j-1)k} + \hat{x}_{(j-1)k}) - \sum_{i \in P_j} b_{ijk} g_{ijk} + z_{jk} &= maxcap\end{aligned}$$

## Fungsi Objektif

Permasalahan yang dihadapi adalah pemilihan *supplier* dan BB sebagai berikut:

$$\min \sum_{k \in G} c_k x_k$$

terhadap kendala I sampai VI dan

$$x_k = 0 \text{ atau } \epsilon_k \leq x_k \leq maxcap, x_k \in \mathbb{Z}^+$$

$$y_k \in \{0, 1\}, \hat{x}_{jk} \geq 0, a_{ijk} \in \{0, 1\}$$

$$0 \leq b_{ijk} \leq 1$$

$$0 \leq z_{jk} \leq maxcap$$