

# **PRESENTASI FINAL**

## **PENELITIAN MANDIRI DALAM SAINS KOMPUTASI III - IV**

Mohammad Rizka Fadhli 20921004

Sains Komputasi ITB

## LATAR BELAKANG

## Latar Belakang

Semenjak diperkenalkan pertama kali pada tahun 1982, *Supply Chain Management* (SCM) memegang peranan penting dalam manufaktur sebagai suatu sistem produksi terintegrasi [1]. Di dalam SCM, bahan baku dibeli perusahaan dari berbagai *supplier*, dibuat ke dalam suatu produk yang kemudian akan dijual ke pelanggan melalui berbagai *channel* distribusi.

Dalam mengarungi kompetisi, perusahaan perlu memahami dua faktor kunci, yakni *cost reduction* dan *product quality* [2]. Kedua faktor ini sangat bergantung pada pemilihan *supplier* yang tepat. Sehingga proses *supplier selection* menjadi proses yang krusial dalam setiap perusahaan.

## Latar Belakang

Dalam prakteknya, perusahaan bisa menggunakan dua strategi terkait *supplier selection*, yakni: *single sourcing* dan *multiple sourcing*. *Single sourcing* berarti perusahaan hanya membeli bahan baku dari *supplier* tunggal. Sedangkan *multiple sourcing* berarti perusahaan bisa membeli bahan baku dari beberapa *supplier*. Strategi *single sourcing* bisa menaikkan level risiko dari perusahaan sedangkan strategi *multiple sourcing* menyebabkan *initial cost* dan *ongoing cost* yang lebih besar [3]. Bagi perusahaan yang menerapkan strategi *multiple sourcing*, banyak faktor yang akan membuat kompleks pengambilan keputusan. Misalnya harga, perjanjian transaksi, kualitas, kuantitas, jarak dan biaya pengantaran [2].

## Latar Belakang

PT. NFI adalah salah satu perusahaan manufaktur di Indonesia yang memproduksi 130 jenis minuman. Salah satu bahan baku yang paling sering digunakan untuk semua produk minuman tersebut adalah gula. Masing-masing produk minuman tersebut bisa dibagi menjadi dua kelompok, yakni:

1. Minuman yang hanya bisa diproduksi oleh satu jenis bahan baku gula.
2. Minuman yang bisa diproduksi menggunakan dua atau lebih jenis bahan baku gula.

Untuk pemenuhan bahan baku gula, NFI menggunakan prinsip *multiple sourcing* dengan perjanjian untuk memasoknya dari enam buah *supplier*. Spesifikasi bahan baku gula dan harga perton berbeda-beda antar *supplier*.

# Latar Belakang

Pada penelitian ini, ada tiga masalah utama yang hendak diselesaikan, yakni:

- ▶ Memilih *supplier* bahan baku.
- ▶ Menentukan banyaknya bahan baku yang harus dibeli dari suatu *supplier*.
- ▶ Menentukan bahan baku mana yang harus digunakan untuk memproduksi setiap produk.

dengan tujuan total biaya pembelian seminim mungkin tetapi memenuhi kebutuhan yang ada pada periode tertentu. Luaran dari penelitian ini adalah suatu model optimisasi yang bisa menyelesaikan permasalahan di atas.

## RENCANA KERJA

## Rencana Judul Thesis

*Optimization and Computational Model for Supplier Selection, Order Allocation, and Incorporating Raw-Material Characteristic: Case Study Beverages Manufacture*



## *Planned Output*

### **Penelitian Mandiri III**

*Data collection* dan dokumentasi *production system*.

### **Penelitian Mandiri IV**

Model optimisasi yang telah disempurnakan.

# **PENELITIAN MANDIRI III: Dokumentasi Sistem Produksi**

## Kondisi yang Ada Saat Ini

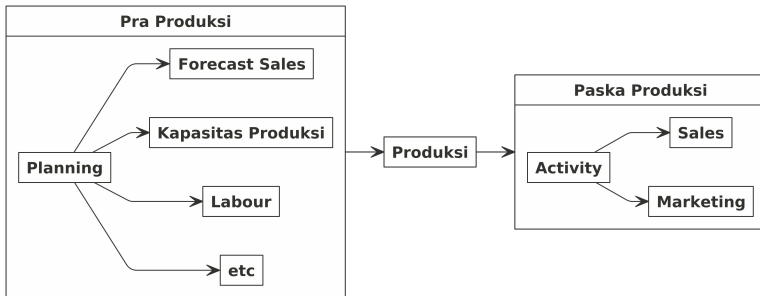
Saat ini pemilihan *supplier* dan penentuan kuantitas pembelian bahan baku dilakukan secara manual dengan mempertimbangkan data-data terkait secara mingguan oleh departemen PPIC (*Production Planning and Inventory Control*). Namun belum sampai ke dalam tahap pemasangan alokasi bahan baku dengan produk sehingga berpotensi menimbulkan *loss sales* akibat ketiadaan bahan baku saat produksi. Selain itu, proses perhitungan ini memerlukan waktu yang cukup lama.

## Rencana Kerja

Permasalahan ini bisa dipandang sebagai masalah optimisasi dan dapat dibuat menjadi suatu model optimisasi. Model optimisasi ini kelak akan diimplementasikan pada departemen PPIC sehingga tiga proses utama dalam pemilihan *supplier* dan bahan baku bisa dilakukan secara cepat dan tepat. Diharapkan proses bisnis menjadi menjadi lebih efisien dan *cost* yang ada bisa ditekan lebih baik lagi.

## **Rangkaian Produksi**

# Rangkaian Produksi



**Figure 1:** Simplifikasi Rangkaian Produksi

## Rangkaian Produksi

Dalam rangkaian produksi suatu produk, **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*.

# Rangkaian Produksi

Pemesanan ini juga harus disesuaikan dengan *policy* yang ada pada **SCM**, seperti:

1. Pembelian bahan baku harus berasal dari minimal 2 *suppliers* untuk menjaga keamanan pasokan.
2. Pembelian bahan baku dari *supplier* harus memenuhi proporsi portofolio yang ditetapkan di awal tahun oleh **NFI**.



## **Pengiriman Bahan Baku**

## 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 setiap pengiriman adalah fleksibel disesuaikan dengan **stok existing** dan **demand** produk pada minggu tersebut.
- ▶ **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.

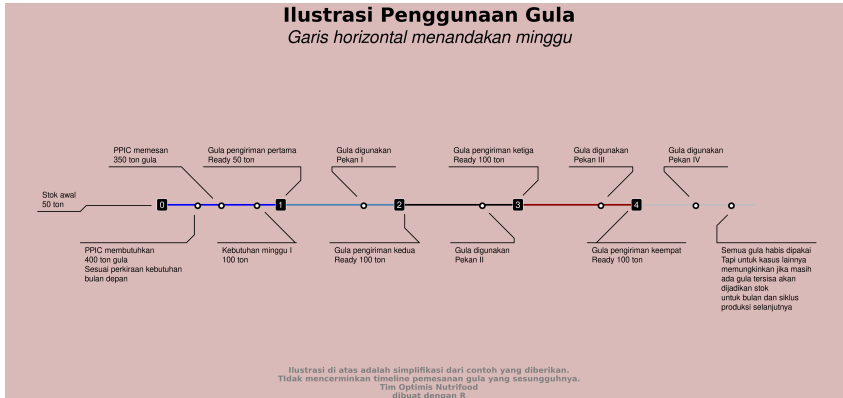
## Ilustrasi Pengiriman Bahan Baku

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 bahan baku akan disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing (misalkan dibuat proporsional **100 ton**).

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

# Ilustrasi Pengiriman Bahan Baku



**Figure 2:** Simplifikasi dari Penggunaan Bahan Baku

## Informasi Terkait Jenis Bahan Baku I

Saat ini, ada **6** jenis bahan baku yang bisa dipesan ke **6** *supplier* yang berbeda. Informasi lain yang perlu diketahui adalah:

- ▶ Terkait produk dan 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**. Kebutuhan bahan baku untuk produk pada kelompok ini adalah sama. Ilustrasi sebagai berikut:
    - ▶ Produk minuman **A** bisa diproduksi menggunakan bahan baku  $x_1$  sebanyak 1 ton atau  $x_2$  sebanyak 1 ton juga.
- ▶ Pembelian bahan baku harus memenuhi *minimum order* yang ditetapkan oleh *supplier* **tapi** jika pembelian di atas *minimum order* harus dilakukan **pembulatan** (*order volume* harus berupa *integer*). Misalkan:
  - ▶ *Minimum order* adalah **10 ton**, maka:

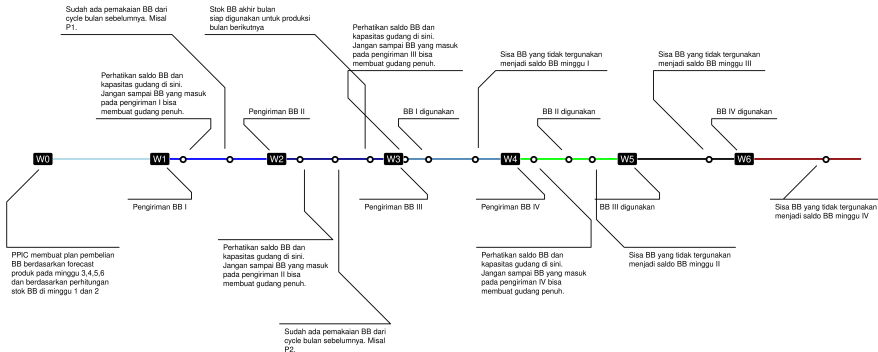
## Informasi Terkait Jenis Bahan Baku II

- ▶ Boleh membeli **11 ton**.
- ▶ Tidak boleh membeli **10.5 ton**.
- ▶ Harga masing-masing jenis bahan baku berbeda.
- ▶ Lama pengiriman hingga bahan baku siap digunakan untuk semua *supplier* sama.

# Ilustrasi Alur Pengadaan Bahan Baku: Gula

## Timeline Pengadaan Bahan Baku

*Garis horizontal menandakan minggu*



Produksi sebenarnya dimulai pada saat minggu III. Namun, sejak BB mulai dikirim pada minggu I, kita harus mulai memperhitungkan kapasitas gudang. Demikian juga saat pengiriman BB di minggu II. Oleh karena itu pemakaian pada minggu I dan II akan dijadikan parameter dalam model matematika.

## **Substitusi Bahan Baku**



## Informasi Terkait Substitusi Bahan Baku

Menurut informasi dari *product research and development*, beberapa bahan baku bisa dijadikan substitusi bagi bahan baku yang lain. Hal ini diperbolehkan karena kesamaan karakteristik yang ada pada beberapa bahan baku tersebut. Satu-satunya perbedaan mendasar antar bahan baku adalah warna. Sedangkan derajat rasa dan ukuran partikel sudah disesuaikan dengan standar baku pangan yang ada.

## Case I: Minimal 2 jenis bahan baku sebagai *back up* I

Dalam suatu bulan tertentu, untuk memproduksi produk **A**, **B**, dan **C** NFI bisa mempertimbangkan untuk menggunakan bahan baku  $x_1$ ,  $x_2$ , **atau**  $x_3$ . Untuk memastikan keamanan pasokan (sebagai *back up*), minimal harus ada dua jenis bahan baku yang harus dibeli. Alternatif pembelian yang bisa dilakukan:

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  $x_3$ .

## Case II: Unit bahan baku yang digunakan sama I

Dalam suatu bulan tertentu, untuk membuat produk **A**, NFI bisa menggunakan:

1. 100 unit  $x_1$  atau,
2. 100 unit  $x_2$ .

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

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

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  $x_3$ .

## Case II: Unit bahan baku yang digunakan sama II

3. 100 unit  $x_2$  dan 100 unit  $x_3$ .

Selain alternatif di atas, NFI juga diperbolehkan membeli masing-masing 100 unit  $x_1$ ,  $x_2$ , atau  $x_3$ . Namun hal ini tidak optimal karena membeli lebih banyak dibandingkan kebutuhan.

## DATA YANG DIGUNAKAN

*Data Input*

## Data *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, dan proporsi order tahunan.
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*.

## Spek Bahan Baku

**Table 1:** Data Bahan Baku

bahan_baku	stok	min_order	leadtime	harga	proporsi
bb_1	31.9	2849	17	106000	19.4
bb_2	18.2	2703	17	127000	14.4
bb_3	7.4	1738	17	109000	15.8
bb_4	97.0	2275	17	138000	18.4
bb_5	81.5	2367	17	201000	15.6
bb_6	25.6	1505	17	198000	16.4



## 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	0	0	1	0	0	1	2
fg_2	1	0	1	0	0	0	2
fg_3	0	0	0	1	0	0	1
fg_4	0	1	1	1	1	1	5
fg_5	0	0	1	1	1	1	4
fg_6	0	1	1	0	1	1	4
fg_7	1	0	0	0	0	0	1
fg_8	0	0	1	0	0	0	1

## 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	8	2	7	5	640
fg_2	9	3	1	3	40
fg_3	8	2	7	0	1000
fg_4	8	2	5	7	341
fg_5	8	7	8	6	700
fg_6	7	5	5	10	341
fg_7	7	3	0	10	550
fg_8	8	8	0	10	700

## PENELITIAN MANDIRI IV: Model Optimisasi

## **Pengantar Model Optimisasi**

## Pengantar Model Optimisasi

Masalah *supplier selection*, *order allocation*, dan pemasangan bahan baku dengan produk adalah masalah dengan satu kriteria, yaitu total harga pengadaan (pembelian) tetapi ukuran masalahnya lebih besar karena ketiga masalah di atas hanya sebagian dari variabel keputusan. Variabel keputusan lainnya adalah bagaimana distribusi pengiriman dari tiap *supplier* per minggu. Oleh 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 ini.

## Parameter Model

## Parameter yang Diketahui I

Notasikan:

- ▶  $M$  sebagai himpunan semua minggu.
- ▶  $P = P_1 \cup P_2 \cup P_3 \cup P_4 \cup P_5 \cup P_6$  sebagai himpunan produk di semua minggu.
  - ▶  $\hat{P}$  sebagai himpunan bagian dari  $P$ , yakni himpunan produk yang menggunakan minimal dua jenis bahan baku.
  - ▶  $\dot{P}$  sebagai himpunan bagian dari  $P$ , yakni himpunan produk yang menggunakan satu jenis bahan baku saja.
- ▶  $G = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  sebagai himpunan bahan baku.
- ▶  $D$  sebagai kebutuhan bahan baku di bulan perencanaan, yaitu: *week 3 - 6*.
- ▶  $maxcap$  sebagai kapasitas gudang bahan baku.
- ▶  $\forall k \in G, Pr_k$  adalah total proporsi portofolio bahan baku yang ditetapkan dalam setahun (dalam ton).

## Parameter yang Diketahui II

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



## Variabel Keputusan

## Variabel I

Definisikan  $\forall k \in G$ ,  $x_k$  adalah banyaknya bahan baku  $k$  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 bahan baku dari seluruh *supplier*.

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

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

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

## Variabel II

Definisikan:  $\hat{x}_{jk}$  sebagai banyaknya pengiriman bahan baku 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 bahan baku  $k$  dari seluruh kebutuhan bahan baku untuk produk  $i$  di week  $j$ ,  $\forall j \in M \setminus \{1\}, \forall k \in G$ .

## Variabel IV

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

## Kendala Optimisasi

## Kendala I

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

$$\forall k \in G,$$

$$x_k \leq Dy_k$$

$$x_k \geq \epsilon y_k$$

$$\forall j \in M \setminus \{1, 2\}, \forall i \in P_j, \forall k \in G,$$

$$b_{ijk} \leq a_{ijk}$$

$$b_{ijk} \geq \mu a_{ijk}$$

untuk suatu nilai  $\mu$  yang kecil.

## Kendala II

Kendala II dibuat agar total bahan baku 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 bahan baku dan pengiriman setiap minggu.

$$\forall k \in G, \\ x_k = \sum_{j \in \hat{M}} \hat{x}_{jk}$$

## Kendala IV

Kendala IV berfungsi untuk menjaga komposisi bahan baku yang diinginkan.

$$\forall j \in M \setminus \{1, 2\}, \forall i \in \hat{P}_j,$$

$$\sum_{k \in G} a_{ijk} \geq 2$$

$$\sum_{k \in G} b_{ijk} = 1$$

$$\forall j \in M \setminus \{1, 2\}, \forall i \in \dot{P}_j,$$

$$\sum_{k \in G} a_{ijk} = 1$$

$$\sum_{k \in G} b_{ijk} = 1$$

## Kendala V

Kendala V berfungsi untuk menjaga stok level sesaat setelah pengiriman bahan baku agar tidak melebihi kapasitas gudang.

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

## Kendala VI

Kendala VI menjaga agar pembelian bahan baku tidak melebihi proporsi portofolio yang sudah ditetapkan dalam setahun.

$$\sum_{k \in G} x_k \leq Pr_k$$

## Fungsi Objektif

## Fungsi Objektif

Permasalahan yang dihadapi adalah pemilihan *supplier* dan bahan baku sebagai berikut:

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

terhadap kendala I sampai VI dan

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

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

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

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

## REFERENSI

## REFERENSI

1. Oliver RK, Webber MD. Supply-chain management: Logistics catches up with strategy. Outlook; 1982; Available from: [https://www.researchgate.net/publication/247674858\\_Supply-Chain\\_Management\\_Logistics\\_Catches\\_up\\_with\\_Strategy](https://www.researchgate.net/publication/247674858_Supply-Chain_Management_Logistics_Catches_up_with_Strategy)
2. Rabieh M, Soukhakian MA, Shirazi ANM. Two models of inventory control with supplier selection in case of multiple sourcing: A case of isfahan steel company. Springerlink.com; 2016; Available from: <https://www.researchgate.net/publication/299417791>
3. Costantino N, Pellegrino R. Choosing between single and multiple sourcing based on supplier default risk: A real options approach. Journal of Purchasing; Supply Management; 2010; Available from: [www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)