

ISCS Presentation

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

Mohammad Rizka Fadhli 20921004

Computational Science - ITB

BACKGROUND

Background



Figure 1: source: www.flickr.com

Background



Figure 2: source: ie.binus.ac.id

Background

In practice, companies can use two strategies related to supplier selection, namely: single sourcing and multiple sourcing.

Many factors will make decision-making complex for companies that implement multiple sourcing strategies. For example, price, transaction agreement, quality, quantity, distance, and delivery fee [1].

Background

PT. NF is one of the manufacturing companies in Indonesia that produces 130 types of beverages. Sugar is one of the most frequently used raw materials for all these beverage products. Each of these beverage products can be divided into two groups, namely:

1. Drinks can only be produced with one type of sugar.
2. Drinks can be produced using two or more types of sugar.

For the fulfillment of sugar, NF uses multiple sourcing with an agreement to supply it from six suppliers. Specifications for sugar itself and price per ton vary between suppliers.

Background

In this study, there are three main problems to be solved, namely:

- ▶ Selecting sugar suppliers.
- ▶ Determine the number of sugar purchased from a supplier.
- ▶ Determine which sugar should be used to produce each product.

The goal is to keep the total expense of purchases to a minimum but still meet the requirements in a certain period.

The output of this research is an optimization model that can solve the above problems.

PRODUCTION SYSTEM

Existing Condition

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.

Rangkaian Produksi

Rangkaian Produksi

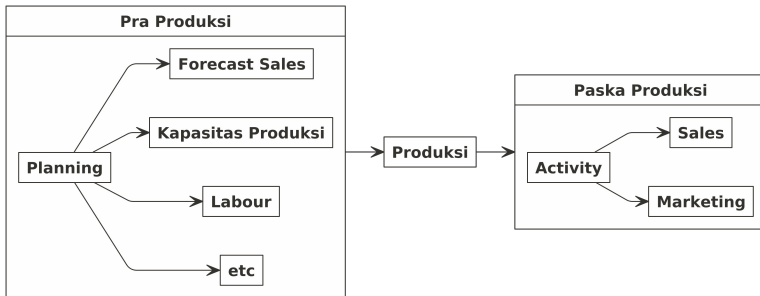


Figure 3: Simplifikasi Rangkaian Produksi

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

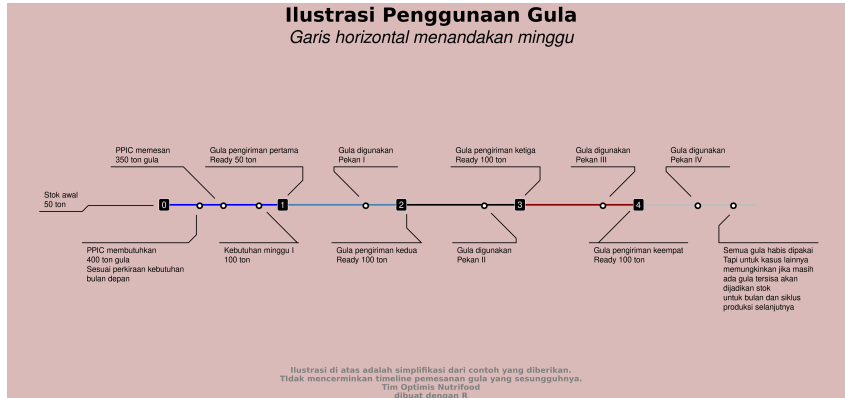


Figure 4: Simplifikasi dari Penggunaan Bahan Baku

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:

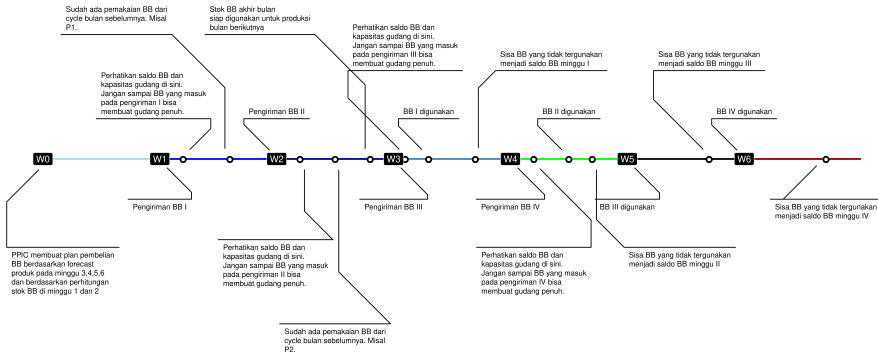
Informasi Terkait Jenis Bahan Baku II

- ▶ 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	21.6	1693	17	199000	19.0
bb_2	20.4	1897	17	122000	20.3
bb_3	72.3	2879	17	215000	19.6
bb_4	53.7	2911	17	212000	11.8
bb_5	70.0	2674	17	225000	12.0
bb_6	99.8	1794	17	158000	17.4

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	1	1	0	0	0	1	3
fg_2	0	1	1	1	1	1	5
fg_3	1	1	0	1	0	1	4
fg_4	1	1	1	0	1	1	5
fg_5	0	0	1	1	1	0	3
fg_6	1	0	1	1	0	0	3
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	9	10	2	8	550
fg_2	5	4	1	5	40
fg_3	1	2	3	8	1000
fg_4	7	8	0	10	1000
fg_5	10	2	6	10	550
fg_6	3	1	10	1	550
fg_7	6	2	6	10	700
fg_8	4	4	9	7	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 ϵ_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 μ 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.

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

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

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

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

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

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

THANK YOU

REFERENCES

ABSTRACT

ABSTRACT

A company can choose a single sourcing and multiple sourcing strategies to supply raw materials in the manufacturing industry. The multiple sourcing strategies are the security of the availability of raw materials, but the determination of suppliers is crucial because there are many factors in decision making such as price, business agreement, quality, quantity, distance, and delivery costs. In this study, we take the case of one of Indonesia's largest beverage manufacturing companies in making an optimization model for supplier selection within a specific period. In addition, the problem of purchasing quantity and installation of raw materials to finished products is also used as a decision variable for which solutions are sought. This optimization problem is a form of mixed integer linear programming.

1. 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>