

Penelitian Mandiri dalam Sains Komputasi III dan IV

Draft Laporan Akhir

Mohammad Rizka Fadhli

Program Studi Magister Sains Komputasi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Teknologi Bandung

20921004@mahasiswa.itb.ac.id

21 April 2022

Contents

1 TOPIK PENELITIAN MANDIRI	6
1.1 Rencana Judul Thesis	6
1.2 Target Luaran	6
1.2.1 Penelitian Mandiri III	6
1.2.2 Penelitian Mandiri IV	6
PENELITIAN MANDIRI III	7
2 DOKUMENTASI SISTEM PRODUKSI	7
2.1 Masalah Optimisasi	7
2.2 Kondisi yang Ada Saat Ini	7
2.3 Rencana Kerja	8
2.4 Dokumentasi Sistem Produksi	8
2.4.1 Rangkaian Produksi	8
2.4.2 Informasi Terkait Pengiriman Bahan Baku	9
2.4.3 Ilustrasi Pengiriman Bahan Baku	9
2.4.4 Informasi Terkait Jenis Bahan Baku	11
2.4.5 Ilustrasi Alur Pengadaan Bahan Baku: Gula	12
2.4.6 Informasi Terkait Substitusi Bahan Baku	13
2.5 Data yang Digunakan	14
2.5.1 Data yang Dijadikan <i>Input</i>	14

2.5.2	Contoh Data I: Spek Bahan Baku	15
2.5.3	Contoh Data II: Komposisi Bahan Baku per Produk	15
2.5.4	Contoh Data III: Data <i>Demand</i> Mingguan per Produk	16
PENELITIAN MANDIRI IV		17
3 MODEL OPTIMISASI		17
3.1	Parameter yang Diketahui	17
3.2	Variabel Keputusan	18
3.3	Kendala Optimisasi	19
3.4	Fungsi Objektif	21

List of Figures

1	Simplifikasi Rangkaian Produksi	8
2	Simplifikasi dari Penggunaan Bahan Baku	10
3	Simplifikasi dari Penggunaan Bahan Baku	12

List of Tables

1	Data Bahan Baku	15
2	Contoh Sample Data Komposisi Bahan Baku	15
3	Contoh Sample Data Demand Mingguan	16

1 TOPIK PENELITIAN MANDIRI

Laporan akhir penelitian mandiri III dan IV ditulis dalam satu laporan yang berisi masing-masing luaran dari rencana kerja yang berdasarkan judul thesis.

1.1 Rencana Judul Thesis

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

1.2 Target Luaran

1.2.1 Penelitian Mandiri III

Data collection dan dokumentasi *production system*.

1.2.2 Penelitian Mandiri IV

Model optimisasi yang telah disempurnakan.

PENELITIAN MANDIRI III

2 DOKUMENTASI SISTEM PRODUKSI

2.1 Masalah Optimisasi

Penentuan keputusan strategis dalam hal:

- 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.

2.2 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*). Perhitungan yang ada saat ini belum sampai ke dalam pengambilan keputusan alokasi antara 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.

2.3 Rencana Kerja

Permasalahan dalam penentuan *supplier* dan bahan baku 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.

2.4 Dokumentasi Sistem Produksi

2.4.1 Rangkaian Produksi

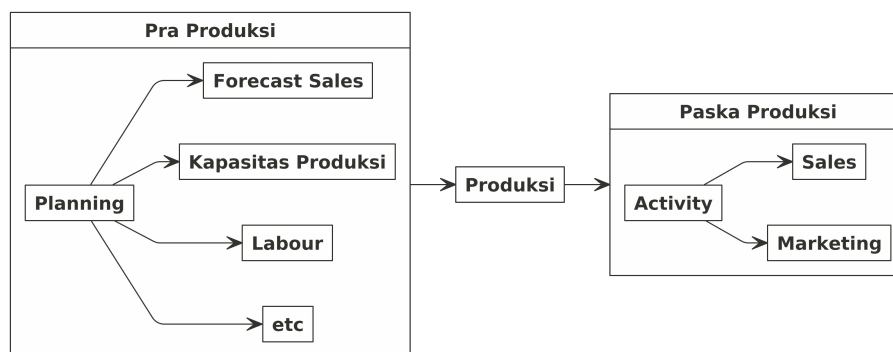


Figure 1: Simplifikasi Rangkaian Produksi

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*.

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**.

2.4.2 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.

2.4.3 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.

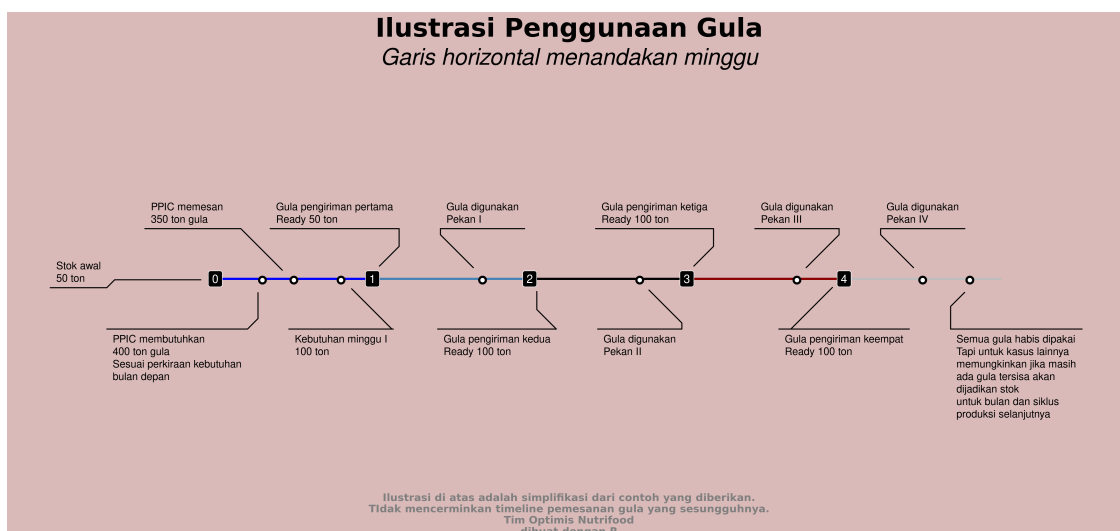


Figure 2: Simplifikasi dari Penggunaan Bahan Baku

2.4.4 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.

2.4.5 Ilustrasi Alur Pengadaan Bahan Baku: Gula

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

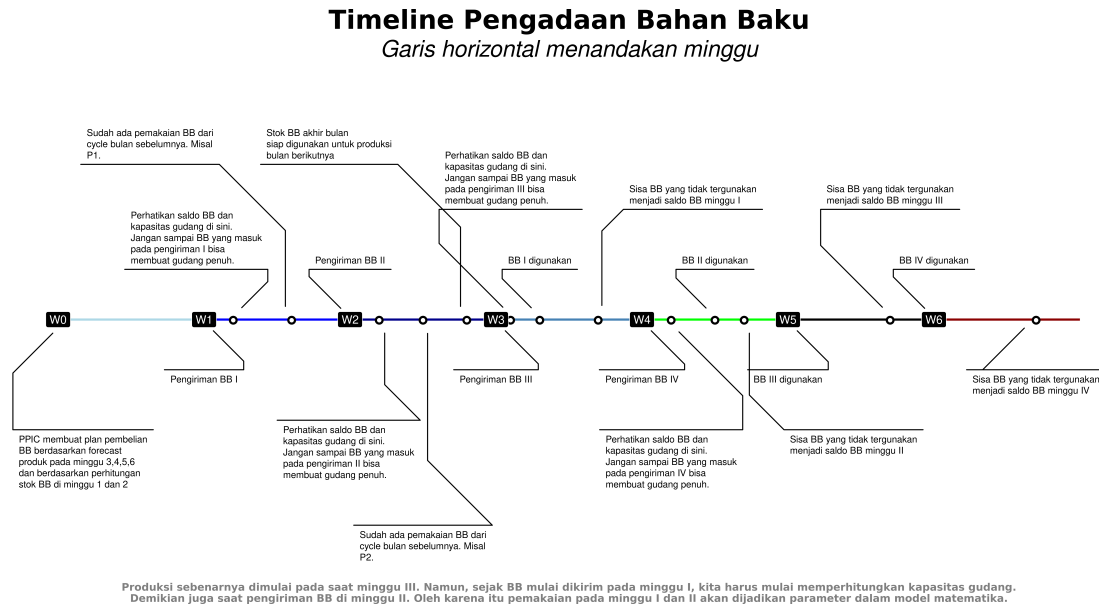


Figure 3: Simplifikasi dari Penggunaan Bahan Baku

2.4.6 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* 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 .

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 .

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 .

2.5 Data yang Digunakan

2.5.1 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*.

2.5.2 Contoh Data I: Spek Bahan Baku

Berikut ini adalah data spek bahan baku yang digunakan.

Table 1: Data Bahan Baku

bahan_baku	stok	min_order	leadtime	harga
bb_1	66.08	233	17	142817
bb_2	75.37	81	17	224078
bb_3	9.68	205	17	158909
bb_4	30.06	77	17	247428
bb_5	29.70	212	17	241431
bb_6	76.95	91	17	153612

2.5.3 Contoh Data II: Komposisi Bahan Baku per Produk

Berikut ini adalah sampel data yang berisi informasi produk apa bisa dibuat menggunakan bahan baku mana saja.

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	2	0	1	0	0	0	2
fg_2	3	0	1	1	0	1	3
fg_3	3	1	1	0	0	0	3
fg_4	4	0	1	1	0	1	4
fg_5	6	1	1	1	1	1	6

produk	bb_1	bb_2	bb_3	bb_4	bb_5	bb_6	bb_bisa_digunakan
fg_6	3	0	0	0	1	1	3
fg_7	5	1	1	1	0	1	5
fg_8	2	0	0	1	1	0	2

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

Berikut adalah data *demand* produk mingguan yang dijadikan basis pengiriman bahan baku.

Table 3: Contoh Sample Data Demand Mingguan

produk	demand_w1	demand_w2	demand_w3	demand_w4	bb_per_batch
fg_1	5	4	9	3	40
fg_2	8	1	0	1	330
fg_3	9	5	1	4	640
fg_4	7	3	10	1	40
fg_5	6	9	10	7	341
fg_6	1	7	6	0	40
fg_7	10	9	3	0	40
fg_8	8	5	0	10	550

PENELITIAN MANDIRI IV

3 MODEL OPTIMISASI

Masalah *supplier selection* dan *order allocation* adalah masalah dengan satu kriteria, yaitu total harga pengadaan (pembelian) tetapi ukuran masalahnya lebih besar karena kedua masalah di atas hanya sebagian dari variabel keputusan.

Variabel keputusan lainnya adalah bagaimana distribusi pengiriman dari tiap *supplier* per minggu dan , dan penentuan bahan baku untuk setiap produk. 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 *supplier selection* dan *raw material composition*.

3.1 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 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).
- $\forall i \in P_j, g_{ijk}$ 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.

3.2 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 $\epsilon_k \leq x_k \leq maxcap$. 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 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 .

3.3 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.

$$\sum_{k \in G} (Z_{1k} + \hat{x}_{1k} - \hat{d}_{2k} + z_{jk}) = maxcap$$

$$\forall j \in M \setminus \{1, 2\}$$

$$\sum_{k \in G} (z_{(j-1)k} + \hat{x}_{(j-1)k}) - \sum_{i \in P_j} b_{ijk} g_{ijk} + z_{jk} = maxcap$$

Kendala VI

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

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

3.4 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

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

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

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

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