

PERMASALAHAN TRANSPORTASI - I

MATAKULIAH RISET OPERASIONAL

Pertemuan Ke-9

Riani Lubis

Program Studi Teknik Informatika

Universitas Komputer Indonesia

Permasalahan Transpotasi (1)

- Persoalan transportasi terpusat pada pemilihan rute dalam jaringan distribusi produk antara pusat industri dan distribusi gudang atau antara distribusi gudang regional dan distribusi pengeluaran lokal.
- Pada umumnya, masalah transportasi berhubungan dengan distribusi suatu **produk tunggal** dari beberapa sumber, dengan penawaran terbatas, menuju beberapa tujuan, dengan permintaan tertentu, pada biaya transpor minimum. Karena ada satu macam barang, suatu tempat tujuan dapat memenuhi permintaannya dari satu atau lebih sumber.

Permasalahan Transpotasi (2)

- Persoalan transportasi merupakan persoalan linier khusus yang disebut persoalan aliran network.
- Asumsi dasar model transportasi adalah bahwa **biaya transpor** pada suatu rute tertentu **proporsional** dengan **banyaknya unit** yang dikirimkan.
- Tujuan dari model transportasi adalah merencanakan pengiriman dari sumber-sumber ke tujuan sedemikian rupa untuk **meminimumkan total biaya transportasi**, dengan kendala-kendala :
 - Setiap **permintaan** tujuan **terpenuhi**
 - Sumber **tidak** mungkin **mengirim** komoditas **lebih besar** dari **kapasitasnya**.

Contoh

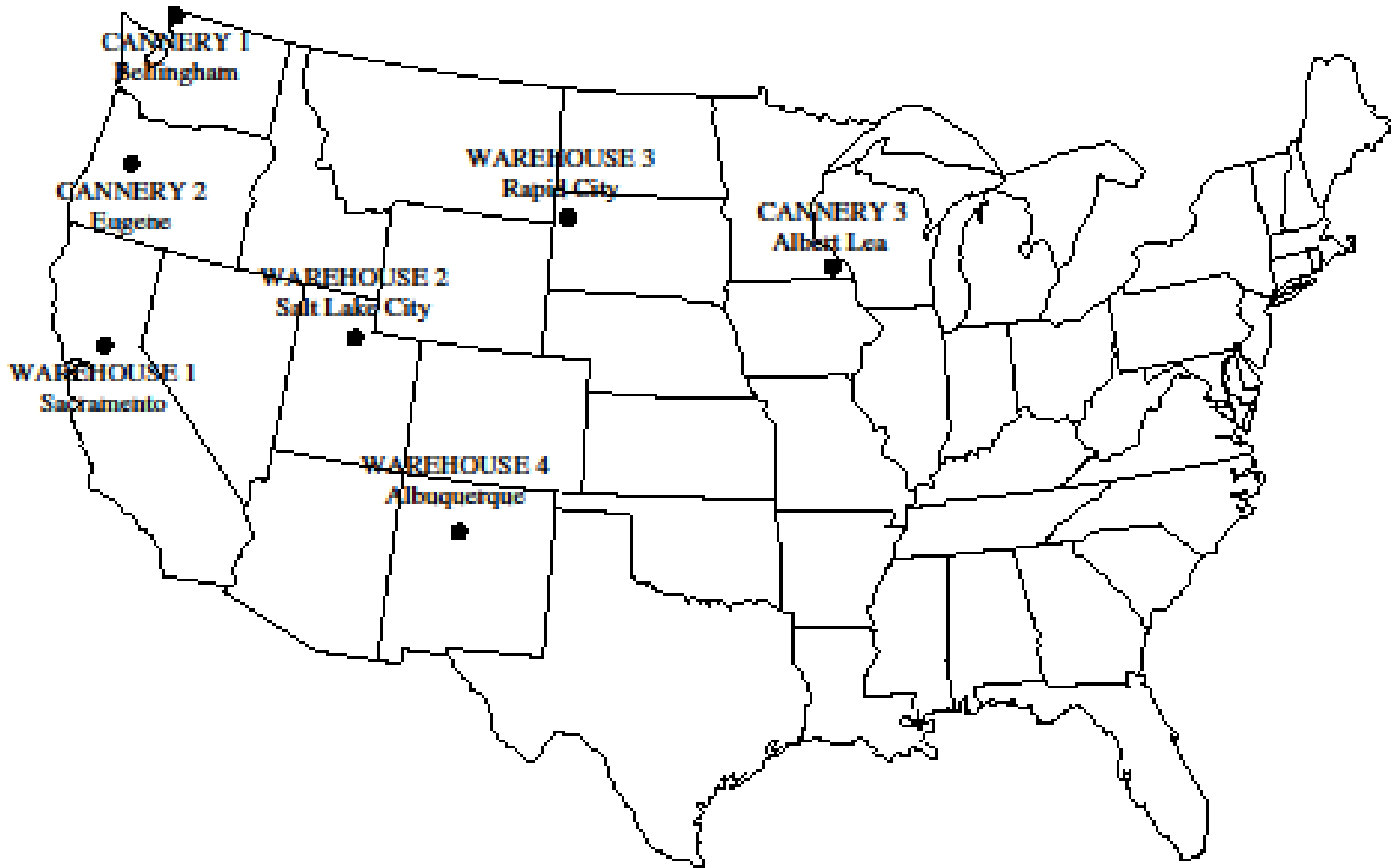


FIGURE 9.1

Misal sebuah perusahaan pengalengan mempunyai 3 pabrik pengalengan (sumber) yang harus melakukan distribusi ke 4 gudang (tujuan). Setiap pabrik memiliki kapasitas produksi tertentu dan setiap gudang memiliki jumlah permintaan tertentu terhadap produk tersebut. Biaya transpor per unit dari masing-masing pabrik ke masing-masing gudang berbeda-beda. Masalah yang timbul adalah menentukan jumlah barang yang harus dikirim dari masing-masing pabrik ke masing-masing gudang dengan tujuan meminimumkan biaya transpor.

- Suatu model transportasi dikatakan seimbang (*balanced* program), jika total jumlah antara penawaran (*supply*) dan permintaan (*demand*) sama :

$$\sum_{i=1}^m S_i = \sum_{j=1}^n D_j$$

- Dan dikatakan tidak seimbang (*unbalanced* program), jika kapasitas sumber lebih besar dari kapasitas tujuan atau sebaliknya :

$$\sum_{i=1}^m S_i < \sum_{j=1}^n D_j \quad \text{atau} \quad \sum_{i=1}^m S_i > \sum_{j=1}^n D_j$$

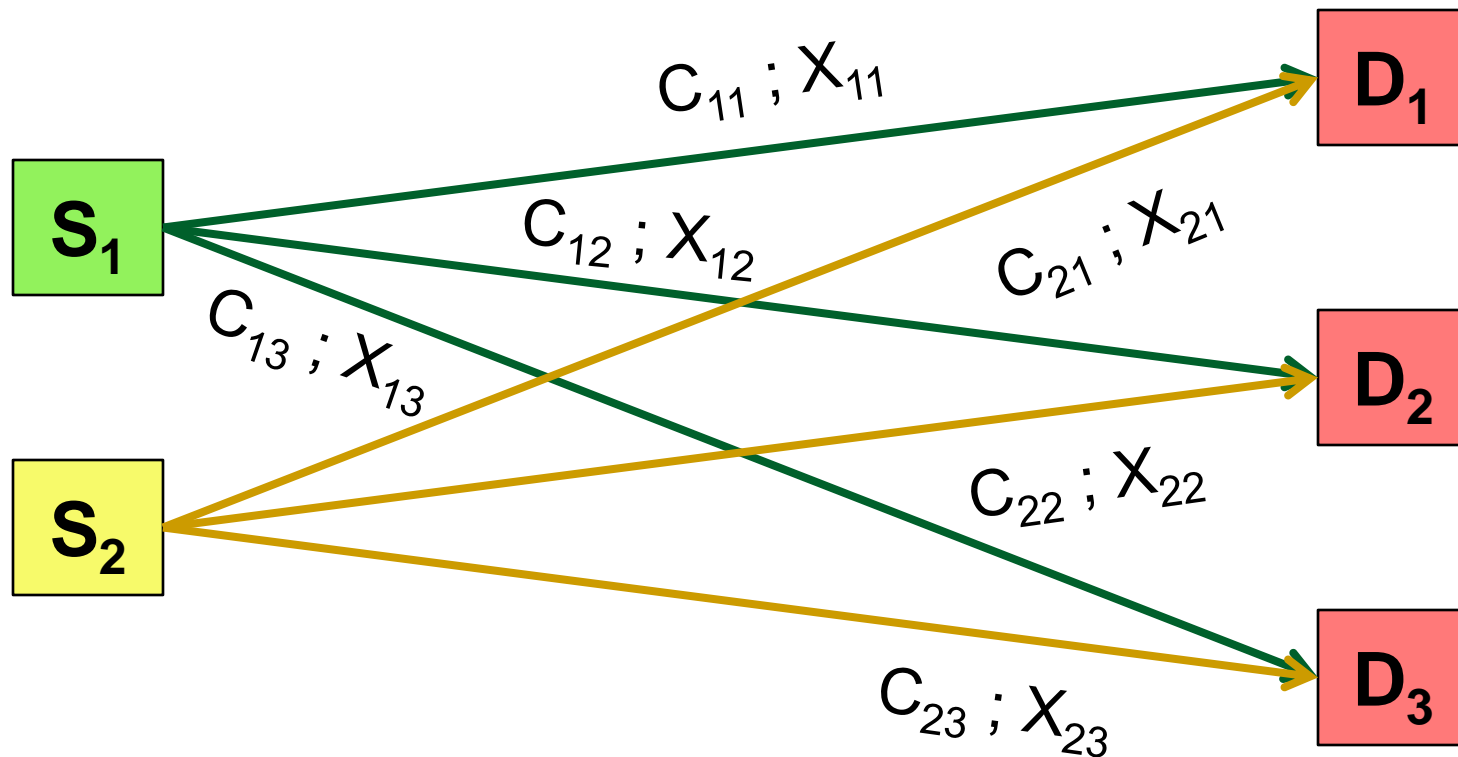
Perumusan Model Transportasi

Fungsi Tujuan	Minimumkan : $Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$		
Fungsi Pembatas	Balanced program	Unbalanced program	
	$\sum_{i=1}^m S_i = \sum_{j=1}^n D_j$	$\sum_{i=1}^m S_i < \sum_{j=1}^n D_j$	$\sum_{i=1}^m S_i > \sum_{j=1}^n D_j$
	$\sum_{j=1}^n X_{ij} = S_i$	$\sum_{j=1}^n X_{ij} = S_i$	$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq S_i$
	$\sum_{i=1}^m X_{ij} = D_j$	$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq D_j$	$\sum_{i=1}^m X_{ij} = D_j$
	$X_{ij} \geq 0 \text{ untuk semua } i \text{ dan } j$ $i = 1, 2, \dots, m$ $j = 1, 2, \dots, n$		

Jika ada 2 buah sumber & 3 tujuan (m = 2, n = 3), maka :

SUMBER

TUJUAN



$$\sum S = S_1 + S_2$$

$$\sum D = D_1 + D_2 + D_3$$

Jika diasumsikan Balanced Program

F. Tujuan :

Minimumkan

$$Z = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + C_{13}X_{13} + C_{21}X_{21} + C_{22}X_{22} + C_{23}X_{23}$$

F. Pembatas : **Asumsi “Balanced Program”**

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} = S_1$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} = S_2$$

$$X_{11} + X_{21} = D_1$$

$$X_{12} + X_{22} = D_2$$

$$X_{13} + X_{23} = D_3$$

$$X_{ij} \geq 0$$

Persamaan pembatas “Sumber”

Persamaan pembatas “Tujuan”

$$\sum_{i=1}^m S_i = \sum_{j=1}^n D_j$$

Ke		T u j u a n						Supply
		1	2	...	<i>j</i>	...	<i>n</i>	
S u m b e r	1	X_{11} C_{11}	C_{12}	...	C_{1j}	...	X_{1n} C_{1n}	S_1
	2	X_{21} C_{21}	X_{22} C_{22}	...	X_{2j} C_{2j}	...	X_{2n} C_{2n}	S_2

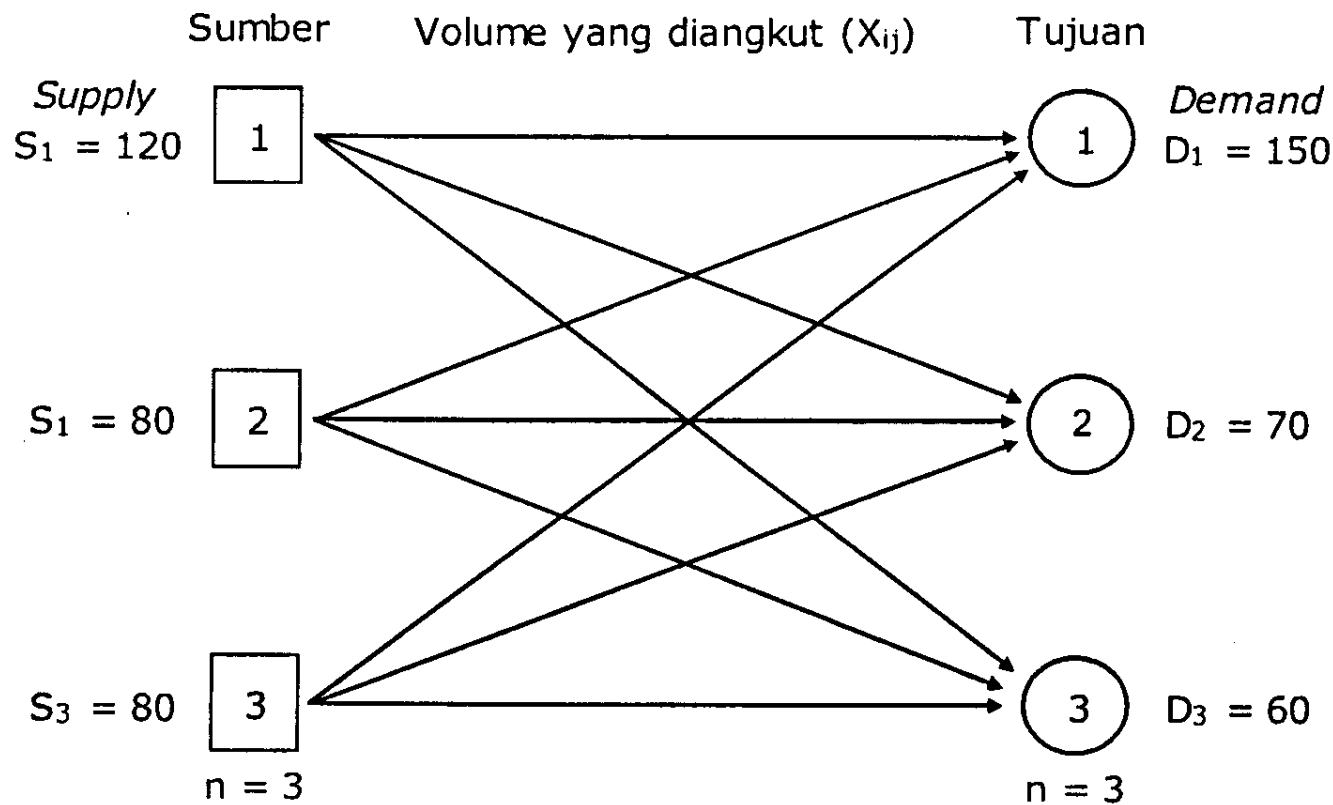
	<i>i</i>	C_{i1}	C_{i2}	...	C_{ij}	...	C_{in}	S_i

<i>m</i>	X_{m1} C_{m1}	X_{m2} C_{m2}	...	X_{mj} C_{mj}	...	X_{mn} C_{mn}	S_m	
Demand	D_1	D_2	...	D_j	...	D_n	$\sum S_i = \sum D_j$	

Contoh :

Sebuah perusahaan Negara berkepentingan mengangkut pupuk dari tiga pabrik ke tiga pasar. Kapasitas supply ketiga pabrik, permintaan pada ketiga pasar dan biaya transpor per unit adalah sebagai berikut :

		PASAR			PENAWARAN
		1	2	3	
PABRIK	1	8	5	6	120
	2	15	10	12	80
	3	3	9	10	80
PERMINTAAN		150	70	60	280



Minimumkan $Z = 8X_{11} + 5X_{12} + 6X_{13} + 15X_{21} + 10X_{22} + 12X_{23} + 3X_{31} + 9X_{32} + 10X_{33}$

dengan syarat $X_{11} + X_{12} + X_{13} = 120$ (*supply* pabrik 1)

$X_{21} + X_{22} + X_{23} = 80$ (*supply* pabrik 2)

$X_{31} + X_{32} + X_{33} = 80$ (*supply* pabrik 3)

$X_{11} + X_{21} + X_{31} = 150$ (permintaan pasar 1)

$X_{12} + X_{22} + X_{32} = 70$ (permintaan pasar 2)

$X_{13} + X_{23} + X_{33} = 60$ (permintaan pasar 3)

semua $X_{ij} \geq 0$

Dari \ Ke	1	2	3	<i>Supply</i>
1	8	5	6	120
2	15	10	12	80
3	3	9	10	80
<i>Demand</i>	150	70	60	280

Langkah Pemecahan Masalah Transportasi :

1. Menentukan solusi fisibel awal dengan menggunakan ketiga metoda berikut :
 - a. *North West Corner Rule* (NWCR) / Pokia-Pokaba
 - b. *Least Cost Value* (LCV) / Ongkos Terkecil
 - c. *Vogel Approximation Method* (VAM)
2. Pilih salah satu hasil solusi fisibel awal yang mempunyai nilai solusi fisibel terkecil.
3. Menentukan apakah metoda yang terpilih pada langkah 1 sudah optimum atau belum, dengan cara menentukan *entering* variabel. Jika ada perubahan, maka lanjutkan ke langkah 4. Tapi jika tidak ada, maka STOP (berhenti).

4. Menentukan *leaving* variabel dari langkah 3 dan menghitung kembali nilai solusi fisibel yang baru, kemudian kembali ke langkah 3.

Untuk langkah 3 dan langkah 4, dapat menggunakan salah satu metode di bawah ini :

a. *Stepping Stone Method*

b. *Multiplier Method*

Metode North West Corner Rule

- Menentukan distribusi dari pojok kiri atas ke pojok kanan bawah tanpa memperhatikan besarnya biaya.
- Prosedurnya :
 1. Mulai pada pojok kiri atas tabel dan alokasikan sebanyak mungkin pada X_{11} tanpa menyimpang dari kendala penawaran atau permintaan (artinya X_{11} ditetapkan sama dengan yang terkecil diantara nilai S_1 dan D_1 atau $\min(S_i, D_j)$)

2. Ini akan menghabiskan penawaran pada sumber 1 dan atau permintaan pada tujuan 1. Akibatnya, tidak ada lagi barang yang dapat dialokasikan ke kolom atau baris yang telah dihabiskan dan kemudian baris atau kolom itu dihilangkan. Kemudian alokasikan sebanyak mungkin ke kotak di dekatnya pada baris atau pindahlah secara diagonal ke kotak berikutnya.
3. Lanjutkan dengan cara yang sama sampai semua penawaran telah dihabiskan dan keperluan permintaan telah dipenuhi.

Sbr \ Tuj	1	2	3	supply	
1	120	8	5	6	120
2	30	15	10	12	80
3		3	9	10	80
Demand	150	70	60		280

Solusi fisibel awal dengan 5 variabel basis & 4 variabel non-basis sbb :

Variabel Basis :

$$X_{11} = 120$$

$$X_{21} = 30$$

$$X_{22} = 50$$

$$X_{32} = 20$$

$$X_{33} = 60$$

Variabel Nonbasis :

$$X_{12} = 0$$

$$X_{13} = 0$$

$$X_{23} = 0$$

$$X_{31} = 0$$

Maka total biaya transpor adalah :

$$Z = 8X_{11} + 5X_{12} + 6X_{13} + 15X_{21} + 10X_{22} + 12X_{23} + 3X_{31} + 9X_{32} + 10X_{33}$$

$$= (8 \times 120) + (15 \times 30) + (10 \times 50) + (9 \times 20) + (10 \times 60)$$

$$= 2690$$

Metode Least Cost Value

- Mencapai tujuan minimasi biaya dengan alokasi sistematis pada kotak-kotak sesuai dengan besarnya biaya transpor per unit.
- Prosedurnya :
 1. Pilih variabel X_{ij} (kotak) dengan biaya transpor (C_{ij}) terkecil dan alokasikan sebanyak mungkin. Untuk C_{ij} terkecil, $X_{ij} = \text{minimum } [S_i, D_j]$. Ini akan menghabiskan baris i atau kolom j .
 2. Dari kotak-kotak sisanya yang layak (yaitu yang tidak terisi atau tidak dihilangkan), pilih nilai C_{ij} terkecil dan alokasikan sebanyak mungkin.
 3. Lanjutkan proses ini sampai semua penawaran dan permintaan terpenuhi.

- Jika terdapat nilai C_{ij} terkecil yang sama (kembar), pilih diantara kotak itu secara sembarang. Karena ini hanya merupakan solusi awal yang tidak berpengaruh terhadap solusi optimum, kecuali mungkin memerlukan iterasi yang lebih banyak untuk mencapainya.

Sbr \ Tuj	1	2	3	supply
1	8	5	6	120
		70	50	
2	15	10	12	80
	70		10	
3	3	9	10	80
	80			
Demand	150	70	60	280

Solusi fisibel awal dengan 5 variabel basis & 4 variabel non-basis sbb :

Variabel Basis :

$$X_{12} = 70$$

$$X_{13} = 50$$

$$X_{21} = 70$$

$$X_{23} = 10$$

$$X_{31} = 80$$

Variabel Nonbasis :

$$X_{11} = 0$$

$$X_{22} = 0$$

$$X_{32} = 0$$

$$X_{33} = 0$$

Maka total biaya transpor adalah :

$$Z = 8X_{11} + 5X_{12} + 6X_{13} + 15X_{21} + 10X_{22} + 12X_{23} + 3X_{31} + 9X_{32} + 10X_{33}$$

$$= (5 \times 70) + (6 \times 50) + (15 \times 70) + (12 \times 10) + (3 \times 80)$$

$$= 2060$$

Metode Aproksimasi Vogel

- VAM hampir selalu memberikan suatu solusi awal yang lebih baik dibanding metode NWCR dan seringkali lebih baik daripada metode LCV.
- Pada beberapa kasus, solusi awal yang diperoleh melalui VAM akan menjadi optimum.
- VAM melakukan alokasi dalam suatu cara yang akan meminimumkan *penalty (opportunity cost)* dalam memilih kotak yang salah untuk suatu alokasi.

Prosedurnya

1. Hitung *opportunity cost* untuk setiap baris dan kolom. *Opportunity cost* untuk setiap baris i dihitung dengan mengurangkan nilai C_{ij} terkecil pada baris itu dari nilai C_{ij} satu tingkat lebih besar pada baris yang sama. *Opportunity cost* kolom diperoleh dengan cara yang serupa. Biaya-biaya ini adalah *penalty* karena tidak memilih kotak dengan biaya minimum.
2. Pilih baris atau kolom dengan *opportunity cost* terbesar (jika terdapat nilai kembar, pilih secara sembarang). Alokasikan sebanyak mungkin ke kotak dengan nilai C_{ij} minimum pada baris atau kolom yang dipilih. Untuk C_{ij} terkecil. $X_{ij} = \text{minimum } [S_i, D_j]$. Artinya *penalty* terbesar dihindari.

3. Sesuaikan penawaran dan permintaan untuk menunjukkan alokasi yang sudah dilakukan. Hilangkan semua baris dan kolom dimana penawaran dan permintaan telah dihabiskan.

4. Jika semua penawaran dan permintaan belum dipenuhi, kembali ke langkah 1 dan hitung lagi *opportunity cost* yang baru. Jika semua penawaran dan permintaan, solusi awal telah diperoleh.

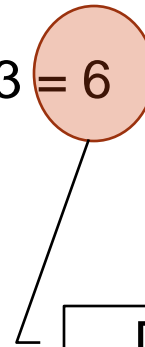
Sbr \ Tuj	1	2	3	supply
1	8	5	6	120
2	15	10	12	80
3	3	9	10	80
Demand	150	70	60	280

Penalty Cost (Baris)

$$6 - 5 = 1$$

$$12 - 10 = 2$$

$$9 - 3 = 6$$



Dipilih
Penalty
terbesar

Penalty
Cost
(Kolom)

$$8 - 3 = 5 \quad 9 - 5 = 4 \quad 10 - 6 = 4$$

Sbr \ Tuj	1	2	3	supply
1	80 70	5	6 50	120
2	15	10 70	12 10	80
3	3 80	9	10	80
Demand	150	70	60	280

Penalty Cost (Baris)

	I	II	III
1	1	1	1
2	2	2	2
6	–	–	–

Penalty Cost (Kolom)	I	5	4	4
	II	7	5	6
	III	–	5	6

Solusi fisible awal dengan 5 variabel basis & 4 variabel non-basis sbb :

Variabel Basis :

$$X_{11} = 70$$

$$X_{13} = 50$$

$$X_{22} = 70$$

$$X_{23} = 10$$

$$X_{31} = 80$$

Variabel Nonbasis :

$$X_{12} = 0$$

$$X_{21} = 0$$

$$X_{32} = 0$$

$$X_{33} = 0$$

Maka total biaya transpor adalah :

$$Z = 8X_{11} + 5X_{12} + 6X_{13} + 15X_{21} + 10X_{22} + 12X_{23} + 3X_{31} + 9X_{32} + 10X_{33}$$

$$= (8 \times 70) + (6 \times 50) + (10 \times 70) + (12 \times 10) + (3 \times 80)$$

$$= 1920$$

- Berdasarkan hasil pencarian solusi awal dengan ketiga metoda di atas, diperoleh kesimpulan bahwa biaya awal terkecil adalah 1920 yang diperoleh dari hasil pencarian dengan metoda VAM.
- Tetapi apakah solusi ini merupakan solusi optimum atau bukan, belum diketahui. Karena harus dilanjutkan ke langkah 2 untuk mencari solusi optimum.
- Setelah solusi layak dasar awal diperoleh, kemudian dilakukan perbaikan untuk mencapai solusi optimum.
- Pencarian solusi optimum dapat dilakukan dengan menggunakan metoda ***stepping stone*** atau metoda ***multiplier***.

Contoh 1 Kasus Transportasi Unbalance

Fungsi Tujuan :

$$\text{Minimalkan } Z = 8X_{11} + 5X_{12} + 6X_{13} + 15X_{21} + 10X_{22} + 12X_{23} + 3X_{31} + 9X_{32} + 10X_{33}$$

Fungsi Pembatas :

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} = 120$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} = 80$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} = 80$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} \leq 150$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} \leq 70$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} \leq 90$$

$$X_{ij} \geq 0$$

Menunjukkan bahwa semua unit yang tersedia akan dikirimkan, namun satu/lebih kendala permintaan tidak akan terpenuhi

Pencarian Solusi

- Dalam pencarian solusinya dapat menggunakan tabel transportasi seperti biasa, atau dapat ditambahkan sumber hayal (dummy) yang memiliki biaya transportasi nol per unit untuk setiap tujuan karena sesungguhnya kotak dummy analog dengan variabel slack yang nilai kontribusinya dalam fungsi tujuan sama dengan nol.
- Dalam pencarian solusi dengan metode Least-Cost, kotak-kotak dummy dapat diabaikan dan alokasi dibuat sesuai dengan biaya minimum, setelah alokasi dilakukan. Kelebihannya dialokasikan ke variabel dummy yang sesuai.

- Dalam pencarian solusi dengan metode VAM, nilai C_{ij} dummy digunakan sebagai biaya kolom terkecil ketika dilakukan perhitungan opportunity cost. Tetapi nilai C_{ij} dummy diabaikan saat alokasi sumber daya dilakukan .
- Dalam metode stepping stone dan multifier, kotak-kotak dummy diperlakukan seperti kotak-kotak yang lain.

Tabel Transportasi :

Dari \ Ke	1	2	3	supply
1	8	5	6	120
2	15	10	12	80
3	3	9	10	80
Dummy	0	0	0	30
Demand	150	70	90	310

Pencarian Solusi Awal dengan Metode NWCR :

Dari \ Ke	1	2	3	supply
1	8	5	6	120
2	15	10	12	80
3	3	9	10	80
Dummy	0	0	0	30
Demand	150	70	90	310

Pencarian Solusi Awal dengan Metode Least Cost :

Dari \ Ke	1	2	3	supply
1	8	5	6	120
2	15	10	12	80
3	3	9	10	80
Dummy	0	0	0	30
Demand	150	70	90	310

Pencarian Solusi Awal dengan Metode VAM :

Dari \ Ke	1	2	3	supply
1	8	5	6	120
2	15	10	12	80
3	3	9	10	80
Dummy	0	0	0	30
Demand	150	70	90	310

Contoh 2 Kasus Transportasi Unbalance

Fungsi Tujuan :

$$\text{Minimalkan } Z = 8X_{11} + 5X_{12} + 6X_{13} + 15X_{21} + 10X_{22} + 12X_{23} + 3X_{31} + 9X_{32} + 10X_{33}$$

Fungsi Pembatas :

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} \leq 120$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} \leq 80$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} \leq 80$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} = 100$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} = 70$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} = 90$$

$$X_{ij} \geq 0$$

Tabel Transportasi dengan Dummy :

Dari \ Ke	1	2	3	Dummy	supply
1	8	5	6	0	120
2	15	10	12	0	80
3	3	9	10	0	80
Demand	100	70	90	20	280

$$\sum_{i=1}^m S_i > \sum_{j=1}^n D_j$$

Pencarian Solusi Awal dengan Metode NWCR :

Dari \ Ke	1	2	3	Dummy	supply
1	8	5	6	0	120
2	15	10	12	0	80
3	3	9	10	0	80
Demand	100	70	90	20	280

Pencarian Solusi Awal dengan Metode Least Cost :

Dari \ Ke	1	2	3	Dummy	supply
1	8	5	6	0	120
2	15	10	12	0	80
3	3	9	10	0	80
Demand	100	70	90	20	280

Pencarian Solusi Awal dengan Metode VAM:

Dari \ Ke	1	2	3	Dummy	supply
1	8	5	6	0	120
2	15	10	12	0	80
3	3	9	10	0	80
Demand	100	70	90	20	280