

**TUGAS AKHIR**

**“STUDI OPTIMASI BIAYA TRANSPORTASI BETON JADI  
DENGAN METODE NORTH WEST CORNER RULE”**



**DISUSUN OLEH :**

**FANDY BUDIONO**

**45 12 041 185**

**JURUSAN SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS BOSOWA**

**2019**

**TUGAS AKHIR**  
**“STUDI OPTIMASI BIAYA TRANSPORTASI BETON JADI**  
**DENGAN METODE NORTH WEST CORNER RULE”**



**SKRIPSI**

*Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik pada Universitas Bosowa Makassar*

**OLEH:**

**FANDY BUDIONO**

**45 12 041 185**

**JURUSAN SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BOSOWA**

**2019**



## LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP

Tugas Akhir :

**" STUDI OPTIMASI BIAYA TRANSPORTASI BETON JADI DENGAN  
METODE NORTH WEST CORNER RULE"**

Disusun dan diajukan oleh :

Nama Mahasiswa : **FANDY BUDIONO**

No. Stambuk : **45 14 041 185**

Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil/Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

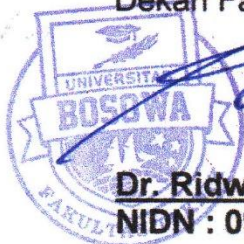
**Telah Disetujui Komisi Pembimbing**

Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si (.....)

Pembimbing II : Hj. Savitri Prasandi M, ST., MT. (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Ridwan, ST., M.Si**  
NIDN : 09 101271 01

Ketua Program Studi Teknik Sipil

**Nurhadijah Yunianti, ST., MT**  
NIDN : 09 1606 8201



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

**LEMBAR PENGESAHAN**

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No: 987/FT/UNIBOS/VIII/2019, tanggal Dua Puluh Dua bulan Agustus Tahun Dua Ribu Sembilan Belas, Perihal Pembentukan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka:

Pada hari/tanggal : Senin 01 November 2021

Tugas Akhir Mahasiswa:

Nama Mahasiswa : **FANDY BUDIONO**

No. Stambuk : **45 12 041 185**

Judul Skripsi : **“STUDI OPTIMASI BIAYA TRANSPORTASI BETON JADI DENGAN METODE NORTH WEST CORNER RULE”**

Dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Sarjana (S1) Fakultas Teknik Universitas Bosowa setelah dipertahankan di depan tim penguji ujian Sarjana Strata satu (S1), untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dengan susunan sebagai berikut:

**TIM PENGUJI TUGAS AKHIR**

Ketua (Ex. Officio) : Prof. Dr. Ir. M. Natsir Abduh, M.Si

(.....)

Sekretaris (Ex. Officio) : Hj. Savitri Prasandi M, ST. MT

(.....)

Anggota : 1. Ir. Tamrin Mallawangeng, MT

(.....)

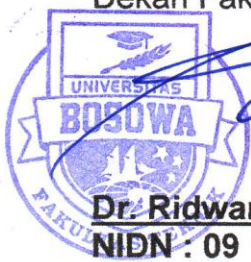
2. Eka Yuniarto, ST., MT

(.....)

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil



**Dr. Ridwan, ST., M.Si**  
NIDN : 09 1012 7101

**Nurhadijah Yuniarti, ST., MT**  
NIDN : 09 1606 8201

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat, kasih karunia yang berlimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “PENGARUH KADAR GROUND GRANULATE BLAST FURNACE SLAG (GGBFS) TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG”. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan – bantuan pihak lain dalam memberi bantuan dan bimbingan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tugas akhir. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Allah SWT tempat meminta dan memohon pertolongan
2. Bapak Arman Setiawan, ST., MT. sebagai pembimbing I, dan Ibu Hijriah, ST., MT. sebagai pembimbing II, Bapak Ir. Tamrin Mallawangeng sebagai tim penguji I dan Ibu Hj. Savitri Prasandi Mulyani, ST., MT. sebagai tim penguji II yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas Akhir ini.



3. Bapak Dekan, Para Wakil Dekan dan Staf Fakultas Teknik Universitas Bosowa.
4. Ibu Nur Hadijah Yunianti, ST,MT. sebagai Ketua Jurusan Sipil beserta staf dan dosen pada Fakultas Teknik jurusan Sipil Universitas Bosowa.
5. Bapak Ir. H. Syahrul Sariman, MT. selaku kepala Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa.
6. Bapak Hasrullah, ST selaku instruktur laboratorium mekanika tanah Universitas Bosowa yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan selama penelitian di laboratorium.
7. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan moral dan materi yang tidak terhitung jumlahnya, sehingga tugas akhir ini dapat rampung seperti saat ini.
8. Teman - teman Angkatan 2012 Teknik Sipil Universitas Bosowa yang telah membagi suka dan duka dengan penulis selama perkuliahan.
9. Teman – teman Dekat (Yulius, Rahmat, Bismar. dll) yang tiap hari memberi motifasi kepada saya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa pada penulisan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, oleh sebab itu penulis mohon maaf dan mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Akhirnya, semoga penulisan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun rekan-rekan mahasiswa lainnya dimasa yang akan

datang dan semoga segala bantuan dari semua pihak bernilai ibadah disisi Tuhan Yang Maha Esa, Amin.

Makassar, Agustus 2019

MUHAMMAD ADWAN YUSUF



**SURAT PERNYATAAN**  
**KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fandy Budiono  
Nomor Stambuk : 45 12 041 185  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : Studi Optimasi Biaya Transportasi Beton Jadi  
dengan Metode North West Corner Rule

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya sendiri dan Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau hasil pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediadakan/mengalih formatkan, mengelolah dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak jurusan sipil fakultas teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.



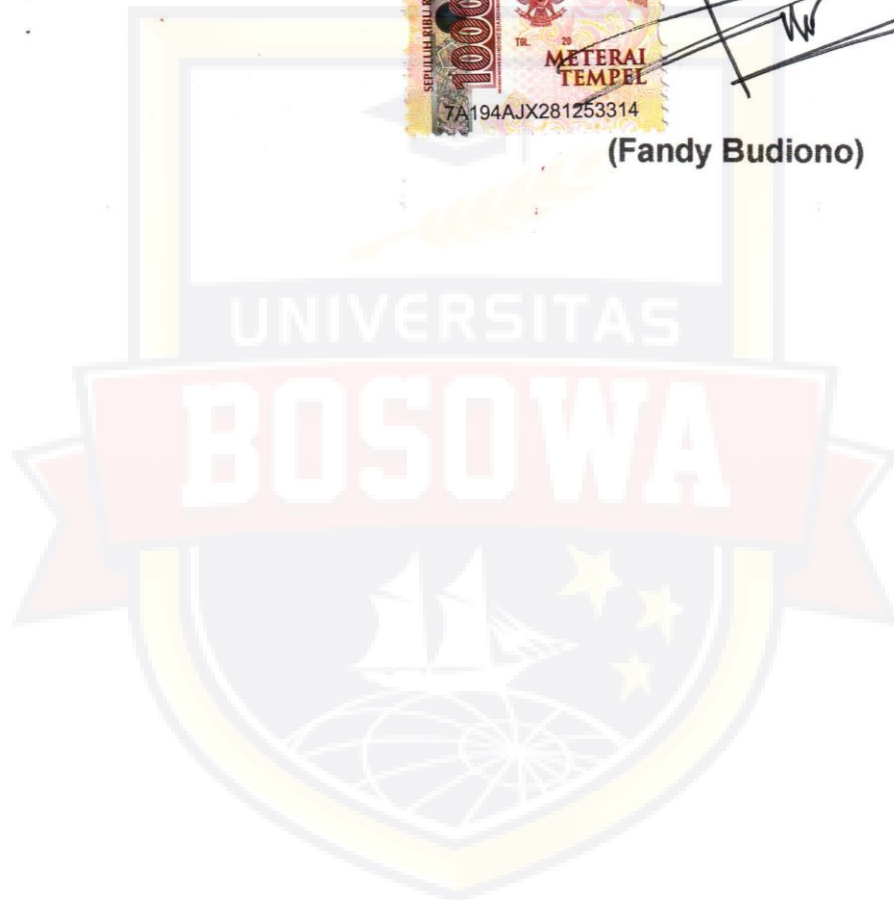
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, Agustus 2019

Yang menyatakan



(Fandy Budiono)



# THE EFFECT OF GRANULATE BLAST FURNACE SLAG (GGBFS) GROUND LEVELS ON THE GROUND SUPPORT SUPPORT

By : Muhammad Adwan Yusuf<sup>1)</sup>, Arman Setiawan <sup>2)</sup>, Hijriah<sup>3)</sup>,

Email: [muhadwanyusuf@gmail.com](mailto:muhadwanyusuf@gmail.com)<sup>1)</sup> [arman\\_c97@yahoo.com](mailto:arman_c97@yahoo.com)<sup>2)</sup> [hijriah\\_civil@ymail.com](mailto:hijriah_civil@ymail.com)<sup>3)</sup>

CIVIL DEPARTMENT OF TECHNICAL FACULTY  
BOSOWA UNIVERSITY

## ABSTRACT

*This research is emphasized to analyze the characteristics of clay soil with stabilization method using a Ground Granulate Blast Furnace Slag (GGBFS) stabilization material in accordance with the variation of each stabilization material against the parameters of the Free Compressive Strength and Shear Strength in addition to determining the physical characteristics of the soil not yet stabilized, this research is also focused to find out the level of stabilization material that provides carrying capacity in the soil. The percentage of stabilization materials used in this study were each Ground Granulate Blast Furnace Slag: 5%, 10%, 15%, and 20%. The soil was mixed with stabilizing material. The results of the highest compressive strength test results in the 10% GGBFS sample of 1,350 kg / cm<sup>2</sup>. %, and 20%, the results of the Free Compressive Strength test obtained  $q_u$  value decreased at a variation of 15% = 1.338kg / cm<sup>2</sup> and the direct shear strength test at the addition of 20% GGBFS caused an increase in the highest cohesion value of 0.5454% of the original soil and the value of the shear angle the maximum is obtained with the addition of 10% GGBFS, namely the value of the sliding angle of 35.146%.*

*Keywords: Clay Soil, Ground Granulate Blast Furnace Slag, Free Compressive Strength Test. Direct Shear Strength*

# **PENGARUH KADAR GROUND GRANULATE BLAST FURNACE SLAG (GGBFS) TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG**

Oleh :Muhammad Adwan Yusuf<sup>1)</sup>, Arman Setiawan <sup>2)</sup>, Hijriah<sup>3)</sup>,

Email : [muhadwanyusuf@gmail.com](mailto:muhadwanyusuf@gmail.com)<sup>1)</sup> [arman\\_c97@yahoo.com](mailto:arman_c97@yahoo.com)<sup>2)</sup> [hijriah\\_civil@ymail.com](mailto:hijriah_civil@ymail.com)<sup>3)</sup>

**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS BOSOWA**

## **ABSTRAK**

Penelitian ini di tekankan untuk menganalisa karakteristik tanah lempung dengan metode stabilisasi menggunakan bahan stabilisasi Ground Granulate Blast Furnace Slag (GGBFS) yang sesuai dengan variasi masing – masing bahan stabilisasi terhadap parameter Nilai Kuat Tekan Bebas dan Kuat Geser Lansung Selain untuk menentukan karakteristik fisik dari tanah yang belum distabilisasi, penelitian ini juga difokuskan untuk mengetahui kadar material stabilisasi yang memberikan daya dukung pada tanah. Persentase bahan stabilisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah masing – masing Ground Granulate Blast Furnace Slag:5%,10%,15%,dan 20%. Tanah tersebut dicampur dengan bahan stabilisasi, Hasil pada Pengujian kuat tekan nilai  $q_u$  tertinggi pada sampel GGBFS 10% sebesar 1.350 kg/cm<sup>2</sup> Pada Pengujian Kuat Tekan Bebas dengan penambahan variasi GGBFS mengalami peningkatan pada variasi 5%, 10%, Namun mengalami penurunan pada variasi 15%, dan 20%, Hasil pengujian Kuat Tekan Bebas diperoleh nilai  $q_u$  penurunan pada variasi 15% = 1,338kg/cm<sup>2</sup> dan Pada pengujian kuat geser langsung pada penambahan GGBFS 20% meyebabkan peningkatan nilai kohesi tertinggi sebesar 0.5454% dari tanah asli dan nilai sudut geser maksimum di dapatkan pada penambahan GGBFS 10% yaitu diperoleh nilai sudut geser sebesar 35.146%.

**Kata Kunci :** Tanah Lempung, Ground Granulate Blast Furnace Slag, Uji Kuat Tekan Bebas. Kuat Geser Langsung

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGAJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR NOTASI .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-3
1.3 Tujuan dan manfaat penulisan .....	I-3
1.3.1 Tujuan Penulisan .....	I-3
1.3.2 Manfaat Penulisan.....	I-4
1.4 Pokok bahasan dan batasan masalah .....	I-5

1.4.1 Pokok Bahasan .....	I-5
1.4.2 Batasa Masalah .....	I-5
1.5 Sistematika Penulisan .....	I-6

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Tinjauan Umum.....	II-1
2.1.1 Tekstur Tanah .....	II-4
2.1.2 Struktur Tanah .....	II-6
2.2 Sistem Klasifikasi Tanah.....	II-7
2.3 Tanah Lempung.....	II-13
2.3.1 Karakteristik Tanah Lempung.....	II-14
2.4 Stabilisasi Tanah.....	II-18
2.4.1 Stabilisasi Tanah dengan bahan tambah Ground Granulate Blast Furnace Slag (GGBFS) .....	II-19
2.4.1.1 Ground Granulate Blast Furnace Slag (GGBFS).....	II-20
2.4.1.2 Spesifikasi dan analisa hasil kima fisika Ground Granulate Blast Furnace Slag (GGBFS).....	II-22
2.4.1.3 Penggunaan Dan Aplikasi .....	II-23
2.5 Penelitian Sifat Fisik Tanah .....	II-24
2.5.1 Kadar Air .....	II-25
2.5.2 Berat Jenis .....	II-25





## **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Karakteristik Tanah Asli.....	IV-1
4.2 Pembahasan Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah Tanpa Bahan Stabilisasi.....	IV-1
4.2.1 Berat Jenis (Gs).....	IV-1
4.2.2 Pengujian Batas – Batas Konsistensi.....	IV-2
4.3 Klasifikasi Tanah Asli .....	IV-3
4.3.1 AASHTO ( American Association Of State Highway and Transportation Officials ).....	IV-3
4.3.2 USCS ( Unified Soil Classification System ).....	IV-4
4.4 Kuat Tekan Bebas dengan Variasi.....	IV-4
4.5 Kuat Tekan Geser Langsung.....	IV-7

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Dalam industri konstruksi, tidak menutup kemungkinan suatu perusahaan kontraktor pada saat yang bersamaan memiliki beberapa sebuah proyek. Pada pelaksanaan proyek-proyek tersebut, khusus dalam hal pengadaan/pembelian material, perusahaan kontraktor tersebut mungkin mendapatkan penawaran dari beberapa suplier/pemasok untuk memenuhi kebutuhan material proyek-proyek tersebut dalam jumlah tertentu.

Jika hal semacam ini terjadi, maka kita dihadapkan pada kondisi dimana harus mengambil keputusan yang tepat dari beberapa alternatif yang ada, sehingga dapat diperoleh harga material yang paling murah. Salah satu metode yang dapat membantu kita dalam mengambil keputusan untuk kasus-kasus seperti ini adalah model transportasi.

Riset Operasi merupakan peralatan manajemen yang memaduserasikan ilmu pengetahuan, matematika, dan logika dalam pemecahan masalah secara optimal. Salah satu peran matematika terapan yang telah banyak memberikan andil dalam pembangunan adalah Ilmu Riset Operasi. Dua faktor penting dalam pertumbuhan riset operasi yang maju pada saat ini adalah berkat kemajuan teknik-teknik pemecahan masalah yang berbasis pada kekhasan proses penemuan solusi dan

perkembangan *Information and Communication Technology* (ICT) yang membuat waktu hitung lebih efisien dan kualitas akurasi lebih memuaskan.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada 3 (Tiga) data proyek yang berbeda, untuk mendapatkan biaya transportasi material yang minimum maka diperlukan analisis matematik dengan menggunakan metode North West Corner Rule.

Metode North West Corner (NWC) adalah salah satu metode transportasi yang paling mudah dilakukan, tetapi hasilnya belum tentu optimal. Dalam metode NWC ini, sumber dan lokasi tujuan diurutkan dari sisi kiri ke kanan dan dari atas ke bawah dalam peta data matriks. Cara penghitungan biaya transportasi dengan menggunakan metode NWC sesuai dengan namanya dimulai dari sisi kiri atas, kemudian bergerak ke kiri atau ke bawah sesuai dengan kapasitas produksi sumber (supply) dan atau permintaan tujuan (demand).

Besarnya tabel-tabel simpleks ini dan juga pengulangan simpleks yang banyak maka kita akan mengalami kesulitan dalam proses perhitungan, kecuali jika kita menggunakan program komputer. Karena itu sangat penting untuk mengetahui model transportasi ini, sehingga jika pada suatu saat persoalan semacam ini muncul, kita akan segera mengetahui dan menyelesaikannya dengan prosedur perhitungan yang cepat dan tepat.

perkembangan dibidang Informasi dan Teknologi (IT) yang saat ini sedemikian pesat, komputer sebagai sebagai fasilitas alat bantu proses perencanaan dan pengevaluasian suatu proyek, akan sangat membantu didalam penyelesaian suatu proyek. Terutama dalam hal – hal yang sifatnya rutin. Salah satu contohnya untuk program manajemen proyek adalah POM-QM (Program Operation Management – Quantity Method) for Windows 3 yang dirancang guna membantu pengambilan keputusan seperti misalnya menentukan order pembelian material agar biaya transportasi menjadi seminimal mungkin.

Bertolak dari masalah ini, maka penulis tertarik untuk membahasnya sebagai tugas akhir dengan judul : **“STUDI OPTIMALISASI BIAYA TRANSPORTASI BETON JADI DENGAN METODE NORTH WEST CORNER RULE (NWCR)”**.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penulisan Tugas Akhir yaitu : Menghitung biaya transportasi beton jadi dengan metode North West Corner Rule pada program komputer POM-QM (Program Operation Management – Quantity Method) ?

1. Berapakah besar biaya transportasi beton jadi yang terjadi dengan metode North West Corner Rule?
2. Berapakah selisih besar biaya transportasi dengan Metode North West Corner Rule dengan perhitungan perusahaan pengelola (BUMN)

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui serta meminimumkan biaya transportasi material pada proyek konstruksi menggunakan metode North West Corner Rule.
2. Mengetahui selisih besar biaya transportasi dengan Metode North West Corner Rule dengan perhitungan perusahaan pengelola (BUMN)

### **1.4 Batasan Masalah**

Karena luasnya permasalahan yang dicakup, maka penulis membatasi dan menitik beratkan pada :

1. Pembahasan permodelan matematik dari kasus yang ada untuk menentukan jumlah/volume material yang dibeli dari supplier/sumber tertentu untuk meminimumkan biaya pembelian/pengadaan material.
2. Dalam tugas akhir ini proses pengadaan material dari sumber ke tujuan dianggap dalam kondisi ideal, dimana jumlah penawaran dan permintaan besarnya sama dan resiko-resiko tidak diperhitungkan sehingga variabel waktu dianggap konstan.
3. Pemecahan model transportasi dengan metode sudut barat laut, untuk menentukan solusi awal. Dan metode batu loncatan serta metode distribusi yang dimodifikasi untuk menentukan solusi optimal dengan cara manual.

4. Pemecahan model transportasi diaplikasikan pula pada program komputer POM-QM (Program Operation Management – Quantity Method).

### **1.5 Maksud dan Tujuan Penulisan**

Maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk menerapkan permodelan matematik dengan menggunakan metode North West Corner Rule dan menerapkan program POM-QM(Program Operation Management – Quantity Method) pada proyek konstruksi dalam meminimumkan biaya pengadaan/pembelian material.

Adapun yang menjadi tujuan serta hasil yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah

### **1.6 Metode Penulisan**

Metode penulisan yang digunakan pada tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian kepustakaan, yaitu dengan menggunakan teori-teori yang berhubungan dengan penulisan.
2. Menggunakan teori pendekatan pada proyek guna mendapatkan data-data yang diperlukan yaitu:

#### **I. Data Primer**

Data primer adalah data yang dikumpulkan dan diolah sendiri, dimana diperoleh dari hasil pengamatan langsung dan wawancara dengan pihak yang terkait di dalam perusahaan. Misalnya: data pengamatan di lapangandan data hasil wawancara (misalnya data geografis, dan ss lain – lain).



## II. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapat berdasarkan *file-file*. Data yang didapat merupakan data yang sudah ada baik itu data histori satau data lampau maupun data selama proyek berlangsung. Data–data bersumber dari Dinas Binamarga, Konsultan perencana, owner, dan sebagainya.

Misalnya: harga satuan upah, harga material, harga koefisien pengali (untuk analisa tenaga kerja dan material), dan sebagainya.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan cara pembahasan dalam penulisan tugas akhir ini, maka penulisan dibagi dalam 5 (lima) bab, dimana setiap bab tersebut akan menguraikan pokok bahasan yang ada dalam tulisan ini. Garis besar materi penulisan yang merupakan komposisi tiap bab secara sistematis diuraikan sebagai berikut :

➤ **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini merupakan pendahuluan yang menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

➤ **BAB II : KAJIAN PUSTAKA**

Pada bab ini ini berfungsi sebagai dukungan informasi dasar bagi orientasi penelitian ke arah pemecahan masalah.

➤ **BAB III : METODE PENELITIAN**

Berisi alur penelitian yang akan dilakukan yang terdiri dari beberapa komponen yang diuraikan secara rinci, meliputi: pemilihan metode, penetapan lokasi dan objek penelitian, penentuan penyelesaian model transportasi, pengolahan data, serta analisis data.

➤ **BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang menghitung biaya dengan menggunakan Metode North West Corner Rule.

➤ **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan penutup yang memberikan kesimpulan dan saran-saran yang diharapkan sesuai dengan tujuan dan manfaat penulisan.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1. Perencanaan Biaya**

Biaya yang diperlukan untuk suatu proyek dapat mencapai jumlah yang sangat besar dan tertanam dalam kurun waktu yang cukup lama. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi biaya proyek dengan tahapan perencanaan biaya proyek sebagai berikut :

1. Tahapan pengembangan konseptual, biaya dihitung secara global berdasarkan informasi desain yang minim. Dipakai perhitungan berdasarkan unit biaya bangunan berdasarkan harga per kapasitas tertentu.
2. Tahapan desain konstruksi, biaya proyek dihitung secara lebih detail berdasarkan volume pekerjaan dan informasi harga satuan.
3. Tahapan pelelangan, biaya proyek dihitung oleh beberapa kontraktor agar didapat penawaran terbaik, berdasarkan spesifikasi teknis dan gambar kerja yang cukup dalam usaha mendapatkan kontrak pekerjaan.
4. Tahapan pelaksanaan, biaya proyek pada tahapan ini dihitung lebih detail berdasarkan kuantitas pekerjaan, gambar shop drawing dan metode pelaksanaan dengan ketelitian yang lebih tinggi.

## 2.2. Optimasi

### 2.2.1. Pengertian Optimasi

Optimasi (*Optimization*) adalah aktivitas untuk mendapatkan hasil terbaik di bawah keadaan yang diberikan. Tujuan akhir dari semua aktivitas tersebut adalah meminimumkan usaha (*effort*) atau memaksimalkan manfaat yang diinginkan dapat dinyatakan sebagai fungsi dari variabel keputusan, maka optimasi dapat didefinisikan sebagai proses untuk menemukan kondisi yang memberikan nilai minimum atau maksimum dari sebuah fungsi. Optimasi dapat diartikan sebagai aktivitas untuk mendapatkan nilai minimum suatu fungsi karena untuk mendapatkan nilai maksimum suatu fungsi dapat dilakukan dengan mencari minimum dari negatif fungsi yang sama.

Tidak ada metode tunggal yang dapat dipakai untuk menyelesaikan semua masalah optimasi. Banyak metode optimasi telah dikembangkan untuk menyelesaikan tipe optimasi yang berbeda-beda seperti metode Lagrange.

Dalam optimasi diselidiki masalah penentuan suatu titik minimum suatu fungsi pada subset ruang bilangan riil tak kosong. Untuk lebih spesifik dirumuskan sebagai berikut: Misalkan  $\mathbf{R}$  ruang bilangan riil dan  $S$  subset tak kosong dari  $\mathbf{R}$ , dan misalkan  $f : S \rightarrow \mathbf{R}$  sebuah fungsi yang diberikan. Kita akan mencari titik minimum  $f$  pada  $S$ . sebuah elemen  $\hat{x} \in S$  dikatakan titik minimum  $f$  pada  $S$  jika  $f(\hat{x}) \leq f(x)$  untuk semua  $x \in S$

Himpunan  $S$  dinamakan himpunan pembatas (*constraint set*) dan fungsi  $f$  dinamakan fungsi objektif.

Metode pencari titik optimum juga dikenal sebagai teknik pemrograman matematikal dan menjadi bagian dari penelitian operasional (*operations research*). Penelitian operasional adalah suatu cabang matematika yang menekankan kepada aplikasi teknik dan metode saintifik untuk masalah-masalah pengambilan keputusan dan pencarian solusi terbaik atau optimal. Teknik pemrograman matematikal sangat berguna dalam pencarian minimum suatu fungsi beberapa variabel di bawah kendala yang ada. Teknik proses stokastik dapat digunakan untuk menganalisis masalah yang didiskripsikan dengan sekumpulan variabel acak dimana distribusi probabilitasnya diketahui. Metode statistical dapat digunakan untuk menganalisis data eksperimen dan untuk membangun model secara empiric untuk memperoleh representasi yang lebih akurat mengenai situasi fiskal.

Secara umum optimasi berarti pencarian nilai terbaik (minimum atau maksimum) dari beberapa fungsi yang diberikan pada suatu konteks. Optimasi juga dapat berarti upaya untuk meningkatkan kinerja sehingga mempunyai kualitas yang baik dan hasil yang tinggi. Secara matematis optimasi mendapatkan harga ekstrim baik maksimum atau minimum dari suatu fungsi tertentu dengan factor-faktor pembatasnya. Jika persoalan yang akan diselesaikan dicari nilai maksimumnya, maka keputusannya berupa maksimal.

### 2.2.2. Perumusan Masalah Optimasi

Optimasi atau masalah pemrograman matematika dapat dinyatakan sebagai berikut.

**Tabel 2.1 Metode Penelitian Operasional**

Teknik Pemrograman Matematis	Teknik Proses Stokastik	Metode Statistikal
Metode Kalkulus	Teori Keputusan	Analisis Regresi
Pemrograman Geometrik	Proses Markov	Analisis Kluster, <i>Pattern</i>
Pemrograman Nonlinier	Teori Antrian	<i>Recognition</i>
Pemrograman Kuadratis	<i>Renewal Theory</i>	Rancangan Eksperimen
Pemrograman Linier	Simulasi	Analisis Diskriminan
Pemrograman Dinamik		
Pemrograman Integer	<i>Reliability Theory</i>	
Pemrograman Stokastik		
Pemrograman <i>Seperable</i>		
Pemrograman Multiobyektif		
Metode Jaringan : CPM & PERT		
Teori Permainan		
<i>Simulated Annealing</i>		
<i>Genetic Algorithm</i>		
<i>Neural Networks</i>		



## Optimasi Tanpa Kendala

Masalah optimasi yang tidak melibatkan sebarang kendala dinamakan optimasi tanpa kendala dan dinyatakan sebagai:

$$\text{Minimumkan } f = f(X)$$

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$$

## Optimasi Dengan Kendala

Masalah optimasi yang melibatkan sebarang kendala dinamakan optimasi terkendali dan dinyatakan sebagai:

$$\text{Minimumkan } f = f(X)$$

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$$

dengan kendala:

$$g_i(X) \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$l_j(X) = 0 \quad j = 1, 2, \dots, p$$

dimana  $X$  adalah sebuah vektor berdimensi  $-n$  yang dinamakan vektor disain atau variabel keputusan,  $f(X)$  disebut fungsi obyektif,  $g_i(X)$  dan  $l_j(X)$  dikenal sebagai kendala ketaksamaan dan kendala kesamaan.

### 2.2.3. Klasifikasi Masalah Optimasi

Masalah optimasi dapat diklasifikasikan dalam 6 (enam) cara, seperti diuraikan berikut.

1. Klasifikasi Berdasarkan Kepada Keberadaan Kendala

Seperti dinyatakan sebelumnya, sebarang masalah optimasi dapat diklasifikasikan sebagai masalah optimasi tanpa kendala dan masalah optimasi terkendala, tergantung kepada ada tidaknya kendala dalam masalah optimasi.

2. Klasifikasi Berdasarkan Kepada Bentuk Persamaan Fungsi yang Terlibat

Masalah optimasi dapat juga diklasifikasikan berdasarkan kepada bentuk fungsi obyektif dan fungsi kendala. Menurut klasifikasi ini, masalah optimasi dapat diklasifikasikan sebagai masalah pemrograman linier, nonlinier, geometric, dan kuadratik.

- Masalah Pemrograman Linier

Jika fungsi obyektif dan semua kendala adalah fungsi linier dari variabel keputusan, maka masalah pemrograman matematika tersebut dinamakan pemrograman linier (LP). Masalah pemrograman linier dapat dinyatakan dalam bentuk standar berikut:

Minimumkan  $f(X) = \sum_{i=1}^n c_i x_i$

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}$$

dengan kendala

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq b_j, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$x_i \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

dimana  $c_i, a_{ij}$  dan  $b_j$  adalah konstanta (yang selanjutnya dinamakan sebagai parameter).

- Masalah Pemrograman Nonlinier

Jika terdapat fungsi nonlinier di antara fungsi obyektif dan fungsi-fungsi kendala, maka masalah tersebut dinamakan masalah pemrograman nonlinier (*nonlinier programming*).

- Masalah Pemrograman Kuadratik

Suatu masalah pemrograman kuadratik adalah suatu masalah pemrograman nonlinier dimana fungsi obyektif berbentuk kuadratik dan fungsi kendala berbentuk linier. Masalah pemrograman kuadratik dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F(X) = c + \sum_{i=1}^n q_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ij} x_i x_j$$

Dengan kendala

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

dimana  $c_i, a_{ij}$  dan  $b_j$  adalah konstanta.

### 2.3. Pengertian Riset Operasi

Riset Operasi diartikan sebagai peralatan manajemen yang menyatuhkan ilmu pengetahuan, matematika, dan logika dalam rangka memecahkan masalah-masalah yang dihadapi sehari-hari, sehingga

akhirnya permasalahan tersebut dapat dipecahkan secara optimal.  
(Subagyo, 1993 : 4)

Riset operasi juga diartikan sebagai aplikasi metode ilmiah pada permasalahan yang kompleks yang muncul dalam manajemen system yang besar yang mungkin melibatkan manusia, mesin, material, dan uang.

## **2.4. Kajian Transportasi**

### **2.4.1. Sejarah Singkat Perkembangan Model Transportasi**

Model transportasi merupakan persoalan program linier yang digunakan untuk mengatur distribusi dari sumber-sumber yang menyediakan material yang sejenis ke tempat-tempat yang membutuhkan secara optimal dengan biaya termurah. Aplikasi dari teknik program linier pertama kali merumuskan dan memecahkan model transportasi. Model transportasi yang dasar pada awalnya dikembangkan oleh F.L. Hitchcock pada tahun 1941 dalam studinya berjudul : *The distribution of a product from several sources to numerous location*. Ini merupakan ciri dari model transportasi yang mengangkut sejenis produk (material) tertentu dari beberapa daerah asal ke beberapa daerah tujuan. Pengaturan harus dilakukan sedemikian rupa agar jumlah biaya transportasi minimum.

Pada tahun 1947 T. C. Koopmans Secara terpisah menerbitkan suatu hasil studi mengenai : *Optimatilization of the transportation system*. Selanjutnya perumusan model transportasi ini, dan cara pemecahannya yang sistematis dikembangkan oleh Prof. George Danzig yang sering di

sebut sebagai bapak linier ini kini dikenal sebagai metode simpleks.<sup>(13 hal 139)</sup>

Pada tahun 1945, Abraham Charnes dan Willian Coupers mengembangkan suatu sajian intuitif dari prosedur simpleks yang disebut stepping-stone, yang pada dasarnya menghindari penggunaan table dan operasi putar untuk mendapatkan hasil kebalikan dari basis.

#### **2.4.2. Masalah Transportasi**

Masalah transportasi adalah suatu hal yang sering dihadapi dalam pendistribusian barang. Masalah transportasi pertama kali diformulasikan sebagai suatu prosedur khusus untuk mendapatkan program biaya minimum dalam mendistribusikan unit yang homogeny darisuatu produk atas sejumlah titik penawaran (sumber) ke sejumlah titik permintaan (tujuan). Semua ditetapkan pada sumber dan tujuan yang berbeda secara geografis (Aminuddin, 2005).

Transportasi merupakan satu fasilitas bagi suatu daerah untuk maju dan berkembang serta transportasi dapat meningkatkan akseibilitas satu daerah ke daerah lainnya. Kelangsungan proses produksi yang efisien, invertasi dan perkembangan teknologi serta terciptanya pasar dan nilai selalu didukung oleh system transportasi yang baik. Masalah transportasi berkaitan dengan strategi untuk mengoptimalkan distribusi dari pusat persediaan seperti pabrik ke pusat pabrik penerima sedemikian

rupa untuk meminimalkan biaya dan waktu. (*Arc Journal: Raigar Sarla, 2017*)

Agustini et al. (2004) mengemukakan prosedur penyelesaian transportasi dilakukan melalui tiga langkah yaitu menyusun matriks transportasi, menentukan solusi fisibel awal dan melakukan tes optimalisasi. Algoritma penyelesaian masalah transportasi adalah sebagai berikut:

1. Menyusun matriks transportasi. Pada langkah ini dipastikan bahwa besar kapasitas harus seimbang dengan besar permintaan. Apabila terdapat ketidakseimbangan maka dibuat sel *dummy* pada penyusunan tabel awal. *Dummy* berisi nilai ketidakseimbangan antara penawaran dan permintaan. Sel *dummy* dalam penyusunan tabel awal dapat berupa baris atau kolom. Apabila kapasitas permintaan lebih besar daripada penawaran maka persediaan maka diperlukan *dummy* pada persediaan dan begitu juga sebaliknya.
2. Menentukan solusi awal fisibel. Menentukan solusi awal dengan menggunakan salah satu solusi awal dengan metode transportasi baik *Northwest Corner, Least Cost Method, Vogel Aproximation Method*.
3. Tahap pengujian optimalisasi, jika telah dilakukan pengaplikasian dengan menggunakan salah satu metode, langkah berikutnya adalah uji optimalisasi dengan metode *Stepping Stone* dan *Modified Distribution Method*,. Jika hasil pengujian optimalisasi menunjukkan bahwa alokasi telah optimal maka alokasi tersebut dapat dikatakan



telah mencapai nilai yang paling menguntungkan atau merupakan solusi yang terbaik.

Masalah transportasi pada dasarnya merupakan sebuah program linear yang diselesaikan dengan metode simpleks biasa. Tetapi, strukturnya yang khusus memungkinkan pengembangan sebuah prosedur pemcahan yang disebut teknik transportasi yang lebih efisien dalam perhitungan. (siti Ramadhani, 2016).

#### **2.4.3. Pengertian dan Model Transportasi**

Model transportasi adalah suatu model yang digunakan untuk membuat metode penyelesaian dalam distribusi suatu produk dari suatu sumber ke tujuan distribusi. Tujuan model transportasi adalah menentukan jumlah yang harus dikirim dari setiap sumber ke setiap jurusan sedemikian rupa dengan total biaya transportasi minimum (Tamrin, 2000)

Model transportasi berkaitan dengan situasi dimana suatu komoditas yang ingin dikirim dari sejumlah source (sumber) menuju ke sejumlah destination (tujuan). Tujuan dari masalah tersebut adalah menentukan jumlah komoditas yang harus dikirim dari tiap-tiap sumber ke tiap-tiap tujuan sedemikian hingga biaya total emgiriman dapat diminimumkan, dan pada sat yang sama pembatasan yang berupa keterbatasan pasokan dan kebutuhan permintaan tidak dilanggar. Pengertian model transportasi menurut Hamdy A. Taha dalam buku yang

berjudul “Riset Operasi : Suatu pengantar” adalah bagian khusus dari linear programming yang membahas pengangkutan material dari sumber ke tempat tujuan dengan tujuan untuk menemukan pola pengangkutan yang dapat meminimalkan biaya pengangkutan total dalam pemenuhan batas penawaran dan permintaan.

Menurut Drs. Pangestu Subgyo, M.B.A, Drs. Marwan Asri, M.B.A, dan Dr. T. Hani Handoko, M.B.A dalam bukunya yang berjudul “Dasar-dasar Riset Operasi Edisi Kedua” (2000 : 89) mengatakan bahwa : Model Transportasi merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengatur distribusi dari sumber-sumber yang menghasilkan produk yang sama ke tempat-tempat yang membutuhkan secara optimal.”

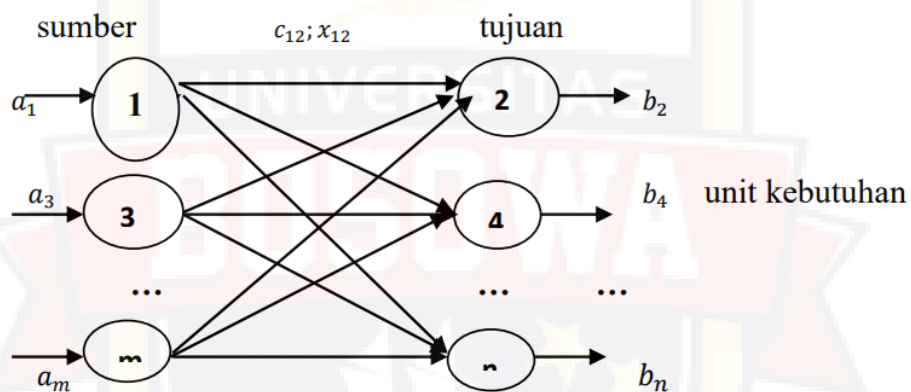
Dari pendapat-pendapat diatas dapat diambil kesimpulan, bahwa pada dasarnya Model Transportasi merupakan metode yang dipakai untuk merencanakan dan mengedalikan pengalokasian material dari sumber berbagai tujuan agar pendistribusian dapat terlaksana sesuai rencana, seoptimal mungkin, dan dengan biaya minimum.

Alokasi produk harus diatur sedemikian rupa karena terdapat perbedaan-perbedaan biaya dari satu sumber atau beberapa sumber ke tempat tujuan yang berbeda, oleh karena itu, model transportasi tepat untuk menentukan biaya distribusi yang optimal dalam maslaah transportasi. Asumsi dasar model transportasi adalah besarnya ongkos

transportasi pada rute tertentu dengan banyaknya jumlah barang yang didistribusikan.

Jaringan model transportasi dapat dilihat pada Gambar 2.1. Dari tempat asal ke tujuan dihubungkan dengan rute yang membawa komoditi

dimana persediaan di sumber  $i$  dan  $a_i$  dan permintaan di tempat tujuan  $j$  adalah  $b_j$ , banyaknya komoditi yang didistribusikan adalah  $X_{ij}$  dan biaya transportasi dari  $i$  ke tujuan  $j$  adalah  $C_{ij}$ .



**Gambar 2.1 Deskripsi jaringan transportasi**

Berdasarkan deskripsi jaringan transportasi dan pengertian transportasi di atas, maka model transportasi dapat dituliskan ke dalam matriks transportasi.

#### 2.4.4. Pemecahan Masalah Transportasi

Dalam menyelesaikan masalah yang ada maka terdapat beberapa langkah yang dapat diambil yang bersesuaian dengan teknik transportasi. Langkah-langkah dasar ini dapat ditulis sebagai berikut:

1. Definisikan problema yang dihadapi ke dalam model matematika program linier.
2. Buat tabel awal transportasi.
3. Tentukan pemecahan awal yang layak.
4. Cari penyelesaian optimal.
5. Evaluasi penyelesaian optimal.

**Tabel 2.2 Gambaran Umum Masalah Transportasi**

Sumber	Tujuan				Persediaan
	$b_1$	$b_2$	....	$b_n$	
$a_1$	$z_{11}$ $c_{11}$	$z_{12}$ $c_{12}$	... ..	$z_{1n}$ $c_{1n}$	$Q_1$
$a_2$	$z_{21}$ $c_{21}$	$z_{22}$ $c_{22}$	... ..	$z_{2n}$ $c_{2n}$	$Q_2$
.	...	...	...	...	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
$a_m$	$z_{m1}$ $c_{m1}$	$z_{m2}$ $c_{m2}$	... ..	$z_{mn}$ $c_{mn}$	$Q_m$
Permintaan	$d_1$	$d_2$	....	$d_n$	

Keterangan:

$a_i$  = Sumber ke -  $i$ ,  $i = 1,2,3, \dots, m$ .

$b_j$  = Tujuan ke -  $j$ ,  $j = 1,2,3, \dots, n$ .

$Q_i$  = Persediaan ke- $i$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, m$ .

$d_j$  = Permintaan ke- $j$ ,  $j = 1, 2, 3, \dots, n$ .

$C_{ij}$  = Biaya transportasi dari sumber  $i$  ke tujuan  $j$ .

$Z_{ij}$  = Jumlah barang yang diangkut dari sumber  $i$  ke tujuan  $j$ .

Berdasarkan Tabel 2.2 dapat diformulasikan model matematika sebagai berikut:

Minimumkan :

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} z_{ij}$$

Dengan batasan:

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} = Q_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$\sum_{i=1}^m z_{ij} = d_j, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m Q_i = \sum_{j=1}^n d_j$$

$$z_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Masalah transportasi tidak selamanya seimbang oleh karena itu masalah transportasi dibedakan lagi menjadi dua yaitu masalah transportasi seimbang (*balance*) dan tidak seimbang (*unbalance*). Masalah transportasi dikatakan tidak seimbang apabila jumlah permintaan lebih besar daripada jumlah persediaan atau jumlah persediaan lebih besar daripada jumlah permintaan. Namun metode transportasi adalah suatu program linier yang membutuhkan keseimbangan persamaan. Oleh karena itu persoalan transportasi dapat dibuat seimbang dengan cara memasukkan variable artifisial (semu) yang dinamakan dengan *dummy*. Jika jumlah permintaan melebihi persediaan maka akan dibuat variable *dummy* untuk men-*supply* kekurangan tersebut sebanyak:

$$\sum_j^n d_j - \sum_i^m Q_i$$

Sebaliknya, jika persediaan melebihi permintaan maka akan dibuat suatu tujuan *dummy* untuk menyeimbangkan permintaan dan persediaan sebanyak:

$$\sum_i^m Q_i - \sum_j^n d_j$$

Biaya transportasi per unit  $C_{ij}$  dari sumber *dummy* ke seluruh tujuan adalah nol. Hal ini dapat dipahami karena pada kenyataannya sumber *dummy* tidak mengalami distribusi atau tidak terjadi pengiriman. Begitu

juga dengan biaya transportasi dari sumber/gudang ke seluruh tujuan *dummy* adalah nol.

#### **2.4.5. Metode penyelesaian Transportasi**

Langkah pertama dalam menyelesaikan persoalan transportasi adalah menentukan metode penyelesaian. Metode penyelesaian transportasi ada beberapa yaitu Metode *North West Corner* atau lebih dikenal dengan Metode Barat Laut, Metode *Least Cost* atau Biaya Terkecil, Metode *Vogels Approximation Method (VAM)*. Metode di atas akan dioptimalkan dengan metode *Modified Distribution (MODI)*, Metode *Stepping Stone* dan Metode Potensial

##### **2.4.5.1. Metode North West Corner (NWC)**

Metode *North West Corner (NWC)* adalah salah satu metode transportasi yang paling mudah dilakukan, tetapi hasilnya belum tentu optimal. Dalam metode NWC ini, sumber dan lokasi tujuan diurutkan dari sisi kiri ke kanan dan dari atas ke bawah dalam peta data matriks. Cara perhitungan biaya transportasi dengan menggunakan metode NWC sesuai dengan namanya dimulai dari sisi kiri atas, kemudian bergerak ke kiri atau ke bawah sesuai dengan kapasitas produksi sumber (supply) dan atau permintaan tujuan (demand).

Metode *North West Corner* diperkenalkan oleh Charnes dan Cooper kemudian dikembangkan oleh Danzig. Solusi awal adalah menentukan atau mengisi sel kosong yang masih dapat diisi dan terletak pada pojok kiri atas. Jumlah yang dialokasikan ke sel kosong tidak boleh

melewati jumlah *supply* pada sumber ke-*i* dan jumlah permintaan ke-*j*. algoritmanya adalah sebagai berikut:

1. Mulai dari tabel pojok kiri atas atau barat laut (Tabel 2.1) yaitu sel (1,1). Bandingkan persediaan di  $\alpha_1$  dengan kebutuhan di  $b_1$ , yaitu masing-masing  $Q_1$  dan  $d_1$ . Buat  $z_{11} = \min(Q_1, d_1)$ . Bila  $Q_1 > d_1$  maka  $z_{11} = b_1$ . Lanjutkan ke sel (1,2) yaitu gerakan mendatar dimana  $z_{12} = \min(Q_1 - d_1, d_2)$ . Bila  $Q_1 < b_1$ ,  $z_{11}$  maka =  $Q_1$ . Lanjutkan ke sel (2,1) yaitu gerakan vertical dimana  $z_{21} = \min(d_1 - Q_1, Q_2)$ . Bila  $Q_1 = d_1$ ,  $z_{11}$  maka =  $d_1$ .
2. Ulangi langkah pada poin (1) menjauhi pojok barat laut hingga tercapai harga pada pojok tenggara tabel.

Algoritma yang ditemukan dengan menggunakan metode pojok barat laut masih jauh dari optimal karena biaya transportasi tidak diikutsertakan dalam perhitungan. Meskipun demikian metode pojok barat laut masih lebih baik dibandingkan metode simpleks karena metode pojok barat laut dapat mempersingkat perulangan atau langkah untuk menentukan penyelesaian optimal terutama untuk persoalan yang terdiri dari jumlah asal ( $\alpha_i$ ) dan tujuan ( $b_j$ ).

#### **2.4.5.2. Metode *Least Cost* atau Biaya Terkecil**

Apabila metode NCW tidak memperhatikan biaya transportasi maka berbeda hal dengan metode *Least Cost*. Ada 3 cara dalam menyelesaikan persoalan transportasi dengan metode *Least Cost* yaitu:

1. Biaya baris terkecil.
2. Kolom terkecil.



3. Biaya matriks terkecil.

Alogaritma *Least Cost* adalah sebagai berikutnya:

1. Pilih variable  $Z_{ij}$  pada sel atau kotak dengan biaya transportasi  $C_{ij}$  terkecil dengan dialokasikan jumlah permintaan sebanyak mungkin. Untuk  $C_{ij}$  terkecil,  $Z_{ij} = \min (Q_1, d_1)$ .
2. Dari kotak yang tersisa layak (tidak berisi atau tidak dihilangkan) pilih nilai  $C_{ij}$  terkecil dan alokasikan sebanyak mungkin.
3. Ulangi langkah (1) dan (2) hingga semua penawaran dan permintaan terpenuhi.

Kelebihan dari metode *Least Cost* adalah dalam memenuhi biaya terkecil lebih efisien dibandingkan dengan metode NCW dan lebih mudah dipahami oleh kaum awaam. Namun metode *Least Cost* juga mempunyai kekurangan yaitu adanya kemungkinan diperoleh biaya yang mahal karena tidak memperhatikan jumlah penawaran dan jumlah permintaan.

#### **2.4.5.3. Metode Vogel's Approximation Method (VAM)**

Metode harga ongkos terkecil dapat menimbulkan kemungkinan terhapusnya sel yang lebih baik karena harus meninggalkan baris atau kolom sesuai dengan batasan. Metode VAM mencegah timbulnya kemungkinan yang demikian dengan cara memilih harga dua ongkos terkecil. Karena terdapat  $m$  baris maka akan ada  $m$  bilangan untuk diisi pada kolom. Cara yang sama dilakukan untuk kolom sebanyak  $n$  dengan bilangan sebanyak.

Metode ini memiliki teknik pengerjaan yang berbeda, yang mana 2 teknik sebelumnya menggunakan teknik yang dilakukan secara berulang-ulang untuk mendapatkan solusi optimal. Pada metode VAM ini sekali kita menentukan alokasi pada satu cell maka alokasi tersebut tidak berubah lagi.

Algoritma dari metode VAM adalah sebagai berikut:

1. Tentukan biaya penalty untuk tiap baris dan kolom dengan cara mengurangi biaya sel terendah pada baris atau kolom terhadap biaya terendah berikutnya pada baris atau kolom.
2. Pilih baris atau kolom dengan biaya penalti tertinggi.
3. Alokasikan sebanyak mungkin ke sel fisibel dengan biaya transportasi terendah pada baris atau kolom dengan biaya penalty tertinggi.
4. Apabila jumlah penawaran dan permintaan belum terpenuhi semua, langkah 1 sampai 3 hingga semua kebutuhan terpenuhi.

Metode VAM mempunyai kelebihan yaitu lebih mudah dan lebih cepat untuk mengatur alokasi dari beberapa sumber ke beberapa tujuan dan hasil analisa metode VAM lebih optimal dibandingkan dengan metode yang lain. Namun ada kendala atau kekurangan yaitu proses iterasi yang rumit karena semua produk yang dialokasikan harus diuji apakah sudah memiliki nilai yang sama. Hal ini dilakukan untuk menjamin bahwa total biaya sudah benar-benar minimum.

#### **2.4.5.4. Metode *Stepping Stone* atau Metode Batu Loncatan**

Metode ini menggunakan cara trial and Error untuk merubah alokasi produk supaya mendapatkan alokasi produk yang optimal. Terdapat beberapa persyaratan yang harus diperhatikan, yaitu dengan melihat pengurangan biaya per-unit yang lebih besar dari pada penambahan biaya per-unitnya. Setelah menggunakan solusi awal lalu dilanjutkan dengan perhitungan solusi akhir yang optimal dengan menggunakan stepping stone method, Langkah-langkah dari stepping stone method yaitu:

- a. Mencari sel yang kosong.
- b. Melakukan loncatan pada sel yang terisi.

Keterangan :

- 1) Loncatan dapat dilakukan secara vertical/horizontal.
- 2) Dalam suatu loncatan tidak boleh dilakukan lebih dari satu kali loncatan pada baris/kolom yang sama tersebut.
- 3) Loncatan dapat dilakukan melewati sel lain selama sel tersebut terisi.
- 4) Setelah loncatan pada baris langkah selanjutnya loncatan pada kolom dan sebaliknya.
- 5) Jumlah loncatan bersifat genap.
- 6) Perhatikan sel yang terisi pada loncatan berikutnya untuk memastikan proses tidak terhambat.

- c. Lakukan perhitungan biaya pada sel yang kosong tersebut, dimulai dari sel yang kosong.
- d. Perhitungan dilakukan dengan cara menghitung biaya, sel yang kosong diberi tanda positif selanjutnya negatif, positif, negatif, dst.
- e. Apabila semua telah bernilai positif berarti solusi awal yang telah dikerjakan sebelumnya telah menghasilkan biaya transportasi minimum, tetapi apabila masih terdapat nilai negatif, maka dicari nilai negatif terbesar (penghematan terbesar).
- f. Apabila terdapat tanda negatif, alokasi produk dengan melihat proses 5, akan tetapi yang dilihat adalah isi dari sel tersebut. Tambahkan dan kurangkan dengan isi sel negatif terkecil pada seluruh sel.
- g. Lakukan langkah yang sama dengan mengulang dari langkah 2 sampai hasil perhitungan biaya tidak ada yang bernilai negatif.

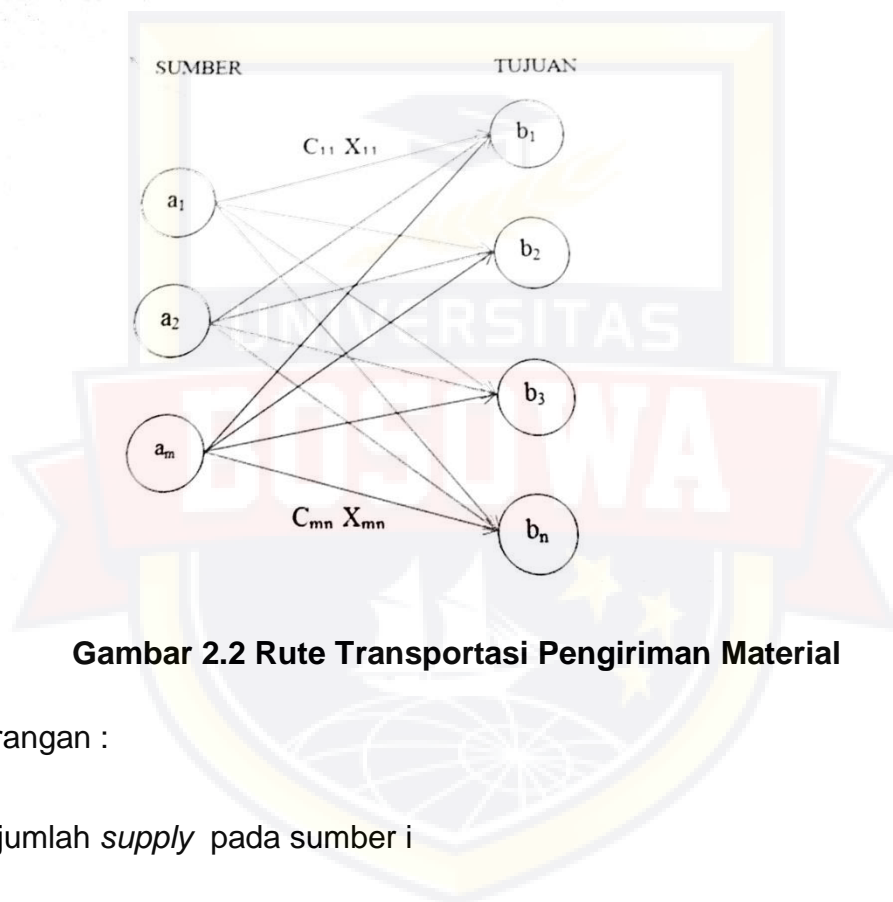
Kelebihan metode *Stepping Stone* adalah pengerjaannya yang sederhana karena mengevaluasi sel kosong untuk indeks perbaikan. Kekurangannya adalah pengerjaannya membutuhkan ketelitian lebih dan untuk menghitung perbaikan harus mencari jalur terpendek untuk tiap sel kosong.

Berikut ini merupakan formulasi program linier dari masalah transportasi, Meminimumkan fungsi Z :

$$f(z) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^M C_{ij} \cdot X_{ij}$$

Suatu model transportasi dikatakan seimbang (balanced) apabila total penawaran (sumber) sama dengan total permintaan (tujuan)

Sebagai ilustrasi, jika ada 3 sumber dan 4 tujuan (  $a = 3$ ,  $b = 4$  )



**Gambar 2.2 Rute Transportasi Pengiriman Material**

Keterangan :

$a_i$  = jumlah *supply* pada sumber  $i$

$b_j$  = jumlah *demand* pada tujuan  $j$

$C_{ij}$  = harga satuan transportasi anatar sumber  $i$  dan tujuan  $j$

$X_{ij}$  = kuantitas yang ditransportasikan dari  $i$  ke  $j$

Meminumkan :

$$f(z) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot X_{ij}$$

Dengan batasan

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \geq a_i, \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$x_{ij} \geq 0, \text{ untuk semua } i \text{ dan } j$$

Keterangan :

Z = Fungsi biayan yang jumlahnya sama dengan Variabel basik.

M= Penawaran

N= Permintaan

Dari deskripsi diatas dapat disusun dalam table transportasi, seperti dibawah ini

Dari \ Ke				Penawaran
	1	2	3	
1	$X_{11}$ $C_{11}$	$X_{12}$ $C_{12}$	$X_{13}$ $C_{13}$	$a_1$
2	$X_{21}$ $C_{21}$	$X_{22}$ $C_{22}$	$X_{23}$ $C_{23}$	$a_2$
3	$X_{31}$ $C_{31}$	$X_{32}$ $C_{32}$	$X_{33}$ $C_{33}$	$a_3$
Permintaan	$b_1$	$b_2$	$b_3$	Total

Gambar 2.3 Rute Transportasi Pengiriman Material

Keterangan :

$U_n$  = Sumber ke n

$a_i$  = jumlah *supply* pada sumber i

$b_j$  = jumlah *demand* pada tujuan j

$C_{ij}$  = harga satuan transportasi antara sumber I dan tujuan j

$X_{ij}$  = kuantitas yang ditransportasikan dari I ke j

Selanjutnya mengenai langkah penyelesaian dari model transportasi ini akan diuraikan pada bab III.

#### **2.4.5.5. Metode Modified Distribution (MODI)**

MODI adalah algoritma batu loncatan yang sudah diperhalus. Cara MODI menghitung indeks yang ditingkatkan ialah tanpa menggambarkan semua jejak tertutup. Jejak digambarkan sesudah ditemukan sel dengan indeks yang mempunyai harga negatif terbesar. Artinya adalah untuk dapat menentukan sel yang akan masuk ke dalam penyelesaian berikutnya seperti pada cara batu loncatan.

Metode ini merubah alokasi produk untuk mendapatkan alokasi yang optimal dengan menggunakan suatu indeks perbaikan yang berdasarkan pada nilai baris dan nilai kolom. Metode MODI ini memiliki syarat yang harus terpenuhi, yaitu banyaknya kotak terisi harus sama dengan banyaknya baris ditambah banyaknya kolom dikurang satu. Cara untuk menentukan nilai baris dan nilai kolom menggunakan persamaan:

$$R_i + K_j = C_{ij}$$

Dimana:

$R_i$  = nilai baris ke  $i$

$K_j$  = nilai baris ke  $j$

$C_{ij}$  = Biaya pengangkutan 1 unit barang dari sumber  $i$  ke tujuan  $j$



Algoritma uji dengan Metode MODI (Sri Rahmawati 2016):

1. Menentukan nilai  $u_i$  untuk setiap baris dan nilai  $v_j$  untuk setiap kolom dengan menggunakan rumus  $C_{ij} = u_i + v_j$  untuk semua variable basis dengan ketentuan nilai  $u_1 = 0$ .
2. Menghitung perubahan biaya atau indeks perbaikan dengan rumus indeks perbaikan =  $C_{ij} - R_i - K_j$ .
3. Apabila hasil perhitungan bernilai positif untuk semua indeks perbaikan maka solusi fisibel awal dianggap sudah optimal, namun apabila terdapat nilai negatif pada indeks perbaikan maka solusi belum optimal. Oleh karena itu akan dipilih nilai negatif terbesar sebagai titik tolak atau nilai *entering* variabel sebagai perbaikan alokasi.
4. Mengalokasikan sejumlah nilai ke sel yang memiliki indeks perbaikan negatif paling besar sesuai dengan proses batu loncatan dan kembali ke langkah pertama.

Kelebihan dari metode MODI adalah penentuan sel kosong yang bias menghemat biaya dan lebih tepat posisi. Namun untuk menghasilkan biaya yang optimal memerlukan proses yang lebih lama.

## 2.5. Perumusan Model Transportasi

Keunggulan dari Model Transportasi adalah biasa dipergunakan untuk menyelesaikan masalah pendistribusian suatu material dari sejumlah sumber (*supply*) kepada sejumlah tujuan (*demand*), dengan tujuan meminimumkan ongkos pengangkutan yang terjadi. Adapun

maksimal pendistribusian suatu material adalah sebanyak 90 sumber dan 90 tujuan, sedangkan minimum dari pendistribusian suatu material adalah sebanyak 2 sumber 2 tujuan. Selain itu, Model Transpotasi memiliki ciri khusus, yaitu : terdapat sejumlah sumber dan sejumlah tujuan, kuantitas dari material yang didistribusikan oleh setiap sumber yang diminta oleh setiap tujuan besarnya adalah tertentu, material yang dikirim atau di angkut dari sumber ke suatu tujuan, besarnya ssuai dengan permintaan dan kapasitas sumber, biaya pengangkutan material dari suatu sumber ke tujuan, besarnya tertentu.

Permodelan transportasi dapat diaplikasikan pada semua proyek konstruksi dengan syarat menggunakan material yang sejenis.

## **2.6. POM-QM for Windows**

QM adalah kepanjangan dari Quantitatif Methid yang merupakan perangkat lunak dan merupakan software yang dirancang untuk melakukan perhitungan yang diperlukan pihak manajemen untuk mengambil keputusan di bidang produksi dan distribusi.

QM for Windows merupakan aplikasi yang dirancang untuk melakukan perhitungan yang diperlukan pihak manajemen untuk mengambil keputusan baik bidang produksi maupun pemasara. Software ini dirancang oleh Howard J. Weiss tahun 1996 untuk membantu penyusunan perkiraan anggaran untuk produksi bahan baku menjadi produk jadi atau setengah jadi pada produk pabrikasi. (Fauji, 2015).

QM for Windows merupakan perangkat lunak yang dikembangkan dan menyertai buku-buku teks seputar manajemen operasi yang diterbitkan oleh Prentice-Hall's. Terdapat tiga perangkat lunak sejenis yang mereka terbitkan yakni DS for Windows, POM for Windows dan QM for Windows. Perangkat-perangkat lunak ini user friendly dalam penggunaannya untuk membantu proses perhitungan secara teknis pengambilan keputusan secara kuantitatif. POM for Windows ialah paket yang diperuntukkan untuk manajemen operasi, QM for Windows ialah paket yang diperuntukkan untuk metode kuantitatif untuk bisnis dan DS for Windows berisi gabungan dari kedua paket sebelumnya. (Budi Harsanto.2011).

POM-QM dirancang oleh Howard J. Weiss tahun 1996 untuk membantu menyusun prakiraan anggaran produksi bahan baku menjadi produksi jadi atau setengah jadi pada produk pabrikan.

## **2.7. Definisi Biaya Proyek**

Biaya adalah semua pengorbanan yang perlu dilakukan untuk suatu proses produksi, yang dinyatakan dengan satuan menurut harga pasar yang berlaku, baik yang sudah terjadi maupun yang akan terjadi. Biaya terbagi menjadi dua, yaitu biaya eksplisit dan biaya implisit. Biaya eksplisit adalah biaya yang terlihat secara fisik, misalnya berupa uang. Sementara itu yang dimaksud dengan biaya implisit adalah biaya yang tidak terlihat secara langsung, misalnya biaya kesempatan dan penyusutan barang modal (<http://id.wikipedia.org/wiki/Biaya>).

Biaya adalah kewajiban pelaksanaan proyek, yang harus dibayarkan kepada pihak-pihak terkait dalam rangka proses pelaksanaan pekerjaan. Dalam hal ini juga belum berarti bahwa kewajiban tersebut sudah dibayarkan seluruhnya, tetapi bias saja baru dibayarkan sebagian atau bahkan seluruhnya, namun telah menjadi suatu kewajiban dimana suatu saat sesuai perjanjian harus dibayar, untuk istilah umum sering digunakan *Cost* atau pembelian (Ir. Asiyanto, MBA, IPM : 2010).

Biaya proyek adalah biaya-biaya yang diperlukan untuk tiap pekerjaan dalam menyelesaikan suatu proyek. Pada umumnya biaya suatu proyek harus direncanakan secara jelas dalam bentuk Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP), namun hal ini dapat berubah. Biaya actual dalam suatu proyek sering kali berbeda dengan biaya rencana, sehingga didalam pelaksanaan akan terjadi perubahan. Terjadinya perubahan biaya pelaksanaan dengan biaya rencana tidak dapat diketahui dengan pasti penyebabnya.

Biaya menurut *The Commite On Cost Consept – America Accounting Association*, merupakan suatu peristiwa kejadian yang diukur berdasarkan nilai uang, yang timbul atau mungkin akan timbul untuk mencapai suatu tujuan tertentu.

Menurut Supriyono (2000;16), Biaya adalah harga perolehan yang dikorbankan atau digunakan dalam rangka memperoleh penghasilan atau revenue yang akan dipakai sebagai pengurang penghasilan. Menurut Henry Simamora (2002;36), Biaya adalah kas atau nilai setara kas yang

korbankan untuk barang atau jasa yang diharapkan memberi manfaat pada saat ini atau di masa mendatang bagi organisasi.

## **2.8. Perencanaan Biaya Proyek**

Perencanaan biaya untuk suatu proyek adalah prakiraan keuangan yang merupakan dasar untuk pengendalian biaya proyek serta aliran kas proyek tersebut. Pengembangan dari hal tersebut diantaranya adalah fungsi dari estimasi biaya, anggaran, aliran kas, pengendalian biaya, dan profit proyek tersebut (Chandra, et al.,2003). Estimasi biaya konstruksi memberikan indikasi utama yang spesifik dari total biaya proyek konstruksi. Estimasi biaya (*cost estimate*) digunakan untuk mencapai suatu harga kontrak sesuai persetujuan antara pemilik proyek dengan kontraktor, menentukan anggaran, dan sekaligus mengendalikan biaya proyek.

Biaya yang diperlukan untuk suatu proyek dapat mencapai jumlah yang sangat besar dan tertanam dalam kurun waktu yang lama. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi biaya proyek dengan tahapan perencanaan biaya proyek sebagai berikut :

1. Tahapan pengembangan konseptual, biaya dihitung secara global berdasarkan informasi desain yang minim. Dipakai perhitungan berdasarkan unit biaya bangunan berdasarkan harga per kapasitas tertentu.
2. Tahapan desain konstruksi, biaya proyek dihitung secara agak detail berdasarkan volume pekerjaan dan informasi harga satuan.

3. Tahapan pelanggan, biaya proyek dihitung oleh beberapa kontraktor agar didapat penawaran terbaik, berdasarkan spesifikasi teknis dan gambar kerja yang cukup dalam usaha mendapatkan kontrak pekerjaan.
4. Tahapan pelaksanaan, biaya proyek pada tahapan ini dihitung lebih detail berdasarkan kuantitas pekerjaan, gambar *shop drawing* dan metode pelaksanaan dengan ketelitian yang lebih tinggi.

## **2.9. Estimasi Biaya**

Salah satu hal penting dalam pembuatan proposal proyek adalah estimasi dan penganggaran. Penting karena jika estimasi biaya dilakukan dengan kurang hati-hati sehingga menghasilkan perkiraan biaya yang terlalu tinggi, maka akan berakibat perusahaan akan kalah bersaing dengan perusahaan lain yang menawarkan harga lebih rendah dengan kualitas yang sepadan. Sebaliknya bila estimasi biaya yang dilakukan ternyata terlalu rendah, maka meski menang dalam tender namun dalam pelaksanaannya dapat mengalami kesulitan pendanaan yang dapat berujung pada tidak selesainya proyek dan kehilangan kepercayaan diri mereka yang memberi proyek.

Estimasi biaya harus dilakukan sejak tahap konsepsi proyek. Dengan demikian perkiraan biaya proyek dapat dilakukan dengan baik sehingga menghasilkan estimasi biaya yang akurat. Artinya estimasi biaya tidak terlalu tinggi yang menyebabkan tidak mampu bersaing dengan perusahaan dalin dalam tahap tender, atau tidak terlalu rendah yang

meski dapat memenangkan tender namun ujungnya mengalami kesulitan pendanaan karena dianggarkan kurang. Terkadang perkiraan biaya yang rendah dilakukan dengan sengaja untuk maksud sekedar memenangkan tender. Setelah tender dimenangkan, kemudian dilakukan negosiasi dengan klien untuk memperbesar nilai proyek. Yang demikian ini disebut *buy in*. praktek seperti ini beresiko dan tidak etis, namun banyak dilakukan yang berujung pada korupsi.

#### **2.10. Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

RAB adalah besarnya biaya yang diperkirakan akan dihabiskan dalam pekerjaan proyek yang disusun berdasarkan gambar-gambar atau bestek. RAB ini bukanlah biaya yang sebenarnya melainkan hanya dipakai sebagai patokan bagi kontraktor dalam menetapkan harga penawaran, sehingga dalam pelaksanaan nanti tidak menghabiskan biaya yang lebih tinggi dari penawaran dan bila memungkinkan biaya kurang dari penawaran yang ditetapkan. Kegiatan estimasi dalam proyek konstruksi dilakukan dengan tujuan tertentu tergantung dari pihak yang membuatnya. Pihak owner membuat estimasi dengan bantuan konsultan, dengan tujuan untuk mendapatkan informasi sejelas-jelasnya tentang biaya yang harus disediakan untuk merealisasikan proyeknya, hasil estimasi ini disebut dengan *Owner Estimate* (OE). Pihak kontraktor membuat estimasi dengan tujuan kegiatan penawaran terhadap proyek konstruksi. Kontraktor akan memenangkan lelang jika penawaran yang diajukan mendekati OE.

Pengertian Biaya Proyek dan Definisi RAB Secara umum biaya dalam suatu proyek dapat digolongkan menjadi:

#### **2.10.1. Biaya Tetap (Modal Tetap/Fixed Capital)**

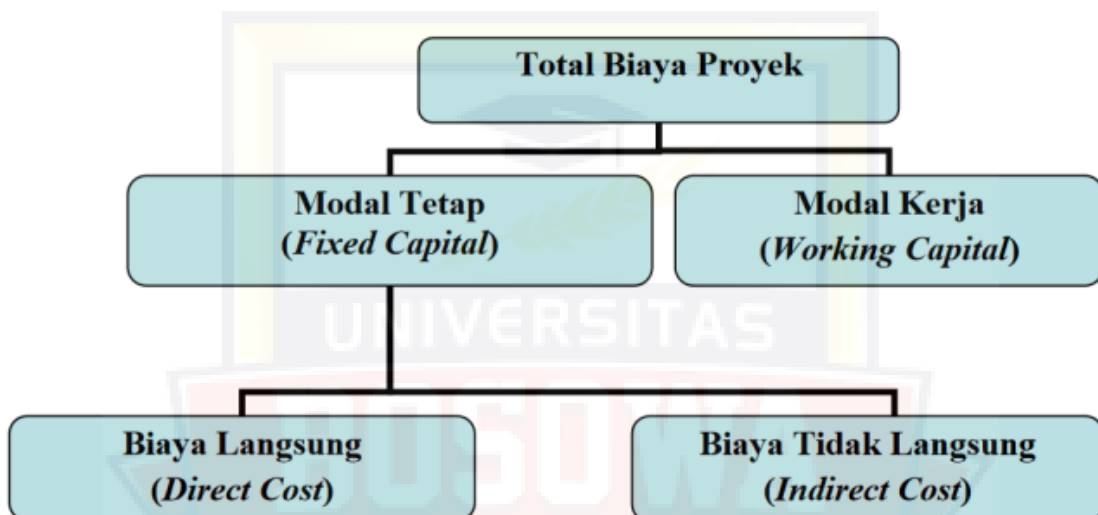
Biaya Tetap (Modal Tetap/Fixed Capital) Merupakan bagian dari biaya proyek yang digunakan untuk menghasilkan produk yang diinginkan, mulai dari studi kelayakan sampai atau instalasi suatu proyek/pekerjaan berjalan penuh. Dalam hal ini biaya tetap sendiri dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a. Biaya langsung ( *Direct Cost*) adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek, seperti pengeluaran untuk tenaga kerja, bahan/material dan alat-alat. Apabila waktu (duration) dipercepat, maka pada umumnya biaya langsung secara total akan semakin tinggi.
- b. Biaya tidak langsung ( *Indirect Cost*), yaitu pengeluaran untuk manajemen, supervise dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaann proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen tetapi diperlukan dalam rangka proses pembangunan proyek. Apabila waktu (duration) diperlambat, maka biaya tidak langsungnya akan semakin tinggi.



### 2.10.2. Biaya Tidak Tetap (Modal Kerja/Working Capital)

Biaya Tidak Tetap (Modal Kerja/Working Capital) Merupakan biaya yang digunakan untuk menutupi kebutuhan pada tahap awal operasi. Total biaya yang dikeluarkan pada suatu proyek dapat dilihat pada bagan sebagai berikut :



**Gambar 2.4 Klasifikasi Perkiraan Biaya Proyek (Imam Soeharto, 1995)**

Dari uraian tersebut dapat digunakan untuk mendefinisikan tentang pengertian Rencana Anggaran Biaya (RAB) tersebut, dilihat dari asal katanya yaitu :

**Rencana**, adalah himpunan planninh, termasuk detail/penjelasan dan tata cara pelaksanaan pembuatan sebuah bangunan, terdiri dari : bestek dan gambar bestek.

**Anggaran**, adalah perkiraan/perhitungan biaya suatu bangunan berdasarkan bestek dan gambar bestek.

**Biaya**, adalah besar pengeluaran yang berhubungan dengan borongan yang tercantum dalam persyaratan-persyaratan yang terlampir.

Jadi Rencana Anggaran Belanja meliputi :

- Perencanaan bentuk bangunan yang memenuhi syarat
- Perkiraan terhadap biaya yang diperlukan
- Penyusunan tata cara pelaksanaan teknis dan administrasi Tujuan pembuatan

Rencana Anggaran Belanja (RAB) adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai: bentuk/konstruksi, besar biaya dan pelaksanaan serta penyelesaian.

Berdasarkan pada proses perkembangan proyek dari mulai gagasan/ide sampai proyek diserahkan dari kontraktor ke pemilik, Rencana Anggaran Biaya dibagi dalam 4 jenis, yaitu:

Tahap-tahap yang dilakukan menyusun anggaran biaya adalah sebagai berikut: (Ervianto, 2007)

- a. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga, serta kemampuan pasar untuk menyediakan bahan atau material konstruksi secara continue.
- b. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek, dan atau upah pada umumnya, jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.

- c. Melakukan perhitungan analisis bahan dan upah dengan menggunakan analisis yang diyakini baik oleh pembuat anggaran. Di pasaran terdapat buku *Burgelijke Openbare Oerken* (BOW).

Data-data yang diperlukan:

- a. Peraturan dan syarat-syarat (RKS atau kontrak).
- b. Gambar rencana
- c. Berita acara atau risalah penjelasan (untuk bangunanyang dilelangkan).
- d. Buku analisa upah dan bahan (Analisa BOW).
- e. Daftar analisa harga dan upah kerja.
- f. Peraturan-peraturan normalisasi yang bersangkutan.
- g. Peraturan-peraturan pembangunan Negara, dan pembangunan setempat.

Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) merupakan suatu perencanaan tentang besarnya biaya yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pekerjaan proyek dilapangan. Rencana anggaran pelaksanaan ini direncanakan dan digunakan sebagai pedoman agar pengeluaran biaya tidak melampaui batas anggaran yang disediakan, tetapi dapat mencapai kualitas dan mutu pekerjaan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Dengan menghitung volume pekerjaan secara teliti dan dengan rinci, upah tenaga kerja untuk setiap satuan pekerjaan, maka dapat disusun rencana anggaran proyek. Disamping itu,

juga harus diperhitungkan peralatan yang harus digunakan dengan semua rincian biayanya, baik perngadaanya maupun biaya opsionalnya.

Hal- hal yang harus diperhitungkan dalam penyusunan RAP adalah:

- a. Analisa satuan pekerjaan (Upah dan bahan).
- b. Rencana waktu pelaksanaan (*Time Schedule*).
- c. Persediaan alat, jumlah dan waktu pemakaian.
- d. Biaya administrasi proyek baik dilapangan atau dikanotr yang terjadi selama pelaksanaan proyek.
- e. Biaya administrasi proyek yang tak terduga.

Dalam RAP tercantum pembiayaan sebagai berikut:

- a. Biaya bahan dengan harga yang sesungguhnya sesuai dengan harga ditempat proyek dilaksanakan.
- b. Biaya upah tenaga kerja.
- c. Biaya penggunaan peralatan.

Posisi paling penting dalam keseluruhan tugas yang harus dipertanggungjawabkan kontraktor adalah RAP, karena merupakan estimasi biaya yang paling mendekati biaya kenyataan yang menjadi patokan kegiatan pengendalian biaya, dimana hasil pengendalian biaya akan sangat tergantung pada kualitas anggaran pelaksanaan. RAP harus selalu berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, dan memenuhi standar mutu pekerjaan (Diphuodo, 1996).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tinjauan Umum Proyek**

Untuk menunjukkan penggunaan metode North West Corner Rule sebagai solusi awal dan metode stepping stone untuk solusi optimal dapat digunakan dalam meminimalkan biaya transportasi pada proses pendistribusian material pada empat proyek pekerjaan jalan.

#### **3.2 Pemilihan Metode**

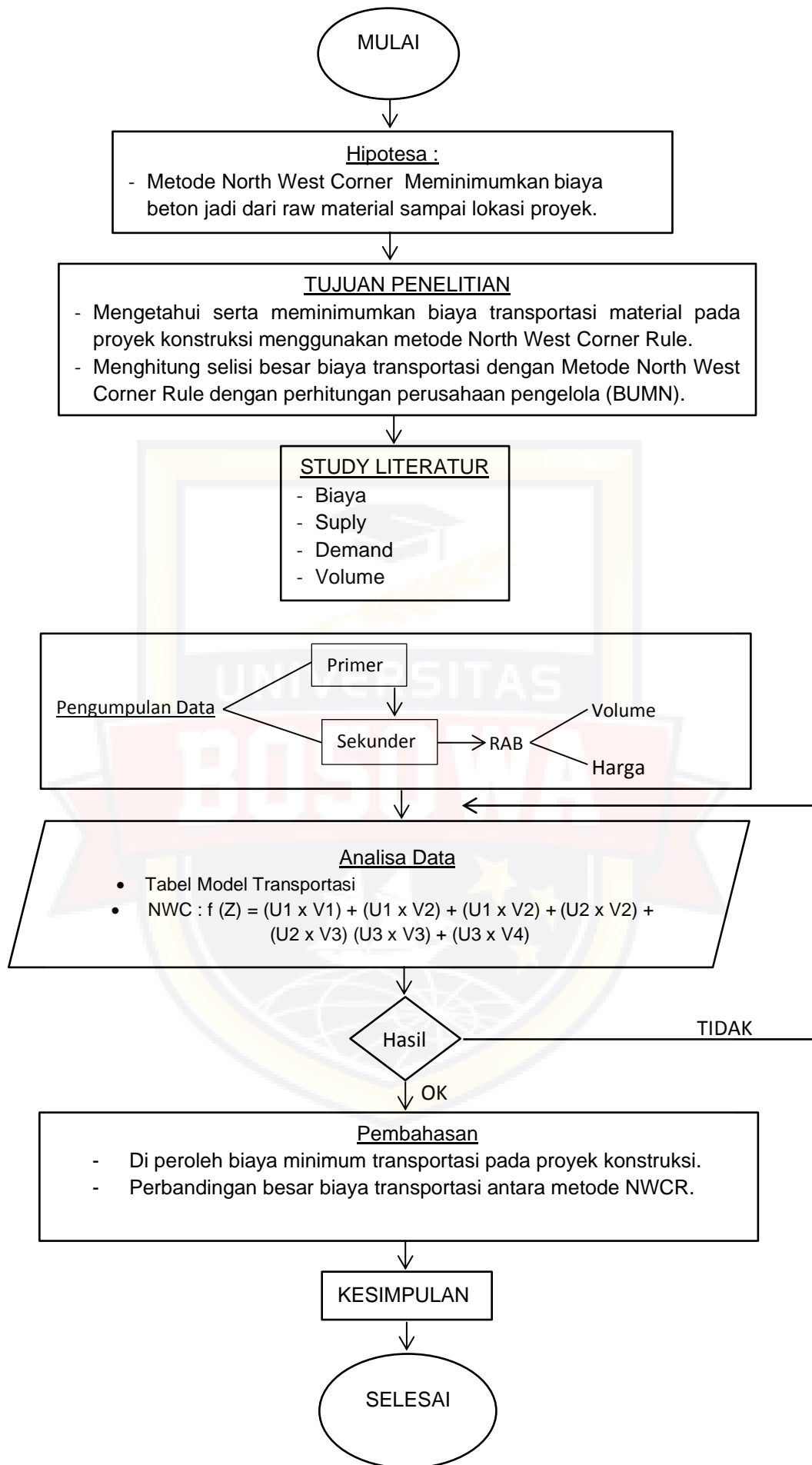
Sebagaimana telah diuraikan pada bab sebelumnya bahwa model transportasi membahas masalah pendistribusian suatu material dari sejumlah sumber ke sejumlah tujuan tertentu dan dalam jumlah tertentu pula, dengan tujuan meminimumkan biaya transportasi yang terjadi. Dalam model transportasi ini ada beberapa metode yang digunakan dengan mudah dan praktis untuk menyelesaikan kasus-kasus transportasi material. Untuk menyelesaikan model transportasi, maka harus dilakukan tahap seperti berikut ini:

1. Penentuan solusi awal ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode sudut barat laut (north west corner rule)
2. Penentuan solusi optimal  
penentuan solusi optimal dimaksudkan untuk mengevaluasi dan merevisi solusi awal, jika solusi awal tersebut belum optimal. Metode

yang digunakan untuk menentukan solusi optimal adalah metode batu loncatan (stepping stone method) dan metode distribusi yang dimodifikasi (modified distribution method).

Urutan penyelesaian dari model transportasi ini dapat digambarkan seperti pada flowchart berikut ini :





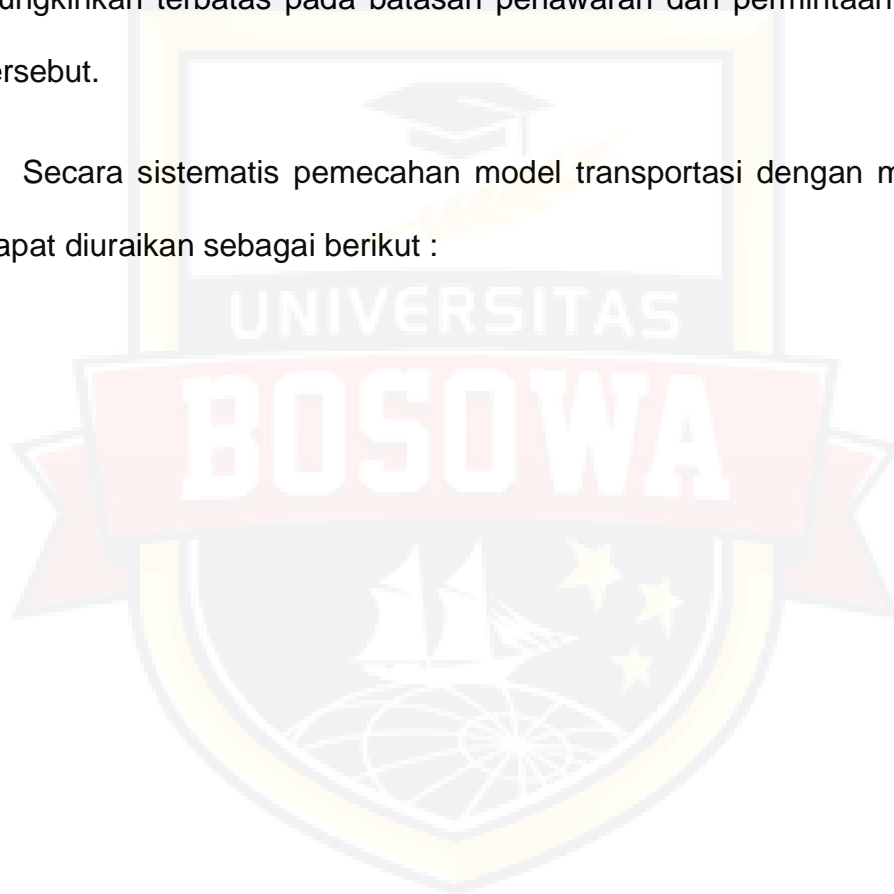
### **3.3 Penentuan Penyelesaian Model Transportasi**

#### **3.3.1 Penentuan Solusi Awal**

##### **3.3.1.1 Metode Sudut Barat Laut (North West Corner Rule)**

Dengan metode ini, suatu alokasi awal di tempatkan pada sel pojok kiri atas table. Jumlah yang di alokasikan adalah jumlah yang paling memungkinkan terbatas pada batasan penawaran dan permintaan untuk sel tersebut.

Secara sistematis pemecahan model transportasi dengan metode ini, dapat diuraikan sebagai berikut :





Langkah 1. Buat tabel model transportasi yang standar :

	V1	V2	V3	V4	SUPPLY
U1					
U2					
U3					
<i>Demand</i>					

- a. Masukan jumlah material yang dapat dipasok oleh setiap sumber pada kolom penawaran (ai).

	V1	V2	V3	V4	<i>SUPPLY</i>
U1					a1
U2					a2
U3					a3
<i>Demand</i>					

- b. Masukkan jumlah material yang dibutuhkan oleh setiap tujuan pada baris permintaan ( $b_j$ ). Jumlah total supply (penawaran) harus sama dengan total demand (permintaan).

	V1	V2	V3	V4	<i>SUPPLY</i>
U1					a1
U2					a2
U3					a3
<i>Deman</i> <i>d</i>					$\sum a \sum b$

c. Masukkan biaya transportasi (Cij). Pada kotak kecil disebelah kanan atas.

	V1	V2	V3	V4	<i>SUPPLY</i>
U1	C11	C12	C13	C14	a1
U2	C2 1	C22	C23	C24	a2
U3	C31	C32	C33	C34	ai
<i>Demand</i> <i>d</i>	b1	b2	b3	bj	Total

Langkah 2. Alokasi jumlah material kempojok kiri atas, sebanyak jumlah terkecil antara batas penawarann dan permintaan pada sel yang bersangkutan.

	V1	V2	V3	V4	<i>SUPPLY</i>
U1	X11 C11	C12	C13	C14	a1
U2	C2 1	C22	C23	C24	a2
U3	C31	C32	C33	C34	a3
<i>Demand</i> <i>d</i>	b1	b2	b3	b4	Total

Langkah 3. Setelah mengisi sel tadi, kurangkan nilai penawaran pada baris sel tersebut dan nilai permintaan pada kolom sel tersebut dengan jumlah material yang di alokasikan ke sel tersebut.

	V1	V2	V3	V4	<i>SUPPLY</i>
U1	X11	X12			a1
	C11	C12	C13	C14	
U2					a2
	C21	C22	C23	C24	
U3					a3
	C31	C32	C33	C34	
<i>Demanda</i>	b1	b2	b3	b4	Total

Langkah 4. Menentukan ke sel mana kita akan bergerak selanjutnya :

- a. Jika hasil pengurangan terhadap penawaran pada baris sel tersebut nol, sedangkan hasil pengurangan terhadap permintaan pada kolom sel tersebut masih lebih besar dari nol, maka kita bergerak ke sel di bawahnya.

	V1	V2	V3	V4	SUPPLY
U1	X11 C11	X12 C12	C13	C14	a1
U2	C2 1	X22 C22	C23	C24	a2
U3	C31	C32	C33	C34	a3
<i>Demand</i> <i>d</i>	b1	b2	b3	b4	Total

- b. Jika hasil pengurangan terhadap permintaan pada kolom sel tersebut nol, sedangkan hasil pengurangan terhadap penawaran pada baris sel tersebut masih lebih besar dari nol, maka kita bergerak ke sel di sel sebelah kanannya.

	V1	V2	V3	V4	<i>SUPPLY</i>
U1	X11	X12			a1
U2		X22			a2
U3					a3
<i>Demand</i> <i>d</i>	b1	b2	b3	b4	Total



c. Jika hasil pengurangan terhadap permintaan pada baris sel tersebut nol, sedangkan hasil pengurangan terhadap permintaan pada kolom sel tersebut masih lebih besar dari nol, maka kita bergerak ke sel di sel dibawahnya.

	V1	V2	V3	V4	SUPPLY	
U1	X11	C11 X12	C12 X23	C13 C33	C14 C34	a1
U2		C2 1 X22	C22	C23	C24	a2
U3		C31	C32	X33	C34	a3
<i>Demand</i> <i>d</i>	b1	b2	b3	b4	Total	

- d. Jika hasil pengurangan terhadap permintaan pada kolom sel tersebut nol, sedangkan hasil pengurangan terhadap penawaran pada baris sel tersebut masih lebih besar dari nol, maka kita bergerak ke sel ke sels ebelah kanannya.

	V1	V2	V3	V4	SUPPLY
U1	X11	C11 X12	C12 X23	C13 X34	C14 a1
U2		C2 1 X22	C22 X23	C23 X34	C24 a2
U3		C31 X22	C32 X33	C33 X34	C34 a3
<i>Deman d</i>	b1	b2	b3	b4	Total

Langkah 5. Setelah seluruh sel terisi, hitung total biaya dari solusi awal model transportasi tersebut dengan rumus sebagai berikut :

$$f(z) = X_{11}.C_{11} + X_{12}.C_{12} + X_{22}.C_{22} + X_{23}.C_{23} + X_{33}.C_{33} + X_{34}.C_{34}$$

Keterangan :

$Z$  = fungsi biaya yang jumlahnya sama dengan Variabel basik.

### **3.3.2 Penentuan Solusi Optimal**

begitu solusin awal telah ditentukan oleh salah satu dari ketiga metode di atas, langkah selanjutnya adalah menyelesaikan model untuk mendapatkan solusi optimal. Ada dua metode yang dapat dipakai untuk menentukan solusi optimal dari suatu model, yaitu model batu loncatan (Stepping Stone Method).

#### **3.3.2.1 Metode Batu Loncatan (Stepping – Stone)**

Prinsip dasar dari metode stepping stone (batu loncatan) ini dalam menyelesaikan model transportasi adalah untuk menentukan/mengevaluasi apakah suatu rute transportasi yang tidak digunakan pada saat ini (yaitu, sebuah sel kosong) akan menghasilkan total biaya yang lebih rendah jika digunakan.

Secara sistematis pemecahan model transportasi dengan metode ini, dapat diuraikan sebagai berikut :

Langkah 1. Mulai dari table hasil solusi awal.

Langkah 2. Cek apakah terjadi degenerasi, dengan ketentuan jumlah sel yang ada adalah sebanyak (jumlah kolom + jumlah baris) dikurangi 1 (satu) atau sama dengan jumlah variable basik.

Langkah 3. Evaluasi sel-sel kosong yang ada untuk mengetahui apakah dengan menggunakan sel-sel tersebut dapat menurunkan total biaya.

	V1		V2		V3		V4		SUPPLY
U1	X11	C11	X12	C12		C13		C14	a1
U2		C2 1	X22	C22	X23	C23		C24	a2
U3		C31		C32	X33	C33	X34	C34	a3
<i>Demand</i> <i>d</i>	b1		b2		b3		b4		Total

Cara mengevaluasi sel-sel kosong tersebut dilakukan dengan cara :

- a. Membuat suatu loop tertutup bagi setiap sel kosong tersebut dimana garis loop ini hanya garis horizontal dan vertical.
- b. Berikan tanda plus (+) pada sel kosong yang di evaluasi (ujung loop awal). Kemudian tanda minus (-) pada ujung loop kedua dan selanjutnya tanda plus (+) dan minus (-) berarti mengurangi satu unit

dari sel tersebut. (unit hanya dapat ditambahkan dan dikurangkan pada sel-sel yang telah berisi alokasi internal).

- c. Pemberian tanda plus (+) berarti menambah satu unit ke sel tersebut dan pemberian tanda minus (-) berarti mengurangi satu unit dari sel tersebut. (unit hanya dapat ditambahkan dan dikurangkan pada sel-sel yang telah berisi alokasi material).

	V1		V2		V3		V4		SUPPLY
U1	X1 1	C11	X12	C12	C13		C14	a1	
		(-)		(+)					
U2		C2 1	X22	C22	X23		C24	a2	
		(+)		(-)					
U3		C31		C32	X33	C33	X34	C34	a3
<i>Demand</i> <i>d</i>	b1		b2		b3		b4	Total	

- d. Hitung perubahan biaya akibat alokasi ke sel kosong tersebut berdasarkan loop yang dibentuknya. Nilai plus (+) menunjukkan

pertambahan biaya total, sedangkan nilai minus (-) menunjukkan penurunan biaya total.

$$C_{21} = C_{21} - C_{11} + C_{12} - C_{22}$$

Langkah 4. a. jika diteukan sel yang memberikan penurunan biaya, maka prioritas utama diberikan kepada sel dengan nilai rumus minus terbesar (penurunan biaya terbesar) selanjutnya alokasikan sebanyak mungkin material/unit ke sel tersebut dengan memperhatikan batasan penawaran dan permintaan.

b. Jika ditemukan beberapa sel memberikan penurunan biaya terbesar sama ( nilai minus sama), maka sel diambil e cara acaka. Selanjutnya alokasikan sebanyak mungkin material/unit ke sel tersebut dengan memperhatikan batasan penawaran dan permintaan.

c. Jika ditemukan semua sel koson bernilai plus (terjadi pertambahan biaya) dan nol (tidak terjadi pertambahan maupun pengurangan biaya, hanya mengindikasikan solusi majemuk), maka solusi telah optimal.

Langkah 5. Setelah mengalokasikan sejumlah material untuk kasus langkah 4a dan 4b, maka ulangi langkah 3 dan 4.

Langkah 6. Untuk kasus langkah 4c di atas, selanjutnya hitung total biaya dari solusi model ransportasi tersebut dengan rumus.

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} \cdot C_{ij}$$

### 3.4 Degenerasi

Untuk mendapatkan solusi optimal dengan metode batu loncatan (stepping stone) atau metode distribusi yang di modifikasi (modified distribution method, MODI), maka kondisi berikut harus dipenuhi dalam table solusi awal.

$m + n - 1$  = jumlah sel yang berisi aloksi

Dimana :  $m$  = jumlah baris

$n$  = jumlah kolom

Jika kondisi di atas tidak terpenuhi, maka table dinyatakan mengalami degenarasi. Kesulitan yang dihasilkan, dari degenerasi dalam menentukan solusi optimal adalah bahwa baik metode batu loncatan maupun metode distribusi yang dimodifikasi tidak akan bekerja kecuali kondisi di atas terpenuhi (terdapat jumlah yang tepat pada table yang berisi alokasi). Alasannya itu adalah, lintasan tertutup pada metode batu loncatan dan semu perhitungan  $U_i + V_j = C_{ij}$  pada metode distribusi yang dimodifikasi tidak dapat dilengkapi.

Untuk menciptakan suatu lintasan tertutup, sebuah sel kosong secara artificial sebesar "0" harus diperlakukan seolah-olah sebagai sel yang berisi aloksi. Pengalokasian sel artifisial, yang penting terbentuk loop tertutup.

Dalam penerapan metode batu loncatan atau metode distribusi yang dimodifikasi untuk mendapatkan solusi optimal adalah memungkinkan

dimulai dengan suatu tabel normal kemudian berubah menjadi degenerasi atau sebaliknya dimulai dengan tabel degenerasi kemudian berubah menjadi tabel normal.

### **3.5 Program POM-QM**

Pada metode transportasi menggunakan program POM for Windows 3 akan memberikan pilihan pemecahan kasus menggunakan 4 pilihan metode, yaitu :

- a. Any starting method
- b. Northwest Corner Ruler
- c. Minimum Cost Method
- d. Vogel's Approximation Method

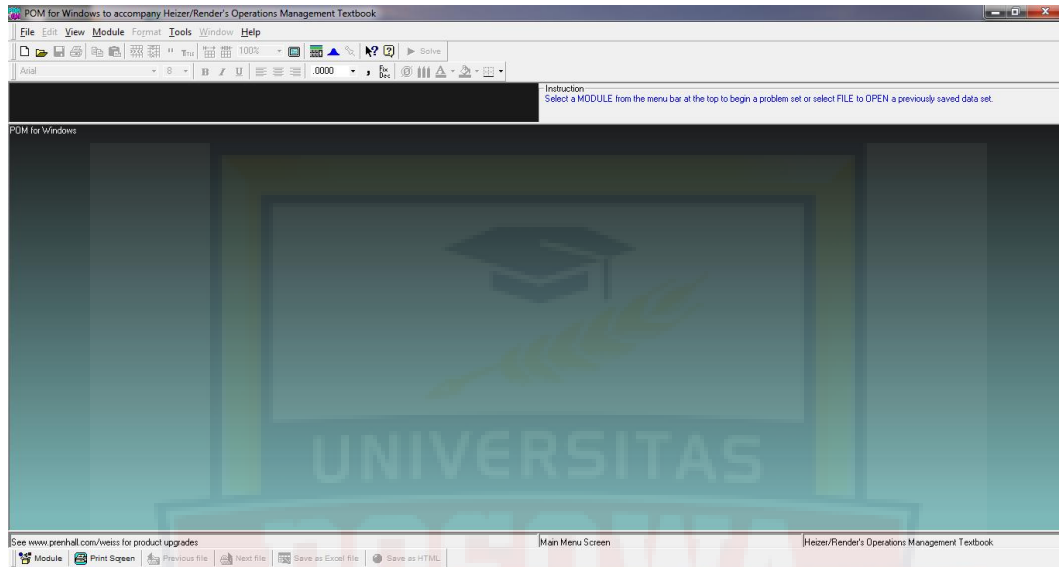
Metode transportasi terdiri dari dua tahapan utama yaitu (1) penentuan penyelesaian awal dan (2) perbaikan penyelesaian sampai diperoleh penyelesaian optimum. Untuk melakukan tahap (1) digunakan metode Northwest Corner Ruler, Metode Least Costs. Di dalam metode ini terdapat langkah pemeriksaan optimum biaya transportasi dan langkah pendistribusian nilai  $u$  pada isi sel-sel dalam suatu lintasan tertutup untuk menghasilkan penyelesaian baru.

QM adalah kepanjangan dari Quantitatif Method yang merupakan perangkat lunak dan mengerti buku-buku teks seputar manajemen operasi. QM for Windows, jadi jika dibandingkan dengan POM for Windows modul-modul yang tersedia pada QM for windows lebih banyak.

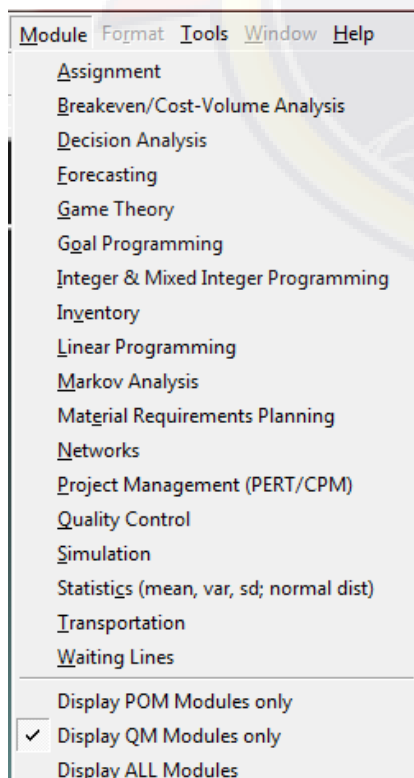


Namun modul-modul yang tersedia pada program POM for Windows dan tidak tersedia di QM for Windows. Berikut ini adalah contoh tampilan awal pada saat QM for Windows di jalankan.

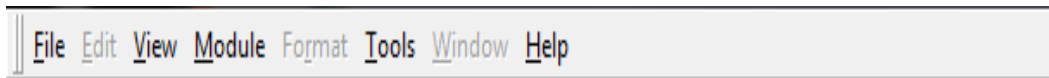
Gambar 3.5.1 Tampilan awal program QM for windows



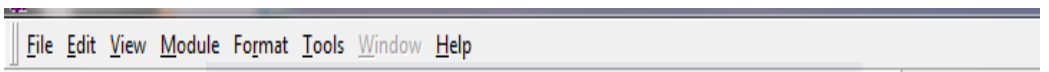
Gambar 3.5.2 Pilihan modul tersedia pada program QM for Windows



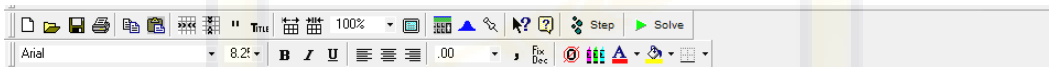
Gambar 3.5.3 Menubar saat sebelum dipilih modul tertentu



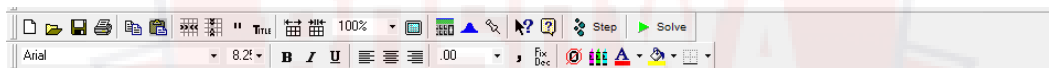
Gambar 3.5.4 Menubar saat sebelum dipilih modul tertentu



Gambar 3.5.5 Toolbar saat sebelum dipilih modul tertentu

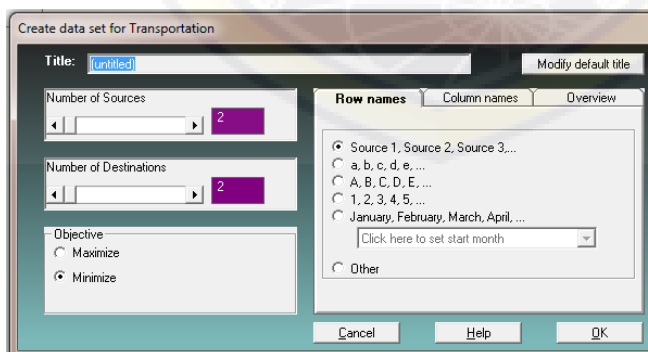


Gambar 3.5.6 Toolbar saat setelah dipilih modul tertentu



### Langkah-langkah penyelesaian permasalahan


- ✓ Jalankan program QM for Windows, pilih Module – Transportation
- ✓ Pilih menu File – New, sehingga muncul tampilan seperti gambar



- Buat judul penyelesaian soal dengan mengisi bagian Title :  
“**CONTOH SOAL TRANSPORTASI**”. Jika Title tidak diisi, program QM for Windows akan membuat judul sendiri sesuai default

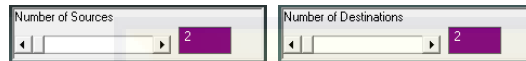
(patokan)-nya. Default Title dapat dirubah dengan meng-klik. Judul dapat diubah/edit dengan meng-klik ikon.

- Isikan (set) jumlah sumber, dengan cara meng-klik tanda

 Pada kotak Number of Sources

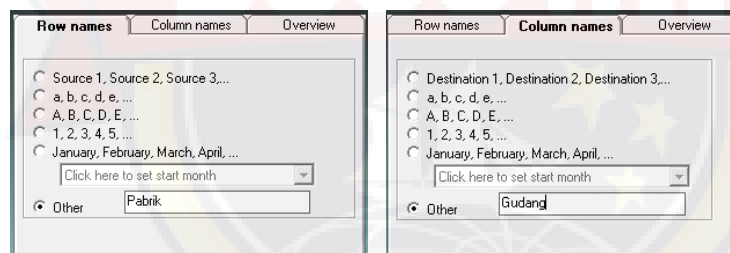
- Isikan (set) jumlah tujuan, dengan cara meng-klik tanda

 pada kotak Number of Destination

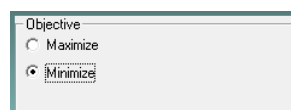


- Pilih  Other pada bagian Row Names, kemudian isi dengan nama 'Pabrik'

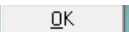
- Pilih  Other pada bagian Coloumn names, kemudian isi dengan "Gudang"

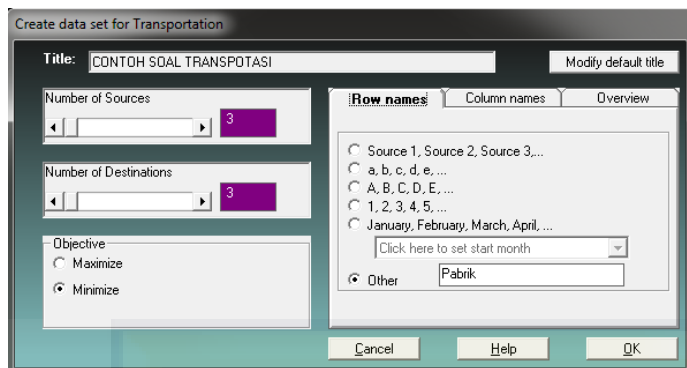


- Biarkan pada Objective, tetap pada pilihan Minimize



- Sekarang tampilan akan seperti pada gambar 3.5.8

Lanjutkan dengan meng-klik tombol  hingga akan muncul tampilan seperti pada Gambar 3.5.9



Gambar 3.5.9 Tampilan pada modul Transportation setelah


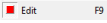
	Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3	SUPPLY
Pabrik 1	0	0	0	0
Pabrik 2	0	0	0	0
Pabrik 3	0	0	0	0
DEMAND	0	0	0	

Gambar 3.5.9 Tampilan untuk mengisi angka-angka

(perhatikan bahwa Pabrik A, B, C menjadi 1, 2, 3, juga gudang D, E, F, menjadi 1, 2, 3)

- Isikan angka-angka yang sesuai pada kotak-kotak yang bersesuaian antara Pabrik dan Gudang, yaitu :

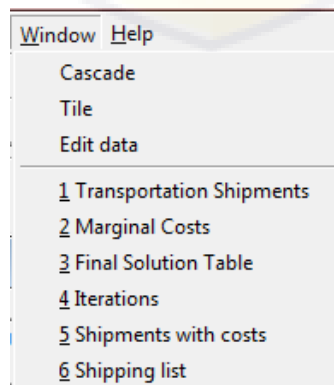
	Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3	SUPPLY
Pabrik 1	5	4	3	100
Pabrik 2	8	4	3	300
Pabrik 3	9	7	5	300
DEMAND	300	200	200	

- Selesaikan contoh soal ini dengan meng-klik tombol  pada toolbar atau dari menu File-Solve, atau dengan menekan tombol F9 pada keyboard.
- Jika ternyata ada data soal yang perlu di perbaiki, klik tombol  pada toolbar atau dari menu file – edit
- Jangan lupa simpan (save) file kerja ini dengan menu file-save (atau menekan tombol Ctrl + S). pilihan untuk menyimpan file dengan format excel (.Xls) dan html (.html) juga disediakan.

Hasil perhitungan

Ada 6 output (tampilan) yang dihasilkan dari penyelesaian soal, dapat dipilih untuk ditampilkan dari menu Windows yaitu

1. Transportation Shipments
2. Marginal Cost
3. Final Solution Table
4. Iterations
5. Shipments with costs
6. Shipping list



Output-output ini dapat ditampilkan secara bersamaan dengan memilih menu Window – Tile, atau secara bertumpuk dengan menu Window –

	Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3
Optimal cost = \$3900			
Pabrik 1	100		
Pabrik 2		200	100
Pabrik 3	200		100

	Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3
Pabrik 1		2	2
Pabrik 2	1		
Pabrik 3		1	

	Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3
Pabrik 1	100	(2)	(2)
Pabrik 2	(1)	200	100
Pabrik 3	200	(1)	100

	Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3
Iteration 1			
Pabrik 1	100	(2)	(2)
Pabrik 2	(1)	200	100
Pabrik 3	200	(1)	100

	Gudang 1	Gudang 2	Gudang 3
Pabrik 1	100/\$500		
Pabrik 2		200/\$800	100/\$300
Pabrik 3	200/\$1800		100/\$500

From	To	Shipment	Cost per unit	Shipment cost
Pabrik 1	Gudang 1	100	5	500
Pabrik 2	Gudang 2	200	4	800
Pabrik 2	Gudang 3	100	3	300
Pabrik 3	Gudang 1	200	9	1800
Pabrik 3	Gudang 3	100	5	500

Gambar 3.5.10 Output dari penyelesaian

- ✓ Tampilan Transportation Shipments menunjukkan hasil perhitungan, yaitu jumlah mebel yang di angkut dari masing-masing Pabrik ke tiap-tiap gudang, dengan biaya angkut total minimum.
- ✓ Tampilan Marginal Cost menunjukkan tambahan biaya per unit muatan pada sel-sel yang bersesuaian, seandainya muatan dialihkan ke sel-sel tersebut.
- ✓ Tampilan Final Solution Table adalah gabungan dari transportation Shipments dan Marginal Costs.
- ✓ Tampilan Iteration menunjukkan langkah-langkah perhitungan yang dilakukan oleh program QS for Windows.

- ✓ Tampilan Shipments with Costs menunjukkan jumlah muatan dan jumlah biaya angkut dari masing-masing Pabrik ke tiap-tiap Gudang.
- ✓ Tampilan Shipping List menunjukkan daftar jumlah muatan, biaya per unit dan biaya total dari masing-masing Pabrik ke tiap-tiap Gudang.



## **BAB IV**

### **PENGELOHAN DATA**

#### **4.1 Gambaran Umum Daerah Asal dan Daerah Tujuan Distribusi**

##### **4.1.1 Daerah Asal**

Dalam pendistribusian material proyek konstruksi yang berupa Beton Ready Mix mutu K-350, daerah asal/ sumber material diantaranya, yaitu :

1. PT. Bumi Sarana Beton

Alamat : Jl. Manunggal Tanjung Bunga Makassar – Sulawesi Selatan

2. PT. Wika Beton

Alamat : Jl. Kima Raya II, Kavling S/4-5-6 Makassar – Sulawesi selatan

3. PT. ABP ( Batching Plant)

Alamat : Jl. Tamangapa Raya Makassar – Sulawesi Selatan

##### **4.1.2 Daerah Tujuan**

Daerah tujuan pendistribusian material, yaitu :

1. Jl. Ruas Tamangapa Raya Makassar – Makassar Sulawesi Selatan
2. Jl. Metro Tanjung Bunga Makassar – Sulawesi Selatan
3. Jl. Simpang Ir. Sutami – Rumah Sakit Gratis Klas III Makassar



### 4.1.3 Supply dan Demand Material

Adapun kapasitas Supply daerah asal dan jumlah Demand daerah tujuan, untuk material beton ready mix mutu K 350 antara lain :

1. Kapasitas Supply daerah asal yaitu :

- PT. Bumi Sarana Beton : 484 m<sup>3</sup>
- PT. Wika Beton : 1400 m<sup>3</sup>
- PT. ABP (Batching Plant) : 880 m<sup>3</sup>

2. Jumlah Demand daerah tujuan, yaitu :

- Jl. Ruas Tamangapa Raya - Makassar : 1500 m<sup>3</sup>
- Jl. Metro Tanjung Bunga - Makassar : 344 m<sup>3</sup>
- Jl. Simpang Ir. Sutami : 920 m<sup>3</sup>

### 4.1.4 Biaya Pengadaan dan Distribusi Material

Biaya yang pengadaan dan distribusi (Rupiah) material sudah termasuk dalam harga material berupa beton ready mix mutu K 350 per m<sup>3</sup>, yang didistribusikan ke beberapa tujuan seperti berikut :

- PT. Bumi Sarana Beton – Jl. Ruas Tamangapa Raya  
= Rp. 1.450.000,-/ m<sup>3</sup>
- PT. Bumi Sarana Beton – Jl. Simpang Ir. Sutami  
= Rp. 1.230.000,-/ m<sup>3</sup>
- PT. Bumi Sarana Beton – Jl. Metro Tanjung Bunga  
= Rp. 952.000,-/ m<sup>3</sup>

- PT. Wika Beton – Jl. Ruas Tamangapa Raya  
= Rp. 1.180.000,-/ m<sup>3</sup>
- PT. Wika Beton – Jl. Simpang Ir. Sutami  
= Rp. 1.115.000,-/ m<sup>3</sup>
- PT. Wika Beton – Jl. Metro Tanjung Bunga  
= Rp. 1.380.000,-/ m<sup>3</sup>
- PT. ABP (Batching Plant) – Jl. Ruas Tamangapa Raya  
= Rp. 877.000,-/ m<sup>3</sup>
- PT. ABP (Batching Plant) – Jl. Simpang Ir. Sutami  
= Rp. 1.130.000,-/ m<sup>3</sup>
- PT. ABP (Batching Plant) – Jl. Metro Tanjung Bunga  
= Rp. 1.480.000,-/ m<sup>3</sup>

Biaya transportasi selengkapx dapat dilihat pada table berikut :

**Tabel 4.1**

Biaya Transportasi

Tujuan Sumber	Jln. Ruas Tamangapa Raya	Jln. Simpang Ir. Sutami	Jln. Metro Tanjung Bunga
PT. Bumi Sarana Beton	Rp. 1.450.000,- /m <sup>3</sup>	Rp. 1.230.000,-/m <sup>3</sup>	Rp. 952.000,- /m <sup>3</sup>
PT. Wika Beton	Rp. 1.180.000,- /m <sup>3</sup>	Rp. 1.115.000,-/m <sup>3</sup>	Rp. 1.380.000,- /m <sup>3</sup>
PT. ABP (Batching Plant)	Rp. 877.000,-/m <sup>3</sup>	Rp. 1.130.000,-/m <sup>3</sup>	Rp. 1.480.000,- /m <sup>3</sup>

Sumber : Data hasil wawancara

## 4.2 Bentuk Analisis

Bentuk analisis yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah dengan menentukan solusi awal terlebih dahulu menggunakan metode North West Corner Rule, kemudian mencari solusi optimal dengan menggunakan metode Stepping Stone.

Setelah biaya distribusi optimal telah ditentukan menggunakan metode stepping stone, selanjutnya dilakukan perbandingan menggunakan program POM-QM untuk memberi keyakinan bahwa biaya yang telah ditemukan benar-benar optimal.

Dalam mendistribusikan material dari daerah asal ke daerah tujuan masing-masing proyek menggunakan metode tersendiri. Adapun biaya distribusi transportasi material antara lain, yaitu :

- Pekerjaan pembangunan Jalan Ruas Tamangapa Raya – Sulawesi selatan sebesar Rp. 2.030.046.000,-
- Pekerjaan pembangunan Jalan Simpang Ir. Sutami – Rumah Sakit Gratis Klas III Makassar sebesar Rp. 1.242.796.766,-
- Pekerjaan pekerasan jalan beton dan Kanteen Metro Tanjung Bunga sebesar Rp. 509.230.960,-

**4.2.1 Analisis dengan menggunakan Metode North West Corner Rule sebagai Solusi Awal**

**Tabel 4.2**

Langkah 1. Masukan jumlah material yang dibutuhkan oleh setiap proyek pada baris Demand (permintaan).

Tujuan Sumber	Jln. Ruas		Jln. Simpang Ir.		Jln. Metro		Supply
	Tamangapa Raya		Sutami		Tanjung Bunga		
PT. Bumi Sarana Beton							
PT. Wika Beton							
PT. ABP (Batching Plant)							
<i>Demand</i>	1500		920		344		<b>2764</b>

**Tabel 4.3**

Langkah 2. Masukkan jumlah material yang dapat dipasok oleh setiap sumber pada kolom Supply (penawaran). Jumlah total Supply (penawaran) harus sama dengan jumlah total demand (permintaan).

Tujuan Sumber	Jln. Ruas		Jln. Simpang Ir.		Jln. Metro		<i>Supply</i>
	Tamangapa Raya		Sutami		Tanjung Bunga		
PT. Bumi Sarana Beton							484
PT. Wika Beton							1400
PT. ABP (Batching Plant)							880
<i>Demand</i>	1500		920		344		<b>2764</b>

Langkah 3. Masukkan biaya material pada kotak kecil disebelah kanan atas.

Tujuan Sumber	Jln. Ruas Tamangapa Raya		Jln. Simpang Ir. Sutami		Jln. Metro Tanjung Bunga		<i>Supply</i>
	PT. Bumi Sarana Beton	1,450,000		1,230,000		952,000	
PT. Wika Beton	1,180,000		1,115,000		1,380,000	1400	
PT. ABP (Batching Plant)	877,000		1,130,000		1,480,000	880	
<i>Demand</i>	1500		920		344	<b>2764</b>	

Langkah 4. Alokasikan Jumlah material ke sel pojok kiri atas, sebanyak jumlah terkecil antar batasan penawaran dan permintaan pada sel tersebut.

$$\text{Min}(484, 344) = 344$$

Tujuan Sumber	Jln. Ruas Tamangapa Raya	Jln. Simpang Ir. Sutami	Jln. Metro Tanjung Bunga	Supply	
PT. Bumi Sarana Beton	344	1,450,000	1,230,000	952,000	484
PT. Wika Beton		1,180,000	1,115,000	1,380,000	1400
PT. ABP (Batching Plant)		877,000	1,130,000	1,480,000	880
<i>Demand</i>	1500	920	344	2764	

Langkah 5. Setelah mengisi sel tadi, kurangkan nilai penawaran pada baris sel tersebut dan nilai permintaan pada kolom sel tersebut jika hasil pengurangan pada batasan permintaan sama dengan nol ( $344-344$ ) = 0 dan hasil pengurangan pada batasan penawaran lebih besar dari nol ( $484-344=140$ )

Tujuan Sumber	Jln. Ruas		Jln. Simpang Ir.		Jln. Metro Tanjung		Supply
	Tamangapa Raya		Sutami		Bunga		
PT. Bumi Sarana Beton	344	1,450,000	140	1,230,000	952,000	484	
PT. Wika Beton		1,180,000		1,115,000	1,380,000	1400	
PT. ABP (Batching Plant)		877,000		1,130,000	1,480,000	880	
<i>Demand</i>		1500		920	344	2764	



Langkah 6. Jika hasil pengurangan terhadap penawaran pada baris sel tersebut sama dengan nol  $(344+140)-484=0$  Sedangkan hasil pengurangan terhadap permintaan pada kolom sel tersebut masih lebih besar dari nol  $(920-140=780)$ . Maka kita bergerak ke sel bawahnya.

Tujuan Sumber	Jln. Ruas		Jln. Simpang Ir.		Jln. Metro Tanjung		Supply
	Tamangapa Raya		Sutami		Bunga		
PT. Bumi Sarana Beton	344	1,450,000	140	1,230,000	952,000	484	
PT. Wika Beton		1,180,000	780	1,115,000	1,380,000	1400	
PT. ABP (Batching Plant)		877,000		1,130,000	1,480,000	880	
<i>Demand</i>		1500		920		344	2764

Langkah 7. Jika hasil pengurangan terhadap permintaan pada kolom sel tersebut nol  $((140+780)-920=0)$ . Sedangkan hasil pengurangan terhadap penawaran pada baris sel tersebut masih lebih besar dari nol  $(1400-780=620)$ , maka kita bergerak ke sel sebelah kanannya.

Tujuan Sumber	Jln. Ruas Tamangapa Raya		Jln. Simpang Ir. Sutami		Jln. Metro Tanjung Bunga		Supply
PT. Bumi Sarana Beton	344	1,450,000	140	1,230,000		952,000	484
PT. Wika Beton		1,180,000	780	1,115,000	620	1,380,000	1400
PT. ABP (Batching Plant)		877,000		1,130,000		1,480,000	880
<i>Demand</i>	1500		920		344		2764

Langkah 8. Jika hasil pengurangan terhadap penawaran pada baris sel tersebut nol  $((780+620)-1400=0)$ . Sedangkan hasil pengurangan terhadap permintaan pada kolom sel tersebut masih lebih besar dari nol  $(920-780=200)$ , maka kita bergerak ke sel bawahnya.

Tujuan Sumber	Jln. Ruas Tamangapa Raya		Jln. Simpang Ir. Sutami		Jln. Metro Tanjung Bunga		Supply
	PT. Bumi Sarana Beton	344	1,450,000	140	1,230,000		
PT. Wika Beton		1,180,000	780	1,115,000	620	1,380,000	1400
PT. ABP (Batching Plant)		877,000	200	1,130,000		1,480,000	880
<i>Demand</i>	1500		920		344		2764

Langkah 9. Jika hasil pengurangan terhadap permintaan pada baris sel tersebut nol ( $880-200=680$ ). Sedangkan hasil pengurangan terhadap penawaran pada baris sel tersebut masih lebih besar dari nol ( $>0$ ), maka kita bergerak ke sel sebelah kanannya.

Tujuan Sumber	Jln. Ruas Tamangapa Raya		Jln. Simpang Ir. Sutami		Jln. Metro Tanjung Bunga		Supply
	PT. Bumi Sarana Beton	344	1,450,000	140	1,230,000		
PT. Wika Beton		1,180,000	780	1,115,000	620	1,380,000	1400
PT. ABP (Batching Plant)		877,000	200	1,130,000	680	1,480,000	880
<i>Demand</i>		1500		920		344	2764

Langkah 10. Setelah seluruh sel terisi, hitung total biaya dari solusi awal model transportasi tersebut:

$$\begin{aligned} f(Z) &= (344 \times 1.450.000) + (140 \times 1.230.000) + (780 \times 1.115.000) + \\ & (200 \times 1.113.000) + (620 \times 1.380.000) + (680 \times 1.480.000) \\ &= 3.625.300.000 \end{aligned}$$

Ingat ini hanya solusi awal, sehingga tidak perlu optimum.

Untuk mengetahui komposisi pada tahap ini apakah sudah minimum, dilanjutkan dengan menggunakan Method of Multipliers, dimisalkan :

- PT. Bumi Sarana Beton = U1
- PT. Wika Beton = U2
- PT. ABP (Batching Plant) = U3
- Jln. Ruas Tamangapa Raya = V1
- Jln. Simpang Ir. Sutami = V2
- Jln. Metro Tanjung Bunga = V3

Penyelesaian :

- $U1 + V1 = 1,450,000$
- $U1 + V2 = 1,230,000$
- $U2 + V2 = 1,115,000$
- $U2 + V3 = 1,130,000$
- $U3 + V3 = 1,380,000$
- $U3 + V4 = 1,480,000$

Jika  $U = 0$ , maka  $V1 = 1,450,000$

$$V2 = 1,230,000$$

$$U2 = 1,115,000 - 1,230,000 = - 115,000$$

$$V3 = 1,130,000 + 115,000 = 1,245,000$$

$$U3 = 1,380,000 - 1,245,000 = 135,000$$

$$V4 = 1,480,000 - 135,000 = 1,345,000$$

Unit cost (bagian non basic) yaitu :

- $C13 = U1 + V3 - C13 = 0 + 1,245,000 - 952,000 = 293,000$
- $C21 = U1 + V1 - C21 = - 115,000 + 1,450,000 - 1,180,000 = 155,000$
- $C31 = U3 + V1 - C31 = 135,000 + 1,450,000 - 877,000 = 708,000$

C31 mempunyai nilai positif terbesar, maka X31 akan menjadi variable basic. Karena X31 akan berubah dari variable non basic menjadi variable basic maka dalam solusi tersebut harus ada yang dikeluarkan dari variable basic menjadi non basic, hal ini untuk menjaga keseimbangan antara supply and demand sehingga model tetap seimbang. Untuk menentukan variable yang akan keluar dapat digunakan metode Loop construction yaitu pembentukan polygon tertutup.

Tujuan Sumber	Jln. Ruas Tamangapa Raya		Jln. Simpang Ir. Sutami		Jln. Metro Tanjung Bunga		<i>Supply</i>
PT. Bumi Sarana Beton	344	1,450,000	140	1,230,000		952,000	484
PT. Wika Beton		1,180,000	780	1,115,000	620	1,380,000	1400
PT. ABP (Batching Plant)		877,000	200	1,130,000	680	1,480,000	880
<i>Demand</i>		1500		920		344	2764

Berdasarkan table variable yang akan keluar dari basic dan berubah menjadi variable non basic adalah X12 karena mempunyai nilai negative terkecil yaitu - ...

Tujuan Sumber	Jln. Ruas Tamangapa Raya		Jln. Simpang Ir. Sutami		Jln. Metro Tanjung Bunga		Supply
	PT. Bumi Sarana Beton	344	1,450,000		1,230,000	140	
PT. Wika Beton		1,180,000	920	1,115,000	480	1,380,000	1400
PT. ABP (Batching Plant)		877,000	200	1,130,000	680	1,480,000	880
<i>Demand</i>		1500		920		344	2764

Variabel yang termasuk dalam variable basic yaitu U1V1, U1V3, U2V2, U2V3, U3V3, U3V4, dan yang termasuk dalam variable yaitu U1V2, U1V4, U2V1, U2V4, U3V1 dan U3V2

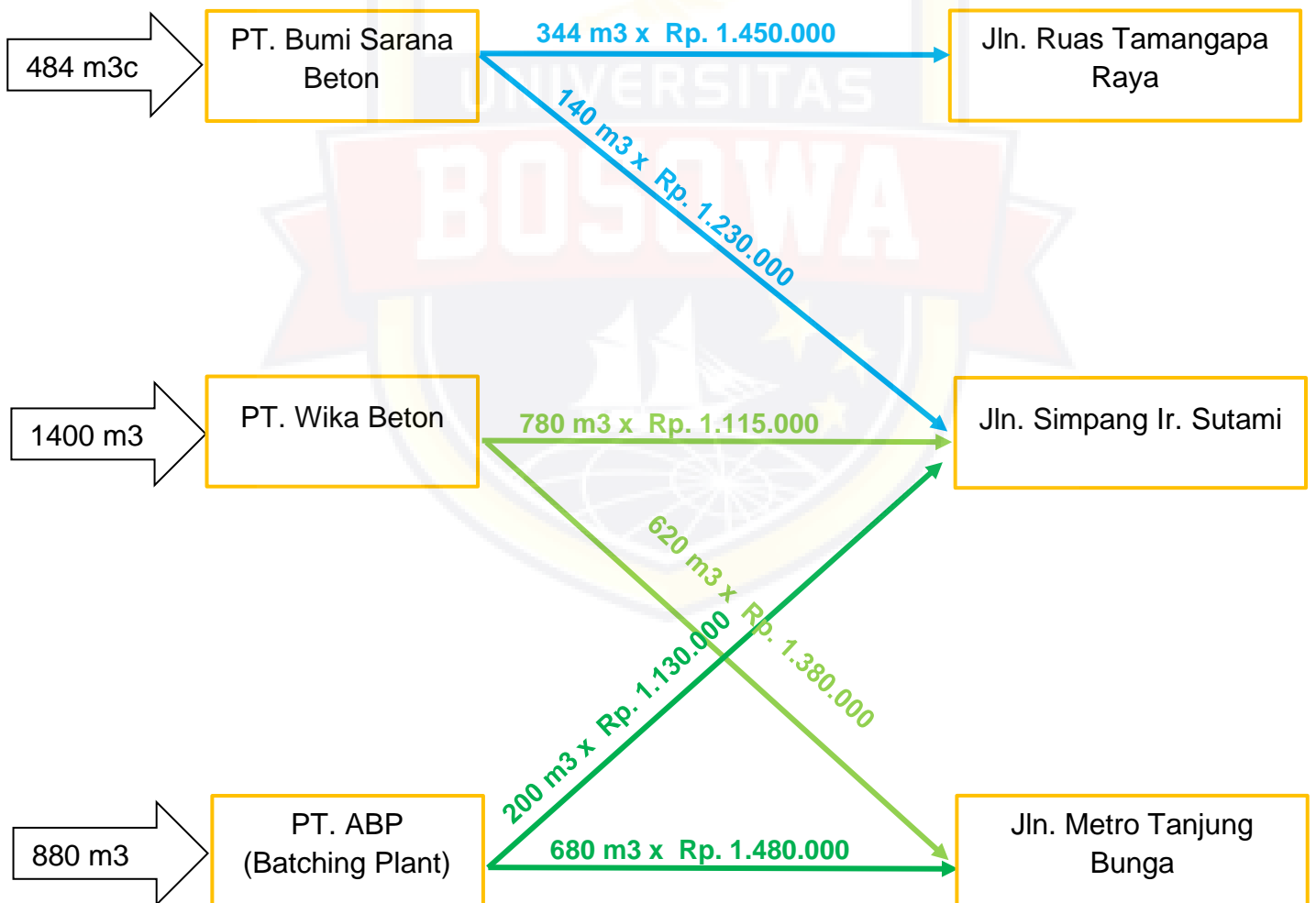


$$f(Z) = (344 \times 1,450,000) + (140 \times 952,000) + (920 \times 1,115,000) + (480 \times 1,380,000) + (200 \times 1.113.000) + (680 \times 1.480.000)$$

$$= 3,549,280,000$$

Maka biaya pada bagian basic untuk iterasi I adalah 3,549,280,000

Maka gambaran proses distribusi material Beton Ready Mix mutu K-350 pada Pekerjaan Jalan Beton dan Kansteen Metro Tanjung Bunga, Pembangunan Jalan Jln. Ruas Tamangapa Raya, Jln. Simpang Ir. Sutami, dan Jln. Metro Tanjung Bunga, dapat digambarkan sebagai berikut :



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis dengan menggunakan solusi awal yaitu metode North West Corner Rule kemudian dilanjutkan dengan Method Of Multipliers dan solusi optimal dengan metode stepping stone didapatkan distribusi material, sebagai berikut :

PT. Bumi Sarana Beton → Jln. Ruas Tamangapa Raya = 344 m<sup>3</sup>

PT. Bumi Sarana Beton → Jln. Metro Tanjung Bunga = 140 m<sup>3</sup>

PT. Wika Beton → Jln. Simpang Ir. Sutami = 920 m<sup>3</sup>

PT. Wika Beton → Jln. Metro Tanjung Bunga = 480 m<sup>3</sup>

PT. ABP (Batching Plant) → Jln. Simpang Ir. Sutami = 200 m<sup>3</sup>

PT. ABP (Batching Plant) → Jln. Metro Tanjung Bunga = 680 m<sup>3</sup>

Total anggaran proyek keseluruhan adalah sebesar **Rp 3,782,074,132,-**. Biayanya berkurang dengan menggunakan metode North west corner rule yaitu sebesar **Rp 3.625.300.000,-** . dan semakin optimum setelah menggunakan solusi optimal dengan metode stepping stone sebesar **Rp 3,549,280,000,-** jadi total penurunan biaya minimum untuk distribusi material Beton ready mix adalah sebesar **Rp 103,020,000,-**.

#### 5.2. Saran

1. Untuk perusahaan yang bergerak dibidang jasa konstruksi sebaiknya menerapkan model transportasi karena sangat membantu dalam mengatur proses distribusi material

dari sumber ke lokasi proyek dan juga dapat meminimumkan biaya material yang sejenis yang dibutuhkan dalam item pekerjaan konstruksi.

2. Penerapan model transportasi untuk penelitian dan study kasus berikutnya dapat digunakan sampel yang berbeda. Karena tidak hanya dikhususkan pada material saja tapi pada sampel apapun yang sejenis.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aminuddin. 2005. *Prinsip – prinsip Riset Operasi*. Jakarta : Erlangga.
- Ervianto, Wulfram I. 2004. *Teori – Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*.  
Yogyakarta : Andi.
- Damyati, Tjutju Tarlih dan Dimyati, Ahmad. 1992. *Operation Research*.  
Bandung : Sinar Baru Algensindo
- Mulyono, Sri. 2002. *Riset Operasi*. Jakarta : Lembaga Penerbit Universitas  
Indonesia.
- Rangkuti, Aidawayati. 2013. *7 Model Riset Operasi dan Aplikasinya*.  
Surabaya : Brilian Internasional.
- Siswanto. 2007. *Operation Research Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Siswanto. 2007. *Operation Research Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- Supranto, Johannes. 2013. *Riset Operasi : Untuk Pengambilan Keputusan*  
*Edisi ke 3*. Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada.
- Supranto, Johannes. 2006. *Riset Operasi : Untuk Pengambilan Keputusan*  
*Edisi ke 2*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Supranto, Johannes. 1998. *Riset Operasi untuk Pengambilan Keputusan*.  
Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Taha, Hamdy A. 1997. *Riset Operasi Suatu Pengantar Jilid 1*. Tangerang :  
Binarupa Aksara.
- Wijaya, Andi. 2013. *Pengantar Riset Operasi*. Jakarta : Mitra Wacana  
Media.