

APLIKASI METODE *STEPPING-STONE* UNTUK OPTIMASI PERENCANAAN BIAYA PADA SUATU PROYEK KONSTRUKSI (STUDI KASUS: PROYEK PEMELIHARAAN RUAS JALAN DI SENDUK, TINOOR, DAN RATAHAN)

Nurjuliawati Putri Haji Ali

H. Tarore, D. R. O. Walangitan, M. Sibi

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: putryhajiali@yahoo.com

ABSTRAK

Pengadaan material dalam rangka pelaksanaan suatu proyek lebih dipengaruhi oleh komponen biaya dan waktu dibanding dengan komponen mutunya. Efisiensi Biaya suatu proyek dalam hal pengadaan material, sangat dipengaruhi oleh perencanaan transportasi yang dilakukan. Hal ini disebabkan biaya kegiatan pendistribusian material ke lokasi proyek berhubungan langsung dengan transportasi yang sudah direncanakan

*Optimasi adalah suatu usaha untuk menentukan solusi yang terbaik dari sejumlah alternatif dengan berbagai kendala yang ada pada suatu model. Optimasi biaya dalam menyelesaikan suatu permasalahan merupakan solusi terbaik yang dapat dilakukan untuk memperoleh biaya termurah. Tujuan evaluasi ini adalah menentukan ada tidaknya rencana pengiriman yang lebih baik. Salah satu metode untuk menyelesaikan suatu model transportasi adalah metode *Stepping-stone**

*Untuk menunjukkan penggunaan metode *Stepping-Stone* dapat digunakan dalam perencanaan biaya optimum pada proses pendistribusian bahan maka diaplikasikan pada tiga proyek pekerjaan jalan yaitu: Proyek Pemeliharaan Jalan Senduk, Kabupaten Minahasa Selatan; Proyek Pengaspalan Jalan Tinoor, Kabupaten Minahasa Induk, dan Proyek Pemeliharaan Jalan Pangu, Kabupaten Minahasa Tenggara.*

*Dengan menggunakan Metode *Stepping-Stone*, maka didapat biaya optimum untuk proses distribusi material khususnya kerikil dengan total biaya sebesar Rp. 498.562.675,00. Biaya optimum diperoleh dari perencanaan distribusi material sebagai berikut: Untuk proyek ruas jalan Senduk, jumlah kebutuhan split 1-2 cm yaitu sebesar 319 m³ dan semuanya diambil dari Sumber Material Tateli. Untuk proyek ruas jalan Tinoor, jumlah kebutuhan split 1-2 cm yaitu sebesar 1275 m³ dan suplai diambil dari Sumber Material Kema sebesar 694 m³ dan Sumber Material Tateli sebesar 581 m³. Untuk proyek ruas jalan Pangu, jumlah kebutuhan split 1-2 cm yaitu sebesar 425 m³ dan suplai diambil dari Sumber Material Kema sebesar 156 m³ dan Sumber Material Kinilow sebesar 269 m³.*

Kata kunci : *Stepping Stone, Cost, Supply, Demand*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada industri jasa konstruksi terdapat tiga komponen utama, yaitu biaya, waktu dan mutu. Masing-masing komponen memegang peranan penting dan saling bergantung antara satu dengan yang lainnya. Keberhasilan suatu industri jasa konstruksi tidak lepas dari pengoptimalan pelaksanaan ketiga komponen ini.

Pengadaan material dalam rangka pelaksanaan suatu proyek lebih dipengaruhi

oleh komponen biaya dan waktu dibanding dengan komponen mutunya. Biaya suatu proyek, dalam hal pengadaan material, efisiensinya sangat dipengaruhi oleh perencanaan transportasi yang akan dilakukan. Hal ini disebabkan biaya kegiatan pendistribusian material ke lokasi proyek berhubungan langsung dengan transportasi yang sudah direncanakan.

Berdasarkan hal ini maka peneliti mengambil judul "Aplikasi Metode *Stepping-Stone* untuk Optimasi Perencanaan Biaya Pada Suatu Proyek Konstruksi".

Perumusan Masalah

Pokok permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana mengatur proses distribusi material apabila ada beberapa lokasi sumber material dan beberapa lokasi tujuan atau lokasi proyek yang berbeda dan membutuhkan bahan material yang sama, yang akan menghasilkan biaya yang paling optimum.

Pembatasan Masalah

Penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

- Perencanaan biaya optimum untuk pendistribusian bahan, peninjauannya hanya dihubungkan dengan komponen biaya dari proyek. Hubungan pendistribusian bahan ini tidak dihubungkan dengan komponen jadwal pelaksanaan proyek.
- Tidak meninjau spesifikasi teknik yang disyaratkan.

Tujuan Penulisan

Penelitian ini bertujuan untuk mencari biaya yang paling optimum dengan membuat suatu perencanaan dalam mengatur proses distribusi material dengan menggunakan metode *Stepping –Stone*.

LANDASAN TEORI

Proyek Konstruksi

Konstruksi telah memasuki semua bidang kehidupan manusia, dan sifat keragaman bidang tersebut dicerminkan pula dalam proyeknya. Untuk itu sangatlah sulit mengklasifikasikan jenis-jenis proyek konstruksi. Salah satu tipe proyek konstruksi yakni konstruksi perumahan/permukiman.

Konstruksi ini meliputi pembangunan rumah tinggal, rumah susun, kompleks perumahan dan pengembangan wilayah permukiman.

Klasifikasi Proyek Perumahan

Perumahan dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa macam kriteria. Menteri Perumahan Rakyat (MENPERA) membagi tiga kelompok perumahan atas dasar kriteria spesifikasi dan luas bangunan, yaitu kelompok rumah sederhana, kelompok rumah menengah dan kelompok rumah mewah.

Biaya

Dalam melaksanakan suatu proyek pekerjaan mulai dari ide sampai pada operasi membutuhkan macam-macam biaya. Seperti diketahui, unsur-unsur biaya pelaksanaan suatu pekerjaan dibagi dalam dua kategori 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.
- b. Biaya tidak langsung (*indirect cost*), yaitu pengeluaran untuk manajemen, supervisi dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam rangka proses pembangunan proyek.

Unsur yang termasuk dalam biaya langsung, adalah :

1. Biaya Material.
2. Biaya Upah.
Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, biaya upah dibedakan atas :
 - Upah Harian.
 - Upah Borongan.
 - Upah Berdasarkan Produktivitas.
3. Biaya Peralatan.
4. Biaya Sub – Kontraktor.

Unsur-unsur biaya tak langsung adalah:

1. Gaji Pegawai
2. Biaya Umum Perkantoran
3. Biaya Pengadaan Sarana Umum

Tarif Angkutan

Kategori Tarif Angkutan.

Tarif transportasi dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Tarif menurut kelas (*Class rate*).
2. Selain tarif menurut kelas ada tarif lain yang tarifnya lebih rendah daripada *class rate*, tarif ini dinamakan tarif pengecualian.
3. Tarif perjanjian/kontrak.

Jenis Tarif Angkutan.

Tarif angkutan adalah suatu daftar yang memuat harga-harga untuk para pemakai jasa angkutan yang disusun secara teratur. Pembebanan dalam harga dihitung menurut kemampuan transportasi.

Adapun jenis tarif yang berlaku dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Tarif Menurut Trayek.
2. Tarif Lokal.
3. Tarif Diferensial.
4. Tarif Peti Kemas (*Container*).

Hubungan Distribusi Material dan Transportasi

Transportasi dan Distribusi.

Transaksi perdagangan adalah proses pemindahan barang dari penjual kepada pembeli dengan pembayaran yang dilakukan pembeli kepada penjual. Beralih atau perpindahan barang dagangan tersebut dapat terjadi melalui:

1. Dari gudang (stock) yang dimiliki penjual, menuju gudang/tempat yang ditunjuk oleh pembeli.
2. Dari pabrik dimana barang tersebut diproduksi menuju gudang/tempat yang ditunjuk oleh pembeli.
3. Dari gudang/daerah pertanian atau perkebunan dimana barang (hasil pertanian) tersebut dihasilkan menuju gudang/tempat yang ditunjuk oleh pembeli.
4. Dari lokasi pertambangan (barang tambang) menuju gudang/tempat dimana barang tersebut dibutuhkan.

Material Handling dan Transportasi.

Pengertian material *handling* yaitu merupakan kegiatan mengangkat, mengangkut dan meletakkan bahan-bahan dan barang-barang dengan menggunakan alat transportasi. Dalam material handling yang harus diperhatikan ialah peralatan (alat angkut) yang digunakan yaitu terdiri dari alat mekanis atau non mekanis. Tujuan utama dari material handling ialah memindahkan barang dari satu titik ke titik lain dengan biaya minimum tanpa ada pengulangan dalam handling serta mengurangi waktu keterlambatan (*delay*) untuk pengangkutan tersebut.

Pengertian Saluran Distribusi

Sistem pendistribusian adalah sistem pengangkutan atau penyaluran yaitu berhubungan dengan pengangkutan suatu komunitas dari berbagai sumber ke titik permintaan. Sedangkan distribusi sendiri mempunyai pengertian kegiatan penyaluran barang atau jasa dari satu tempat ke tempat yang lain.

Model Transportasi

Pengertian Model Transportasi

Model Transportasi adalah suatu metode yang digunakan untuk mengatur distribusi suatu produk (barang-barang) dari sumber-sumber yang menyediakan produk (misalnya pabrik) ke tempat-tempat tujuan (misalnya gudang) secara optimal.

Tujuan dari model ini adalah menentukan jumlah yang harus dikirim dari setiap sumber ke setiap tujuan sedemikian rupa dengan total biaya transportasi minimum. (Tamin, 2000)

Asumsi Dasar dan Pemodelan.

Model transportasi adalah model pemindahan penumpang atau barang dari satu tempat ke tempat lain. Menurut Taha (1997) sesuai dengan namanya, model ini berkaitan dengan penentuan rencana biaya terendah untuk mengirim sesuatu dari sejumlah sumber ke sejumlah tujuan.

Data ini mencakup :

- a. Tingkat penawaran di setiap sumber dan jumlah permintaan di setiap tujuan.
- b. Biaya transportasi per unit barang dari setiap sumber ke setiap tujuan. (Taha, 1997)

Aplikasi Model Transportasi.

Sebuah sumber atau tujuan diwakili dengan sebuah node. Busur yang menghubungkan sebuah sumber dan sebuah tujuan mewakili rute pengiriman barang tersebut. Jumlah penawaran di sumber i adalah a_i dan permintaan di tujuan j adalah b_j . Biaya unit transportasi antara sumber i dan tujuan j adalah C_{ij} .

Anggaplah X_{ij} mewakili jumlah barang yang di kirim dari sumber i ke tujuan j , maka model Pemrograman Linier yang mewakili masalah transportasi ini secara umum adalah :

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

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

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

$$X_{ij} \geq 0, \text{ Untuk semua } i \text{ dan } j$$

Kelompok batasan pertama menetapkan bahwa sejumlah pengiriman dari sebuah sumber tidak melebihi tawarannya. Demikian

pula kelompok batasan kedua mengharuskan bahwa jumlah pengiriman ke sebuah tujuan harus memenuhi permintaan.

Keseimbangan Model Transportasi

Suatu model transportasi dikatakan seimbang apabila total *supply* (sumber) sama dengan total *demand* (tujuan).

Dengan kata lain :

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

Dimana : a_i = sumber

b_j = tujuan

Dalam persoalan transportasi yang sebenarnya, batasan ini tidak selalu terpenuhi, atau dengan kata lain, jumlah *supply* yang tersedia mungkin lebih besar atau lebih kecil dari jumlah yang diminta. Jika hal ini terjadi, maka model persoalannya tersebut sebagai model yang tidak seimbang (*unbalanced*). Jika jumlah *demand* melebihi jumlah *supply*, maka dibuat suatu sumber *dummy* yang akan mensupply, kekurangan tersebut yaitu sebanyak :

$$\sum b_j - \sum a_i, \sum b_j > \sum a_i \rightarrow \sum b_j = \sum a_i + d_j$$

Sebaiknya, jika jumlah *supply* melebihi jumlah *demand*, maka dibuat suatu tujuan *dummy* untuk menyerap kelebihan tersebut, yaitu sebanyak :

$$\sum a_i - \sum b_j, \sum b_j < \sum a_i \rightarrow \sum a_i = \sum b_j + d_j$$

Ongkos transportasi per unit (C_{ij}) dari sumber *dummy* ke seluruh tujuan adalah nol. Hal ini dapat dipahami karena pada kenyataannya dari sumber *dummy* tidak terjadi pengiriman. Begitu pula dengan ongkos transportasi per unit (C_{ij}) dari semua sumber ke tujuan *dummy* adalah nol.

Metode Transportasi

Model yang digunakan dalam mengerjakan penelitian ini yaitu model transportasi. Model ini berkaitan dengan penentuan rencana berbiaya terendah untuk mengirimkan barang dari sejumlah sumber (daerah asal pengiriman), yaitu dari asal material ke sejumlah proyek perumahan. Dalam model ini mencakup :

1. Jumlah persediaan setiap sumber dan jumlah permintaan di setiap tujuan.
2. Biaya transportasi per unit barang dari setiap sumber ke setiap tujuan.

Untuk memecahkan masalah dalam model transportasi ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan solusi basis awal yang dapat dilakukan dengan metode Vogel.
2. Menentukan variabel masuk (variabel nonbasis yang akan menjadi variabel basis) dari variabel-variabel bukan basis. Bila semua variabel sudah memenuhi kondisi optimum, maka pengerjaan langkah dihentikan. Bila belum lanjutkan ke langkah ketiga.
3. Menentukan variabel keluar (variabel basis yang akan meninggalkan basis) di antara variabel-variabel basis yang ada, kemudian menghitung solusi baru.

Teori Optimasi

Optimasi adalah suatu usaha untuk menentukan solusi yang terbaik dari sejumlah alternatif dengan berbagai kendala yang ada pada suatu model. (Bronson, 1996) Hal ini hanya dapat dilakukan apabila dalam pemecahan suatu permasalahan terdapat berbagai macam alternatif penyelesaian, atau dengan kata lain terdapat kebebasan pilihan (*freedom of choice*) dalam penyelesaian suatu masalah.

Jadi dapat disimpulkan bahwa optimasi adalah suatu proses untuk memilih atau mendapatkan alternatif terbaik dari berbagai macam alternatif penyelesaian masalah dengan memperhatikan berbagai kendala yang ada.

Masalah dan Pemecahan Biaya Transportasi

Langkah-langkah dasar ini dapat ditulis sebagai berikut :

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

Model Transportasi Tidak Seimbang

Sering pada kenyataannya, timbul permasalahan yang modelnya dalam kondisi tidak seimbang. Seperti contoh, situasi

dimana jumlah permintaan atau kebutuhan lebih besar dari jumlah penawaran atau yang di tawarkan, ataupun sebaliknya. Untuk mengkompensasi perbedaan ini, maka di tambahkan baris atau kolom “dummy “ , seperti contoh pada tabel berikut :

Tabel 1. Model Transportasi Tidak Seimbang

Ke \ Dari		A	B	C	Pasokan
1		C_{1A}	C_{1B}	C_{1C}	
	X_{1A}		X_{1B}	X_{1C}	
2		C_{2A}	C_{2B}	C_{2C}	
	X_{2A}		X_{2B}	X_{2C}	
3		C_{3A}	C_{3B}	C_{3C}	
	X_{3A}		X_{3B}	X_{3C}	
Dummy		0	0	0	
	Permintaan				

Penentuan Solusi Basis Awal

Saat semua inputan yang dibutuhkan telah dipenuhi dari tiap-tiap sumber, tiap-tiap transit, dan tiap-tiap tujuan baik dalam hal kapasitas, biaya yang diperlukan, serta waktu yang dibutuhkan untuk menempuh dari satu tempat ke tempat lainnya, maka ditentukan penentuan solusi basis awal, yaitu penentuan solusi sementara yang merupakan alokasi dari sumber ke tujuan.

Optimasi Biaya Pendistribusian dengan Metode Stepping-Stone

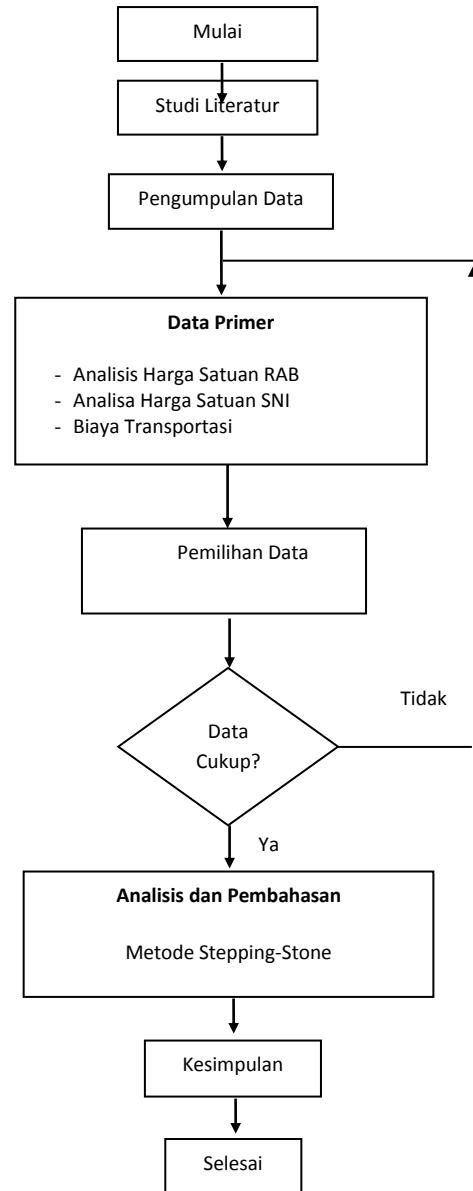
Langkah-langkah yang diambil pada metode Stepping-stone adalah sebagai berikut :

1. Tentukan lintasan stepping-stone dan perubahan biaya untuk tiap sel yang kosong dalam tabel.
2. Alokasikan sebanyak mungkin ke sel kosong yang menghasilkan penurunan biaya terbesar.
3. Ulangi langkah 1 dan 2 sampai semua sel kosong memiliki perubahan biaya positif yang mengindikasikan tercapainya solusi optimal.(Subagyo, 2000)

METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian

Adapun penelitian ini mengikuti bagan alir seperti pada Gambar 1. ini :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian.

Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di seputaran wilayah Kota Manado dan waktu penelitian dimulai sekitar bulan Oktober tahun 2012.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini bersifat terapan dengan kajian literatur dimana metode yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Studi kepustakaan yang berkaitan dengan penulisan ini sebagai bahan kajian dari segi teoritis.
 2. Pengamatan data proyek melalui konsultasi dengan pihak terkait.
 3. Studi langsung di lapangan.
- Data jumlah dan harga material batu pecah yang dapat disuplai/disediakan oleh sumber-sumber material (Stone Crusher).
 - Data biaya angkutan dari sumber material ke lokasi proyek.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan persiapan penelitian, dengan menentukan judul penelitian, melakukan studi kepustakaan berupa buku-buku yang berhubungan dengan pembahasan materi atau studi literatur yang akan menjadi acuan dalam pengolahan data, membuat surat tugas ke proyek untuk pengambilan data sebagai proses pelaksanaan penelitian, melakukan pengamatan pada proyek, melakukan wawancara pada staf-staf proyek untuk mengetahui hal-hal apa saja yang dapat dijadikan data penelitian.

PEMBAHASAN

Tinjauan Umum Proyek

Untuk menunjukkan penggunaan metode Stepping-Stone dapat digunakan dalam perencanaan biaya optimum pada proses pendistribusian bahan maka diaplikasikan pada tiga proyek pekerjaan jalan yaitu: Proyek Pemeliharaan Jalan Senduk, Kabupaten Minahasa Selatan; Proyek Pengaspalan Jalan Tinoor, Kabupaten Minahasa Induk, dan Proyek Pemeliharaan Jalan Pangu, Kabupaten Minahasa Tenggara. Pekerjaan dari proyek-proyek ini bukanlah inti dari karya tulis ini tetapi hanya dijadikan contoh untuk bagaimana merencanakan suatu proses distribusi material untuk mendapatkan biaya yang paling optimum. Ketiga proyek di atas adalah proyek-proyek pekerjaan pengaspalan jalan dengan jenis pekerjaan Laston Aus AC-WC yang membutuhkan bahan material batu pecah sebagai salah satu material yang dominan.

Pengolahan Data

Data-data yang diambil dan yang akan digunakan untuk menerapkan metode Stepping-Stone pada proses distribusi bahan material batu pecah di ketiga proyek diatas adalah:

- Data jumlah kebutuhan material batu pecah ditiap-tiap lokasi proyek.

Data Kebutuhan Bahan Material Batu Pecah

Kebutuhan bahan material batu pecah di tiap-tiap lokasi proyek berbeda-beda yaitu :

- a. Proyek Pekerjaan Pemeliharaan Jalan Senduk.

Panjang ruas jalan = 1500 m dengan lebar sebesar 6 meter.

Dengan demikian Luas Ruas Jalan : $1500 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 9000 \text{ m}^2$.

Pada proyek ini material batu pecah di gunakan pada pekerjaan Laston Aus AC-WC dengan uraian sebagai berikut :

Pekerjaan Lapis Aus AC-WC

→ volume = 9000 m^2 .

Sesuai dengan daftar analisa harga satuan pada proyek ini, untuk tiap 1 m^2 , membutuhkan batu pecah ukuran 1-2 cm, yaitu :

Ukuran 1-2 cm, dengan volume = $0,0354 \text{ m}^3$

Jadi, jumlah material batu pecah yang dibutuhkan adalah :

$$= \text{Volume batu pecah} \times \text{Volume pekerjaan Laston AC-WC}$$

$$= 0,0354 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 9000 \text{ m}^2$$

$$= 318,6 \text{ m}^3.$$

- b. Proyek Pekerjaan Pemeliharaan Jalan Tinoor (Ruas Jalan Manado-Tomohon).

Panjang ruas jalan = 6000 m dengan lebar sebesar 6 meter.

Dengan demikian Luas Ruas Jalan : $6000 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 36000 \text{ m}^2$.

Pada proyek ini material batu pecah di gunakan pada pekerjaan Laston Aus AC-WC dengan uraian sebagai berikut :

Pekerjaan Lapis Aus AC-WC

→ volume = 36000 m^2 .

Sesuai dengan daftar analisa harga satuan pada proyek ini, untuk tiap 1 m^2 , membutuhkan batu pecah ukuran 1-2 cm, yaitu :

Ukuran 1-2 cm, dengan volume = $0,0354 \text{ m}^3$

Jadi, jumlah material batu pecah yang dibutuhkan adalah :

$$= \text{Volume batu pecah} \times \text{Volume pekerjaan Laston AC-WC}$$

$$= 0,0354 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 36000 \text{ m}^2$$

$$= 1274,4 \text{ m}^3.$$

c. Proyek Pekerjaan Pemeliharaan Jalan Pangu.

Panjang ruas jalan = 2000 m dengan lebar sebesar 6 meter.

Dengan demikian Luas Ruas Jalan : $2000 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 12000 \text{ m}^2$.

Pada proyek ini material batu pecah di gunakan pada pekerjaan Laston Aus AC-WC dengan uraian sebagai berikut :

Pekerjaan Lapis Aus AC-WC

→ volume = 12000 m^2 .

Sesuai dengan daftar analisa harga satuan pada proyek ini, untuk tiap 1 m^2 , membutuhkan batu pecah ukuran 1-2 cm, yaitu :

Ukuran 1-2 cm, dengan volume = $0,0354 \text{ m}^3$

Jadi, jumlah material batu pecah yang dibutuhkan adalah :

$$= \text{Volume batu pecah} \times \text{Volume pekerjaan Laston AC-WC}$$

$$= 0,0354 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 12000 \text{ m}^2$$

$$= 424,8 \text{ m}^3.$$

Jumlah total kebutuhan bahan material batu pecah untuk 3 lokasi proyek, dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Proyek Pekerjaan Pemeliharaan Jalan Senduk.

Ukuran 1-2 cm, = 319 m^3

b. Proyek Pekerjaan Pemeliharaan Jalan Tinoor (Ruas Jalan Manado-Tomohon).

Ukuran 1-2 cm, = 1275 m^3

c. Proyek Pekerjaan Pemeliharaan Jalan Pangu.

Ukuran 1-2 cm, = 425 m^3

Kuantitas Suplier

Berikut adalah data tiga lokasi sumber material dengan jumlah dan harga material yang dapat di suplai dari tiga lokasi tersebut :

Tabel 2. Data Lokasi Sumber Material

Lokasi Stone Crusher	Ukuran batu (cm)	Harga / m ³ (Rp)	Jumlah yg dpt disuplai (m ³)
Kema (PT. Bitung Sejahtera)	1-2	205,000	850
Kinilow (PT. Dinasty)	1-2	225,000	1000
Tateli (PT. Utama Karya)	1-2	210,000	900

Data biaya angkutan dari lokasi sumber material ke lokasi proyek.

Data biaya angkutan yang akan digunakan pada metode Stepping-stone adalah data biaya angkutan tiap 1 m^3 dari tiga lokasi stone crusher ke tiga lokasi proyek. Disini akan menimbulkan beberapa rute dan jarak antara tiga lokasi sumber dan tiga lokasi tujuan/proyek yang juga akan menimbulkan beberapa biaya angkutan menurut rute dan jarak tersebut.

Data yang didapat dilapangan adalah :

- Biaya sewa 1 unit Dump Truck = Rp. 400.000.- / hari
- Bahan bakar (solar) 1 unit Dump Truck (60 liter / hari) (1 ltr = Rp. 6000.-) = $60 \times \text{Rp.6000.-}$ = Rp. 360.000.- / hari
- Upah/gaji sopir = Rp. 100.000.- / hari
- Biaya total angkutan 1unit Dump Truck = Rp. 860.000.- / hari

Untuk mencari berapa biaya angkutan tiap 1 m^3 dari rute-rute tersebut maka dibutuhkan kapasitas yang dapat diangkut per hari oleh 1 unit dump truck untuk rute-rute yang ada. Menurut data di lapangan, ini dapat dilihat pada Tabel 3. Berikut.

Tabel 3. Retasi 1 unit Dump Truck/hari.(Ret.)

Dari \ Ke	Ke		
	Senduk	Tinoor	Pangu
Kema	4	6	5
Kinilow	7	9	6
Tateli	8	5	3

Ket.: 1 Ret = 1 kali angkutan pergi-pulang

Kapasitas angkut 1 unit Dump Truck = 4 m^3 , maka :

Tabel 4. Kubikasi (kapasitas angkut) 1 unit Dump Truck / hari (m³)

Dari \ Ke	Ke		
	Senduk	Tinoor	Pangu
Kema	16	24	20
Kinilow	28	36	24
Tateli	32	20	12

Biaya angkutan tiap 1 m^3 di tiap rute sama dengan biaya total 1 unit Dump Truck/hari dibagi dengan jumlah kubikasi atau jumlah (m^3) yang dapat diangkut 1 unit Dump Truck dalam 1 hari pada 1 rute. Seperti terlihat pada Tabel 5 dibawah ini :

Tabel 5. Biaya angkutan untuk 1 m³ (Rp)

Dari	Ke		
	Senduk	Tinoor	Pangu
Kema	53,750	35,850	43,000
Kinilow	30,725	28,900	35,850
Tateli	26,875	43,000	71,675

Aplikasi

Tabel 6. Biaya total untuk 1 m³ (Rp)

Dari	Ke		
	Senduk	Tinoor	Pangu
Kema	258,750	240,850	248,000
Kinilow	255,725	253,900	260,850
Tateli	236,875	253,000	281,675

Jadi, total biaya untuk batu pecah ukuran 1-2 cm yang harus dikeluarkan oleh kontraktor pada ketiga proyek ini adalah sebesar Rp. 498,562,675.-. Harga tersebut adalah total biaya transportasi yang sudah termasuk biaya bahan material itu sendiri dan merupakan biaya yang paling optimum dalam proses pendistribusian pada permasalahan ini.

Adapun proses distribusi serta banyaknya material yang didistribusikan tersebut dapat diuraikan dalam Tabel 7. berikut ini :

Lokasi proyek	Supply	Ruas Jalan		
		Senduk	Tinoor	Pangu
Sumber material	m ³	m ³	m ³	m ³
Demand		319	1275	425
Kema (PT. Bitung Sejahtera)	850		694	156
Kinilow (PT. Dynasty)	1000			269
Tateli (PT. Hutama Karya)	900	319	581	

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan Metode Stepping-Stone, maka didapat biaya optimum untuk proses distribusi bahan material khususnya kerikil dengan total biaya sebesar Rp. 498.562.675,00.
2. Biaya optimum diperoleh dari perencanaan distribusi material sebagai berikut :
 - Untuk proyek ruas jalan Senduk, jumlah kebutuhan split 1-2 cm yaitu sebesar 319 m³ dan semuanya diambil dari Sumber Material Tateli.
 - Untuk proyek ruas jalan Tinoor, jumlah kebutuhan split 1-2 cm yaitu sebesar 1275 m³ dan suplai diambil dari Sumber Material Kema sebesar 694 m³ dan Sumber Material Tateli sebesar 581 m³.
 - Untuk proyek ruas jalan Pangu, jumlah kebutuhan split 1-2 cm yaitu sebesar 425 m³ dan suplai diambil dari Sumber Material Kema sebesar 156 m³ dan Sumber Material Kinilow sebesar 269 m³.

Saran

Diharapkan supaya penentuan solusi awal berdasarkan metode *Least Cost* dilakukan dengan teliti sehingga mendekati solusi optimalnya. Hal ini sangat penting untuk mengurangi proses pemakaian loop supaya tidak terlalu berlebihan.

DAFTAR PUSTAKA

Bronson, R., 1996. “ *Teori dan Soal-Soal Operation Research* ”, Jakarta, Erlangga.
 Subagyo, P., 2000. “ *Dasar-Dasar Operation Research* ”, Edisi 2, BPFE, Yogyakarta.
 Taha, H., 1997 “ *Riset Operasi* ”, Binarupa Aksara, Jakarta.
 Tamin, O., Z., 2000. “ *Perencanaan dan Permodelan Transportasi* ”, Erlangga, Jakarta.