

SKRIPSI

**STUDI OPTIMASI ZONA TRANSPORTASI ALAT BERAT TOWER
CRANE DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM LINEAR :
MODEL TRANSSHIPMENT
(STUDI KASUS MENARA SOEKARNO HATTA (AN AMI) MALANG)**



Di Susun oleh :

**ONES RANTELILI
07.21.070**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2011**

LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI

**STUDI OPTIMASI ZONA TRANSPORTASI ALAT BERAT
TOWER CRANE DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM
LINEAR: MODEL TRANSSHIPMENT
(STUDI KASUS MENARA SOEKARNO HATTA (AN AMI) MALANG)**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil
Institut Teknologi Nasional*

Disusun Oleh :

ONES RANTELILI

07.21.070

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Ir H. Ibnu Hidayat P.J., MT

Dosen Pembimbing II



Lila Ayu Ratna W., ST, MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1,



Ir.H.Hirijanto, MT

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI OPTIMASI ZONA TRANSPORTASI ALAT BERAT TOWER CRANE DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM LINEAR: MODEL TRANSSHIPMENT

(Studi Kasus Menara Soekarno Hatta (AN AMI) Malang)

SKRIPSI

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi

Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Selasa

Tanggal : 23 Agustus 2011

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

ONES RANTELILI

07.21.070

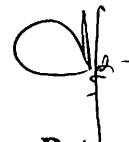
Disahkan Oleh :

Ketua



Ir. H. Hirijanto, MT

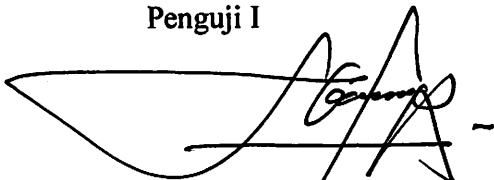
Sekretaris



Lila Ayu Ratna W., ST, MT

Anggota Penguji :

Penguji I



Ir. Tiong Iskandar, MT

Penguji II



Ir. H. Edi Hargono, D.P., MS

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

2011

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ones Rantelili
Nim : 07.21.070
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik Sipil Dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya dengan judul :

**STUDI OPTIMASI ZONA TRANSPORTASI ALAT BERAT TOWER
CRANE DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM LINEAR : MODEL
TRANSSHIPMENT
(Studi Kasus Menara Soekarno Hatta (AN AMI) Malang)**

Adalah hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya

Malang, 23 Agustus 2011
Yang Membuat Pernyataan



(Ones Rantelili)

ABSTRAKSI

Ones Rantelili, 2011” : Studi Optimasi Zona Transportasi Alat Berat Tower Crane Dengan Menggunakan Program Linear: Model Transshipment (Studi Kasus Menara Soekarno Hatta (AN AMI) Malang, Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang. Dosen Pembimbing I : Ir Ibnu Hidayat P.J.,MT,Dosen Pembimbing II: Lila Ayu Ratna W.,ST,MT.

Proyek konstruksi saat ini sangat membutuhkan alat bantu untuk menunjang pekerjaan konstruksi. Salah satu alat bantu transportasi pada pekerjaan struktur adalah *tower crane*. Transportasi yang optimal dari *tower crane* merupakan bagian terpenting dalam pekerjaan konstruksi pada pekerjaan struktur sehingga perlu diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan transportasi yang optimal dari *tower crane* pada proyek *apartement* Menara Soekarno Hatta, Malang.

Pengolahan data dilakukan dengan mengidentifikasi data yang telah diperoleh seperti : data gambar, *time schedule*, data *tower crane*, dan data gudang, sehingga dapat mempengaruhi transportasi material dalam pelaksanaan proyek tersebut. Selanjutnya dengan model *transshipment* didapat efisiensi waktu dan biaya pengangkutan material yang paling optimal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *tower crane* 1 lebih optimal mengirim material ke zona A-1, A-3, A-4, B-1, B-3, B-4, C-1, C-3, C-4, D-1, D-3, D-4, E-1, E-3, E-4, F-1, F-3, F-4, G-1, G-3, G-4, H-1, H-3, H-4, I-1, I-3, I-4, J-1, J-3, J-4, K-1, K-3, K-4, L-1, L-3, L-4, M-1, M-3, M-4, N-1, N-3, N-4, O-1, O-3, O-4 dengan total waktu 187.327.665,7 m³/ menit, *tower crane* 2 lebih optimal mengirim material ke zona A-2, A-5, B-2, B-5, C-2, C-5, D-2, D-5, E-2, E-5, F-2, F-5, G-2, G-5, H-2, H-5, I-2, I-5, J-2, J-5, K-2, K-5, L-2, L-5, M-2, M-5, N-2, N-5, O-2, O-5 dengan total waktu 117.797.603,2 m³/ menit. Dengan model *transshipment* didapatkan total biaya yang optimal sebesar Rp 218.015.115,00.

Kata kunci : Optimasi, Alat Berat

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya ,maka saya dapat menyelesaikan Skripsi yang merupakan persyaratan menempuh kegiatan akademis di lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang khususnya Program Studi Teknik Sipil S-1.

Dalam kesempatan ini kami juga ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu kami dalam menyelesaikan Skripsi ini :

1. Bapak Ir. Agus Santosa, MT. selaku dekan FTSP
2. Bapak Ir. H. Hirijanto, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1
3. Ibu Lila Ayu Ratna W.,ST,MT. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Sipil S-1, Dosen Koordinator Menejemen Konstruksi, dan Dosen Pembimbing II Skripsi
4. Bapak Ir Ibnu Hidayat P.J., MT. selaku Dosen Pembimbing I Skripsi
5. Kedua orang tuaku yang telah memberikan kasih sayang, doa, dan dana.
6. Semua rekan-rekan teknik sipil S-1 yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini

Saya harap skripsi ini dapat menambah wawasan bagi pembaca. Dan saya sangat menyadari bahwa skripsi kami ini masih sangat jauh dari sempurna, oleh karena itu saya sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan dimasa mendatang. Akhirnya sekali lagi saya ucapkan terima kasih

Malang, Agustus 2011

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
ABTRAKSI.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
Bab II Landasan Teori.....	4
2.1 Tinjauan Umum	4
2.2 Penelitian Sebelumnya	4
2.3 <i>Tower Crane</i>	6
2.4 Pemilihan <i>Tower Crane</i>	9
2.5 Pemilihan Alat.....	10
2.6 Bagian <i>Crane</i>	11
2.7 Faktor Keamanan	11
2.8 Waktu Siklus	13
2.9 Model Transportasi	14
2.10 Perhitungan dengan Menggunakan Model <i>Transshipment</i>	16
Bab III Metodologi Penelitian.....	20

3.1 Pendahuluan	20
3.2 Pengumpulan Data	20
3.3 Pengolahan Data.....	21
Bab IV Data, Analisa dan Pembahasan.....	24
4.1 Gambaran Umum Proyek.....	24
4.2 Transportasi <i>Tower Crane</i>	24
4.3 Data Gudang.....	25
4.4 Data <i>Tower Crane</i>	25
4.5 Perhitungan Waktu <i>Tower Crane</i>	25
4.6 Perhitunagan Antara Jarak Gudang, <i>Tower Crane</i> , dan Zona Material	33
4.7 Perhitungan Produksi Dalam Satu Siklus	36
4.8 Perhitungan Transportasi <i>Tower Crane</i> dengan Menggunakan Model <i>Transshipment</i>	45
4.9 Waktu Transportasi <i>Tower Crane</i> Yang Optimal	79
4.10 Total Biaya Transportasi <i>Tower Crane</i>	83
Bab V Kesimpulan dan Saran	84
5.1 Kesimpulan	84
5.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

2.1 Matrik Alokasi Barang	16
2.2 Transportasi Alokasi Barang.....	17
2.3 Transportasi Pengiriman Barang.....	18
2.4 Hasil Transportasi Pengiriman Barang	19
4.1 Jarak Gudang ke <i>Tower Crane</i>	34
4.2 Produksi Dalam Satu Siklus.....	36
4.3 Koordinat <i>Tower crane</i>	47
4.4 Transportasi Pengiriman Material pada Zona di Lapangan	49
4.5 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona A-2	53
4.6 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona A-3	53
4.7 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona A-4	54
4.8 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona B-2	54
4.9 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona B-3	55
4.10 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona B-4	55
4.11 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona C-2	56
4.12 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona C-3	56
4.13 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona C-4	56
4.14 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona D-2	57
4.15 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona D-3	58
4.16 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona D-4	58
4.17 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona E-2.....	59
4.18 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona E-3.....	59
4.19 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona E-4.....	59
4.20 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona F-2.....	60
4.21 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona F-3	60
4.22 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona F-4.....	61
4.23 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona G-2	62
4.24 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona G-3	62

4.25 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona G-4	62
4.26 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona H-2	63
4.27 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona H-3	63
4.28 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona H-4	64
4.29 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona I-2.....	64
4.30 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona I-3	65
4.31 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona I-4.....	65
4.32 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona J-2.....	66
4.33 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona J-3.....	66
4.34 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona J-4.....	67
4.35 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona K-2	67
4.36 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona K-3	68
4.37 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona K-4	68
4.38 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona L-2.....	69
4.39 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona L-3.....	69
4.40 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona L-4.....	69
4.41 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona M-2.....	70
4.42 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona M-3.....	71
4.43 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona M-4.....	71
4.44 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona N-2	72
4.45 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona N-3	72
4.46 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona N-4	72
4.47 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona O-2	73
4.48 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona O-3	73
4.49 Hasil Perhitungan Transportasi Material Pada Zona O-4	74
4.50 Hasil Transportasi Pengiriman Material pada Zona yang Optimal dengan Menggunakan Model Transshipment.....	75
4.51 Waktu Transportsai <i>Tower Crane</i> dengan Model <i>Transshipment</i>	80

DAFTAR GAMBAR

2.1 <i>Free Standing Crane</i>	7
2.2 <i>Crane di atas rel(Rail Mounted Crene)</i>	8
2.3 <i>Tied In Crane</i>	8
2.4 <i>Climbing Crane</i>	9
3.1 Alur Transportasi Material ke Semua Zona	22
3.2 Bagan Alur Penelitian	23
4.1 Bagian Zona Kerja	26
4.2 Cara Mencari Jarak Dengan Rumus <i>Pitagoras</i>	33
4.3 Cara Mencari Jarak <i>Supply Point</i> Dengan <i>Tower Crane</i> Dengan Rumus <i>Pitagoras</i>	34
4.4 Sudut α dan Sudut β	39
4.5 Alur Transportasi Pengiriman Material ke Semua Zona.....	45
4.6 Alur Transportasi Pengiriman Material di Lapangan.....	48
4.7 Alur Hasil Transportasi Pengiriman Material dengan Model <i>Transshipment</i>	78

DAFTAR LAMPIRAN

Pembagian Zona Kerja	Lampiran 1a
Perhitungan Jarak <i>Tower Crane</i> ke Masing-Masing Zona	Lampiran 1b
Perhitungan Volume Material Untuk Masing-Masing Zona	Lampiran 2
Perhitungan Berat Material Untuk Masing-Masing Zona.....	Lampiran 3
Perhitungan Jarak Zona(DP) Ke Gudang (SP).....	Lampiran 4
Gambar Alur Transportasi Pengiriman Material ke Semua Zona.....	Lampiran 5
Perhitungan dengan Model <i>Transshipment</i>	Lampiran 6
Tabel Transportasi Pengiriman Material pada Zona di Lapangan	Lampiran 7
Tabel Hasil Transportasi Pengiriman Material pada Zoan yang Optimal dengan Menggunakan Model <i>Transshipment</i>	Lampiran 8
Data <i>Tower Crane</i>	Lampiran 9
Gambar Proyek.....	Lampiran 10
<i>Time Schedule</i>	Lampiran 11

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek konstruksi pada beberapa tahun terakhir ini telah menjadi semakin kompleks. Hal ini mengakibatkan terjadinya peningkatan kebutuhan alat mekanis pada bidang konstruksi yang membuat semakin banyaknya mesin-mesin khusus yang tersedia serta pengembangannya yang terus-menerus. Proses pelaksanaan suatu proyek terdiri dari banyak aktivitas yang saling berkaitan antara satu dengan yang lainnya. Pelaksanaan pekerjaan teknik sipil umumnya terdiri dari beberapa atau banyak aktivitas dimana sebagian besar aktivitas tersebut memerlukan penggunaan alat atau mesin sebagai sarana penunjang, melihat pentingnya peralatan yang digunakan, maka perlu perhatian khusus dalam pembangunan proyek konstruksi. Salah satu mesin-mesin khusus yang tersedia adalah *tower crane*.

Tower crane secara umum digunakan sebagai alat transportasi untuk bangunan tinggi dan sebagai alat penanganan material yang cepat dan lebih ekonomis. Jadi, perencanaan dalam suatu proyek konstruksi harus memperhatikan transportasi *tower crane* untuk digunakan agar dapat menunjang kelancaran pekerjaan di lapangan. Studi ini mempelajari transportasi *tower crane* yang paling optimal dalam pembangunan gedung bertingkat.

Pembagian zona transportasi material yang tepat, dan perhitungan waktu transportasi yang tepat serta dengan biaya transportasi yang lebih hemat pada alat berat *tower crane* merupakan suatu upaya untuk mencapai hasil yang optimal. Dalam memperoleh hasil transportasi *tower crane* yang paling optimal dapat dilakukan dengan menggunakan program linear. Program linear yang dipakai adalah model *Transshipment*. Melalui skripsi ini penulis melakukan penelitian pada proyek pembangunan *apartement* Menara Soekarno Hatta, Malang. Pada proyek tersebut permasalahan yang dihadapi adalah belum optimalnya transportasi material *tower*

crane di lapangan sehingga waktu yang diperlukan dalam pemakaian tower crane semakin lama, dan juga mempengaruhi biaya transportasi material tower crane lebih mahal. yang dapat menghambat proyek pembangunan *apartement* Menara Soekarno Hatta, Malang.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan diatas,maka permasalahan yang akan dibahas adalah :

1. Bagaimana pembagian zona transportasi pengiriman material pada alat berat *tower crane* yang optimal dengan menggunakan model *transshipment*.
2. Berapa waktu transportasi pengiriman material yang optimal pada alat berat *tower crane* .
3. Berapa biaya transportasi pengiriman material yang optimal pada alat berat *tower crane* dibandingkan dengan biaya transportasi *tower crane* di lapangan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Dalam makalah ini jumlah *tower crane* sudah ditentukan sesuai dilapangan.
2. Dalam makalah ini letak *tower crane* sudah ditetapkan pada lokasi tertentu di lapangan.
3. Dalam makalah ini jumlah gudang material sudah ditentukan sesuai dengan kebutuhan dilapangan.
4. Pengamatan ini dilakukan pada kondisi lapangan normal, artinya dalam makalah ini faktor cuaca tidak mempengaruhi suatu pekerjaan.
5. Penulis hanya menganalisa optimasi pada pekerjaan struktur
6. Penulis juga tidak menghitung rancangan anggaran biaya bangunan.
7. Penelitian ini dilakukan pada proyek Menara Soekarno Hatta (AN AMI) Malang.
8. Dalam makalah ini gudang yang dipakai adalah gudang dengan material yang sama, yaitu sama-sama memiliki tulangan, beton, *bekisting*, dan *scaffolding*.

9. Penelitian ini tidak memperhitungkan waktu istirahat (*idle time*) pada *tower crane* atau dengan efisiensi waktu transportasi di lapangan 400 menit.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian, antara lain :

1. Mengetahui pembagian zona transportasi pengiriman material pada alat berat *tower crane* yang optimal dengan menggunakan model *transshipment*..
2. Mengetahui waktu yang optimal pada masing-masing *tower crane* pada pengiriman material ke zona tujuan.
3. Mengetahui biaya transportasi pengiriman material yang optimal pada alat berat *tower crane* dibandingkan dengan biaya transportasi *tower crane* di lapangan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari pengambilan judul tugas akhir ini adalah :

a. Penulis

Dapat mengetahui cara mentransportasikan material secara optimal

b. Dari segi proyek

Dapat menjadi bahan pertimbangan dalam cara mentransportasikan material secara optimal

c. Dalam bidang keilmuan

Metode ini termasuk wawasan baru dalam pendidikan dan dapat dilanjutkan ke penelitian yang lebih detail.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Dalam proyek pembangunan konstruksi, diperlukan adanya perhitungan struktur yang efisien untuk menentukan jumlah material yang diperlukan. Selain itu diperlukan perhitungan biaya, waktu, dan sumber daya yang optimal. Sumber daya ini terdiri dari sumber daya manusia dan sumber daya alat.

Dalam pembangunan apartemant Menara Soekarno Hatta sangatlah membutuhkan alat berat. Alat-alat berat itu sangat membantu manusia dalam mempercepat pembangunan. Alat konstruksi atau alat berat adalah alat yang diciptakan untuk dapat melaksanakan salah satu fungsi atau kegiatan proses konstruksi yang sifatnya berat bila dikerjakan oleh tenaga manusia, seperti mengangkut, mengangkat, memuat, memindah, menggali, mencampur dan seterusnya dengan cara yang mudah, cepat, hemat dan aman.

Dalam pembangunan proyek apartemant Menara Soekarno Hatta, pemilihan dan penempatan alat berat sangatlah penting. Hal ini dilakukan agar pelaksanaan dalam pembangunan dapat berjalan dengan lancar. Penempatan letak alat berat harus diperhatikan agar pembangunan proyek dapat tepat waktu dan hemat biaya. Alat-alat berat yang digunakan dalam bangunan proyek apartemant Menara Soekarno Hatta, seperti *dump truck, tandem roller, vibrator roller, excavator, pneumatic tire roller* dan *tower crane*. Dalam penelitian ini membahas khususnya alat berat yang di gunakan dalam kegiatan pengangkatan yaitu *tower crane*.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Penelitian tentang optimasi alat berat *tower crane* dengan menggunakan program linear : model *Transshipment* sudah pernah dilakukan. Penelitian tersebut

dilakukan oleh mahasiswa program sarjana S1 Teknik Sipil ITN, Malang. Rasio Hepi Yanto (2009) menulis mengenai Optimasi Transportasi Material Pada Pekerjaan Struktur Menggunakan *Tower Crane* Pada Proyek *Mall Olympic Garden*(MOG) Dengan Menggunakan Program Linear : Model *Transshipment*. Dalam skripsinya, diteliti transportasi yang optimal dari *tower crane* dan di teliti juga model transportasi yang sebaiknya di gunakan dalam proyek *Mall Olympic Garden* (MOG). Persamaannya adalah menggunakan model yang sama yaitu model *transshipment*. Namun perbedaannya, dalam skripsinya gudang yang digunakan ada 4 macam gudang,yaitu: gudang tulangan, gudang beton, gudang *bekisting* dan gudang *scaffolding* dan jumlah *tower crane* yang dipakai di lapangan adalah 4 buah.

Selain itu juga, dilakukan penelitian oleh mahasiswa program pascasarjana Magister di dalam tesis Institut Teknologi Surabaya tahun 2005.Lila Ayu Ratna Winanda menulis mengenai Penentuan Lokasi *Tower Crane* Menggunakan Algoritma Genetika Pada Proyek Perkantoran Halim Sakti.Dalam tesisnya, pemodelan diawali dengan pembuatan deret elemen area yaitu beton segar, pembesian, bekisting, perancah dan lokasi crane dengan pengambilan lokasi secara acak sampai sejumlah populasi. Selanjutnya dilakukan perhitungan fungsi tujuan untuk meminimasi waktu pengangkatan sehingga dapat dijalankan suatu operator algoritma genetika,yaitu proses seleksi, rekombinasi dan mutasi agar diperoleh populasi yang baru. Demikian seterusnya sehingga dicapai tingkat sesuaian yang diinginkan berdasarkan pada konvergensi populasi atau jumlah generasi. Perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian sebelumnya ini menggunakan model algoritma genetika dan dicari letak tower crane yang paling optimal, sedangkan penelitian yang akan dilakukan menggunakan model *transshipment* dan letak tower crane sudah ditentukan dilapangan.

Penelitian lainnya dilakukan oleh Lila Ayu Ratna Winanda sebagai dosen program studi Teknik Sipil dalam jurnal ITN tahun 2010, Malang. Dalam penelitiannya menulis mengenai Evaluasi Penempatan Lokasi *Group Tower Crane* Terhadap Titik Layanan. Penelitiannya tentang penempatan lokasi *group tower crane* untuk mendapatkan optimasi sebagai penyelesaian masalah *facilities layout tower*

crane. Tahapan analisis diawali dengan segmentasi daerah tujuan material sebagai *demand area* dan identifikasi seluruh lokasi penempatan tower crane yang memungkinkan sebagai *feasible area*. Dengan menggunakan metode *try and error* didapatkan kombinasi alternatif lokasi *tower crane*. Optimasi penempatan setiap alternatif akan dianalisis berdasarkan pada total waktu siklus pengangkutan material dalam tahap pekerjaan yang ditinjau. Maka akan didapatkan hasil optimasi dalam memberikan alternatif penempatan lokasi yang lebih optimal dengan total perbedaan waktu pelaksanaan lebih efektif apabila dibandingkan dengan penempatan lokasi *tower crane* secara aktual di lapangan pada kasus proyek pembangunan Mall Olympic Garden Malang. Perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian sebelumnya ini dicari penempatan lokasi tower crane dengan metode *try and error*, sedangkan penelitian yang akan dilakukan menggunakan model *transshipment* dan letak tower crane sudah ditentukan di lapangan.

2.3 Tower Crane

Alat-alat berat sangat berperan penting dalam pembangunan. Salah satu alat berat yang digunakan dalam pembangunan gedung bertingkat adalah *tower crane*. *Tower crane* adalah alat yang digunakan untuk mengangkat material secara vertikal dan horizontal ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak yang terbatas. Tipe *crane* dibagi berdasarkan cara crane tersebut berdiri, yaitu (Rostiyanti, 2002) :

2.3.1 *Free Standing Crane*

Crane yang berdiri bebas (*free standing crane*) berdiri diatas pondasi yang khusus dipersiapkan untuk alat tersebut. Jika crane harus mencapai ketinggian yang besar maka kadang-kadang digunakan pondasi dalam seperti tiang pancang. Tiang utama (*mast*) diletakkan diatas dasar dengan diberi *ballast* sebagai penyeimbang (*counterweight*). Syarat dari pondasi *crane* adalah pondasi tersebut harus mampu menahan momen, berat *crane* dan berat material yang diangkat.

Tipe *jib* atau lengan pada *tower crane* ada dua yaitu *saddle jib* dan *luffing jib*. *Saddle jib* adalah lengan yang mendatar dengan sudut 90^0 terhadap *mast* atau tiang tower crane. *Jib* jenis ini dapat bergerak 360^0 sedangkan *luffing jib* mempunyai

kelebihan dibandingkan dengan *saddle jib* karena sudut antar tiang dengan *jib* dapat diatur lebih dari 90° . Dengan kelebihan ini maka hambatan pada saat lengan berputar dapat dihindari. Dengan demikian pergerakan *tower* dengan *luffing jib* lebih bebas dibandingkan dengan alat yang menggunakan *saddle jib*. Contoh dari *free standing* dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 *Free Standing Crane*

2.3.2 *Crane di atas rel(rail mounted crene)*

Penggunaan rel pada *rail mounted crane* mempermudah alat untuk bergerak sepanjang rel tersebut. Tetapi supaya tetap seimbang gerakan *crane* tidak dapat terlalu cepat. Kelemahan dari *crane* tipe ini adalah harga rel yang cukup mahal, rel harus diletakkan pada permukaan datar sehingga tiang tidak menjadi miring.

Crane jenis ini digerakkan dengan menggunakan motor penggerak. Jika kemiringan tiang melebihi $1/200$ maka motor penggerak tidak mampu menggerakkan *crane*. Selain itu juga perlu diperhatikan desain rel pada tikungan yang terlalu tajam akan mempersulit motor penggerak untuk menggerakkan alat.

Ketinggian maksimum *rail monted crane* adalah 20 meter dengan berat beban yang diangkat tidak melebihi 4 ton. Batasan ini perlu diperhatikan untuk menghindari jungkir, mengingat seluruh badan *crane* bergerak pada saat pengangkatan material. Walaupun kapasitas angkut dan ketinggian yang terbatas namun keuntungan dari *rail mounted crane* adalah jangkauan yang lebih besar sesuai dengan panjang rel yang tersedia. Contoh dari *rail mounted crane* dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 *Rail Mounted Crane*

2.3.3 *Tied In Crane*

Crane ini mampu berdiri bebas pada ketinggian kurang dari 100 meter. Jika diperlukan *crane* dengan ketinggian lebih dari 100 m, maka *crane* harus ditambatkan atau dijangkar pada struktur bangunan . Fungsi dari penjangkaran ini adalah untuk menahan gaya horizontal. Dengan demikian tipe *tied-in tower crane* dapat mencapai ketinggian sampai 200 meter. Contoh dari *tied in crane* dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 *Tied in Crane*

2.3.4 *Climbing Crane*

Dengan lahan yang terbatas maka alternatif penggunaan *crane* adalah crane panjat atau *climbing crane*. *Crane* tipe ini diletakkan didalam struktur bangunan yaitu pada *core* atau inti bangunan. *Crane* bergerak naik bersamaan dengan struktur naik. Pengangkatan *crane* dimungkinkan dengan adanya dongkrak hidrolis atau *hydraulic jacks*. Contoh dari *climbing crane* dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 *Climbing Crane*

2.4 Pemilihan *Tower Crane*

Pemilihan *tower crane* sebagai alat untuk memindahkan material didasarkan pada kondisi lapangan yang tidak luas, ketinggian yang tidak terjangkau oleh alat lain dan tidak dibutuhkan pergerakan alat. Pemilihan *crane* harus direncanakan sebelum proyek tersebut dimulai. Hal tersebut disebabkan karena dalam pengoperasian *crane* harus diletakkan disuatu tempat yang tetap selama proyek berlangsung, sehingga *crane* harus mampu memenuhi kebutuhan akan pemindahan material dari suatu tempat ke tempat berikutnya sesuai dengan daya jangkau yang ditetapkan.

Pemilihan jenis *tower crane* yang dipakai harus mempertimbangkan :

- a. Situasi proyek
- b. Bentuk struktur bangunan

- c. Kemudahan operasional baik pada saat pemasangan maupun pada saat pembongkaran.
- d. Ketinggian struktur bangunan yang dikerjakan

Pemilihan kapasitas *tower crane* sebaiknya didasarkan atas :

- a. Berat, dimensi dan daya jangkau pada beban terberat
- b. Ketinggian maksimum alat
- c. Perakitan alat proyek
- d. Berat alat yang harus ditahan oleh strukturnya
- e. Ruang yang tersedia untuk alat
- f. Luas area yang harus dijangkau alat

2.5 Pemilihan Alat

Tower crane harus sering diperiksa, dipelihara, dan diperbaiki secara teratur atau periodik (Lu, 1990 dan Ramiondi, 1994).

Diperiksa:

1. Periksa baut-baut, terutama baut-baut yang digunakan sebagai penyambung elemen-elemen *tower crane* agar tidak terlepas.
2. Mesin harus diberi pelumas yang cukup, jika kurang harus segera ditambahkan.
3. Semua mekanisme pengereman (*slewing* dan *trolley*) harus bebas dari debu dan kotoran
4. Periksa sistem elektrik secara periodik terutama kabel-kabel, jika rusak segera diganti

Dipelihara :

1. Elemen-elemen *tower crane* diusahakan jangan sampai berkarat dan kalau perlu dicat
2. Mesin *crane* harus di *service* secara teratur agar mempunyai masa produktivitas yang lama dan tidak mudah rusak.
3. Penyimpanan atau penumpukan *tower mast* dilapangan harus benar, yaitu pada posisi teratur dan tidak melebihi dari tiga tumpukan

4. Pelumasan dan pemberian oli harus dilakukan secara periodik pada bagian yang saling bergesekan (*slewing* dan *trolley*) agar tidak cepat aus

Diperbaiki :

1. Komponen mesin harus segera diganti jika sudah waktunya sesuai dengan petunjuk dari buku pedoman pemakaian *tower crane* yang dikeluarkan oleh pabrik yang memproduksinya.
2. Elemen-elemen *tower crane* (yaitu elemen *jib*, *tower mast*, *counterweight jib*, *tie rod*, *stell roop*, dll) yang rusak, seperti bengkok, putus, atau kropos harus segera diperbaiki atau diganti

2.6 Bagian Crane

Bagian dari *crane* adalah *mast* atau tiang utama, *jib* dan *counter jib*, *counterweight*, *trolley* dan *tie ropes*. *Mast* merupakan tiang vertikal yang berdiri di atas *base* atau dasar. *Jib* merupakan tiang horizontal yang panjangnya ditentukan berdasarkan jangkauan yang diinginkan. *Counter jib* adalah tiang penyeimbang. Pada *counter jib* dipasangkan *counterweight* sebagai penyeimbang beban. *Trolley* merupakan alat yang bergerak sepanjang *jib* yang digunakan untuk memindahkan material secara horizontal dan pada *trolley* tersebut dipasangkan *hook* atau kait. *Tie ropes* adalah kawat yang berfungsi untuk menahan *jib* supaya tetap dalam kondisi lurus 90° terhadap tiang utama. Selain itu juga terdapat *climbing device* yang merupakan untuk menambah ketinggian *crane*.

2.7 Faktor Keamanan

Program pencegahan kecelakaan pada proyek sebaiknya perlu diberlakukan untuk perhitungan biaya konstruksi. Kerugian yang terjadi akibat kecelakaan ini disebabkan karena (Peurifoy, 1970):

- Nyawa manusia yang dipertaruhkan.
- Luka sementara atau cacat yang dialami pekerja.
- Hilang atau berkurang atau rusaknya material sebagai akibat kecelakaan yang terjadi.

- Kerusakan peralatan.
- Kompensasi kepada pekerja oleh asuransi.
- Kehilangan waktu akibat kecelakaan.

Operasi peralatan yang aman menyangkut totalitas dari pekerjaan konstruksi personal, peralatan dan lingkungan. Ketiga elemen ini saling berhubungan satu sama lain sehingga kadang-kadang sulit dipisahkan.

Manusia memegang peranan yang penting untuk setiap pekerjaan dan manusia juga merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam keselamatan kerja. Faktor-faktor yang mempengaruhi keselamatan manusia antara lain:

- Tingkah laku personal itu sendiri.
- Suara bising, panas dan debu yang mempengaruhi manusia.
- Kelelahan akibat waktu kerja yang panjang.

Faktor lingkungan yang menjadi akibat dari proses pekerjaan itu harus direduksi sedemikian agar yang terjadi tidak terlalu mengganggu. Faktor-faktor lingkungan yang dimaksud seperti suara bising, debu dan panas.

Manusia mempunyai batas pendengaran yang normal, jika melebihi maka akan mengganggu pendengaran manusia. Perlu ada pengontrolan terutama terhadap sumber kebisingan itu sendiri.

Pengontrolan terhadap debu perlu dilakukan dalam pengoperasian alat-alat berat. Emisi-emisi yang masuk ke udara yang kita hirup dapat mengakibatkan penglihatan kita berkurang, gangguan pernafasan, dan masalah kesehatan yang lainnya.

Panas yang dihasilkan dari penggunaan sumber tenaga dapat mengakibatkan ketidaknyamanan dalam pekerjaan, baik itu terhadap operator maupun pekerja dan orang-orang disekitarnya. Perencanaan, pengawasan dan aturan yang baik dan jelas perlu diketahui oleh semua pihak yang terlibat dalam proyek.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas angkat *crane* yang aman (Nunnally, 1993):

- Radius operasi (jarak horizontal dari pusat rotasi ke *hook*).
- Posisi *jib* atau *boom* dalam hubungannya dengan beban yang diangkat.
- Ada atau tidaknya *outriggers* (balok yang memperluas dasar efektif dari *crane*).
- Jumlah *counterweight*.
- Kondisi permukaan landasan .

Kecelakaan *crane* biasanya sering terjadi terutama pada pengangkatan beban yang mencapai kapasitas maksimum dan tidak diawasi dengan baik atau ketika beroperasi dengan *jib* atau *boom* yang panjang. Saran untuk pengoperasian *crane* yang aman (Nunnally, 1993), yaitu:

- Dengan seksama mengeset *outriggers* atau anker pada perletakan lapangan.
- Dasar *crane* harus sama, kapasitas *crane* yang aman direduksi 5% ketika beroperasi dengan *jib* atau *boom* yang panjang pada radius minimum.
- Penggunaan sistem komunikasi atau kode tangan ketika operator tidak dapat melihat bebannya. Pastikan semua pekerja yang terlibat pada saat pengoperasian alat mengetahui dan mengerti kode-kode yang dipakai.
- Menyediakan *tag-lines* (tali pengekang) ketika ada hal yang berbahaya sehubungan dengan pengayunan beban.
- Pastikan terlebih dahulu bahwa operator sudah dilatih dengan baik dan mengetahui kemampuan alat.
- Periksa *safe lifting capacity chart* (diagram kapasitas angkat yang aman) terhadap semua beban yang akan diangkat.
- Jika memungkinkan pergunakan indikator beban.

2.8 Waktu Siklus

Siklus kerja dalam pemindahan material merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang. Pekerjaan utama di dalam kegiatan tersebut adalah memuat dan memindahkan.

Waktu yang diperlukan di dalam siklus kegiatan diatas disebut waktu siklus atau *cycle time* (CT). Waktu siklus terdiri dari beberapa siklus terdiri dari beberapa unsur. Pertama adalah waktu muat atau *loading time* (LT). Waktu muat merupakan

waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat untuk memuat material ke dalam alat angkut sesuai dengan kapasitas alat angkut tersebut.

Unsur kedua adalah waktu angkut atau *hauling time* (HT). Waktu angkut merupakan waktu yang diperlukan suatu alat untuk bergerak dari tempat pemuatan ketempat pembongkaran. Waktu angkut tergantung dari jarak angkut, kondisi jalan, tenaga alat, dan lain-lain. Pada saat alat kembali ketempat pemuatan maka waktu yang diperlukan untuk kembali atau *return time* (CT). *Tower crane* memiliki mekanisme pergerakan yaitu :

- *Hoisting mechanism* : mekanisme *tower crane* dalam mengangkat muatan
- *Trolleying mechanism* : mekanisme dalam menggeser *jib/* lengan dan *counter jib tower crane*.
- *Slewing mechanism* : mekanisme dalam memutar *tower crane*
- *Landing mechanism* : mekanisme *tower crane* dalam menurunkan muatan

Dalam satu siklus pergerakan *tower crane* akan dihitung waktu *hoisting*, waktu *trolleying*, waktu *slewing*, dan waktu *landing* pada saat pengangkatan serta pada saat kembali. Keempat mekanisme pergerakan *tower crane* pada model *transshipment* sama dengan mekanisme kerja *tower crane* di lapangan.

2.9 Model Transportasi

Model transportasi adalah gambaran ideal dari pengalokasian sumber daya yang sifatnya kompleks sehingga dapat disederhanakan. Persoalan pengalokasian ini akan muncul manakala seseorang harus memilih tingkat aktivitas-aktivitas tertentu yang bersaing dalam hal penggunaan sumber daya langka yang dibutuhkan untuk melaksanakan aktivitas-aktivitas tersebut. Persoalan ini dapat di selesaikan dengan cara program linear yaitu model transportasi.

Model transportasi ada 4 macam, yaitu (Agustini, 2004):

2.9.1 Model Penugasan Pekerjaan

Kasus penugasan (*assignment problem*) muncul dalam banyak kasus pembuatan keputusan, seperti kasus menentukan siapa, mengerjakan apa, menetapkan fungsi suatu mesin, dan sebagainya. Dengan kata lain, kasus penugasan berkaitan

dengan masalah penetapan tugas atau pekerjaan suatu mesin, seorang pekerja, atau suatu proyek dengan tujuan tertentu. Tujuan yang dicapai antara lain memaksimalkan keuntungan, meminimumkan jumlah pegawai.

2.9.2 Model Jaringan Kerja

Model jaringan kerja dapat digunakan untuk kasus-kasus yang berkaitan dengan mendesain sistem transportasi (seperti rute terdekat atau penentuan arus maksimal pada suatu jalur), mendesain sistem informasi dan membuat *schedule* suatu proyek. Seperti namanya, model dinyatakan dalam bentuk suatu jaringan.

2.9.3 Model Jaringan II : PERT dan CPM

Model jaringan dapat digunakan untuk membantu pembuatan *schedule* suatu proyek yang menggandung banyak kegiatan. Dalam kasus dimana lama kegiatan tidak ketahui dengan pasti, PERT (*Program Evaluation and Review Technuique*) dapat digunakan untuk mengestimasi kemungkinan lama proyek dapat diselesaikan. Sebaliknya bila lama setiap kegiatan diketahui dengan pasti, CPM (*Critical Path Method*) dapat digunakan untuk mengestimasi lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. CPM juga dapat digunakan untuk menentukan berapa lama suatu kegiatan dalam proyek dapat ditunda tanpa mengganggu waktu penyelesaian seluruh proyek.

2.9.4 Model Transshipment

Model *transshipment* adalah model transportasi yang memungkinkan dilakukannya pengiriman barang (komoditas) cara tidak langsung, dimana barang dari suatu sumber dapat berada pada sumber lain atau tujuan lain sebelum mencapai tujuan akhirnya. Hal ini berarti pula penentuan rute terdekat merupakan persiapan yang penting dalam penentuan unit biaya dan transportasi. Dalam kasus seperti ini, kita membutuhkan suatu alogaritma yang sistematis untuk menentukan unit biaya minimum dalam pengiriman langsung. Salah satu metode alternatif untuk biaya kirim minimum adalah dengan metode *transshipment* (Dimiyati, 2002).

Model *transshipment* memungkinkan kita untuk menggunakan titik perantara (titik transit atau *transshipment node*) dalam mengirimkan suatu barang sehingga dapat melalui sumber atau tujuan lain sebelum pengiriman sampai ke tujuan sebenarnya.

2.10 Perhitungan dengan menggunakan model *transshipment*

Perhitungan yang dilakukan dengan *Model Transshipment* ini mempunyai tujuan untuk mengetahui efisiensi pengangkutan material agar pengangkutan material agar pengangkutan material dapat berjalan dengan optimal. Kendala dari perhitungan menggunakan model *transshipment* adalah kita harus mempunyai data *tower crane* yang lebih dari satu, dan dalam perhitungan ini penulis tidak memperhitungkan faktor cuaca. Dalam model ini, setiap sumber maupun tujuan dipandang sebagai titik-titik potensial bagi *demand* maupun *supply*. Oleh karena itu, untuk menjamin bahwa tiap titik potensial tersebut mampu menampung total barang di samping jumlah barang yang telah ada pada titik-titik tersebut, maka perlu ditambahkan pada titik-titik itu kuantitas *supply* dan *demand*-nya masing-masing sebesar B. Cara penggunaan model *transshipment* adalah sebagai berikut (Dimiyati,2002)

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

Dengan demikian, apabila ada persoalan transportasi sebagai berikut :

Tabel 2.1 Matrik alokasi Barang

	T ₁ (Tujuan1)	T ₂ (Tujuan2)	T ₃ (Tujuan3)	
S ₁ (Sumber1)	10 unit	20 unit	30 unit	100unit (supply)
S ₂ (Sumber1)	20 unit	50 unit	40 unit	200unit (supply)
	100 unit (demand)	100 unit (demand)	100 unit (demand)	

Maka persoalan *transshipment*-nya adalah :

Tabel 2.2 Transportasi Alokasi Barang

	S ₁ (Sumber1)	S ₂ (Sumber2)	T ₁ (Tujuan1)	T ₂ (Tujuan2)	T ₃ (Tujuan3)	
S ₁ (Sumber1)			10 unit	20 unit	30 unit	100unit+B (supply)
S ₂ (Sumber2)			20 unit	50 unit	40 unit	200unit+B (supply)
T ₁ (Tujuan1)						B
T ₂ (Tujuan2)						B
T ₃ (Tujuan3)						B
	B	B	100 unit+B (demand)	100unit+B (demand)	100 unit+B (demand)	

B : titik- titik kuantitas *supply* dan *demand*

Model diatas baru lengkap apabila ongkos per unit pengangkut untuk baris-baris dan kolom-kolom lainnya telah ditetapkan. Dalam hal ini perlu diingat bahwa ongkos per unit pada elemen-elemen diagonal adalah nol.

Asumsikan bahwa seluruh ongkos per unitnya telah ditentukan, maka model *transshipment* selengkapnya adalah

Tabel 2.3 Transportasi Pengiriman Barang

	S ₁ (Sumber1)	S ₂ (Sumber2)	T ₁ (Tujuan1)	T ₂ (Tujuan2)	T ₃ (Tujuan3)	
S ₁ (Sumber1)	0 unit	80 unit	10 unit	20 unit	30 unit	400unit (supply)
S ₂ (Sumber2)	10 unit	0 unit	20 unit	50 unit	40 unit	500unit (supply)
T ₁ (Tujuan1)	20 unit	30 unit	0 unit	40 unit	10 unit	300unit (demand)
T ₂ (Tujuan2)	40 unit	20 unit	10 unit	0 unit	20 unit	300unit (demand)
T ₃ (Tujuan3)	60 unit	70 unit	80 unit	20 unit	0 unit	300unit (demand)
	300 unit (supply)	300 unit (supply)	400unit (demand)	400unit (demand)	400unit (demand)	

Selanjutnya, persoalan di atas diselesaikan dengan menggunakan teknik transportasi seperti biasa, sehingga diperoleh solusi optimal sebagai berikut :

Tabel 2.4 Hasil Transportasi Pengiriman Barang

	S ₁ (Sumber1)	S ₂ (Sumber2)	T ₁ (Tujuan1)	T ₂ (Tujuan2)	T ₃ (Tujuan3)	
S ₁ (Sumber1)	300 unit			100 unit		400unit (supply)
S ₂ (Sumber2)		300 unit	200 unit			500unit (supply)
T ₁ (Tujuan1)			200 unit		100 unit	300unit (demand)
T ₂ (Tujuan2)				300 unit		300unit (demand)
T ₃ (Tujuan3)					300 unit	300unit (demand)
	300 unit (supply)	300 unit (supply)	400 unit (demand)	400 unit (demand)	400 unit (demand)	

Elemen-elemen diagonal dari tabel diatas kita abaikan,karena secara fisik tidak mempunyai arti apa-apa. Solusi optimal dia atas menyatakan bahwa :

Sumber 2(S₂ mengirimkan seluruh *supply* = nya pada tujuan (T₁), dimana 100 unit disimpan untuk memenuhi *demand* pada tujuan 1 tersebut, dan sisanya, yaitu sebanyak 100 unit, kemudian dikirimkan pada tujuan 3 (T₃) untuk memenuhi *demand* pada tujuan 3. Adapun *demand* pada tujuan 2 (T₂) dipenuhi langsung dari sumber 1(S₁).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam metodologi penelitian, diuraikan tahapan kegiatan yang akan dilaksanakan dalam melakukan efisiensi pengangkutan material agar lebih optimal.

3.1 Pendahuluan

Dalam pendahuluan terdapat perumusan masalah, studi literatur dan menetapkan tujuan, dengan adanya perumusan masalah perlu dilakukan studi literatur yang berfungsi untuk mencari konsep dan teori yang mendukung pengembangan teori dari pertanyaan terkait dengan topik penelitian.

3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Data primer

Data primer data yang didapatkan dari instansi yang terkait. Data yang digunakan antara lain:

A. Gambar Proyek

Gambar proyek merupakan gambar rencana proyek mulai dari lantai dasar. Dengan menggunakan gambar proyek kita dapat mengetahui volume pekerjaan, khususnya pada pekerjaan struktur.

B. *Time Schedule*

Time schedule diperlukan untuk mengetahui waktu yang digunakan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi. Jadwal yang digunakan untuk mengetahui pengiriman material ke semua zona kerja agar tidak mengalami keterlambatan.

3.2.2 Data sekunder.

Data sekunder merupakan studi literatur terhadap teori-teori dan konsep-konsep untuk memperkuat dan mendukung penelitian ini.

A. Data *Tower Crane*

Data tower crane diperlukan untuk mengetahui kapasitas angkut, kecepatan angkut, standar waktu bongkar dari suatu tower crane. Hal ini membedakan jenis tower crane yang disesuaikan dengan kebutuhan dan lapangan

B. Data Gudang

Data gudang ini meliputi letak tempat gudang material itu berada, kapasitas gudang, serta isi dari gudang itu sendiri seperti berbagai material dan yang diantaranya besi, semen, dan sebagainya.

C. Buku-Buku Referensi

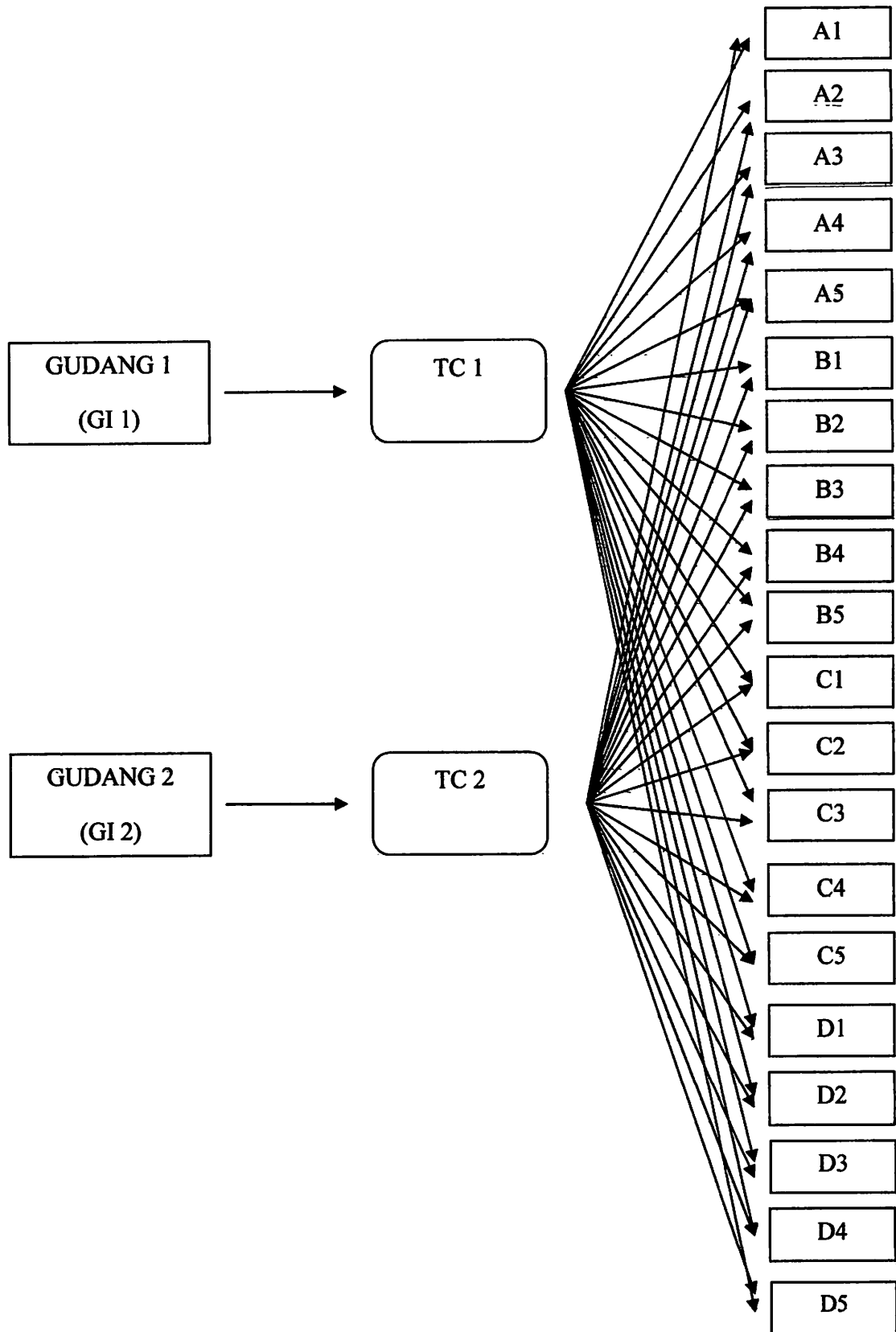
Buku-buku mengenai manajemen konstruksi yang terkait dengan optimasi *tower crane* dengan menggunakan program linear : model *transshipment*.

D. Skripsi dan Tesis

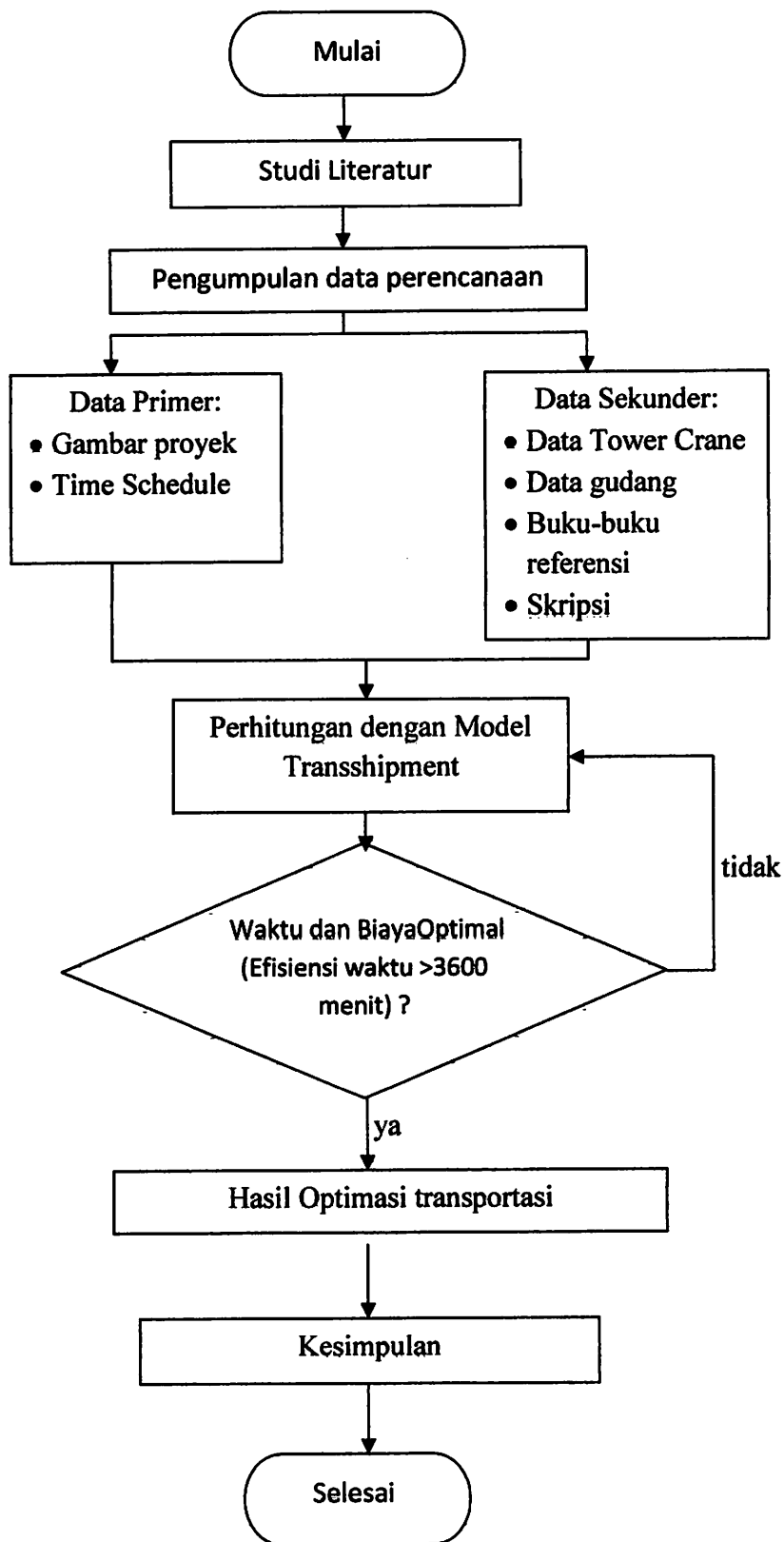
Skripsi dan tesis yang merupakan penelitian sebelumnya yang terkait dengan optimasi *tower crane* dengan menggunakan program linear : model *transshipment*.

3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan mengidentifikasi data yang telah diperoleh sehingga dapat mempengaruhi transportasi material dalam pelaksanaan suatu proyek. Pengolahan data ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi pengangkutan material agar transportasi material dapat berjalan dengan optimal.



Gambar 3.1 Alur Transportasi Material ke Semua Zona



Gambar 3.1 Bagan alur penelitian

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Proyek

Data-data spesifikasi dari proyek pembangunan Apartement Soekarno Hatta sebagai berikut:

Nama Proyek	: Menara Soekarno Hatta (AN AMI)
Lokasi Proyek	: Jalan Soekarno Hatta Malang, Jawa Timur
Luas Area	:± 11.695 m ²
Jenis Proyek	: Proyek Swasta
Sumber Dana	: Swasta
Pemilik	: KSO Java Mitra
Pengawas	: CV. Ideal Sembilan
Pelaksana	: PT. Catur Bangun Mandiri (CBM)
Jangka Waktu	: 19 bulan
Jumlah Lantai	: 15 lantai

4.2 Transportasi *Tower Crane*

Dapat diketahui, bahwa pada saat ini banyak merek serta tipe *tower crane* yang digunakan dalam proses pembangunan suatu proyek. Penilaian pada tiap-tiap tipe *tower crane* dilakukan atas dasar kemampuan dan kesesuaian alat itu secara efektif dan efisien terhadap proyek. Dari hasil wawancara di lapangan, Didapatkan jenis *tower crane* yang digunakan pada proyek ini, yaitu *tower crane* tipe Topkit FO/23B. Jumlah *tower crane* yang dipakai dalam proyek ini adalah 2 buah. Di mana kedua *tower crane* mempunyai tipe yang sama.

4.3 Data Gudang

Dalam pembangunan proyek Apartement Soekarno Hatta ini terdapat 2 gudang.

Ukuran gudang 1 dan gudang 2 adalah:

Panjang	: 10 m
Lebar	: 5 m
Tinggi	: 4 m

$$\begin{aligned}\text{Volume gudang 1\&2} &= p \times l \times t \\ &= 10 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\ &= 200 \text{ m}^3\end{aligned}$$

4.4 Data Tower Crane

Tower Crane tipe Topkit FO/ 23B

- Ketinggian maksimum *tower crane* : 350 m
- Ketinggian TC yang dipakai di lapangan : 60 m
- Jangkauan *Jib* : 60 m (jangkauan maksimum)
40 m (jangkauan standar)
- *Load Radius Characteristic* : 10 t
- Kecepatan *Hoisting* : 50 m/menit
- Kecepatan *Slewing* : 0,8 rpm
- Kecepatan *Travelling* : 60 m/menit

4.5 Perhitungan Waktu Tower Crane

4.5.1 Pembagian Zona Kerja

Zona kerja juga merupakan daerah demand atau daerah tujuan material. Pembagian zona kerja di bagi berdasarkan jarak antar kolom. Jadi berdasarkan pembagian zona kerja didapatkan 5 zona kerja per lantai.

Pembagian Zona kerja yang lebih detail terdapat pada lampiran 1a

4.5.2 Perhitungan Waktu

Perhitungan waktu pelaksanaan *tower crane* bergantung pada :

1. Material yang diangkat adalah :

- *Bekisting*
- Tulangan
- *Scaffolding*
- Beton

2. Produksi per jam

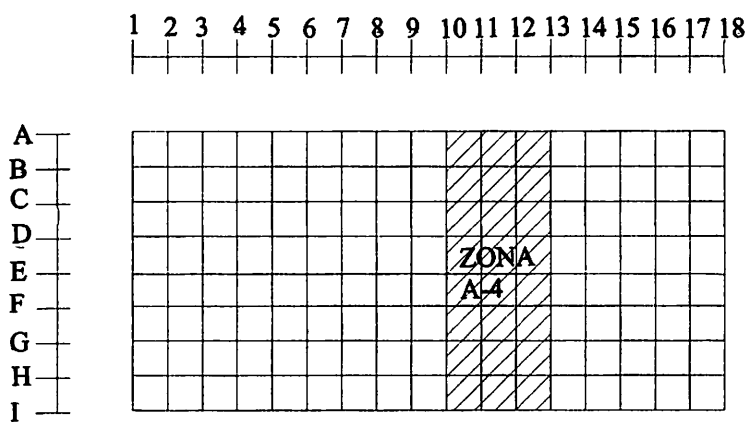
Produksi standar dari *tower crane* didasarkan pada volume yang dikerjakan per siklus waktu dan jumlah siklus dalam satu jam. Yang dimaksud siklus adalah urutan pekerjaan yang dilakukan *tower crane* dalam satu kegiatan produksi, yaitu :

- Muat / pasang
- Angkut

4.5.3 Perhitungan Volume Material

Volume material yang dihitung adalah volume beton, volume tulangan, volume *bekisting* dan volume *scaffolding*. Volume material dihitung dibatasi oleh luasan zona kerja. Berat material didapatkan dengan mengalikan volume material dengan berat jenis material

Contoh perhitungan volume material pada lantai 1 zona A-4 adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 Bagian zona kerja A-4

➤ Data zona A=4

- Plat tipe 1 : panjang (p) : 5 m tebal(t) : 0,12 m
 lebar(l) : 5,7 m jumlah plat : 12 buah
- Plat tipe 2 : panjang (p) : 6,5 m tebal(t) : 0,12 m
 lebar(l) : 5,7 m jumlah plat : 3 buah
- Plat tipe 3 : panjang (p₁) : 1,7 m, (p₂) : 2,7 m tebal(t) : 0,12 m
 lebar(l) : 5,7 m jumlah plat : 1 buah
- Plat tipe 3 : panjang (p₁) : 2,7 m, (p₂) : 3 m tebal(t) : 0,12 m
 lebar(l) : 5,7 m jumlah plat : 1 buah
- Plat tipe 3 : panjang (p₁) : 3 m, (p₂) : 3,3 m tebal(t) : 0,12 m
 lebar(l) : 5,7 m jumlah plat : 1 buah
- Tulangan plat 1 : r : 8 mm jumlah tulangan : 114 buah
 panjang (p) : 15 m
- Tulangan plat 1 : r : 8 mm jumlah tulangan : 100 buah
 panjang (p) : 17,1 m
- Kolom k₁ : panjang (p) : 800 mm tinggi(t) : 4,4 m
 lebar(l) : 400 mm jumlah plat : 4 buah
- Kolom k₂ : panjang (p) : 1000 mm tinggi(t) : 4,4 m
 lebar(l) : 400 mm jumlah plat : 7 buah
- Kolom k_{2A} : panjang (p) : 1000 mm tinggi(t) : 4,4 m
 lebar(l) : 400 mm jumlah plat : 1 buah
- Kolom k₃ : panjang (p) : 600 mm tinggi(t) : 4,4 m
 lebar(l) : 300 mm jumlah plat : 4 buah
- Kolom k₄ : panjang (p) : 400 mm tinggi(t) : 4,4 m
 lebar(l) : 400 mm jumlah plat : 12 buah
- Tulangan Kolom k₁ : r : 9,5 mm tinggi(t) : 4,4 m
 Jumlah tulangan : 12 buah jumlah kolom : 4 buah
- Tulangan Kolom k₂ : r : 11 mm tinggi(t) : 4,4 m
 Jumlah tulangan : 14 buah jumlah kolom : 7 buah
- Tulangan Kolom k_{2A} : r : 11 mm tinggi(t) : 4,4 m
 Jumlah tulangan : 18 buah jumlah kolom : 1 buah

- Tulangan Kolom k_3 : $r : 11$ mm tinggi(t) : 4,4 m
 Jumlah tulangan : 16 buah jumlah kolom : 4 buah
- Tulangan Kolom k_4 : $r : 11$ mm tinggi(t) : 4,4 m
 Jumlah tulangan : 12 buah jumlah kolom : 12 buah
- Balok B_1 : panjang (p) : 250 mm tinggi(t) : 5,7 m
 lebar(l) : 500 mm jumlah plat : 9 buah
- Balok B_2 : panjang (p) : 250 mm tinggi(t) : 5,7 m
 lebar(l) : 500 mm jumlah plat : 12 buah
- Balok B_4 : panjang (p) : 250 mm tinggi(t) : 5 m
 lebar(l) : 500 mm jumlah plat : 15 buah
- Balok B_7 : panjang (p) : 250 mm tinggi(t) : 5,7 m
 lebar(l) : 500 mm jumlah plat : 3 buah
- Balok B_A : panjang (p) : 250 mm tinggi(t) : 5 m
 lebar(l) : 450 mm jumlah plat : 12 buah
- Balok B_{A1} : panjang (p) : 250 mm tinggi(t) : 5 m
 lebar(l) : 400 mm jumlah plat : 3 buah
- Tulangan balok B_1 : $r : 8$ mm tinggi(t) : 5,7 m
 Jumlah tulangan : 5 buah jumlah kolom : 9 buah
- Tulangan balok B_2 : $r : 8$ mm tinggi(t) : 5,7 m
 Jumlah tulangan : 7 buah jumlah kolom : 12 buah
- Tulangan balok B_4 : $r : 8$ mm tinggi(t) : 5 m
 Jumlah tulangan : 7 buah jumlah kolom : 15 buah
- Tulangan balok B_7 : $r : 8$ mm tinggi(t) : 5,7 m
 Jumlah tulangan : 4 buah jumlah kolom : 3 buah
- Tulangan balok B_A : $r : 8$ mm tinggi(t) : 5 m
 Jumlah tulangan : 5 buah jumlah kolom : 12 buah
- Tulangan balok B_{A1} : $r : 8$ mm tinggi(t) : 5 m
 Jumlah tulangan : 5 buah jumlah kolom : 3 buah

➤ Volume beton

- Beton Plat : $((5,7 \times 5 \times 0,12) \times 12) + ((5,7 \times 6,5 \times 0,12) \times 3)$
 $+ ((1/2(1,7+2,7) \times 5,7) \times 0,12) + (1/2(2,7+3) \times 5,7) \times 0,12)$
 $+ (1/2(3+3,3) \times 5,7) \times 0,12)$
 $= 59,645 \text{ m}^3$
- Beton Kolom : $V_{k1} + V_{k2} + V_{k2A} + V_{k3} + V_{k4}$
 $((0,4 \times 0,8 \times 4,4) \times 4) + ((0,4 \times 1 \times 4,4) \times 7) +$
 $((0,4 \times 1 \times 4,4) \times 1) + ((0,3 \times 0,6 \times 4,4) \times 4)$
 $+ ((0,4 \times 0,4 \times 4,4) \times 12)$
 $= 47,168 \text{ m}^3$
- Beton Balok : $V_{B1} + V_{B2} + V_{B4} + V_{B7} + V_{BA} + V_{BA1}$
 $((0,25 \times 0,5 \times 5,7) \times 9) + ((0,25 \times 0,5 \times 5,7) \times 12)$
 $((0,3 \times 0,7 \times 5) \times 15) + ((0,2 \times 0,4 \times 5,7) \times 3)$
 $((0,25 \times 0,45 \times 5) \times 12) + ((0,25 \times 0,4 \times 5) \times 3)$
 $= 40,331 \text{ m}^3$

➤ Volume Tulangan

- Tulangan Plat : $\pi.r^2.t \times 114 + \pi.r^2.t \times 100$
 $= \pi.0,008^2.15 \times 114 + \pi.0,008^2.17,1 \times 100$
 $= 0,344 + 0,344$
 $= 0,688 \text{ m}^3$
- Tulangan Balok : $V_{B1} + V_{B2} + V_{B4} + V_{B7} + V_{BA} + V_{BA1}$
 $= \pi.0,008^2.5,7 \times 5 \times 9 + \pi.0,008^2.5,7 \times 7 \times 12$
 $+ \pi.0,008^2.5 \times 7 \times 15 + \pi.0,008^2.5,7 \times 4 \times 3$
 $+ \pi.0,008^2.5 \times 5 \times 12 + \pi.0,008^2.5 \times 5 \times 3$
 $= 0,952 \text{ m}^3$
- Tulangan Kolom : $V_{k1} + V_{k2} + V_{k2A} + V_{k3} + V_{k4}$
 $= \pi.0,0095^2.4,4 \times 12 \times 4 + \pi.0,011^2.4,4 \times 14 \times 7$
 $+ \pi.0,011^2.4,4 \times 18 \times 1 + \pi.0,011^2.4,4 \times 16 \times 4$
 $+ \pi.0,011^2.4,4 \times 12 \times 12$
 $= 2,467 \text{ m}^3$

- Volume bruto beton : $V \text{ beton plat} + V \text{ beton kolom} + V \text{ beton balok}$
 $= 59,645 + 47,168 + 40,331$
 $= 147,144 \text{ m}^3$
- Volume total tulangan : $V \text{ tulangan plat} + V \text{ tulangan kolom} + V \text{ tulangan balok}$
 $= 0,688 + 2,467 + 0,952$
 $= 4,107 \text{ m}^3$
- Volume netto beton : $V \text{ bruto beton} - V \text{ total Tulangan}$
 $= 147,144 - 4,107$
 $= 143,037 \text{ m}^3$

➤ Volume *Bekisting*

- Volume *bekisting* : $((V \text{ beton plat} + V \text{ beton kolom} + V \text{ beton balok}) \times 24,153 / 100) + 0,488$
 $= 36,028 \text{ m}^3$

➤ Volume *Scaffolding*

Contoh perhitungan volume *scaffolding* pada zona kerja A-4 lantai 1 adalah sebagai berikut:

- Balok ukuran 5,7 m x 5 m, dengan tinggi antar balok = 4,4 m
 $L = 5,7 \times 5 = 28,5 \text{ m}$
 $\text{Volume balok} = 28,5 \times 4,4 = 125,4 \text{ m}^3$
 $\text{Volume diameter baja} = \pi \cdot 0,008^2 \cdot 5,7$
 $= 0,00145 \text{ m}^3$
 $\text{Volume scaffolding} = \text{volume balok} \times \text{volume diameter baja}$
 $= 125,4 \times 0,00145$
 $= 0,182 \text{ m}^3$
- Balok ukuran 5,7 m x 6,5 m, dengan tinggi antar balok = 4,4 m
 $L = 5,7 \times 6,5 = 37,05 \text{ m}$
 $\text{Volume balok} = 37,05 \times 4,4 = 163,02 \text{ m}^3$
 $\text{Volume diameter baja} = \pi \cdot 0,008^2 \cdot 5,7$
 $= 0,00145 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } \textit{scaffolding} &= \text{volume balok} \times \text{volume diameter baja} \\
 &= 163,02 \times 0,00145 \\
 &= 0,236 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Balok trapesium ukuran 5,7 m ;1,7 m ;2,7m, dengan tinggi antar balok= 4,4m

$$L = 1/2(1,7+2,7) \times 5,7 = 12,54 \text{ m}$$

$$\text{Volume balok} = 12,54 \times 4,4 = 55,176 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume diameter baja} &= \pi \cdot 0,008^2 \cdot 5,7 \\
 &= 0,00145 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } \textit{scaffolding} &= \text{volume balok} \times \text{volume diameter baja} \\
 &= 55,176 \times 0,00145 \\
 &= 0,08 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Balok trapesium ukuran 5,7 m ;2,7 m ;3m, dengan tinggi antar balok= 4,4m

$$L = 1/2(2,7+3) \times 5,7 = 16,245 \text{ m}$$

$$\text{Volume balok} = 16,245 \times 4,4 = 71,478 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume diameter baja} &= \pi \cdot 0,008^2 \cdot 5,7 \\
 &= 0,00145 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } \textit{scaffolding} &= \text{volume balok} \times \text{volume diameter baja} \\
 &= 71,478 \times 0,00145 \\
 &= 0,104 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Balok trapesium ukuran 5,7 m ;3 m ;3,3m, dengan tinggi antar balok= 4,4m

$$L = 1/2(3+3,3) \times 5,7 = 17,955 \text{ m}$$

$$\text{Volume balok} = 17,955 \times 4,4 = 79,002 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume diameter baja} &= \pi \cdot 0,008^2 \cdot 5,7 \\
 &= 0,00145 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } \textit{scaffolding} &= \text{volume balok} \times \text{volume diameter baja} \\
 &= 79,002 \times 0,00145 \\
 &= 0,115 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Volume total untuk *scaffolding* lantai 1 pada zona kerja A-4

$$\begin{aligned} \text{Volume total } scaffolding &= (0,182 \text{ m}^3 \times 12) + (0,236 \text{ m}^3 \times 3) \\ &\quad + (0,08 \text{ m}^3 \times 1) + (0,104 \text{ m}^3 \times 1) \\ &\quad + (0,115 \text{ m}^3 \times 1) \\ &= 3,191 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel lampiran 2

4.5.4 Perhitungan Berat Material

Pada perhitungan produksi dalam satu siklus adalah volume material (m^3) yang diangkat untuk satu kali pengangkatan. Tetapi dalam data tower crane tipe Topkit F0/23B kapasitas daya angkutnya memakai satuan (kg), maka harus adanya konversi dari satuan m^3 ke kg. Konversi satuan dari m^3 ke kg dengan mengalikan volume material dengan berat jenis material masing-masing.

Perhitungan berat material merupakan berat material yang nantinya akan didistribusikan oleh TC ke masing-masing zona kerja. Dalam menghitung berat material adalah dengan cara mengalikan volume masing-masing material dengan berat jenisnya.

Contoh perhitungan volume material pada lantai 1 zona A-4 adalah sebagai berikut:

➤ Berat Beton

- Volume beton : $147,144 \text{ m}^3$
- Berat jenis beton : 2.200 kg/m^3
- Berat beton : $147,144 \text{ m}^3 \times 2.200 \text{ kg/m}^3$
= $323716,8 \text{ kg}$

➤ Berat Tulangan

- Volume tulangan : $4,107 \text{ m}^3$
- Berat jenis baja : 7.800 kg/m^3
- Berat tulangan : $4,107 \text{ m}^3 \times 7.800 \text{ kg/m}^3$
= $32034,6 \text{ kg}$

➤ Berat *Bekisting*

- Volume *bekisting* : 36,028 m³
- Berat jenis kayu : 1.100 kg/m³
- Berat *bekisting* : 36,028 m³ x 1.100 kg/m³
≅ 39630,8 kg

➤ Berat *Scaffolding*

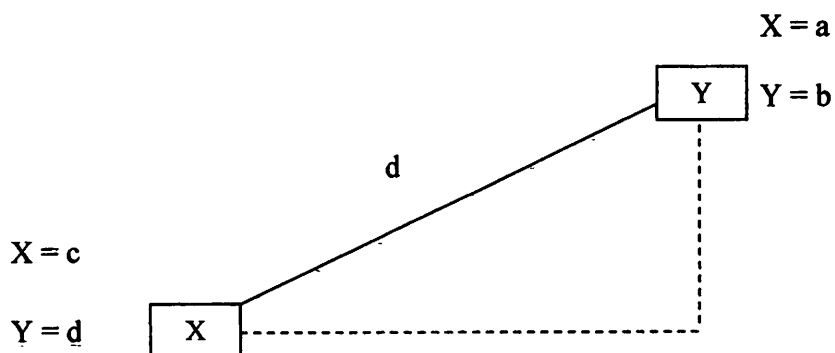
Contoh perhitungan berat *scaffolding* pada zona kerja A-4 lantai 1 adalah sebagai berikut :

- Volume total *scaffolding* pada zona kerja A-4 : 3,191 m³
- Berat jenis baja : 7.800 kg/m³
- Berat *Scaffolding* : 3,191 m³ x 7.800 kg/m³
: 24889,8 kg

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada table lampiran 3

4.6 Perhitungan Jarak Antara Gudang, *Tower Crane*, dan Zona Material

Untuk menghitung jarak digunakan rumus *pitagoras*, yaitu dengan menggunakan koordinat kedua titik, kemudian ditarik garis diagonalnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.2 cara mencari jarak dengan rumus *pitagoras*

Maka panjang d :

$$d = \sqrt{(a - c)^2 + (b - d)^2}$$

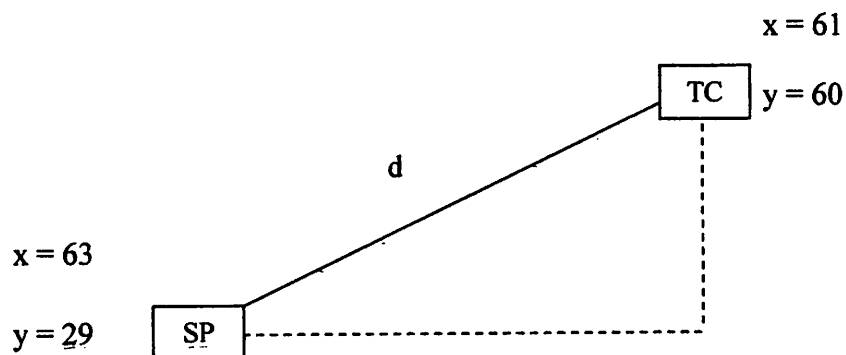
jarak gudang ke *tower crane* adalah:

Tabel 4.1 jarak gudang ke *tower crane*

Gudang	Tower Crane	Jarak (m)
1	TC 1	31,25
2	TC2	26,25

4.6.1 Perhitungan Jarak *Supply Point* Dengan *Tower Crane*

Contoh perhitungan jarak *Supply point* dengan *tower crane* pada zona kerja A-4 lantai 1 adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 cara mencari jarak *supply point* dengan *tower crane* dengan rumus *pitagoras*

Koordinat *supply point* (SP) : $x = 63$

$y = 29$

Koordinat *tower crane* : $x = 61$

$y = 60$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak supply point ke tower crane} & : \sqrt{(a - c)^2 + (b - d)^2} \\
 & = \sqrt{(63 - 61)^2 + (29 - 60)^2} \\
 & = 31,06 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.6.2 Perhitungan Jarak Demand Point Dengan Tower Crane

Contoh perhitungan jarak *demand point* dengan *tower crane* pada zona kerja A-4 lantai 1 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Koordinat demand point (DP)} & : x = 69 \\
 & y = 44
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Koordinat tower crane} & : x = 61 \\
 & y = 60
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak tower crane ke demand point} & : \sqrt{(a - c)^2 + (b - d)^2} \\
 & = \sqrt{(69 - 61)^2 + (44 - 60)^2} \\
 & = 17.89 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.6.3 Perhitungan Jarak Demand Point Dengan Supply Point

Contoh perhitungan jarak *demand point* dengan *supply point* pada zona kerja A-4 lantai I adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Koordinat demand point (DP)} & : x = 69 \\
 & y = 44
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Koordinat supply point (SP)} & : x = 63 \\
 & y = 29
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jarak demand point ke supply point} &: \sqrt{(a - c)^2 + (b - d)^2} \\
&= \sqrt{(69 - 63)^2 + (44 - 29)^2} \\
&= 16,16 \text{ m}
\end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya untuk tiap-tiap zona dapat dilihat pada lampiran 4

4.7 Perhitungan Produksi Dalam Satu Siklus

Yang dimaksud produksi dalam satu siklus adalah volume material yang diangkat *tower crane* untuk satu kali pengangkatan. Produksi dalam satu siklus antara lain sebagai berikut :

Tabel 4.2 Produksi dalam satu siklus

Pekerjaan	Produksi
Tulangan	2000 kg
<i>Bekisting</i>	2000 kg
Beton	2000 kg
<i>Scaffolding</i>	2000 kg

4.7.1 Perhitungan Waktu Siklus (Pengangkatan)

Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan oleh *tower crane* untuk menyelesaikan satu kegiatan produksi, meliputi muat dan angkut. Pengangkatan meliputi *hoisting*, *slewing*, *trolley*, dan *landing*. Dalam hal ini, sangat sulit untuk mendapatkan waktu standar sesuai dengan waktu yang sebenarnya. Besarnya waktu angkat dipengaruhi oleh kecepatan dan jaraknya. Sedangkan ketinggian masing masing lantai adalah :

- Dasar : 4,40 m
- Lantai 1 : 4,40 m
- Lantai 2 : 3,00 m
- Lantai 3 : 3,00 m

- Lantai 4 : 3,00 m
- Lantai 5 : 3,00 m
- Lantai 6 : 3,00 m
- Lantai 7 : 3,00 m
- Lantai 8 : 3,00 m
- Lantai 9 : 3,00 m
- Lantai 10 : 3,00 m
- Lantai 11 : 3,00 m
- Lantai 12 : 3,00 m
- Lantai 13 : 3,00 m
- Lantai 14 : 3,00 m
- Lantai 15 : 3,00 m

➤ Untuk *tower crane* tipe Topkit F0/23 B pada zona A-4 lantai 1

Material-material yang diangkat dan banyaknya pengangkatan adalah:

- Tulangan : 10
- *Bekisting* : 12
- Beton : 162
- *Scaffolding* : 12

a) Waktu *Hoisting*

Waktu yang dibutuhkan untuk mengangkat dan kembali :

- Tulangan

▲ Angkat

= banyak pengangkatan material x (kecepatan *hosting* + 2)/tinggi
lantai

$$\cong 10 \times (30+2) / 4,4$$

$$= 72,73 \text{ menit}$$

▲ Kembali

= (banyak pengangkatan material x 2)/ kecepatan *hoisting*

$$\cong (10 \times 2) / 30$$

$$= 0,67 \text{ menit}$$

- *Bekisting*
 - ▲ Angkat
 - = banyak pengangkatan material x (kecepatan *hosting* + 2)/tinggi lantai
 - = $12 \times (30+2) / 4,4$
 - = 87,27 menit
 - ▲ Kembali
 - = (banyak pengangkatan material x 2)/ kecepatan *hosting*
 - = $(12 \times 2) / 30$
 - = 0,8 menit

- Beton
 - ▲ Angkat
 - = banyak pengangkatan material x (kecepatan *hosting* + 2)/tinggi lantai
 - = $162 \times (30+2) / 4,4$
 - = 1178,18 menit
 - ▲ Kembali
 - = (banyak pengangkatan material x 2)/ kecepatan *hosting*
 - = $(162 \times 2) / 30$
 - = 10,8 menit

- *Scaffolding*
 - ▲ Angkat
 - = banyak pengangkatan material x (kecepatan *hosting* + 2)/tinggi lantai
 - = $12 \times (30+2) / 4,4$
 - = 87,27 menit
 - ▲ Kembali
 - = (banyak pengangkatan material x 2)/ kecepatan *hosting*
 - = $(12 \times 2) / 30$

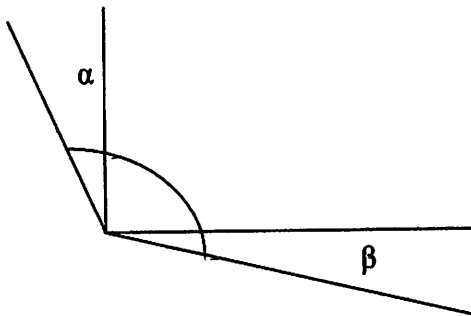
= 0,8 menit

b) Waktu *Slewing*

Koordinat zona tujuan (*demand*) : x = 69
y = 84

Koordinat gudang (*supply*) : x = 63
y = 29

Koordinat *tower crane* : x = 61
y = 60



Gambar 4.4 sudut α dan sudut β

$$\alpha = \frac{61-63}{29-60} = 0,06 \longrightarrow \tan^{-1} = 3,43^\circ$$

$$\beta = \frac{69-61}{84-60} = 0,33 \longrightarrow \tan^{-1} = 18,43^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{sudut slewing} &= (90-3,43) + 90 + (90-18,43) \\ &\equiv 248,14^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= \frac{\text{Sudut slewing}}{360} \\ &= \frac{248,14}{360} \\ &= 0,69 \end{aligned}$$

- Tulangan

▲ Angkat

$$\begin{aligned} &= \frac{r}{\text{Kecepatan slewing}} \\ &= \frac{0.69}{0.61} \times 2 = 2,26 \text{ menit} \end{aligned}$$

▲ Kembali

$$\begin{aligned} &= \frac{r}{\text{Kecepatan slewing}} \\ &= \frac{0.69}{0.61} \times 2 = 2,26 \text{ menit} \end{aligned}$$

▪ *Bekisting*

▲ Angkat

$$\begin{aligned} &= \frac{r}{\text{Kecepatan slewing}} \\ &= \frac{0.69}{0.61} \times 2 = 2,26 \text{ menit} \end{aligned}$$

▲ Kembali

$$\begin{aligned} &= \frac{r}{\text{Kecepatan slewing}} \\ &= \frac{0.69}{0.61} \times 2 = 2,26 \text{ menit} \end{aligned}$$

▪ *Beton*

▲ Angkat

$$\begin{aligned} &= \frac{r}{\text{Kecepatan slewing}} \\ &= \frac{0.69}{0.61} \times 2 = 2,26 \text{ menit} \end{aligned}$$

▲ Kembali

$$\begin{aligned} &= \frac{r}{\text{Kecepatan slewing}} \\ &= \frac{0.69}{0.61} \times 2 = 2,26 \text{ menit} \end{aligned}$$

▪ *Scaffolding*

▲ Angkat

$$\begin{aligned} &= \frac{r}{\text{Kecepatan slewing}} \\ &= \frac{0.69}{0.61} \times 2 = 2,26 \text{ menit} \end{aligned}$$

▲ Kembali

$$= \frac{r}{\text{Kecepatan slewing}}$$

$$= \frac{0,69}{0,61} \times 2 = 2,26 \text{ menit}$$

c) Waktu *Trolleying*

▪ Tulangan

▲ Angkat

$$= \left(\sqrt{\frac{(\text{jarak TC ke Zona} - \text{jarak TC ke gudang})^2}{\text{kecepatan Trolleying} \times \text{banyak pengangkatan}}} \right)$$

$$= \left(\sqrt{\frac{(33,33 - 29,17)^2}{30 \times 24}} \right)$$

$$= 0,16 \text{ menit}$$

▲ Kembali

$$= \left(\sqrt{\frac{(\text{jarak TC ke Zona} - \text{jarak TC ke gudang})^2}{\text{kecepatan Trolleying} \times \text{banyak pengangkatan}}} \right)$$

$$= \left(\sqrt{\frac{(33,33 - 29,17)^2}{30 \times 24}} \right)$$

$$= 0,16 \text{ menit}$$

▪ *Bekisting*

▲ Angkat

$$= \left(\sqrt{\frac{(\text{jarak TC ke Zona} - \text{jarak TC ke gudang})^2}{\text{kecepatan Trolleying} \times \text{banyak pengangkatan}}} \right)$$

$$= \left(\sqrt{\frac{(33,33 - 29,17)^2}{30 \times 11}} \right)$$

$$= 0,23 \text{ menit}$$

▲ Kembali

$$= \left(\sqrt{\frac{(\text{jarak TC ke Zona} - \text{jarak TC ke gudang})^2}{\text{kecepatan Trolleying} \times \text{banyak pengangkatan}}} \right)$$

$$= \left(\sqrt{\frac{(33,33-29,17)^2}{30 \times 11}} \right)$$

$$= 0,23 \text{ menit}$$

- **Beton**

- ▲ **Angkat**

$$= \left(\sqrt{\frac{(\text{jarak TC ke Zona} - \text{jarak TC ke gudang})^2}{\text{kecepatan Trolleying} \times \text{banyak pengangkatan}}} \right)$$

$$= \left(\sqrt{\frac{(33,33-29,17)^2}{30 \times 86}} \right)$$

$$= 0,08 \text{ menit}$$

- ▲ **Kembali**

$$= \left(\sqrt{\frac{(\text{jarak TC ke Zona} - \text{jarak TC ke gudang})^2}{\text{kecepatan Trolleying} \times \text{banyak pengangkatan}}} \right)$$

$$= \left(\sqrt{\frac{(33,33-29,17)^2}{30 \times 86}} \right)$$

$$= 0,08 \text{ menit}$$

- **Scaffolding**

- ▲ **Angkat**

$$= \left(\sqrt{\frac{(\text{jarak TC ke Zona} - \text{jarak TC ke gudang})^2}{\text{kecepatan Trolleying} \times \text{banyak pengangkatan}}} \right)$$

$$= \left(\sqrt{\frac{(33,33-29,17)^2}{30 \times 18}} \right)$$

$$= 0,18 \text{ menit}$$

- ▲ **Kembali**

$$= \left(\sqrt{\frac{(\text{jarak TC ke Zona} - \text{jarak TC ke gudang})^2}{\text{kecepatan Trolleying} \times \text{banyak pengangkatan}}} \right)$$

$$= \left(\sqrt{\frac{(33,33 - 29,17)^2}{30 \times 18}} \right)$$

$$= 0,18 \text{ menit}$$

d) Waktu *Landing*

▪ Tulangan

▲ Angkat

$$= \left(\frac{2}{\text{Kecepatan Hoisting}} \right) \times 2$$

$$= \left(\frac{2}{30} \right) \times 2$$

$$= 0,13 \text{ menit}$$

▲ Kembali

$$= \left(\frac{2 + \text{tinggi lantai}}{\text{Kecepatan Hoisting}} \right) \times 2$$

$$= \left(\frac{2 + 4,4}{30} \right) \times 2$$

$$= 0,43 \text{ menit}$$

▪ *Bekisting*

▲ Angkat

$$= \left(\frac{2}{\text{Kecepatan Hoisting}} \right) \times 2$$

$$= \left(\frac{2}{30} \right) \times 2$$

$$= 0,13 \text{ menit}$$

▲ Kembali

$$= \left(\frac{2 + \text{tinggi lantai}}{\text{Kecepatan Hoisting}} \right) \times 2$$

$$= \left(\frac{2 + 4,4}{30} \right) \times 2$$

$$= 0,43 \text{ menit}$$

- **Beton**

- ▲ **Angkat**

$$= \left(\frac{2}{\text{Kecepatan Hoisting}} \right) \times 2$$

$$= \left(\frac{2}{30} \right) \times 2$$

$$= 0,13 \text{ menit}$$

- ▲ **Kembali**

$$= \left(\frac{2 + \text{tinggi lantai}}{\text{Kecepatan Hoisting}} \right) \times 2$$

$$= \left(\frac{2 + 4,4}{30} \right) \times 2$$

$$= 0,43 \text{ menit}$$

- **Scaffolding**

- ▲ **Angkat**

$$= \left(\frac{2}{\text{Kecepatan Hoisting}} \right) \times 2$$

$$= \left(\frac{2}{30} \right) \times 2$$

$$= 0,13 \text{ menit}$$

- ▲ **Kembali**

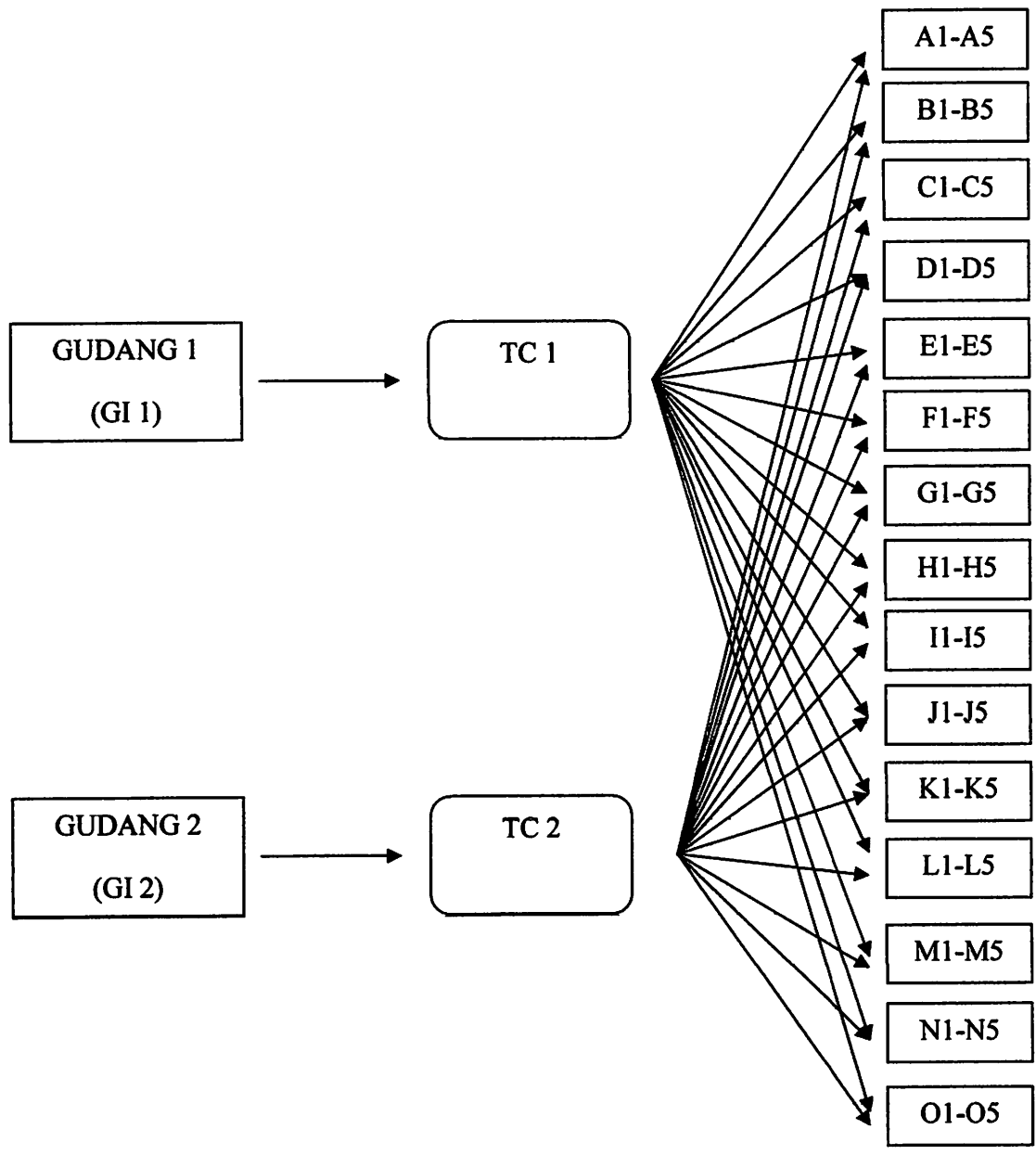
$$= \left(\frac{2 + \text{tinggi lantai}}{\text{Kecepatan Hoisting}} \right) \times 2$$

$$= \left(\frac{2 + 4,4}{30} \right) \times 2$$

$$= 0,43 \text{ menit}$$

Perhitungan selanjutnya untuk tiap-tiap zona dapat dilihat pada lampiran 6

4.8 Perhitungan Transportasi *Tower Crane* dengan Menggunakan Model *Transshipment*



Gambar 4.5 Alur Transportasi Pengiriman Material ke Semua Zona

Gambar yang lebih detail terdapat di lampiran 5

Keterangan dari gambar 4.5 :

a. Gudang

Gudang 1 dan gudang 2 memiliki kapasitas daya tampung untuk masing-masing gudang sebesar 200 m^3 . Macam- macam material yang ada di dalam gudang 1 dan gudang 2 yang kapasitas dan jenis materialnya sama, antara lain:

- Tulangan dengan kapasitas volume maksimal dalam gudang sebesar 50 m^3
- *Bekisting* dengan kapasitas volume maksimal dalam gudang sebesar 50 m^3
- Beton dengan kapasitas volume maksimal dalam gudang sebesar 50 m^3
- *Scaffolding* dengan kapasitas volume maksimal dalam gudang sebesar 50 m^3

b. Tower Crane

Tower crane 1 dan *tower crane 2* memiliki kekuatan daya angkut sebesar 2 ton untuk mengangkat material tulangan, *bekisting*, beton, dan *scaffolding*.

c. Zona (A₁-A₅, B₁-B₅, C₁-C₅, D₁-D₅, E₁-E₅, F₁-F₅, G₁-G₅, H₁-H₅, I₁-I₅, J₁-J₅, K₁-K₅, L₁-L₅, M₁-M₅, N₁-N₅, O₁-O₅)

Zona adalah tempat pengiriman material

Alur transportasi dari gambar 4.5, dicari jarak terdekat antara *tower crane* dengan zona tujuan adalah sebagai berikut :

Utuk perhitungan jarak terdekat antara *tower crane* dengan zona A-4 :

Diketahui :

Koordinat zona A-2 : $x = 69$, $y = 44$

Tabel 4.3 Koordinat *Tower crane*

NO	TOWER CRANE	KOORDINAT	
		x	y
1	TC-1	98	56
2	TC-2	61	60

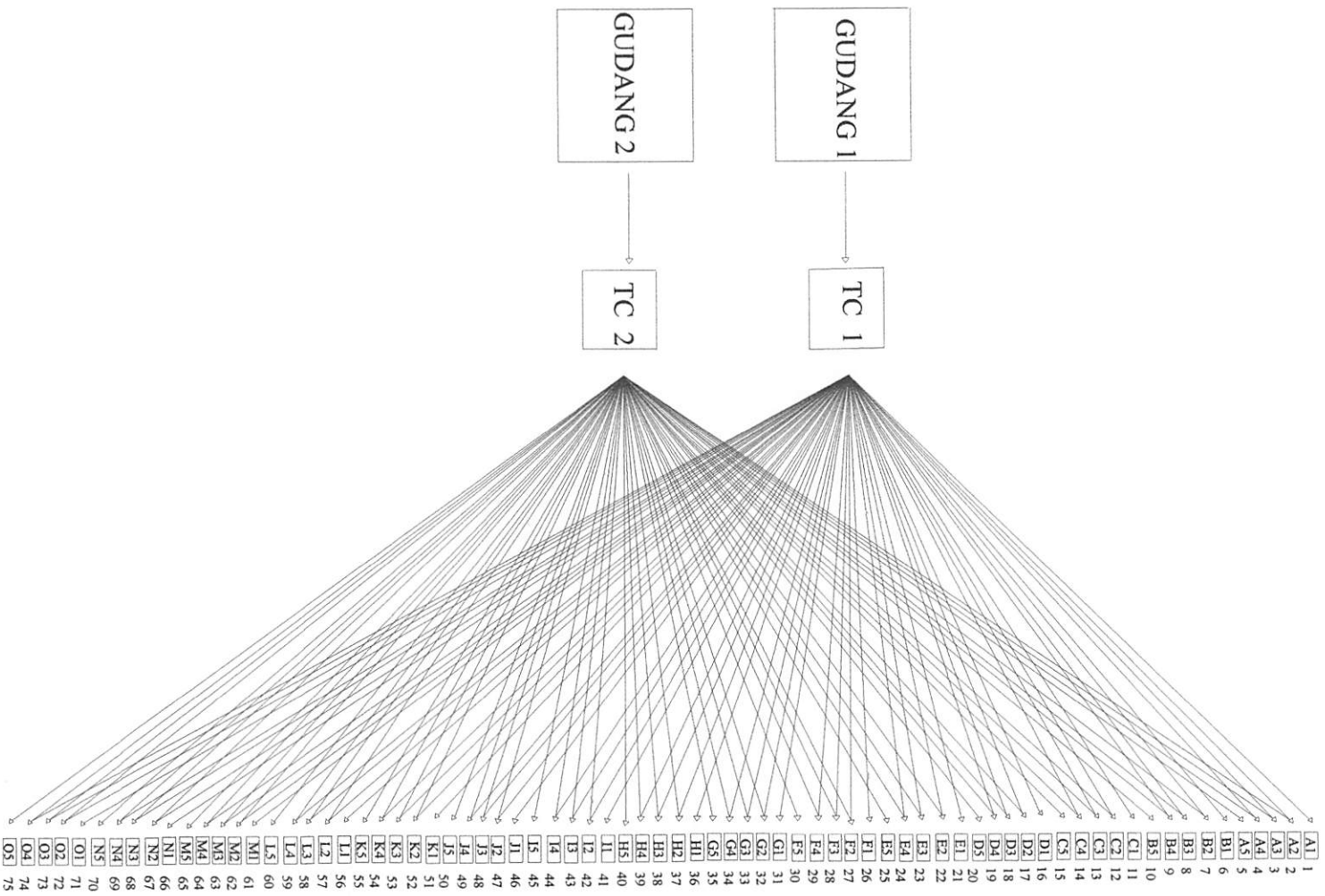
Analisa perhitungan :

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Jarak TC-1 ke zona A-2} &= \sqrt{(a - c)^2 + (b - d)^2} \\
 &= \sqrt{(98 - 69)^2 + (56 - 44)^2} \\
 &= 31,38 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Jarak TC-2 ke zona A-2} &= \sqrt{(a - c)^2 + (b - d)^2} \\
 &= \sqrt{(61 - 69)^2 + (60 - 44)^2} \\
 &= 17,89 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa perhitungan jarak *tower crane* ke zona yang terdekat adalah TC-2 dengan jarak 17.89 m.

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat di lampiran 1b



Gambar 4.6 Alur Transportasi Pengiriman Material di Lapangan

Tabel 4.4 Transportasi Pengiriman Material pada Zona di Lapangan

GUDANG	TOWER CRANE	ZONA	WAKTU TRANSPORTASI TULANGAN (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI BEKISTING (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI BETON (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI SCAFFOLDING (vol x waktu) (m ³ /menit)
GUDANG 1	TC 1	A-1	847.234	7822.465	277786.796	1002.307
		A-2	451.356	1996.281	68903.129	253.425
		A-3	429.510	2334.419	63362.142	386.294
		A-4	200.196	3339.796	175538.378	295.620
		B-1	705.260	3030.474	123878.643	327.538
		B-2	400.134	828.015	35075.581	82.847
		B-3	165.520	662.501	22897.762	72.314
		B-4	454.495	833.066	38819.782	79.395
		C-1	1021.588	2799.140	150027.696	226.473
		C-2	576.240	762.685	43065.657	56.548
		C-3	234.732	568.614	26485.829	47.576
		C-4	660.037	771.295	48168.864	54.249
		D-1	914.892	1809.852	99548.375	145.090
		D-2	577.967	776.081	43077.717	57.541
		D-3	233.552	560.552	26471.709	46.902
		D-4	661.347	782.878	48175.232	55.063
		E-1	835.286	1129.700	70999.253	76.224
		E-2	578.041	776.382	43078.923	57.563
		E-3	233.598	560.789	26472.651	46.922
		E-4	662.061	785.734	48186.693	55.264
		F-1	835.331	1130.084	71000.027	76.250
		F-2	578.078	776.533	43080.129	57.574
		F-3	233.645	560.907	26473.121	46.932
		F-4	661.386	783.036	3756.825	55.075
		G-1	835.376	1130.276	71000.802	76.263
		G-2	578.114	776.683	43080.732	57.586
		G-3	233.645	561.026	26473.592	46.941
		G-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		H-1	835.420	1130.276	71000.802	76.263
		H-2	578.151	776.834	43080.732	57.597
H-3	233.668	561.144	26474.063	46.951		

GUDANG	TOWER CRANE	ZONA	WAKTU TRANSPORTASI TULANGAN (vol x waktu) (m³/menit)	WAKTU TRANSPORTASI BEKISTING (vol x waktu) (m³/menit)	WAKTU TRANSPORTASI BETON (vol x waktu) (m³/menit)	WAKTU TRANSPORTASI SCAFFOLDING (vol x waktu) (m³/menit)
GUDANG 1	TC 1	H-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		I-1	835.465	1130.468	71001.576	76.276
		I-2	578.151	776.834	43081.335	57.597
		I-3	233.691	561.263	26474.533	46.961
		I-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		J-1	835.465	1130.468	71001.576	76.276
		J-2	578.188	776.984	43081.335	57.608
		J-3	233.691	561.263	26474.533	46.961
		J-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		K-1	835.465	1130.660	71002.350	76.288
		K-2	578.188	776.984	43081.335	57.608
		K-3	233.691	561.263	26474.533	46.961
		K-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		L-1	835.510	1130.660	71002.350	76.288
		L-2	578.188	776.984	43081.335	57.608
		L-3	233.714	561.382	26475.004	46.971
		L-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		M-1	835.510	1130.660	71002.350	76.288
		M-2	578.188	776.984	43081.335	57.608
		M-3	233.714	561.382	26475.004	46.971
		M-4	661.386	783.195	48175.868	55.086
		N-1	835.510	1130.660	71003.125	76.288
		N-2	578.225	776.984	43081.335	57.608
		N-3	233.714	561.382	26475.004	46.971
		N-4	661.386	783.195	48175.868	55.086
		O-1	835.510	1130.852	71003.125	76.301
		O-2	578.225	776.984	43081.335	57.608
		O-3	233.714	561.382	26475.004	46.971
		O-4	661.386	783.195	48175.868	55.086

GUDANG	TOWER CRANE	ZONA	WAKTU TRANSPORTASI TULANGAN (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI BEKISTING (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI BETON (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI SCAFFOLDING (vol x waktu) (m ³ /menit)
GUDANG 2	TC 2	A-2	448.843	1981.706	68843.157	251.575
		A-3	431.279	2344.695	63403.739	387.994
		A-4	203.143	3381.228	175707.593	299.288
		A-5	704.363	9867.033	371951.831	1220.124
		B-2	397.194	814.934	35022.384	81.538
		B-3	165.798	664.101	22903.610	72.488
		B-4	457.590	846.627	38874.332	80.688
		B-5	625.263	1945.329	81563.816	192.299
		C-2	572.896	748.988	43010.784	55.532
		C-3	234.964	569.799	26490.535	47.676
		C-4	660.037	771.295	48168.864	54.249
		C-5	903.816	1781.821	94563.610	134.427
		D-2	574.292	761.029	43018.020	56.425
		D-3	233.830	561.974	26477.357	47.021
		D-4	661.347	782.878	48175.232	55.063
		D-5	905.136	1793.532	94569.873	135.310
		E-2	574.292	761.180	43018.020	56.436
		E-3	233.830	561.974	26477.357	47.021
		E-4	662.061	785.734	48186.693	55.264
		E-5	905.956	1797.510	94585.977	135.610
		F-2	574.329	761.180	43018.020	56.436
		F-3	233.853	562.093	26477.357	47.031
		F-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		F-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327
		G-2	574.329	761.180	43018.020	56.436
		G-3	233.853	562.093	26477.357	47.031
		G-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		G-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327
		H-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		H-3	233.853	562.093	26477.357	47.031
		H-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		H-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327

GUDANG	TOWER CRANE	ZONA	WAKTU TRANSPORTASI TULANGAN (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI BEKISTING (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI BETON (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI SCAFFOLDING (vol x waktu) (m ³ /menit)
GUDANG 2	TC 2	I-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		I-3	233.853	562.093	26477.828	47.031
		I-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		I-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327
		J-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		J-3	233.853	562.093	26477.828	47.031
		J-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		J-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327
		K-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		K-3	233.853	562.093	26477.828	47.031
		K-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		K-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327
		L-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		L-3	233.853	562.093	26477.828	47.031
		L-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		L-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327
		M-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		M-3	233.853	562.093	26477.828	47.031
		M-4	661.386	783.195	48175.868	55.086
		M-5	905.227	1793.753	94570.768	135.327
		N-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		N-3	233.853	562.093	26477.828	47.031
		N-4	661.386	783.195	48175.868	55.086
		N-5	905.227	1793.753	94570.768	135.327
		O-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		O-3	233.853	562.093	26477.828	47.031
		O-4	661.386	783.195	48175.868	55.086
		O-5	905.227	1793.753	94570.768	135.327

Tabel yang lebih lengkap dapat dilihat pada tabel lampiran 7

Keterangan untuk tabel 4.4 adalah sebagai berikut :

1. Zona A-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 847,234 m³/menit
- *Bekisting* : 7822,465 m³/menit
- Beton : 277786,796 m³/menit
- *Scaffolding* : 1002,307 m³/menit

2. Zona A-2

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona A-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	451.356	1996.281	68903.129	253.425
TC-2	448.843	1981.706	68843.157	251.575

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

3. Zona A-3

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona A-3

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	429.510	2334.419	63362.142	386.294
TC-2	431.279	2344.695	63403.739	387.994

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

4. Zona A-4

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona A-4

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	200.196	3339.796	175538.378	295.620
TC-2	203.143	3381.228	175707.593	299.288

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

5. Zona A-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 704,363 m³/menit
- Bekisting : 9867,033 m³/menit
- Beton : 371951,831 m³/menit
- Scaffolding : 1220,124 m³/menit

6. Zona B-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 705,26 m³/menit
- Bekisting : 3030,474 m³/menit
- Beton : 123878,643 m³/menit
- Scaffolding : 327,538 m³/menit

7. Zona B-2

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona B-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	400.134	828.015	35075.581	82.847
TC-2	397.194	814.934	35022.384	81.538

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

8. Zona B-3

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona B-3

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	165.520	662.501	22897.762	72.314
TC-2	165.798	664.101	22903.610	72.488

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

9. Zona B-4

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona B-4

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	454.495	833.066	38819.782	79.395
TC-2	457.590	846.627	38874.332	80.688

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

10. Zona B-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 625,263 m³/menit
- Bekisting : 1945,329 m³/menit
- Beton : 81563,816 m³/menit
- Scaffolding : 192,299 m³/menit

11. Zona C-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 1021,588 m³/menit
- *Bekisting* : 2799,14 m³/menit
- Beton : 150027,696 m³/menit
- *Scaffolding* : 226,473 m³/menit

12. Zona C-2

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona C-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	576.240	762.685	43065.657	56.548
TC-2	572.896	748.988	43010.784	55.532

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

13. Zona C-3

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona C-3

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	234.732	568.614	26485.829	47.576
TC-2	234.964	569.799	26490.535	47.676

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

14. Zona C-4

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona C-4

Tower	Tulangan	<i>Bekisting</i>	Beton	<i>Scaffolding</i>
-------	----------	------------------	-------	--------------------

Crane	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)
TC-1	660.037	771.295	48168.864	54.249
TC-2	660.037	771.295	48168.864	54.249

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

15. Zona C-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 903,816 m³/menit
- *Bekisting* : 1781,821 m³/menit
- Beton : 94563,610 m³/menit
- *Scaffolding* : 134,427 m³/menit

16. Zona D-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 914,892 m³/menit
- *Bekisting* : 1809,852 m³/menit
- Beton : 99548,375 m³/menit
- *Scaffolding* : 145,090 m³/menit

17. Zona D-2

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona D-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	577.967	776.081	43077.717	57.541
TC-2	574.292	761.029	43018.020	56.425

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

18. Zona D-3

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona D-3

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	233.552	560.552	26471.709	46.902
TC-2	233.830	561.974	26477.357	47.021

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

19. Zona D-4

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona D-4

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	661.347	782.878	48175.232	55.063
TC-2	661.347	782.878	48175.232	55.063

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

20. Zona D-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 905,136 m³/menit
- Bekisting : 1793,532 m³/menit
- Beton : 94569,873 m³/menit
- Scaffolding : 135,310 m³/menit

21. Zona E-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 835,286 m³/menit

- *Bekisting* : 1129,700 m³/menit
- *Beton* : 70999,253 m³/menit
- *Scaffolding* : 76,224 m³/menit

22. Zona E-2

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona E-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	578.041	776.382	43078.923	57.563
TC-2	574.292	761.180	43018.020	56.436

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

23. Zona E-3

Tabel 4.18 Hasil perhitungan transportasi material pada zona E-3

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	233.598	560.789	26472.651	46.922
TC-2	233.830	561.974	26477.357	47.021

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

24. Zona E-4

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona E-4

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	662.061	785.734	48186.693	55.264
TC-2	662.061	785.734	48186.693	55.264

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

25. Zona E-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 905,956 m³/menit
- *Bekisting* : 1797,51 m³/menit
- Beton : 94585,977 m³/menit
- *Scaffolding* : 135,610 m³/menit

26. Zona F-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 835,331 m³/menit
- *Bekisting* : 1130,084 m³/menit
- Beton : 71000,027 m³/menit
- *Scaffolding* : 76,250 m³/menit

27. Zona F-2

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona F-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	578.078	776.533	43080.129	57.574
TC-2	574.329	761.180	43018.020	56.436

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

28. Zona F-3

Tabel 4.21 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona F-3

Tower	Tulangan	<i>Bekisting</i>	Beton	<i>Scaffolding</i>
-------	----------	------------------	-------	--------------------

Crane	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)
TC-1	233.645	560.907	26473.121	46.932
TC-2	233.853	562.093	26477.357	47.031

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

29. Zona F-4

Tabel 4.22 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona F-4

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	661.386	783.036	3756.825	55.075
TC-2	661.386	783.036	48175.868	55.075

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

30. Zona F-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 905,182 m³/menit
- *Bekisting* : 1793,753 m³/menit
- Beton : 94570,768 m³/menit
- *Scaffolding* : 135,327 m³/menit

31. Zona G-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 835,376 m³/menit
- *Bekisting* : 1130,276 m³/menit
- Beton : 71000,802 m³/menit
- *Scaffolding* : 76,263 m³/menit

32. Zona G-2

Tabel 4.23 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona G-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	578.114	776.683	43080.732	57.586
TC-2	574.329	761.180	43018.020	56.436

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

33. Zona G-3

Tabel 4.24 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona G-3

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	233.645	561.026	26473.592	46.941
TC-2	233.853	562.093	26477.357	47.031

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

34. Zona G-4

Tabel 4.25 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona G-4

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	661.386	783.036	48175.868	55.075
TC-2	661.386	783.036	48175.868	55.075

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

35. Zona G-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 905,182 m³/menit
- *Bekisting* : 1793,753 m³/menit
- Beton : 94570,768 m³/menit
- *Scaffolding* : 135,327 m³/menit

36. Zona H-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 835,42 m³/menit
- *Bekisting* : 1130,276 m³/menit
- Beton : 71000,802 m³/menit
- *Scaffolding* : 76,263 m³/menit

37. Zona H-2

Tabel 4.26 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona H-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	578.151	776.834	43080.732	57.597
TC-2	574.329	761.180	43018.623	56.436

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

38. Zona H-3

Tabel 4.27 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona H-3

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	233.668	561.144	26474.063	46.951
TC-2	233.853	562.093	26477.357	47.031

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

39. Zona H-4

Tabel 4.28 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona H-4

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	661.386	783.036	48175.868	55.075
TC-2	661.386	783.036	48175.868	55.075

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

40. Zona H-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 905,182 m³/menit
- Bekisting : 1793,753 m³/menit
- Beton : 94570,768 m³/menit
- Scaffolding : 135,327 m³/menit

41. Zona I-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 835,465 m³/menit
- Bekisting : 1130,468 m³/menit
- Beton : 71001,576 m³/menit
- Scaffolding : 76,2676 m³/menit

42. Zona I-2

Tabel 4.29 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona I-2

Tower	Tulangan	Bekisting	Beton	Scaffolding
-------	----------	-----------	-------	-------------

Crane	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)
TC-1	578.151	776.834	43081.335	57.597
TC-2	574.329	761.180	43018.623	56.436

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

43. Zona I-3

Tabel 4.30 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona I-3

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	233.691	561.263	26474.533	46.961
TC-2	233.853	562.093	26477.828	47.031

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

44. Zona I-4

Tabel 4.31 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona I-4

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	661.386	783.036	48175.868	55.075
TC-2	661.386	783.036	48175.868	55.075

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

45. Zona I-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 905,182 m³/menit

- *Bekisting* : 1793,753 m³/menit
- Beton : 94570,768 m³/menit
- *Scaffolding* : 135,327 m³/menit

46. Zona J-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 835,465 m³/menit
- *Bekisting* : 1130,468 m³/menit
- Beton : 71001,576 m³/menit
- *Scaffolding* : 76,276 m³/menit

47. Zona J-2

Tabel 4.32 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona J-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	578.188	776.984	43081.335	57.608
TC-2	574.329	761.180	43018.623	56.436

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

48. Zona J-3

Tabel 4.33 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona J-3

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	233.691	561.263	26474.533	46.961
TC-2	233.853	562.093	26477.828	47.031

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

49. Zona J-4

Tabel 4.34 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona J-4

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	661.386	783.036	48175.868	55.075
TC-2	661.386	783.036	48175.868	55.075

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

50. Zona J-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 905,182 m³/menit
- Bekisting : 1793,753 m³/menit
- Beton : 94570,768 m³/menit
- Scaffolding : 135,327 m³/menit

51. Zona K-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 835,465 m³/menit
- Bekisting : 1130,66 m³/menit
- Beton : 71002,35 m³/menit
- Scaffolding : 76,288 m³/menit

52. Zona K-2

Tabel 4.35 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona K-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	578.188	776.984	43081.335	57.608
TC-2	574.329	761.180	43018.623	56.436

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

53. Zona K-3

Tabel 4.36 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona K-3

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	233.691	561.263	26474.533	46.961
TC-2	233.853	562.093	26477.828	47.031

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

54. Zona K-4

Tabel 4.37 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona K-4

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	661.386	783.036	48175.868	55.075
TC-2	661.386	783.036	48175.868	55.075

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

55. Zona K-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 905,182 m³/menit
- Bekisting : 1793,753 m³/menit
- Beton : 94570,768 m³/menit
- Scaffolding : 135,327 m³/menit

56. Zona L-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 835,51 m³/menit
- *Bekisting* : 1130,66 m³/menit
- Beton : 71002,35 m³/menit
- *Scaffolding* : 76,288 m³/menit

57. Zona L-2

Tabel 4.38 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona L-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	578.188	776.984	43081.335	57.608
TC-2	574.329	761.180	43018.623	56.436

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

58. Zona L-3

Tabel 4.39 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona L-3

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	233.714	561.382	26475.004	46.971
TC-2	233.853	562.093	26477.828	47.031

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

59. Zona L-4

Tabel 4.40 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona L-4

Tower	Tulangan	<i>Bekisting</i>	Beton	<i>Scaffolding</i>
-------	----------	------------------	-------	--------------------

Crane	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)
TC-1	661.386	783.036	48175.868	55.075
TC-2	661.386	783.036	48175.868	55.075

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

60. Zona L-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 905,182 m³/menit
- *Bekisting* : 1793,753 m³/menit
- Beton : 94570,768 m³/menit
- *Scaffolding* : 135,327 m³/menit

61. Zona M-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 835,51 m³/menit
- *Bekisting* : 1130,66 m³/menit
- Beton : 71002,35 m³/menit
- *Scaffolding* : 76,288 m³/menit

62. Zona M-2

Tabel 4.41 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona M-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	578.188	776.984	43081.335	57.608
TC-2	574.329	761.180	43018.623	56.436

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

63. Zona M-3

Tabel 4.42 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona M-3

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	233.714	561.382	26475.004	46.971
TC-2	233.853	562.093	26477.828	47.031

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

64. Zona M-4

Tabel 4.43 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona M-4

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	Bekisting (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	Scaffolding (m ³ /menit)
TC-1	661.386	783.195	48175.868	55.086
TC-2	661.386	783.195	48175.868	55.086

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

65. Zona M-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 905,182 m³/menit
- Bekisting : 1793,753 m³/menit
- Beton : 94570,768 m³/menit
- Scaffolding : 135,327 m³/menit

66. Zona N-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 835,51 m³/menit

- *Bekisting* : 1130,66 m³/menit
- *Beton* : 71003,335 m³/menit
- *Scaffolding* : 76,288 m³/menit

67. Zona N-2

Tabel 4.44 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona N-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	578.225	776.984	43081.335	57.608
TC-2	574.329	761.180	43018.623	56.436

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

68. Zona N-3

Tabel 4.45 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona N-3

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	233.714	561.382	26475.004	46.971
TC-2	233.853	562.093	26477.828	47.031

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

69. Zona N-4

Tabel 4.46 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona N-4

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	661.386	783.195	48175.868	55.086
TC-2	661.386	783.195	48175.868	55.086

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

70. Zona N-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 905,182 m³/menit
- *Bekisting* : 1793,753 m³/menit
- Beton : 94570,768 m³/menit
- *Scaffolding* : 135,327 m³/menit

71. Zona O-1

Pengiriman material pada zona A-1 yang paling optimal adalah menggunakan TC-1 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 835,51 m³/menit
- *Bekisting* : 1130,852 m³/menit
- Beton : 71003,125 m³/menit
- *Scaffolding* : 76,301 m³/menit

72. Zona O-2

Tabel 4.47 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona O-2

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	578.225	776.984	43081.335	57.608
TC-2	574.329	761.180	43018.623	56.436

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-2

73. Zona O-3

Tabel 4.48 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona O-3

Tower	Tulangan	<i>Bekisting</i>	Beton	<i>Scaffolding</i>
-------	----------	------------------	-------	--------------------

Crane	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)	(m ³ /menit)
TC-1	233.714	561.382	26475.004	46.971
TC-2	233.853	562.093	26477.828	47.031

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

74. Zona O-4

Tabel 4.49 Hasil Perhitungan transportasi material pada zona O-4

Tower Crane	Tulangan (m ³ /menit)	<i>Bekisting</i> (m ³ /menit)	Beton (m ³ /menit)	<i>Scaffolding</i> (m ³ /menit)
TC-1	661.386	783.195	48175.868	55.086
TC-2	661.386	783.195	48175.868	55.086

(Sumber : Hasil perhitungan transportasi pengiriman material di lapangan)

Dari hasil transportasi material antara TC-1 dan TC-2 diatas diambil yang paling kecil untuk dapat menentukan menggunakan TC yang optimal, yaitu TC-1

75. Zona O-5

Pengiriman material pada zona A-2 yang paling optimal adalah menggunakan TC-2 dengan transportasi sebesar :

- Tulangan : 905,182 m³/menit
- *Bekisting* : 1793,753 m³/menit
- Beton : 94570,768 m³/menit
- *Scaffolding* : 135,327 m³/menit

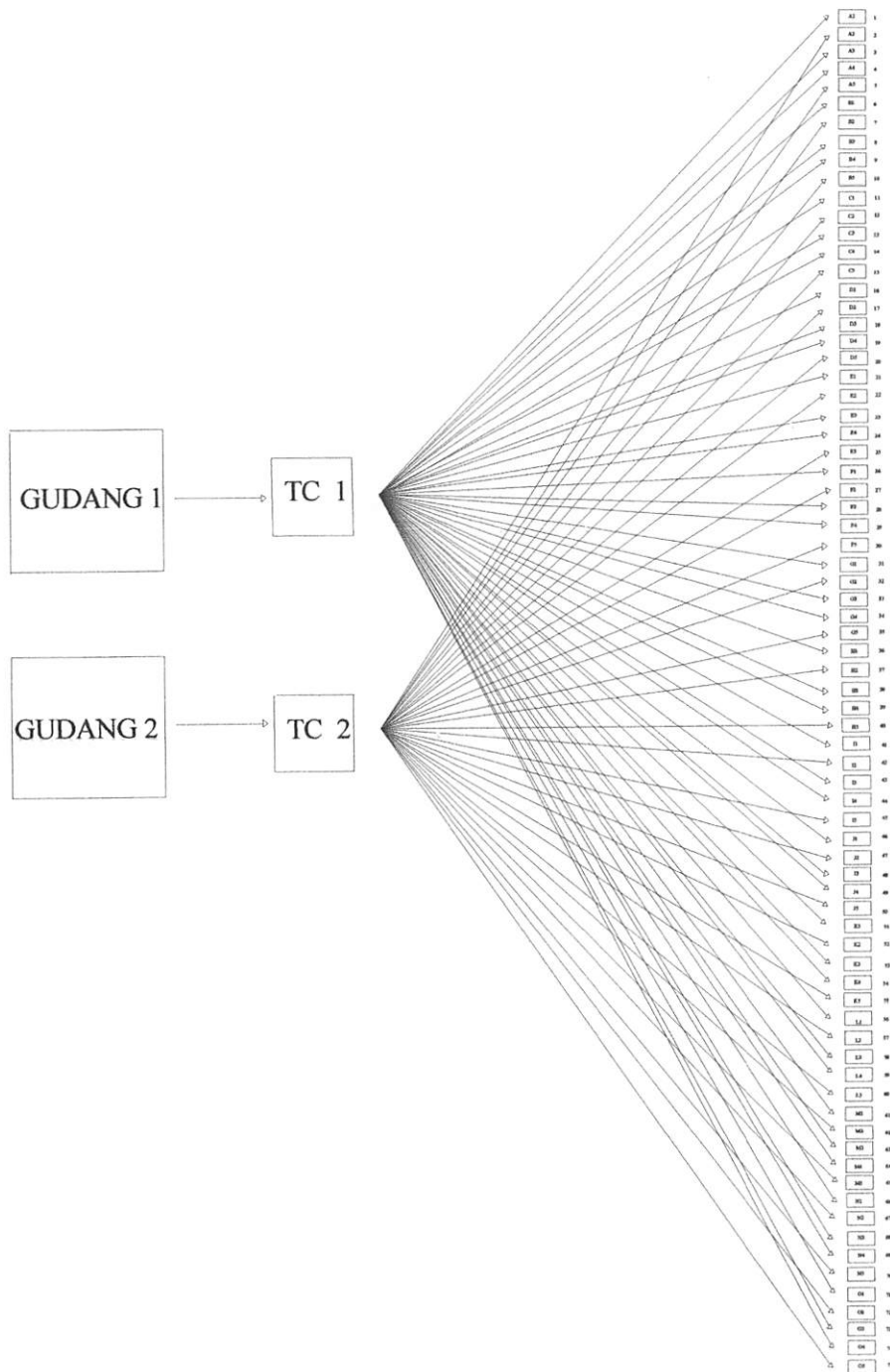
Tabel 4.50 Hasil Transportasi Pengiriman Material pada Zona yang Optimal dengan Menggunakan Model Transshipment

GUDANG	TOWER CRANE	ZONA	WAKTU TRANSPORTASI TULANGAN (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI BEKISTING (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI BETON (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI SCAFFOLDING (vol x waktu) (m ³ /menit)
GUDANG 1	TC 1	A-1	847.23408	7822.4652	277786.7963	1002.30746
		A-3	429.51004	2334.41928	63362.14164	386.29386
		A-4	200.19593	3339.7956	175538.3777	295.6203
		B-1	705.26004	3030.47368	123878.643	327.53776
		B-3	165.52042	662.501	22897.76154	72.3135
		B-4	454.49472	833.06598	38819.78169	79.39508
		C-1	1021.58847	2799.13992	150027.696	226.47255
		C-3	234.964	569.799	26490.535	47.676
		C-4	660.03712	771.29487	48168.864	54.24876
		D-1	914.892	1809.852	99548.375	145.090
		D-3	233.552	560.552	26471.709	46.902
		D-4	661.347	782.878	48175.232	55.063
		E-1	835.286	1129.700	70999.253	76.224
		E-3	233.598	560.789	26472.651	46.922
		E-4	662.061	785.734	48186.693	55.264
		F-1	835.331	1130.084	71000.027	76.250
		F-3	233.645	560.907	26473.121	46.932
		F-4	661.386	783.036	3756.825	55.075
		G-1	835.376	1130.276	71000.802	76.263
		G-3	233.645	561.026	26473.592	46.941
		G-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		H-1	835.420	1130.276	71000.802	76.263
		H-3	233.668	561.144	26474.063	46.951
		H-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		I-1	835.465	1130.468	71001.576	76.276
		I-3	233.691	561.263	26474.533	46.961
		I-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		J-1	835.465	1130.468	71001.576	76.276
J-3	233.691	561.263	26474.533	46.961		
J-4	661.386	783.036	48175.868	55.075		
K-1	835.465	1130.660	71002.350	76.288		

GUDANG	TOWER CRANE	ZONA	WAKTU TRANSPORTASI TULANGAN (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI BEKISTING (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI BETON (vol x waktu) (m ³ /menit)	WAKTU TRANSPORTASI SCAFFOLDING (vol x waktu) (m ³ /menit)
GUDANG 1	TC 1	K-3	233.691	561.263	26474.533	46.961
		K-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		L-1	835.510	1130.660	71002.350	76.288
		L-3	233.714	561.382	26475.004	46.971
		L-4	661.386	783.036	48175.868	55.075
		M-1	835.510	1130.660	71002.350	76.288
		M-3	233.714	561.382	26475.004	46.971
		M-4	661.386	783.195	48175.868	55.086
		N-1	835.510	1130.660	71003.125	76.288
		N-3	233.714	561.382	26475.004	46.971
		N-4	661.386	783.195	48175.868	55.086
		O-1	835.510	1130.852	71003.125	76.301
		O-3	233.714	561.382	26475.004	46.971
		O-4	661.386	783.195	48175.868	55.086
GUDANG 2	TC 2	A-2	448.843	1981.706	68843.157	251.575
		A-5	704.363	9867.033	371951.831	1220.124
		B-2	397.194	814.934	35022.384	81.538
		B-5	625.263	1945.329	81563.816	192.299
		C-2	572.896	748.988	43010.784	55.532
		C-5	903.816	1781.821	94563.610	134.427
		D-2	574.292	761.029	43018.020	56.425
		D-5	905.136	1793.532	94569.873	135.310
		E-2	574.292	761.180	43018.020	56.436
		E-5	905.956	1797.510	94585.977	135.610
		F-2	574.329	761.180	43018.020	56.436
		F-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327
		G-2	574.329	761.180	43018.020	56.436
		G-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327
		H-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		H-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327
		I-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		I-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327
J-2	574.329	761.180	43018.623	56.436		
J-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327		

GUDANG	TOWER CRANE	ZONA	WAKTU TRANSPORTASI TULANGAN (vol x waktu) (m³/menit)	WAKTU TRANSPORTASI BEKISTING (vol x waktu) (m³/menit)	WAKTU TRANSPORTASI BETON (vol x waktu) (m³/menit)	WAKTU TRANSPORTASI SCAFFOLDING (vol x waktu) (m³/menit)
GUDANG 2	TC 2	K-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		K-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327
		L-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		L-5	905.182	1793.753	94570.768	135.327
		M-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		M-5	905.227	1793.753	94570.768	135.327
		N-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		N-5	905.227	1793.753	94570.768	135.327
		O-2	574.329	761.180	43018.623	56.436
		O-5	905.227	1793.753	94570.768	135.327

Tabel yang lebih lengkap dapat dilihat pada tabel lampiran 8



Gambar 4.7 Alur Hasil Transportasi Pengiriman Material dengan Model Transshipment

Keterangan gambar 4.7 adalah :

1. Tower Crane 1 hanya dapat mengirim ke zona A-1, A-3, A-4, B-1, B-3, B-4, C-1, C-3, C-4, D-1, D-3, D-4, E-1, E-3, E-4, F-1, F-3, F-4, G-1, G-3, G-4, H-1, H-3, H-4, I-1, I-3, I-4, J-1, J-3, J-4, K-1, K-3, K-4, L-1, L-3, L-4, M-1, M-3, M-4, N-1, N-3, N-4, O-1, O-3, O-4
2. Tower Crane 2 hanya dapat mengirim ke zona A-2, A-5, B-2, B-5, C-2, C-5, D-2, D-5, E-2, E-5, F-2, F-5, G-2, G-5, H-2, H-5, I-2, I-5, J-2, J-5, K-2, K-5, L-2, L-5, M-2, M-5, N-2, N-5, O-2, O-5

Dalam perhitungan jarak transportasi dan letak gudang, *tower crane*, dan zona yang sebenarnya dapat dilihat pada lampiran.

Dengan menggunakan model *transshipment* transportasi pengiriman material lebih optimal, hal ini kerana pengiriman material sebelum menggunakan model *transshipment* terjadi pengiriman material untuk satu zona dengan menggunakan lebih dari satu *tower crane*.

4.9 Waktu Transportasi *Tower Crane* yang Optimal

➤ Waktu transportasi *tower crane* di lapangan

Waktu transportasi *tower crane* di lapangan di dapat dengan melihat *time schedule* dan mengalikan dengan waktu *tower crane* yang bekerja setiap hari tanpa memperhitungkan waktu istirahat (*idle time*) pada *tower crane*.

Jumlah minggu pada pekerjaan struktur lantai 1- 15 = 35 minggu

Jumlah hari dalam bekerja per minggu = 6 hari

Waktu TC per hari = 400 menit

Volume total = 7367,064 m³

Waktu TC = jumlah hari x waktu TC per hari

= (35 x 6) x 400 menit

= 84.000 menit

Total Waktu transportasi = volume total x waktu TC

$$= 7367,064 \times 84.000$$

$$= 618.833.376 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Tabel 4.52 Waktu transportsai tower crane dengan model Transshipment

GUDANG	TOWER CRANE	ZONA	WAKTU TULANGAN (menit)	WAKTU BEKISTING (menit)	WAKTU BETON (menit)	WAKTU SCAFFOLDING (menit)	TOTAL WAKTU (menit)
GUDANG 1	TC 1	A-1	158.48	173.14	1501.25	173.14	2006.01
		A-3	114.11	106.77	715.92	106.77	1043.57
		A-4	78.11	92.7	1192.97	92.7	1456.48
		B-1	143.96	99.92	1002.66	99.92	1346.46
		B-3	71.53	49.7	430.66	49.7	601.59
		B-4	114.54	48.53	562.19	48.53	773.79
		C-1	208.53	101.33	1335.36	101.33	1746.55
		C-3	101.540	48.060	562.850	48.060	760.51
		C-4	166.34	48.61	756.48	48.61	1020.04
		D-1	197.900	80.160	1088.460	80.160	1446.68
		D-3	100.930	47.280	562.450	47.280	757.94
		D-4	166.670	49.340	756.580	49.340	1021.93
		E-1	187.200	58.860	916.770	58.860	1221.69
		E-3	100.950	47.300	562.470	47.300	758.02
		E-4	166.850	49.520	756.760	49.520	1022.65
		F-1	187.210	58.880	916.780	58.880	1221.75
		F-3	100.970	47.310	562.480	47.310	758.07
		F-4	166.680	49.350	59.000	49.350	324.38
		G-1	187.220	58.890	916.790	58.890	1221.79
		G-3	100.970	47.320	562.490	47.320	758.1
		G-4	166.680	49.350	756.590	49.350	1021.97
		H-1	187.230	58.890	916.790	58.890	1221.8
		H-3	100.980	47.330	562.500	47.330	758.14
		H-4	166.680	49.350	756.590	49.350	1021.97
I-1	187.240	58.900	916.800	58.900	1221.84		
I-3	100.990	47.340	562.510	47.340	758.18		
I-4	166.680	49.350	756.590	49.350	1021.97		
J-1	187.240	58.900	916.800	58.900	1221.84		
J-3	100.990	47.340	562.510	47.340	758.18		
J-4	166.680	49.350	756.590	49.350	1021.97		
K-1	187.240	58.910	916.810	58.910	1221.87		

GUDANG	TOWER CRANE	ZONA	WAKTU TULANGAN (menit)	WAKTU BEKISTING (menit)	WAKTU BETON (menit)	WAKTU SCAFFOLDING (menit)	TOTAL WAKTU (menit)
GUDANG 1	TC 1	K-3	100.990	47.340	562.510	47.340	758.18
		K-4	166.680	49.350	756.590	49.350	1021.97
		L-1	187.250	58.910	916.810	58.910	1221.88
		L-3	101.000	47.350	562.520	47.350	758.22
		L-4	166.680	49.350	756.590	49.350	1021.97
		M-1	187.250	58.910	916.810	58.910	1221.88
		M-3	101.000	47.350	562.520	47.350	758.22
		M-4	166.680	49.360	756.590	49.360	1021.99
		N-1	187.250	58.910	916.820	58.910	1221.89
		N-3	101.000	47.350	562.520	47.350	758.22
		N-4	166.680	49.360	756.590	49.360	1021.99
		O-1	187.250	58.920	916.820	58.920	1221.91
		O-3	101.000	47.350	562.520	47.350	758.22
		O-4	166.680	49.360	756.590	49.360	1021.990
Total Waktu TC 1							45545.750
GUDANG 2	TC 2	A-2	116.070	87.020	746.150	87.020	1036.26
		A-5	145.080	189.020	1737.220	189.020	2260.34
		B-2	108.080	49.840	533.260	49.840	741.02
		B-5	137.330	78.650	812.510	78.650	1107.14
		C-2	155.890	49.760	713.280	49.760	968.69
		C-5	198.510	80.640	1056.990	80.640	1416.78
		D-2	156.270	50.560	713.400	50.560	970.79
		D-5	198.800	81.170	1057.060	81.170	1418.2
		E-2	156.270	50.570	713.400	50.570	970.81
		E-5	198.980	81.350	1057.240	81.350	1418.92
		F-2	156.280	50.570	713.400	50.570	970.82
		F-5	198.810	81.180	1057.070	81.180	1418.24
		G-2	156.280	50.570	713.400	50.570	970.82
		G-5	198.810	81.180	1057.070	81.180	1418.24
		H-2	156.280	50.570	713.410	50.570	970.83
		H-5	198.810	81.180	1057.070	81.180	1418.24
		I-2	156.280	50.570	713.410	50.570	970.83
		I-5	198.810	81.180	1057.070	81.180	1418.24
J-2	156.280	50.570	713.410	50.570	970.83		
J-5	198.810	81.180	1057.070	81.180	1418.24		

GUDANG	TOWER CRANE	ZONA	WAKTU TULANGAN (menit)	WAKTU BEKISTING (menit)	WAKTU BETON (menit)	WAKTU SCAFFOLDING (menit)	TOTAL WAKTU (menit)
GUDANG 2	TC 2	K-2	156.280	50.570	713.410	50.570	970.83
		K-5	198.810	81.180	1057.070	81.180	1418.24
		L-2	156.280	50.570	713.410	50.570	970.83
		L-5	198.810	81.180	1057.070	81.180	1418.24
		M-2	156.280	50.570	713.410	50.570	970.83
		M-5	198.820	81.180	1057.070	81.180	1418.25
		N-2	156.280	50.570	713.410	50.570	970.83
		N-5	198.820	81.180	1057.070	81.180	1418.25
		O-2	156.280	50.570	713.410	50.570	970.83
		O-5	198.820	81.180	1057.070	81.180	1418.25
Total Waktu TC 2							36199.660
Total Waktu TC 1 dan TC 2							81745.410

volume total yg diangkut TC 1 = 45545,750 m³

volume total yg diangkut TC 2 = 36199,660 m³

Waktu transportasi TC 1 = volume total yg diangkut TC 1 x waktu TC

$$= 4112,956 \times 45545,750$$

$$= 187.327.665,7 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Waktu transportasi TC 2 = volume total yg diangkut TC 2 x waktu TC

$$= 3254,108 \times 36199,660$$

$$= 117.797.603,2 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Total Waktu transportasi = Waktu transportasi TC 1 + Waktu transportasi TC 2

$$= 187.327.665,7 + 117.797.603,2$$

$$= 305.125.268,9 \text{ m}^3/\text{menit}$$

4.10 Total Biaya Transportasi *Tower Crane*

Total biaya transportasi didapat dari mengalikan waktu *tower crane* dengan biaya *tower crane* per jam.

➤ Biaya *tower crane* di lapangan

$$\text{Waktu TC} = 84.000 \text{ menit}$$

$$\text{Biaya } \textit{tower crane} + \text{operator per jam} = \text{Rp } 160.000,00$$

$$\text{Biaya } \textit{tower crane} + \text{operator per menit} = \text{Rp } 160.000,00/60 \text{ menit} = \text{Rp } 2.667,00$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya TC} &= \text{waktu TC} \times (\text{biaya TC} + \text{operator per menit}) \\ &= 84.000 \times \text{Rp } 2.667,00 \\ &= \text{Rp } 224.028.000,00 \end{aligned}$$

➤ Biaya *tower crane* dengan menggunakan model *Transshipment*

$$\text{Waktu TC} = 81.745,41 \text{ menit}$$

$$\text{Biaya } \textit{tower crane} + \text{operator per jam} = \text{Rp } 160.000,00$$

$$\text{Biaya } \textit{tower crane} + \text{operator per menit} = \text{Rp } 160.000,00/60 \text{ menit} = \text{Rp } 2.667,00$$

$$\begin{aligned} \text{Total biaya TC} &= \text{waktu TC} \times (\text{biaya TC} + \text{operator per menit}) \\ &= 81745,45 \times \text{Rp } 2.667,00 \\ &= \text{Rp } 218.015.115,00 \end{aligned}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan transportasi *tower crane*, zona yang optimal dengan menggunakan model *transshipment* diperoleh :
 - a. *Tower crane* 1 lebih optimal mengirim material ke zona A-1, A-3, A-4, B-1, B-3, B-4, C-1, C-3, C-4, D-1, D-3, D-4, E-1, E-3, E-4, F-1, F-3, F-4, G-1, G-3, G-4, H-1, H-3, H-4, I-1, I-3, I-4, J-1, J-3, J-4, K-1, K-3, K-4, L-1, L-3, L-4, M-1, M-3, M-4, N-1, N-3, N-4, O-1, O-3, O-4.
 - b. *Tower crane* 2 lebih optimal mengirim material ke zona A-2, A-5, B-2, B-5, C-2, C-5, D-2, D-5, E-2, E-5, F-2, F-5, G-2, G-5, H-2, H-5, I-2, I-5, J-2, J-5, K-2, K-5, L-2, L-5, M-2, M-5, N-2, N-5, O-2, O-5
2. Waktu transportasi *tower crane* yang optimal pada pengiriman material ke zona tujuan sebagai berikut :
 - Tower Crane 1 = 187.327.665,7 m³/ menit
 - Tower Crane 2 = 117.797.603,2 m³/ menit
3. Biaya transportasi *tower crane* yang optimal pada pengiriman material ke zona tujuan dengan menggunakan model *Transshipment* adalah Rp 218.015.115,00 dibandingkan dengan biaya transportasi *tower crane* di lapangan adalah Rp 224.028.000,00. Biaya transportasi dengan menggunakan model *Transshipment* dapat dihemat sebesar 2,68% dari biaya transportasi di lapangan.

5.2 Saran

Dari kesimpulan pada 5.1 , maka penulis dapat menyarankan :

- 1) Dalam transportasi pengiriman material dengan menggunakan lebih dari satu *tower crane* sebaiknya memakai model *transshipment* agar transportasi material dapat lebih optimal.
- 2) Pada proyek dengan menggunakan lebih dari satu gudang dengan lebih dari satu jenis material di dalamnya yang sama, sebaiknya menggunakan model *transshipment* agar transportasi material lebih optimal.
- 3) Perlu adanya penelitian untuk optimasi letak *tower crane* agar transportasi pengiriman material di lapangan lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, Hayu Dwi dan Yus Endra, Rahmadi, 2004 . *Riset Operasional* , Rineka Cipta, Jakarta.
- Asiyanto, 2008 . *Manajemen Alat Berat Untuk Konstruksi* , Prandinya Paramita, Jakarta.
- Dimiyati, Ahmad dan Dimiyati Tarliah,Tjutju, 2002. *Operaton Research*, Sinar Baru Algensindo, Bandung.
- Nunally, S. W. ,1993.*Construction Methods and Management*, 3rd edition, Prentice Hall Career and Technology, USA.
- Perifoy, Robert L. and Lebetter, William B, 1970.*Construction Planning, Equipment and Methods*, 4th edition, Eds : Mc Graw Hill Inc, USA.
- Rostiyanti, F. Susy,2002.*Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*, Rineka cipta, Jakarta.
- Taha, A. Hamdy,1996.*Riset Operasi*, Binarupa Aksara, Jakarta.
- Winanda, Lila Ayu R.,2005. *Penentuan Lokasi Tower Crane Menggunakan Algoritma Genetika Pada Proyek Perkantoran Halim Sakti*,. Surabaya: ITS Surabaya.
- Winanda, Lila Ayu R.,2010. *Evaluasi Penempatan Lokasi GroupTower Crane Terhadap Titik Layanan*. Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan Dalam Pembangunan Berkelanjutan. Malang : ITN Malang.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1a

Empiran 1a Pembagian Zona Kerja.

- Zona A1 : Zona lantai 1 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona A2 : Zona lantai 1 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona A3 : Zona lantai 1 pada jarak antar kolom 7-10
- Zona A4 : Zona lantai 1 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona A5 : Zona lantai 1 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona B1 : Zona lantai 2 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona B2 : Zona lantai 2 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona B3 : Zona lantai 2 pada jarak antar kolom 7-10
- Zona B4 : Zona lantai 2 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona B5 : Zona lantai 2 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona C1 : Zona lantai 3 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona C2 : Zona lantai 3 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona C3 : Zona lantai 3 pada jarak antar kolom 7-10
- Zona C4 : Zona lantai 3 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona C5 : Zona lantai 3 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona D1 : Zona lantai 4 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona D2 : Zona lantai 4 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona D3 : Zona lantai 4 pada jarak antar kolom 7-10
- Zona D4 : Zona lantai 4 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona D5 : Zona lantai 4 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona E1 : Zona lantai 5 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona E2 : Zona lantai 5 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona E3 : Zona lantai 5 pada jarak antar kolom 7-10
- Zona E4 : Zona lantai 5 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona E5 : Zona lantai 5 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona F1 : Zona lantai 6 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona F2 : Zona lantai 6 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona F3 : Zona lantai 6 pada jarak antar kolom 7-10

- Zona F4 : Zona lantai 6 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona F5 : Zona lantai 6 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona G1 : Zona lantai 6 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona G2 : Zona lantai 7 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona G3 : Zona lantai 7 pada jarak antar kolom 7-10
- Zona G4 : Zona lantai 7 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona G5 : Zona lantai 7 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona H1 : Zona lantai 8 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona H2 : Zona lantai 8 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona H3 : Zona lantai 8 pada jarak antar kolom 7-10
- Zona H4 : Zona lantai 8 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona H5 : Zona lantai 8 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona I1 : Zona lantai 9 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona I2 : Zona lantai 9 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona I3 : Zona lantai 9 pada jarak antar kolom 7-10
- Zona I4 : Zona lantai 9 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona I5 : Zona lantai 9 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona J1 : Zona lantai 10 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona J2 : Zona lantai 10 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona J3 : Zona lantai 10 pada jarak antar kolom 7-10
- Zona J4 : Zona lantai 10 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona J5 : Zona lantai 10 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona K1 : Zona lantai 11 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona K2 : Zona lantai 11 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona K3 : Zona lantai 11 pada jarak antar kolom 7-10
- Zona K4 : Zona lantai 11 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona K5 : Zona lantai 11 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona L1 : Zona lantai 12 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona L2 : Zona lantai 12 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona L3 : Zona lantai 12 pada jarak antar kolom 7-10

- Zona L4 : Zona lantai 12 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona L5 : Zona lantai 12 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona M1 : Zona lantai 13 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona M2 : Zona lantai 13 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona M3 : Zona lantai 13 pada jarak antar kolom 7-10
- Zona M4 : Zona lantai 13 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona M5 : Zona lantai 13 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona N1 : Zona lantai 14 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona N2 : Zona lantai 14 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona N3 : Zona lantai 14 pada jarak antar kolom 7-10
- Zona N4 : Zona lantai 14 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona N5 : Zona lantai 14 pada jarak antar kolom 13-18
- Zona O1 : Zona lantai 15 pada jarak antar kolom 1-4
- Zona O2 : Zona lantai 15 pada jarak antar kolom 4-7
- Zona O3 : Zona lantai 15 pada jarak antar kolom 7-10
- Zona O4 : Zona lantai 15 pada jarak antar kolom 10-13
- Zona O5 : Zona lantai 15 pada jarak antar kolom 13-18

LAMPIRAN 1b

Lampiran 1b Perhitungan Jarak *Tower Crane* ke Masing-Masing Zona

Zona	Koordinat		Koordinat TC 1		Jarak TC-1 ke zona (m)	Koordinat TC 2		Jarak TC-2 ke zona (m)
	x	y	x	y		x	y	
A1	120	44	98	56	25.06	61	60	61.13
A2	99.75	44	98	56	12.13	61	60	41.92
A3	81.5	44	98	56	20.40	61	60	26.00
A4	69	44	98	56	31.38	61	60	17.89
A5	53	44	98	56	46.57	61	60	17.89
B1	120	88	98	110	31.11	61	114	64.47
B2	99.75	88	98	110	22.07	61	114	46.66
B3	81.5	88	98	110	27.50	61	114	33.11
B4	69	88	98	110	36.40	61	114	27.20
B5	53	88	98	110	50.09	61	114	27.20
C1	120	118	98	135	27.80	61	139	62.63
C2	99.75	118	98	135	17.09	61	139	44.07
C3	81.5	118	98	135	23.69	61	139	29.35
C4	69	118	98	135	33.62	61	139	22.47
C5	53	118	98	135	48.10	61	139	22.47
D1	120	148	98	160	25.06	61	164	61.13
D2	99.75	148	98	160	12.13	61	164	41.92
D3	81.5	148	98	160	20.40	61	164	26.00
D4	69	148	98	160	31.38	61	164	17.89
D5	53	148	98	160	46.57	61	164	17.89
E1	120	178	98	190	25.06	61	194	61.13
E2	99.75	178	98	190	12.13	61	194	41.92
E3	81.5	178	98	190	20.40	61	194	26.00
E4	69	178	98	190	31.38	61	194	17.89
E5	53	178	98	190	46.57	61	194	17.89
F1	120	208	98	220	25.06	61	224	61.13
F2	99.75	208	98	220	12.13	61	224	41.92
F3	81.5	208	98	220	20.40	61	224	26.00
F4	69	208	98	220	31.38	61	224	17.89
F5	53	208	98	220	46.57	61	224	17.89

Zona	Koordinat		Koordinat TC 1		Jarak TC-1 ke zona (m)	Koordinat TC 2		Jarak TC-2 ke zona (m)
	x	y	x	y		x	y	
G1	120	238	98	250	25.06	61	254	61.13
G2	99.75	238	98	250	12.13	61	254	41.92
G3	81.5	238	98	250	20.40	61	254	26.00
G4	69	238	98	250	31.38	61	254	17.89
G5	53	238	98	250	46.57	61	254	17.89
H1	120	268	98	280	25.06	61	284	61.13
H2	99.75	268	98	280	12.13	61	284	41.92
H3	81.5	268	98	280	20.40	61	284	26.00
H4	69	268	98	280	31.38	61	284	17.89
H5	53	268	98	280	46.57	61	284	17.89
I1	120	298	98	310	25.06	61	314	61.13
I2	99.75	298	98	310	12.13	61	314	41.92
I3	81.5	298	98	310	20.40	61	314	26.00
I4	69	298	98	310	31.38	61	314	17.89
I5	53	298	98	310	46.57	61	314	17.89
J1	120	328	98	340	25.06	61	344	61.13
J2	99.75	328	98	340	12.13	61	344	41.92
J3	81.5	328	98	340	20.40	61	344	26.00
J4	69	328	98	340	31.38	61	344	17.89
J5	53	328	98	340	46.57	61	344	17.89
K1	120	358	98	370	25.06	61	374	61.13
K2	99.75	358	98	370	12.13	61	374	41.92
K3	81.5	358	98	370	20.40	61	374	26.00
K4	69	358	98	370	31.38	61	374	17.89
K5	53	358	98	370	46.57	61	374	17.89
L1	120	388	98	400	25.06	61	404	61.13
L2	99.75	388	98	400	12.13	61	404	41.92
L3	81.5	388	98	400	20.40	61	404	26.00
L4	69	388	98	400	31.38	61	404	17.89
L5	53	388	98	400	46.57	61	404	17.89
M1	120	418	98	430	25.06	61	434	61.13
M2	99.75	418	98	430	12.13	61	434	41.92
M3	81.5	418	98	430	20.40	61	434	26.00
M4	69	418	98	430	31.38	61	434	17.89
M5	53	418	98	430	46.57	61	434	17.89

Zona	Koordinat		Koordinat TC 1		Jarak TC-1 ke zona (m)	Koordinat TC 2		Jarak TC-2 ke zona (m)
	x	y	x	y		x	y	
N1	120	448	98	460	25.06	61	464	61.13
N2	99.75	448	98	460	12.13	61	464	41.92
N3	81.5	448	98	460	20.40	61	464	26.00
N4	69	448	98	460	31.38	61	464	17.89
N5	53	448	98	460	46.57	61	464	17.89
O1	120	478	98	490	25.06	61	494	61.13
O2	99.75	478	98	490	12.13	61	494	41.92
O3	81.5	478	98	490	20.40	61	494	26.00
O4	69	478	98	490	31.38	61	494	17.89
O5	53	478	98	490	46.57	61	494	17.89

LAMPIRAN 2

Lampiran 2 Perhitungan Volume Material Untuk Masing-Masing Zona

Zona	Beton(m ³)	Tulangan(m ³)	Bekisting(m ³)	Scaffolding(m ³)
A1	185.037	5.346	45.180	5.789
A2	92.2645	3.867	22.773	2.891
A3	88.5045	3.764	21.864	3.618
A4	147.144	2.563	36.028	3.189
A5	214.1075	4.855	52.201	6.455
B1	123.55	4.899	30.329	3.278
B2	65.676	3.675	16.351	1.636
B3	53.169	2.314	13.330	1.455
B4	69.051	3.968	17.166	1.636
B5	100.385	4.553	24.734	2.445
C1	112.35	4.899	27.624	2.235
C2	60.3	3.675	15.052	1.116
C3	47.065	2.314	11.856	0.992
C4	63.675	3.968	15.867	1.116
C5	89.465	4.553	22.096	1.667
D1	91.4582	4.623	22.578	1.810
D2	60.3	3.675	15.052	1.116
D3	47.065	2.314	11.856	0.992
D4	63.675	3.968	15.867	1.116
D5	89.465	4.553	22.096	1.667
E1	77.445	4.462	19.193	1.295
E2	60.3	3.675	15.052	1.116
E3	47.065	2.314	11.856	0.992
E4	63.675	3.968	15.867	1.116
E5	89.465	4.553	22.096	1.667
F1	77.445	4.462	19.193	1.295
F2	60.3	3.675	15.052	1.116
F3	47.065	2.314	11.856	0.992
F4	63.675	3.968	15.867	1.116
F5	89.465	4.553	22.096	1.667
G1	77.445	4.462	19.193	1.295
G2	60.3	3.675	15.052	1.116
G3	47.065	2.314	11.856	0.992
G4	63.675	3.968	15.867	1.116

Zona	Beton(m ³)	Tulangan(m ³)	Bekisting(m ³)	Scaffolding(m ³)
G5	89.465	4.553	22.096	1.667
H1	77.445	4.462	19.193	1.295
H2	60.3	3.675	15.052	1.116
H3	47.065	2.314	11.856	0.992
H4	63.675	3.968	15.867	1.116
H5	89.465	4.553	22.096	1.667
I1	77.445	4.462	19.193	1.295
I2	60.3	3.675	15.052	1.116
I3	47.065	2.314	11.856	0.992
I4	63.675	3.968	15.867	1.116
I5	89.465	4.553	22.096	1.667
J1	77.445	4.462	19.193	1.295
J2	60.3	3.675	15.052	1.116
J3	47.065	2.314	11.856	0.992
J4	63.675	3.968	15.867	1.116
J5	89.465	4.553	22.096	1.667
K1	77.445	4.462	19.193	1.295
K2	60.3	3.675	15.052	1.116
K3	47.065	2.314	11.856	0.992
K4	63.675	3.968	15.867	1.116
K5	89.465	4.553	22.096	1.667
L1	77.445	4.462	19.193	1.295
L2	60.3	3.675	15.052	1.116
L3	47.065	2.314	11.856	0.992
L4	63.675	3.968	15.867	1.116
L5	89.465	4.553	22.096	1.667
M1	77.445	4.462	19.193	1.295
M2	60.3	3.675	15.052	1.116
M3	47.065	2.314	11.856	0.992
M4	63.675	3.968	15.867	1.116
M5	89.465	4.553	22.096	1.667
N1	77.445	4.462	19.193	1.295
N2	60.3	3.675	15.052	1.116
N3	47.065	2.314	11.856	0.992
N4	63.675	3.968	15.867	1.116
N5	89.465	4.553	22.096	1.667

Zona	Beton(m ³)	Tulangan(m ³)	Bekisting(m ³)	Scaffolding(m ³)
O1	77.445	4.462	19.193	1.295
O2	60.3	3.675	15.052	1.116
O3	47.065	2.314	11.856	0.992
O4	63.675	3.968	15.867	1.116
O5	89.465	4.553	22.096	1.667

LAMPIRAN 3

Lampiran 3 Perhitungan Berat Material Untuk Masing-Masing Zona

Zona	Beton(kg)	Tulangan(kg)	Bekisting(kg)	Scaffolding(kg)
A1	407081.4	41698.8	45179.987	45150.877
A2	202981.9	30162.6	22772.645	22550.557
A3	194709.9	29359.2	21864.492	28223.653
A4	323716.8	19991.4	36027.690	24876.526
A5	471036.5	37869	52201.384	50348.727
B1	271810	38212.2	30329.032	25566.255
B2	144487.2	28665	16350.724	12764.466
B3	116971.8	18049.2	13329.909	11346.192
B4	151912.2	30950.4	17165.888	12764.466
B5	220847	35513.4	24733.989	19072.053
C1	247170	38212.2	27623.896	17431.538
C2	132660	28665	15052.259	8703.045
C3	103543	18049.2	11855.609	7736.040
C4	140085	30950.4	15867.423	8703.045
C5	196823	35513.4	22096.481	13003.673
D1	201208.04	36059.4	22577.899	14118.612
D2	132660	28665	15052.259	8703.045
D3	103543	18049.2	11855.609	7736.040
D4	140085	30950.4	15867.423	8703.045
D5	196823	35513.4	22096.481	13003.673
E1	170379	34803.6	19193.291	10102.658
E2	132660	28665	15052.259	8703.045
E3	103543	18049.2	11855.609	7736.040
E4	140085	30950.4	15867.423	8703.045
E5	196823	35513.4	22096.481	13003.673
F1	170379	34803.6	19193.291	10102.658
F2	132660	28665	15052.259	8703.045
F3	103543	18049.2	11855.609	7736.040
F4	140085	30950.4	15867.423	8703.045
F5	196823	35513.4	22096.481	13003.673
G1	170379	34803.6	19193.291	10102.658
G2	132660	28665	19193.291	8703.045
G3	103543	18049.2	15052.259	7736.040
G4	140085	30950.4	11855.609	8703.045

Zona	Beton(kg)	Tulangan(kg)	Bekisting(kg)	Scaffolding(kg)
G5	196823	35513.4	15867.423	13003.673
H1	170379	34803.6	22096.481	10102.658
H2	132660	28665	19193.291	8703.045
H3	103543	18049.2	15052.259	7736.040
H4	140085	30950.4	11855.609	8703.045
H5	196823	35513.4	15867.423	13003.673
I1	170379	34803.6	19193.291	10102.658
I2	132660	28665	15052.259	8703.045
I3	103543	18049.2	11855.609	7736.040
I4	140085	30950.4	15867.423	8703.045
I5	196823	35513.4	22096.481	13003.673
J1	170379	34803.6	19193.291	10102.658
J2	132660	28665	15052.259	8703.045
J3	103543	18049.2	11855.609	7736.040
J4	140085	30950.4	15867.423	8703.045
J5	196823	35513.4	22096.481	13003.673
K1	170379	34803.6	19193.291	10102.658
K2	132660	28665	15052.259	8703.045
K3	103543	18049.2	11855.609	7736.040
K4	140085	30950.4	15867.423	8703.045
K5	196823	35513.4	22096.481	13003.673
L1	170379	34803.6	19193.291	10102.658
L2	132660	28665	15052.259	8703.045
L3	103543	18049.2	11855.609	7736.040
L4	140085	30950.4	15867.423	8703.045
L5	196823	35513.4	22096.481	13003.673
M1	170379	34803.6	19193.291	10102.658
M2	132660	28665	15052.259	8703.045
M3	103543	18049.2	11855.609	7736.040
M4	140085	30950.4	15867.423	8703.045
M5	196823	35513.4	22096.481	13003.673
N1	170379	34803.6	19193.291	10102.658
N2	132660	28665	15052.259	8703.045
N3	103543	18049.2	11855.609	7736.040
N4	140085	30950.4	15867.423	8703.045
N5	196823	35513.4	22096.481	13003.673

Zona	Beton(kg)	Tulangan(kg)	Bekisting(kg)	Scaffolding(kg)
O1	170379	34803.6	19193.291	10102.658
O2	132660	28665	15052.259	8703.045
O3	103543	18049.2	11855.609	7736.040
O4	140085	30950.4	15867.423	8703.045
O5	196823	35513.4	22096.481	13003.673