



**PERENCANAAN PENEMPATAN *DOUBLE TOWER CRANE* PADA  
PEMBANGUNAN GEDUNG *HEALT SCIENCE AND PLANT*  
*NATURAL MEDICINE BUILDING ISLAMIC*  
*DEVELOPMENT BANK (IDB) PROJECT*  
UNIVERSITAS JEMBER**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**Handi Wahyu Pratama**

**NIM 141910301041**

**TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2018**



**PERENCANAAN PENEMPATAN *DOUBLE TOWER CRANE* PADA  
PEMBANGUNAN GEDUNG *HEALT SCIENCE AND PLANT*  
*NATURAL MEDICINE BUILDING ISLAMIC*  
*DEVELOPMENT BANK (IDB) PROJECT*  
UNIVERSITAS JEMBER**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

**Handi Wahyu Pratama**

**NIM 141910301041**

**TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2018**

## PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT yang maha pengasih dan penyayang, saya persembahkan skripsi ini untuk :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat serta hidayahnya sehingga penyusunan skripsi ini diberi kelancaran dan kemudahan;
2. Ibu Cahyaning Dyah Sintawati dan Bapak Ismail tercinta yang selalu memberikan motivasi untuk kesuksesan anak-anaknya dalam bentuk doa, biaya dan dukungan;
3. Desy Renika Putri yang selalu memberi semangat, motivasi, doa, dan meluangkan waktu untuk membantu terselesainya karya ilmiah ini;
4. Kepada sahabat-sahabat terdekat saya yang selalu memberi semangat, doa, serta waktu untuk membantu terselesainya karya ilmiah ini;
5. Teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2014 yang telah berbagi informasi dan semangat;
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember yang kubanggakan.

**MOTTO**

“Barang siapa menempuh suatu jalan untuk menuntut ilmu maka Allah memudahkan jalannya menuju Surga. Sesungguhnya para Malaikat membentangkan sayapnya untuk orang yang menuntut ilmu karena ridha atas apa yang mereka lakukan. Dan sesungguhnya orang yang berilmu benar-benar dimintakan ampun oleh penghuni langit dan bumi, bahkan oleh ikan-ikan yang berada di dalam air.”

**(Nabi Muhammad SAW)**

“If you ever think about giving up, remember why you held on for so long .”

**(Hayley Nichole Williams)**

“Don’t practice until you get it right, practice until you can’t get it wrong.”

**(Mesut Özil)**

“If you want to go FAST, go alone. If you want to go FAR, go together”

**(African Proverb)**

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Handi Wahyu Pratama

NIM : 141910301041

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Perencanaan Penempatan *Double Tower Crane* Pada Pembangunan Gedung *Healt and Plant Natural Medicine Building Islamic Development Bank (IDB) Project* Universitas Jember” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 18 July 2018

Yang menyatakan,

Handi Wahyu Pratama

NIM 141910301041

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN PENEMPATAN *DOUBLE TOWER CRANE* PADA  
PEMBANGUNAN GEDUNG *HEALT SCIENCE AND PLANT*  
*NATURAL MEDICINE BUILDING ISLAMIC*  
*DEVELOPMENT BANK (IDB) PROJECT*  
UNIVERSITAS JEMBER**

Oleh:

**Handi Wahyu Pratama**

**NIM 141910301041**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Sri Sukmawati S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Syamsul Arifin S.T., M.T.

**HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Perencanaan Penempatan *Double Tower Crane* Pada Pembangunan Gedung *Healt Science And Plant Natural Medicine Building Islamic Development Bank (IDB) Project* Universitas Jember” karya Handi Wahyu Pratama telah diuji dan disahkan pada:

hari,tanggal : Rabu, 18 Juli 2018

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing :

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Sri Sukmawati., ST., MT.  
NIP. 19650622 199803 2 001

Syamsul Arifin., ST., MT.  
NIP. 19690709 199802 1 001

Tim Penguji :

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Anik Ratnaningsih., ST., MT.  
NIP. 19700530 199803 2 001

Ir. Hernu Suyoso., MT.  
NIP. 19551112 198702 1 001

Mengesahkan  
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM  
NIP. 19661215 199503 2 001



## RINGKASAN

**Perencanaan Penempatan *Double Tower Crane* Pada Proyek Pembangunan Gedung *Health and Science Plant Natural Medicine Building Islamic Development Bank Universitas Jember* ; Handi Wahyu Pratama; 141910301041; 2018; 55 halaman, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.**

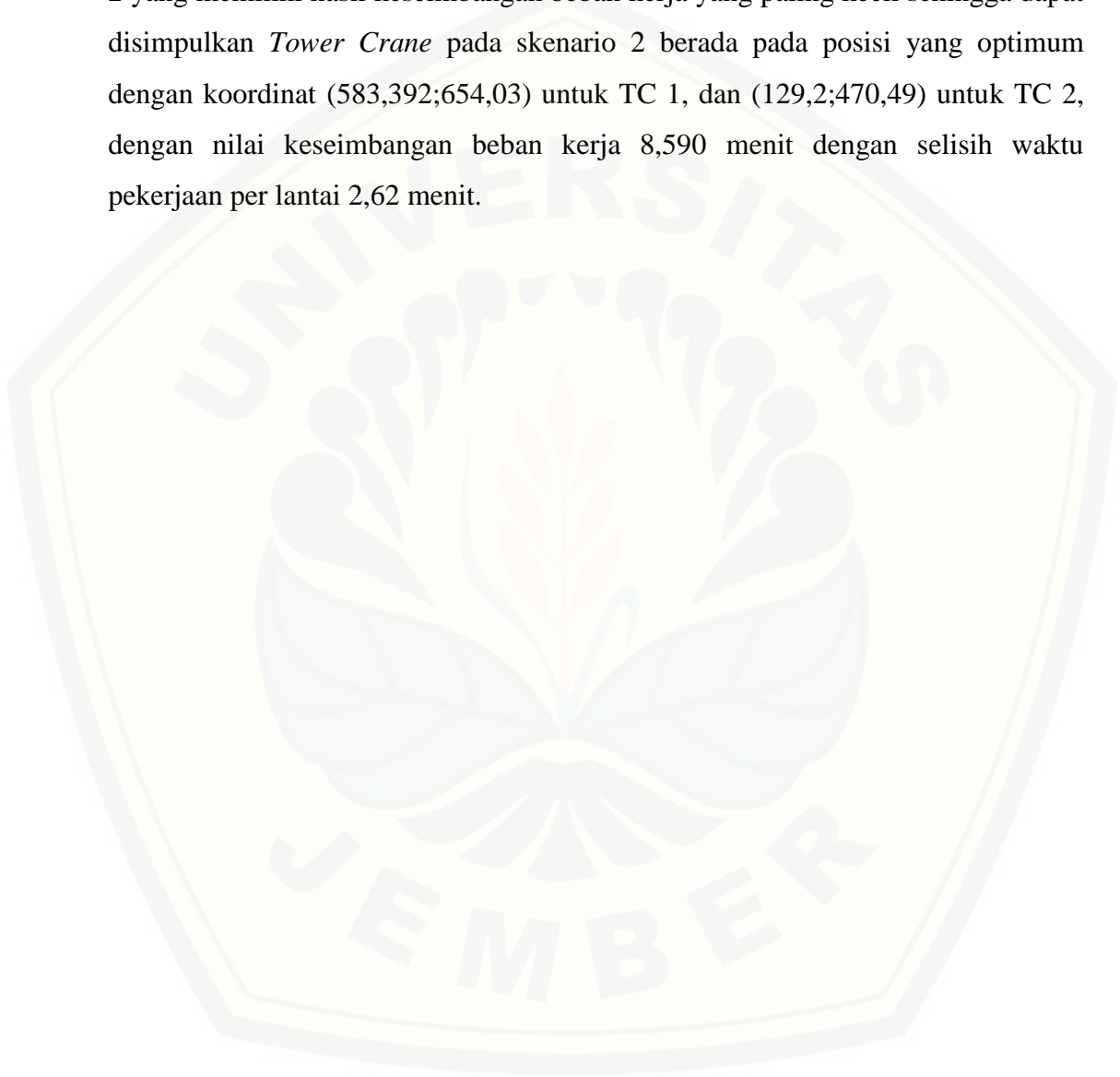
Pemakaian *Tower Crane* (TC) seringkali terkait oleh mahalnya biaya sewa dan biaya operasionalnya. Ada pun penempatan TC yang kurang tepat dan dapat berakibat kurang efisiennya pekerjaan yang dilakukan. Hal ini merupakan masalah yang dihadapi oleh kontraktor dan mempengaruhi efisiensi penggunaan TC terhadap jadwal proyek yang beresiko akan terjadinya pemborosan biaya pada penggunaan TC. Maka dari itu diperlukan suatu perhitungan keseimbangan beban kerja TC serta perbaikan penempatan TC itu sendiri dimana upaya tersebut dapat meminimalisasi durasi penggunaan pada setiap aktivitas proyeknya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lokasi penempatan *Tower Crane* yang tepat serta mengetahui selisih waktu pekerjaan per lantai dari proyek pembangunan gedung *Health Science and Plant Natural Medicine Building Universitas Jember*. Penempatan *Tower Crane* pada lokasi yang optimum dapat mengurangi waktu total pekerjaan pada *Tower Crane* sehingga waktu yang digunakan tidak terbuang percuma mengingat biaya sewa *Tower Crane* yang cukup mahal

Untuk menentukan lokasi yang tepat sebagai penempatan *Double Tower Crane*, perlu ditentukan terlebih dahulu titik *supply* dan titik *demand* serta dicari koordinat titik *supply* dan titik *demand* dengan bantuan program *AutoCad*. Dari titik *supply* dan titik *demand* dibuat layout pendistribusian material (besi, bekisting, dan beton) sebagai dasar pemilihan *feasible area*, yaitu area dimana *Tower Crane* dapat menjangkau semua pendistribusian material. Setelah itu ditentukan *feasible area* untuk peletakan *Double Tower Crane*. Pada penelitian ini digunakan 3



skenario penempatan *Double Tower Crane*. Dari setiap skenario dihitung waktu per pekerjaan dan keseimbangan beban kerja. Nilai keseimbangan beban kerja yang kecil dipilih sebagai lokasi yang paling baik untuk penempatan *Double Tower Crane*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Double Tower Crane* skenario 2 yang memiliki hasil keseimbangan beban kerja yang paling kecil sehingga dapat disimpulkan *Tower Crane* pada skenario 2 berada pada posisi yang optimum dengan koordinat (583,392;654,03) untuk TC 1, dan (129,2;470,49) untuk TC 2, dengan nilai keseimbangan beban kerja 8,590 menit dengan selisih waktu pekerjaan per lantai 2,62 menit.



**SUMMARY**

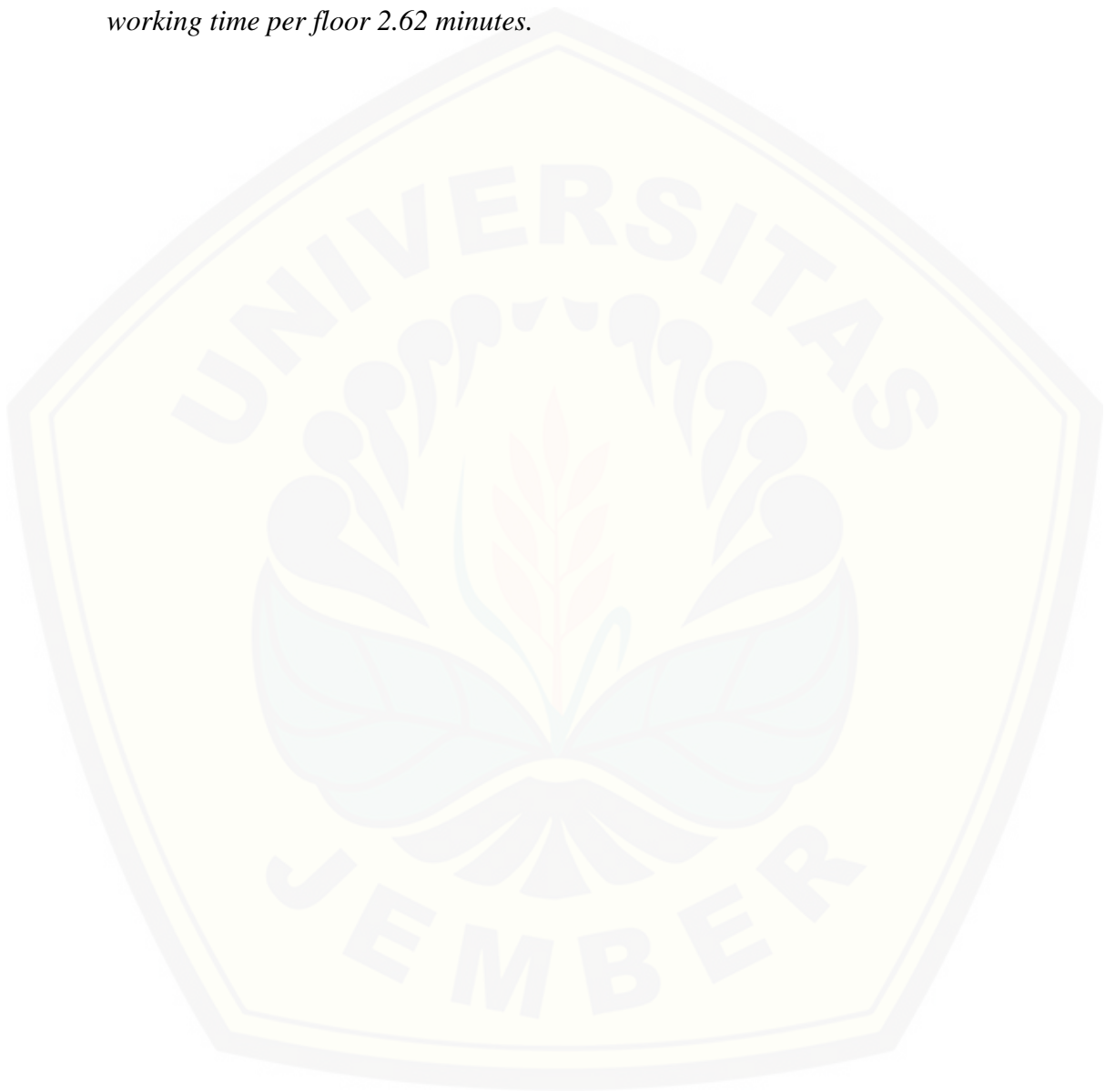
***Planning of Double Tower Crane Placement on Health and Science Plant Building Project of Natural Medicine Building Islamic Development Bank University of Jember; Handi Wahyu Pratama; 141910301041; 2018; 55 pages, Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.***

*Tower Crane Usage (TC) is often associated with the high cost of rent and operational costs. There is also a less precise placement of TC and can result in less efficient work done. This is a problem faced by contractors and affects the efficiency of TC use against project schedules which are at risk of cost wastage on the use of TC. Therefore it is necessary to calculate the balance of workload of TC and the improvement of TC placement itself where such effort can minimize the duration of use in each project activity.*

*This study aims to determine the exact location of Tower Crane placement as well as to know the time difference of work per floor from building project of Health Science and Plant Natural Medicine Building University of Jember. Placement of Tower Crane at the optimum location can reduce the total time of work on Tower Crane so that the time spent is not wasted considering the expensive Tower Crane rental cost*

*To determine the exact location as the placement of Double Tower Crane, need to be determined first point of supply and point of demand and sought the coordinates of supply point and point of demand with the help of program AutoCad. From supply point and demand point made layout of distribution of material (iron, formwork, and concrete) as base of feasible area selection, that is where Tower Crane can reach all material distribution. After that is determined feasible area for the laying of Double Tower Crane. In this research we use 3 scenario of Double Tower Crane placement. From each scenario is calculated time per job and workload balance. A small workload balance is chosen as the best location for Double Tower Crane placement. The results showed that the*

*Double Tower Crane scenario 2 which has the smallest workload balance results so that it can be concluded that Tower Crane in scenario 2 is in an optimum position and the the coordinate (583,392;654,03) for TC 1, and (129,2;470,49) for TC 2 with the balance of work load of 8,590 minutes with the difference of working time per floor 2.62 minutes.*



## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Penempatan *Double Tower Crane* Pada Proyek Pembangunan Gedung *Healt and Science Plant Natural Medicine Building Islamic Development Bank (IDB) Project* Universitas Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Entin Hidayah, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Ir. Hernu Suyoso, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Ibu Dr. Anik Ratnaningsih, S.T, M.T. selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
4. Ibu Sri Sukmawati, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran, kritik, dan pengarahan dengan penuh kesabaran dalam penyelesaian skripsi ini;
5. Bapak Syamsul Arifin, S.T. M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian untuk membimbing penulis dalam penulisan skripsi ini;
6. Bapak Ahmad Hasanuddin, S.T. M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;

7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen beserta Staf Karyawan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Jember serta Perpustakaan Fakultas Teknik maupun Perpustakaan Pusat;
8. Sekretariat Islamic Development Bank Project yang telah bersedia memberikan data dalam penelitian ini.
9. Kedua orang tua saya yang sangat saya sayangi dan saya jadikan panutan Bapak Ismail dan Ibu Cahyaning Dyah Sintawati, terimakasih untuk doa yang selalu ada disetiap hela nafas, untuk cinta dan kasih sayang yang tidak pernah putus dicurahkan;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, saya ucapkan terima kasih.

Semoga Allah SWT selalu memberikan Hidayah dan Rahmat kepada semua pihak yang telah membantu dengan ikhlas sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis sadar akan keterbatasan dan kurang sempurnanya penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, segala saran dan kritik yang bersifat membangun akan sangat penulis harapkan dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan pengetahuan bagi yang membacanya.

Jember, 18 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN .....	vii
RINGKASAN .....	viii
SUMMARY .....	x
PRAKATA .....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xivii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Batasan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Alat Angkat.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Latar Belakang Penggunaan TC .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Bagian-bagian <i>Tower Crane</i> .....</b>	<b>5</b>
<b>2.4 Jenis-jenis TC.....</b>	<b>6</b>
2.4.1. <i>Free-standing Tower Crane</i> .....	6
2.4.2. <i>Tied-in Tower Crane</i> .....	7
2.4.3. <i>Climbing Tower Crane</i> .....	8



2.5	Dasar Pemilihan <i>Tower Crane</i> .....	8
2.6	Penggunaan TC .....	9
2.7	Faktor-faktor Posisi <i>Tower Crane</i> .....	9
2.8	Menentukan Lokasi Awal <i>Tower Crane</i> untuk Memperkirakan Kelompok Pekerjaan Setiap <i>Tower Crane</i> .....	10
2.8.1	Menentukan Kapasitas Angkut dan Feasible Area .....	10
2.8.2	Menentukan Feasible Area .....	11
2.9	Perbaikan Posisi Tiap <i>Tower Crane</i> dengan Mengaplikasikan Model Evaluasi <i>Tower Crane</i> Tunggal pada Setiap TC..	12
2.9.1	Model Lokasi <i>Tower Crane</i> Tunggal.....	12
2.9.2	Waktu Perjalanan Pengait untuk Melakukan Pekerjaan ....	12
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
3.1	Pendahuluan.....	14
3.2	Data .....	14
3.3	Teknik Analisa .....	15
3.4	Variabel Penelitian.....	15
3.5	Tahapan Penelitian .....	17
3.6	Penentuan Lokasi Awal TC .....	18
3.7	Evaluasi <i>Tower Crane</i> Tunggal Diterapkan pada Setiap TC.	18
3.8	Diagram Alir Penelitian .....	18
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>20</b>
4.1	Umum.....	20
4.2	Menentukan Koordinat TC, Titik <i>Supply</i> , dan Titik <i>Demand</i> .....	22
4.2.1	Menentukan titik <i>supply</i> dan titik <i>demand</i> .....	22
4.2.2	Menentukan Koordinat <i>Tower Crane</i> .....	31
4.3	Analisa Perhitungan .....	40
4.3.1	Menghitung Waktu Per Pekerjaan <i>Tower Crane</i> .....	40
4.3.2	Perhitungan Waktu Per Pekerjaan Skenario 1 .....	44



4.3.3 Perhitungan Waktu Per Pekerjaan Skenario 2 .....	45
4.3.4 Perhitungan Waktu Per Pekerjaan Skenario 3 .....	46
4.3.5 Skenario Alternatif.....	48
<b>4.4 Selisih Waktu Pengangkutan Tower Crane per Lantai .....</b>	<b>48</b>
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	<b>55</b>

**DAFTAR TABEL**

3.1. Tabel Data yang Diperlukan .....	14
3.2. Tabel Persamaan untuk Analisa Perhitungan Variabel yang Digunakan.	15
4.1. Koordinat Titik <i>Supply</i> .....	24
4.2. Koordinat Titik <i>Demand</i> .....	24
4.3. <i>Delay</i> .....	25
4.4. Daftar Pekerjaan dan Frekuensi Angkatan Titik Supply ke Titik Demand .....	26
4.5. Koordinat TC Skenario 1 .....	32
4.6. Koordinat TC Skenario 2 .....	33
4.7. Koordinat TC Skenario 3 .....	33
4.8. Daftar Pekerjaan dan Frekuensi Angkatan.....	40
4.9. Koordinat Titik <i>Demand</i> .....	42
4.10. Koordinat TC .....	42
4.11. Koordinat Titik <i>Supply</i> .....	42
4.12. Perhitungan Waktu per Pekerjaan Skenario 1.....	45
4.13. Perhitungan Waktu per Pekerjaan Skenario 2.....	46
4.14. Perhitungan Waktu per Pekerjaan Skenario 3.....	47
4.15. Perbandingan Waktu antar Ketiga Skenario .....	48
4.16. Waktu Per Pekerjaan Skenario Alternatif .....	48
4.17. Selisih Waktu Perjalanan TC dari Satu Pekerjaan (Task 111) per Lantai.	52

**DAFTAR GAMBAR**

2.1. Bagian-bagian TC .....	6
2.2. Free-Standing <i>Tower Crane</i> .....	7
2.3. <i>Tied-in Tower Crane</i> .....	7
2.4. <i>Climbing Tower Crane</i> .....	8
2.5. <i>Feasible Area</i> .....	10
2.6. <i>Overlap Feasible Area</i> .....	11
2.7. Waktu Perjalanan Pengait .....	12
3.1. Diagram Alir Proses Evaluasi Penempatan <i>Tower Crane</i> .....	19
4.1. Diagram Alir Perhitungan .....	21
4.2. Denah Koordinat Bangunan.....	23
4.3. Denah Pendistribusian Task 2.....	27
4.4. Layout Distribusi Besi Tulangan (S1) .....	29
4.5. Layout Distribusi Bekisting (S2) .....	30
4.6. Layout Distribusi Beton (S3) .....	31
4.7. <i>Double Tower Crane</i> Skenario 1 .....	34
4.8. Aksesibilitas TC Skenario 1.....	35
4.9. <i>Double Tower Crane</i> Skenario 2 .....	36
4.10. Aksesibilitas TC Skenario 2.....	37
4.11. <i>Double Tower Crane</i> Skenario 3 .....	38
4.12. Aksesibilitas TC Skenario 3.....	39
4.13. Distribusi Material Pekerjaan 2.....	41
4.14. Potongan Bangunan .....	48

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan pembangunan belakangan ini sangat pesat sekali, sehingga hal tersebut menimbulkan masalah bagi para pekerja dibidang konstruksi. Karena bangunan yang akan didirikan atau dikerjakan bukan bangunan yang kecil melainkan bangunan tinggi sehingga tidak akan mungkin dilaksanakan dengan hanya mengandalkan tenaga manusia saja. Dalam pelaksanaannya pun perlu direncanakan dengan tepat dan cermat. Salah satunya adalah penggunaan alat berat yang optimal agar terlaksana pekerjaan konstruksi yang efisien. Untuk mengetahui fungsi serta cara pengoperasiannya, maka dalam memilih alat berat perlu dilakukan identifikasi dengan cermat. Dalam hal ini dibutuhkan perencanaan yang matang dari pelaksana untuk memilih alat yang ingin dipergunakan dalam pembangunan sehingga dapat menunjang kelancaran proyek, bernilai ekonomis, dan mendapat hasil yang sesuai rencana sehingga semua pihak dapat diuntungkan.

Pada proyek pembangunan gedung bertingkat kerap menggunakan bermacam – macam alat berat yang salah satunya adalah *Tower Crane* (TC) yang termasuk alat pemindah material (*material handling equipment*). Terdapat beberapa jenis alat pemindah material yaitu *conveyor*, *cranes*, dan truk. Salah satu dari alat pemindah material tersebut adalah *Tower Crane*. TC adalah salah satu teknologi yang digunakan sebagai alat pemindah material baik secara vertikal maupun horizontal. Ketinggian TC dapat disesuaikan dengan ketinggian bangunan serta memiliki jangkauan yang luas. Oleh sebab itu TC dapat menjangkau lokasi – lokasi yang berada pada ketinggian atau kejauhan tertentu pada proyek. Pada proyek ini menggunakan TC yang merupakan salah satu dari *cranes* sebagai alat pemindah material karena jangkauannya luas dan ketinggiannya dapat disesuaikan menurut kebutuhan mengingat bangunan yang dikerjakan tergolong bangunan yang tinggi.

Penelitian ini merupakan studi kasus yang dilakukan pada proyek pembangunan gedung *Science and Plant Natural Medicine Building IDB Project* yang sedang dalam tahap perencanaan, di Jalan Kalimantan, Kampus Universitas

Jember, Kabupaten Jember. Proyek pembangunan gedung *Science and Plant Natural Medicine Building IDB Project* ini direncanakan memiliki 6 lantai dengan memiliki dua gedung kembar yang saling terhubung pada sisi – sisinya. Oleh karena itu dalam tahap pembangunannya direncanakan menggunakan lebih dari satu TC.

Tetapi pada pemakaian TC sering terkait oleh mahalnya biaya sewa dan biaya operasionalnya. Hal ini merupakan masalah yang dihadapi oleh kontraktor dan mempengaruhi efisiensi penggunaan TC terhadap jadwal proyek yang beresiko terjadinya pemborosan biaya penggunaan TC.

Berdasarkan masalah tersebut, penelitian ini dilakukan guna mendapatkan lokasi yang optimal untuk TC yang didirikan. Lokasi yang benar dan tepat pada titik yang optimum dapat meningkatkan efisiensi waktu produksi.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Dimana lokasi yang tepat dan paling optimum untuk penempatan *double* TC agar waktu pemakaian TC tidak terbuang percuma?
2. Bagaimana perbandingan antara lama waktu pekerjaan per lantai?

### **1.3 Tujuan**

1. Untuk mendapatkan lokasi yang tepat untuk penempatan *double* TC agar waktu pemakaian TC tidak terbuang percuma.
2. Mencari selisih waktu yang diperlukan TC untuk menyelesaikan semua pekerjaan pengangkutan per lantai.

### **1.4 Batasan Masalah**

1. Penelitian dilakukan pada *Health Science and Plant Natural Medicine Building IDB Project*, yang berada di Jalan Kalimantan, Kampus Universitas Jember, Kabupaten Jember.
2. Alat pemindah material yang diteliti pada proyek ini tidak termasuk alat pemindah lain di proyek IDB.

3. Hanya membahas waktu tempuh yang dilakukan pekerjaan pengangkutan besi, bekisting, dan beton saja.
4. Pekerjaan yang ditinjau adalah pekerjaan pengangkutan horizontal dengan menyertakan waktu pemuatan dan pembongkaran material namun mengabaikan waktu angkat vertikalnya.





## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Alat Angkat

Di dalam dunia pembangunan khususnya bangunan tinggi adanya peralatan angkat sangatlah diperlukan, selain sebagai penunjang kelancaran kegiatan operasional, alat-alat angkat ini juga digunakan agar dapat menghemat waktu pekerjaan. Karena semakin banyak waktu yang terbuang, maka kegiatan operasional juga tidak akan berjalan dengan baik. Salah satu alat angkat yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah *tower crane*.

### 2.2 Latar Belakang Penggunaan TC

Pemindahan material dari titik *supply* ke titik *demand* sangatlah penting pada suatu proyek konstruksi. Sebelum ditemukannya teknologi yang memadai seperti saat ini, pemindahan material masih menggunakan tenaga manusia dan alat-alat tradisional. Seiring dengan meningkatnya kapasitas dan volume permintaan pemindahan material, maka tenaga manusia dirasa sangat tidak efektif, oleh karena itu manusia seiring dengan perkembangan jaman mulai menggunakan mesin untuk alat pemindah material. Salah satu dari alat pemindah material tersebut adalah *Tower Crane*. TC adalah salah satu teknologi yang digunakan sebagai alat pemindah material baik secara vertikal maupun horizontal. Ketinggian TC dapat disesuaikan dengan ketinggian bangunan serta memiliki jangkauan yang luas. Oleh sebab itu TC dapat menjangkau lokasi-lokasi yang berada pada ketinggian atau kejauhan tertentu pada proyek. Namun biaya pengoprasiannya cukup mahal. Oleh karena itu perlu adanya perencanaan yang cermat dalam pengoprasiannya agar tidak terjadi pemborosan biaya. Salah satu yang perlu diperhatikan dalam mendapatkan produktivitas yang efisien adalah dengan merencanakan penempatan TC dengan baik.

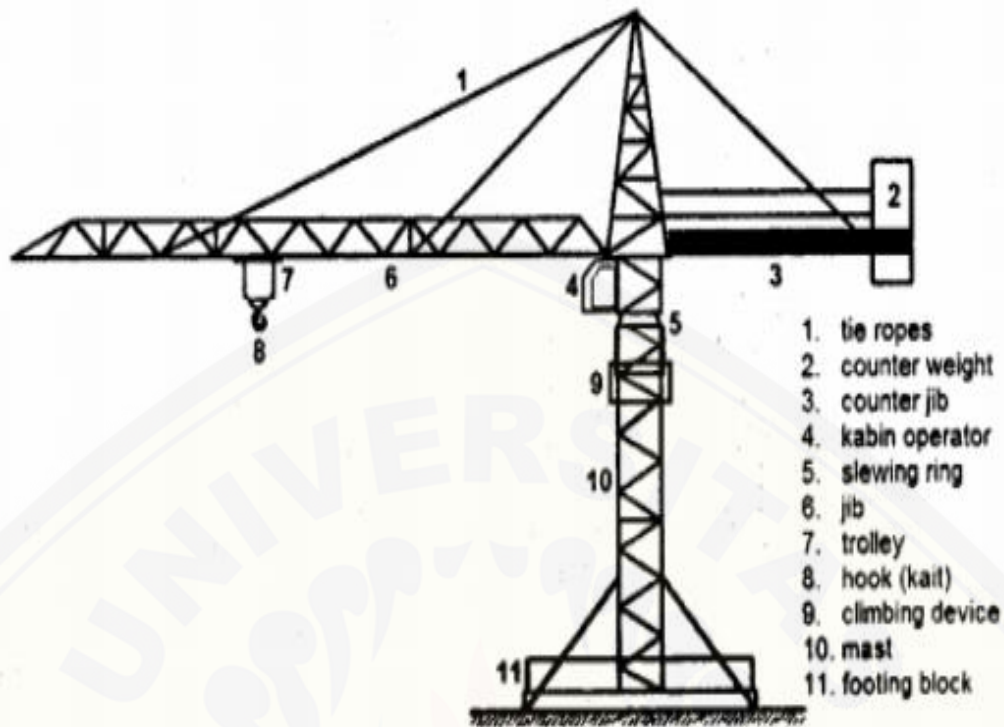


### 2.3 Bagian-bagian *Tower Crane*

Menurut (Rostiyanti, 2008), Bagian dari *tower crane* adalah :

- a. *Tie, Ropes*, adalah kawat yang berfungsi untuk menahan jib supaya tetap dalam kondisi  $90^\circ$  terhadap tiang utama.
- b. *Counter weight*, berfungsi sebagai penyeimbang beban.
- c. *Counter jib* atau tiang penyeimbang, dibagian ini dipasang *counter weight* sebagai penyeimbang beban.
- d. *Kabin operator*, tempat dimana operator mengoperasikan tower crane. Terletak pada bagian atas tiang utama.
- e. *Slewing ring*, berfungsi untuk memutar jib. Terletak di bawah kabin operator.
- f. *Jib*, merupakan tiang horizontal yang panjangnya ditentukan berdasarkan jangkauan yang diinginkan.
- g. *Trolley*, merupakan alat yang bergerak sepanjang jib yang digunakan untuk memindahkan material secara horizontal dan pada *trolley* tersebut dipasangkan *hook* atau kait.
- h. *Hook* atau kait, berfungsi untuk mengangkat material dan bergerak secara vertikal
- i. *Climbing device*, merupakan alat untuk menambah ketinggian *crane*.
- j. *Mast* atau tiang utama, merupakan tiang vertikal yang berdiri diatas *base* atau dasar.
- k. *Footing block*, berfungsi untuk penempatan tiang utama.

Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 2.1



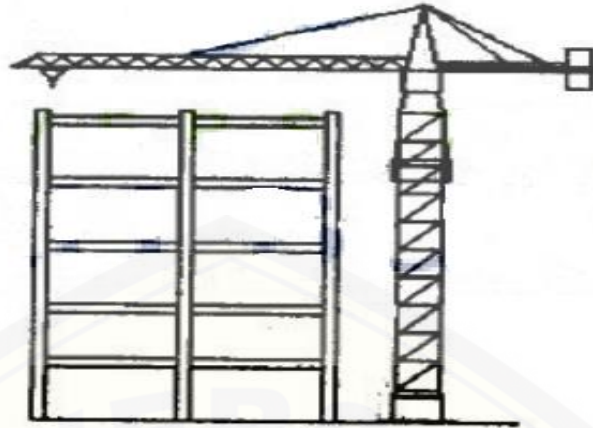
Gambar 2.1. Bagian-bagian TC

(Sumber : Rostiyanti, 2008)

## 2.4 Jenis – Jenis TC

### 2.4.1 *Free-standing Tower Crane*

*Free standing crane* berdiri di atas pondasi yang khusus dipersiapkan untuk alat berat tersebut. Jika crane harus mencapai ketinggian yang besar maka digunakan pondasi dalam seperti tiang pancang. Syarat dari pondasi *crane* adalah pondasi tersebut harus mampu menahan momen akibat angin dan ayunan beban, berat *crane*, dan berat material yang diangkat. *Free standing crane* dapat berdiri sampai ketinggian 100m. Tiang utama (*mast*) diletakkan di atas dasar (*footing block*) dengan diberi *ballast* sebagai penyeimbang (*counterweight*). *Ballast* ini terbuat dari beton atau baja. (Gambar 2.2).



Gambar 2.2. *Free – standing tower crane*

(Sumber : Rostiyanti, 2008)

#### 2.4.2 *Tied-in Tower Crane*

*Crane* mampu berdiri bebas pada ketinggian kurang dari 100 m. Jika diperlukan *crane* dengan ketinggian lebih dari 100 m maka *crane* harus ditambatkan dan dijangkar pada struktur bangunan. *Crane* yang ditambatkan pada struktur bangunan dikenal sebagai *tied in crane*. Fungsi dari penjangkaran adalah untuk menahan gaya horizontal. Dengan demikian *crane* jenis ini dapat mencapai ketinggian 200 m. (Gambar 2.3)

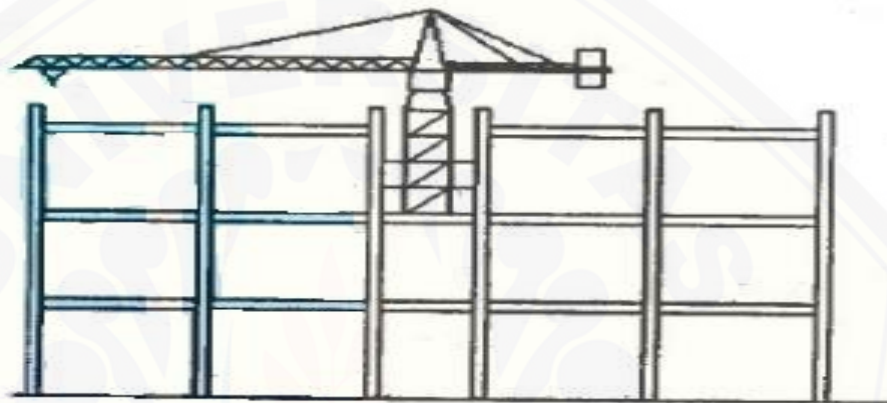


Gambar 2.3. *Tied-in tower crane*

(Sumber : Rostiyanti, 2008)

### 2.4.3 Climbing Tower Crane

Dengan lahan yang terbatas maka alternatif penggunaan *crane* adalah *crane* panjang atau *climbing crane*. *Crane* tipe ini diletakkan dalam 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*. (Gambar 2.4).



Gambar 2.4. *Climbing tower crane*

(Sumber : Rostiyanti, 2008)

### 2.5 Dasar Pemilihan Tower Crane

Menurut (Djoko Wilopo, 2009), dasar pemilihan *tower crane* adalah sebagai berikut :

a. Ketinggian *tower crane*

Ketinggian *tower crane* disesuaikan dengan tinggi bangunan yang akan dilayani. HUH (*high under hook*) ditentukan tinggi maksimum bangunan ditambah 4 – 6 meter guna spelling pada waktu mengangkat beban.

b. Lengan Kerja atau Radius Bekerja (*Jib Length*)

Lengan kerja (*jib length*) ditentukan jarak maksimum beban yang akan diangkat nantinya dari as *tower crane*.

c. Kapasitas *Crane*

Beban maksimum yang akan diangkat pada jarak titik tertentu.

d. *Static* atau *Traveling*

Hal ini tergantung dari rencana pemakaian tower crane. Jika yang dilayani tidak terlalu tinggi dan *tower crane* masih dalam batas *free standing*, tower crane masih aman dijalankan. Hal ini cocok apabila *tower crane* dipakai untuk melayani bangunan yang relatif memanjang.

## 2.6 Penggunaan TC

TC dapat mengangkat berbagai jenis material, namun ada batasan beban maksimum. Batasan dalam pengangkutan beban ini tergantung pada jenis dan tipe TC yang digunakan.

TC pada proyek konstruksi bangunan bertingkat digunakan untuk memindahkan material, yang akan dipindahkan oleh TC telah disiapkan pada tempat – tempat tertentu (*workshop*) dan akan dipindahkan oleh TC sesuai dengan jadwal kerja TC yang telah dibuat oleh project manager. Material yang dipindahkan antar lain *scaffolding*, *multiplex*, besi beton, dinding *precast*. TC juga digunakan untuk pengecoran kolom, *core wall*, dan *shear wall*. Campuran beton dari *truck mixer* dituangkan kedalam bucket, kemudian bucket tersebut diangkat oleh TC ke tempat tujuan pengecoran. Bagian dasar bucket dilengkapi dengan katup dan saluran untuk mengalirkan campuran beton ke dalam bekisting.

## 2.7 Faktor – faktor posisi *Tower Crane*

Menurut (Rostiyanti, 2008), faktor – faktor yang mempengaruhi posisi tower crane adalah:

a. Keamanan

Untuk kepentingan keamanan dan efisiensi maka posisi TC diletakan sejauh mungkin dari TC yang lain.

b. Kapasitas crane

Kapasitas angkat crane ditentukan dari kurva radius beban dimana semakin besar beban maka semakin kecil radius operasinya.



c. Ruang kerja

Semakin kecil ruang kerja maka meningkatkan kemungkinan terjadinya hambatan dan tabrakan.

d. Lokasi *Supply* dan *Demand*

Lokasi penyediaan (*Supply*) material dan lokasi yang membutuhkan (*Demand*) harus ditentukan lebih dahulu.

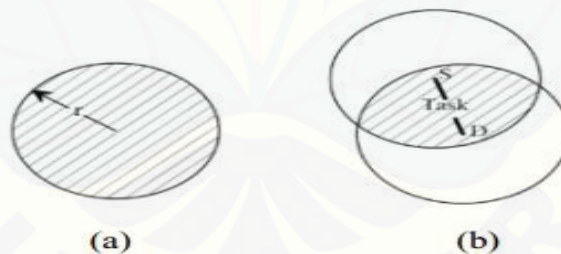
e. *Feasible Area*

*Feasible area* merupakan area yang paling memungkinkan untuk menempatkan TC.

## 2.8 Menentukan Lokasi Awal *Tower Crane* Untuk Memperkirakan Kelompok Pekerjaan Setiap *Tower Crane*

### 2.8.1 Menentukan kapasitas angkut dan *feasible area*

Kapasitas angkat TC ditentukan dari kurva radius beban, dimana beban lebih besar, maka radiusnya lebih pendek. Bila titik penyediaan/*supply* disimbolkan sebagai “S” dan titik kebutuhan/*demand* sebagai “D”, maka digambarkan seperti pada gambar 2.5.



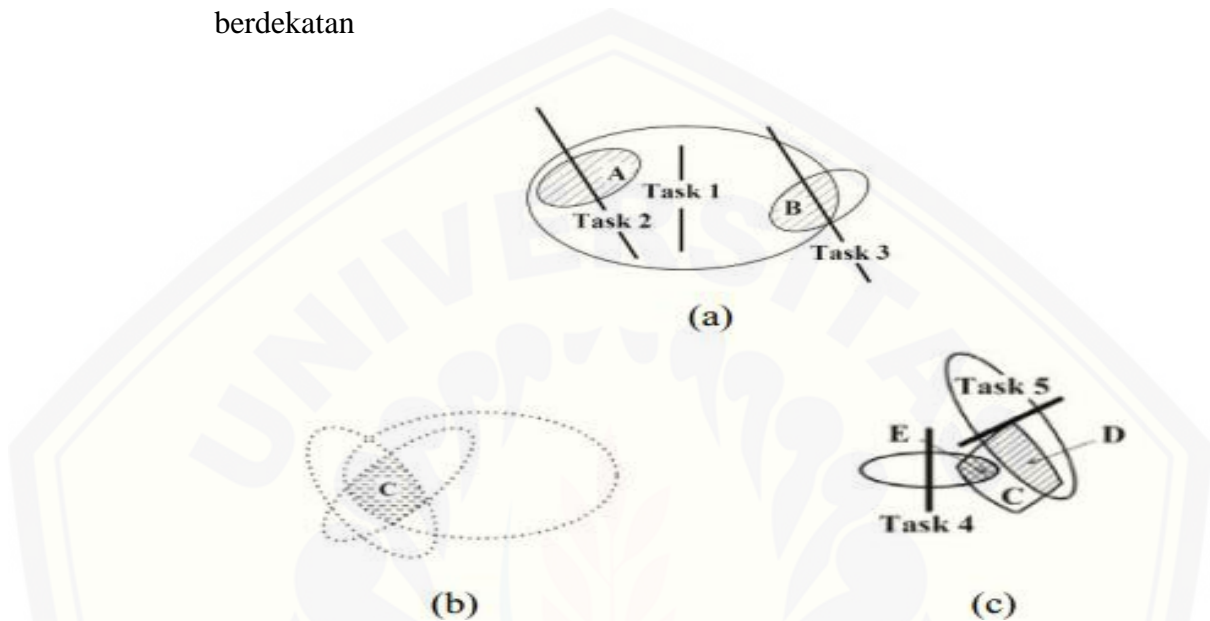
Gambar 2.5. *Feasible Area*  
(Sumber : Sebt, et al, 2008)

Dari gambar bagian a, dapat disimpulkan bahwa TC tidak dapat mengangkut beban ( $w$ ) kecuali dalam radius lingkaran ( $r$ ). Untuk mengangkut beban dari titik S ke titik D, TC harus ditempatkan dalam area yang merupakan potongan dari 2 lingkaran seperti pada gambar b. Area ini disebut *feasible area*. Luas area tergantung jarak antara S ke D, berat dari

beban, dan kapasitas angkut TC. Semakin besar *feasible area*, semakin mudah dalam menangani pekerjaan (Sebt, et al, 2008).

### 2.8.2 Menentukan *feasible area*

Tiga hubungan geometris muncul untuk menentukan *feasible area* yang berdekatan



Gambar 2.6. *Overlap Feasible Area*

(Sumber : Sebt, et al, 2008)

Seperti yang dapat diminati pada Gambar 2.6 (a), dengan menempatkan di area A, TC bisa menangani pekerjaan (*task*) 1 dan 2, demikian juga bila di dalam area B bisa menangani pekerjaan 1 dan 3. Di samping itu kasus pada Gambar 2.6 (a) menunjukkan bahwa pekerjaan 2 dan 3 tidak berdekatan sehingga TC tunggal tidak bisa menangani keduanya tanpa memindahkannya, jadi dibutuhkan lebih dari satu TC atau TC dengan kapasitas angkut yang lebih besar. Pada Gambar 2.6 (b), area C merupakan *feasible area* dari tiga pekerjaan. Kemudian pada gambar 2.6 (c), apabila terdapat dua pilihan setelah area C di *overlap* dua pekerjaan, maka yang dipilih ada *feasible area* yang terbesar yakni area D. Sedangkan untuk pekerjaan 4, masuk area lainnya, atau dilayani TC lainnya (Sebt, et al, 2008)



## 2.9 Perbaikan Posisi Tiap *Tower Crane* Dengan Mengaplikasikan Model Evaluasi *Tower Crane* Tunggal Pada Setiap *Tower Crane*

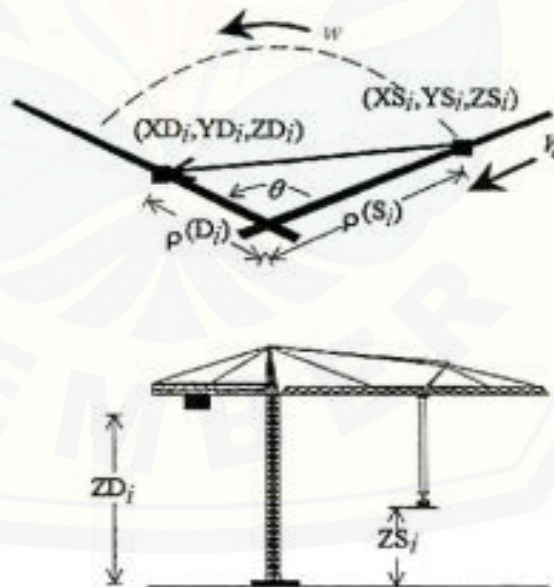
### 2.9.1 Model lokasi *Tower Crane* tunggal

Setiap pekerjaan (*task*) dikelompokkan secara khusus, bersama dengan beban kerja yang seimbang dan kemungkinan terjadi gangguan yang minimal. Setelah kelompok pekerjaan terbentuk, lokasi awal yang menjadi acuan untuk perhitungan penentuan kelompok pekerjaan diabaikan. Dan pada tahap ini dicari lokasi yang paling baik diantara *Feasible Area*

Titik yang paling optimum adalah titik yang memiliki keseimbangan beban kerja ( $\sigma$ ) antar TC yang kecil.

### 2.9.2 Waktu perjalanan pengait untuk melakukan pekerjaan

Dua sub-model untuk perhitungan waktu perjalanan pengait untuk melakukan pekerjaan dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7. Waktu perjalanan pengait

Evaluasi penempatan TC bisa dilakukan dengan menghubungkan dua sub model di atas yaitu dengan mencari  $\sigma$  yang paling kecil dan setiap titik dalam *feasible area*.



### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Pendahuluan

Metode penelitian merupakan cara ilmiah dalam mencari dan mendapatkan data. Serta memiliki kaitan dengan prosedur dalam melakukan penelitian dan teknis penelitian. Metode penelitian banyak mengulas mengenai cara dalam pelaksanaan penelitian. Berbeda dengan prosedur penelitian yang lebih menekankan mengenai alat-alat yang dipakai dalam mengukur dan mengumpulkan data hasil penelitian. Oleh sebab itu, metode penelitian mencakup kedua hal yaitu, prosedur dan teknik penelitian. Dalam penelitian ini meliputi latar belakang, permasalahan, studi literatur, pengumpulan data proyek, penyusunan langkah pemodelan yang dilakukan, penentuan lokasi awal TC, penentuan kelompok pekerjaan, optimalisasi lokasi TC, dan kesimpulan.

#### 3.2 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang didapatkan dari kontraktor pelaksana Proyek Pembangunan Gedung *Science and Plant Natural Medicine Building IDB Project*. Data-data yang dibutuhkan terdapat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Data-data yang diperlukan

Objek Penelitian	Item	Teknik Pengumpulan Data
Pembangunan pada IDB Project	<i>Site Facilities</i>	Melakukan pencarian terhadap referensi-referensi penelitian yang berkaitan dengan subjek dan objek penelitian. Menggunakan studi literatur yaitu buku, jurnal, skripsi, dan thesis.
	Spesifikasi TC yang digunakan	
	Volume Pekerjaan TC	

### 3.3 Teknik Analisa

Teknik analisa yang digunakan diawali dengan penentuan *supply point* dan *demand point*. *Supply point* dan *demand point* akan membentuk suatu pekerjaan (*task*) yang nantinya akan diidentifikasi pendistribusian material dari setiap titik *supply* menuju titik *demand* yang membentuk kelompok pekerjaan atau *group task*. Kedekatan kelompok pekerjaan dapat diukur dengan *overlapping area*, semakin besar *overlapping area* maka semakin dekat antar pekerjaan. Apabila jarak pekerjaan yang satu dengan yang lain terlalu jauh dan tidak dapat dijangkau oleh TC, maka akan ditempatkan TC yang berbeda. Berdasarkan kelompok pekerjaan yang terbentuk maka dapat diidentifikasi dan terbentuk *feasible area* sebagai titik penempatan TC untuk grup pekerjaan yang ditinjau kemudian dilanjutkan dengan analisa letak grup TC yang dapat memberikan hasil yang optimal.

### 3.4 Variabel Penelitian

Penelitian ini mengidentifikasi perhitungan dari 4 variabel yaitu waktu pengangkatan pengait *crane* (*hook*), waktu rata-rata pengangkutan dari semua *crane*, dan keseimbangan beban kerja pada masing-masing waktu pengangkutan untuk setiap *crane*.

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk analisa perhitungan variabel dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Persamaan untuk Analisa Perhitungan Variabel yang Digunakan

No	Variabel	Analisa Perhitungan	Sumber
1	Waktu perjalanan pengait untuk melakukan pekerjaan	$\rho(D_j) = \sqrt{(XD_j - x)^2 + (YD_j - y)^2}$ $\rho(S_j) = \sqrt{(XS_j - x)^2 + (YS_j - y)^2}$ $I_j = \sqrt{(XD_j - XS_j)^2 + (YD_j - YS_j)^2}$ $Tv_0 = (ZD_j - ZS_j) / V_v \text{ (kosong)}$ $Tv_1 = (ZD_j - ZS_j) / V_v \text{ (penuh)}$	Tam dan Leung (2008)

		$T1_{ij} = \text{Max} (T_h, T_{v0}) + \beta \text{ min} (T_h, T_{v0})$ $T2_{ij} = \text{max} (T_h, T_{v1}) + \beta \text{ min} (T_h, T_{v1})$ $T_a = \frac{\rho(D_j) - \rho(S_j)}{v^\alpha}$ $T_\omega = \frac{1}{\omega} \text{Arc cos} \left( \frac{l_j^2 - \rho(D_j)^2 - \rho(S_j)^2}{2 * \rho(D_j) * \rho(S_j)} \right)$ <p><math>(0 \leq \text{Arc cos} (\theta) \leq \pi)</math></p> $T_h = \text{max} (T_a, T_w) + \alpha \text{ min} (T_a, T_w)$ <p>Keterangan :</p> <p><math>T_{v0}</math> = Waktu perjalanan vertikal pengait tanpa beban</p> <p><math>T_{v1}</math> = Waktu persamaan vertikal pengait engan beban</p> <p><math>T_a</math> = Waktu pergerakan radial trolley</p> <p><math>T_w</math> = Waktu pergerakan tangensial trolley</p> <p><math>T_h</math> = Waktu Perjalanan horizontal pengait</p> <p><math>\alpha</math> = Derajat koordinasi pergerakan pengait dalam arah radial dan tangensial pada bidang horizontal (antara 0 sd 1)</p> <p><math>\beta</math> = Derajat koor dinasi pergerakan pengait dalam arah radial dan tangensial (antara 0 sd 1)</p>	
2	Waktu pengangkutan n pengait crane ke-i	$T_i = \sum_{j=1}^J = \delta_{ij} \cdot Q_j \cdot (t1_{ij} + t1_{2j} + t3_{ij} + t4_{ij})$ <p>Keterangan :</p> <p><math>T_i</math> = waktu pengangkutan pengait crane ke i = variable binary</p> <p><math>Q_j</math> = jumlah angkatan</p> <p><math>t1_{ij}</math> = waktu perjalanan pengait tanpa beban</p> <p><math>t2_{ij}</math> = waktu perjalanan pengait dengan beban</p> <p><math>t3_{ij}</math> = waktu jeda rata – rata pengangkutan</p> <p><math>t4_{ij}</math> = waktu jeda rata – rata pembongkaran</p>	Tam dan Leung (2008)

3	Keseimbangan beban kerja pada masing-masing waktu pengan gkutan untuk setiap crane	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^J (T - T_i)^2}{1}}$ $= \sigma (\delta_{11}, \delta_{12}, \dots, \delta_{21}, \delta_{22}, \dots, \delta_{1i}, \dots, \delta_{ij})$ <p>Keterangan :</p> <p><math>\sigma</math> = Keseimbangan beban kerja</p> <p><math>T</math> = Waktu rata – rata pengangkutan dari semua crane</p> <p><math>T_i</math> = waktu pengkutan pengait ke – i</p>	Tam dan Leung (2008)
---	--	--	----------------------

### 3.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan proses penelitian dari awal sampai akhir yang akan dilakukan tugas akhir ini meliputi latar belakang, permasalahan, studi literatur, pengumpulan data proyek, penyusunan langkah pemodelan yang dilakukan, penentuan lokasi awal TC, penentuan kelompok pekerjaan, optimalisasi lokasi TC, dan kesimpulan. Untuk memperoleh titik optimal TC, dibuat 3 langkah yang harus dilakukan. Masing masing langkah memiliki tahapan sebagai berikut:

- **Langkah 1**  
Menentukan titik koordinat *supply*, *demand*, dan TC pada lapangan.
- **Langkah 2**  
Menghitung total waktu kerja TC.
- **Langkah 3**  
Menghitung keseimbangan beban kerja TC.
- **Selisih Waktu Pengangkutan Tower Crane per Lantai**  
Menghitung waktu pengangkutan TC per lantai yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar selisih waktu pengangkutan TC per lantai dengan menggunakan koordinat TC yang memiliki nilai keseimbangan beban kerja ( $\sigma$ ) terkecil ditinjau dari satu pekerjaan.



### 3.6 Penentuan Lokasi Awal TC

Penentuan lokasi awal TC bertujuan untuk memperkirakan kelompok pekerjaan setiap TC. Dalam hal ini dibagi menjadi 4 tahap :

- a. Menentukan kapasitas angkatan dan *feasible area*
- b. Menentukan *feasible area*
- c. Mengelompokkan pekerjaan ke dalam kelas terpisah
- d. Menentukan lokasi *Double TC*

### 3.7 Evaluasi *Tower Crane Tunggal* Diterapkan pada Setiap TC

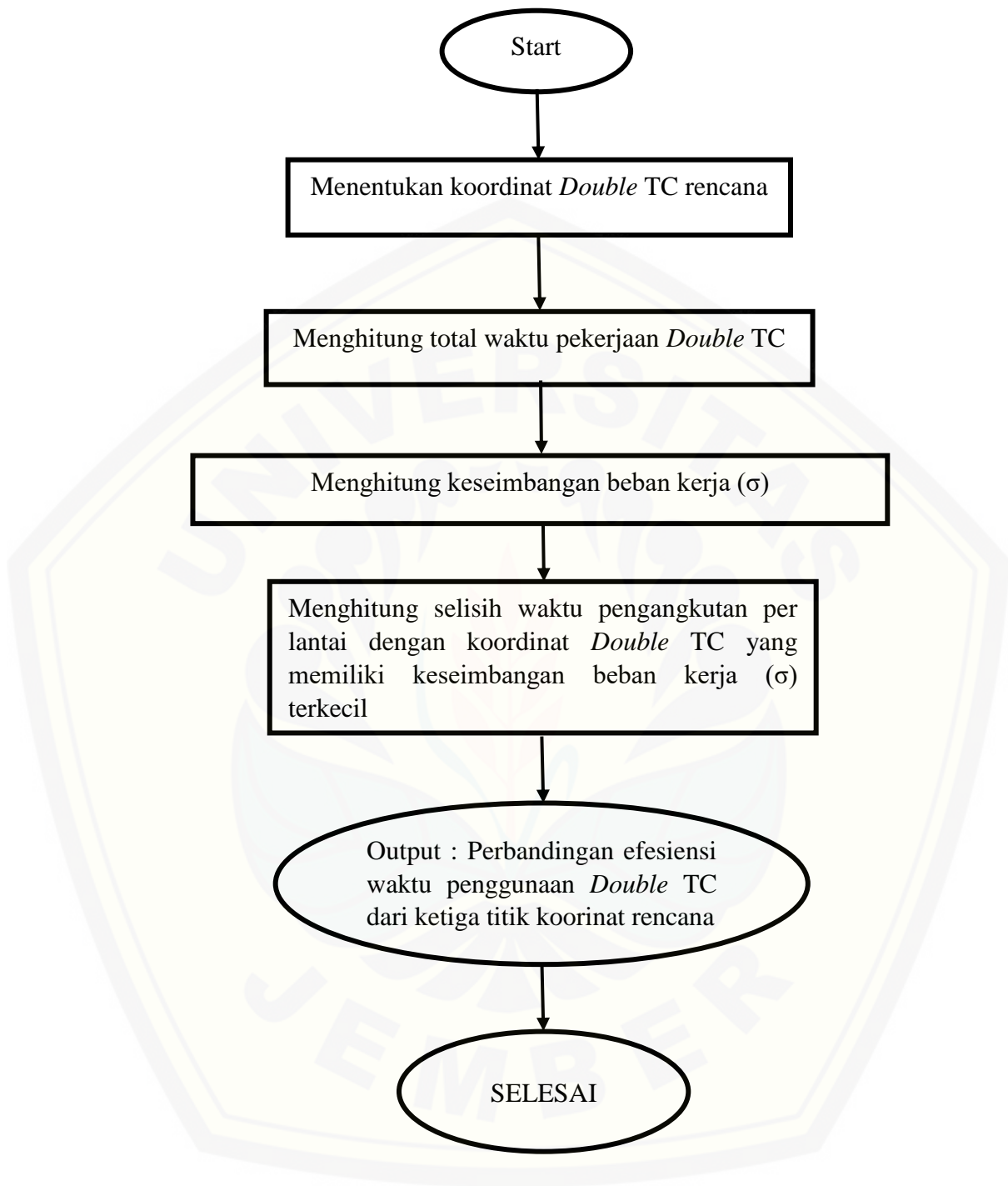
Dibagi menjadi 3 tahap yaitu:

- a. Model Lokasi TC tunggal.
- b. Waktu perjalanan pengait untuk melakukan pekerjaan.
- c. Evaluasi penempatan untuk *Double TC*.

### 3.8 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1. Diagram Alir Proses Evaluasi Penempatan *Tower Crane*

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, *double* TC skenario 2 pada koordinat TC1 (583,492 ; 654,0349) dan TC2 (129,196 ; 470,4883) memiliki waktu pengangkutan terkecil yaitu 2126.20 menit dengan keseimbangan beban kerja 8,59. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *double* TC skenario 2 berada pada titik yang optimum.
2. Untuk membandingkan lama waktu pekerjaan per lantai digunakan koordinat TC yang paling optimum, yaitu *double* TC skenario 2. Pada tahap perhitungan digunakan (*Task* 111) sebagai contoh. Perbandingan waktu pekerjaan per lantai dihitung dengan mempertimbangkan perbedaan elevasi tiap lantainya. Dari hasil perhitungan didapatkan selisih waktu pekerjaan per lantainya dari lantai 1 sampai lantai 6 adalah 2,95 menit dan dari lantai 6 ke atap 1 menit dengan rata-rata waktu 2,62 menit.

### 5.2 Saran

Dari hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya:

1. Membandingkan lama waktu kerja TC dengan kondisi dilapangan.
2. Penentuan titik optimal TC menggunakan cara manual yang dihitung satu persatu menggunakan *Microsoft Office Excel*, maka untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan *software* lain agar lebih cepat.
3. Menghitung biaya operasional TC sehingga dapat diketahui perbandingan biaya dari ketiga skenario dan kondisi *eksisting* pada lapangan.
4. Menghitung produktifitas TC agar dapat diketahui beban pekerjaan yang dilakukan TC setiap harinya.

**DAFTAR PUSTAKA**


Rahman, Sofyan. 2012. *Optimasi Lokasi Untuk Group Tower Crane Pada Proyek Apartemen Guna Wangsa Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya (SKRIPSI).*

Rostiyanti, Susy Fatena. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi. Edisi 2 : PT. Rineka Cipta. Jakarta*


Septiawan, Puguh. 2017. *Optimasi Penempatan Group Tower Crane pada Proyek Pembangunan My Tower Surabaya, Institut Teknolog Sepuluh November, Surabaya (SKRIPSI).*

Sebt, M. H, Karan , E. P, Delavar. M. R. 2008. *Potential Application of GIS to Layout of Construction Temporary Facilities. International Journal of Civil Engineering, Vol. 6, No. 4, December 2008.*

Tam and Arthur W T Leung. 2008. *Genetic Algorithm Modeling Aided with 3D Visualization in Optimizing Construction Site Facility Layout. International Department of Building & Construction and Division of Building Science and Technology, City University of Hong Kong.*



**LAMPIRAN-  
LAMPIRAN**



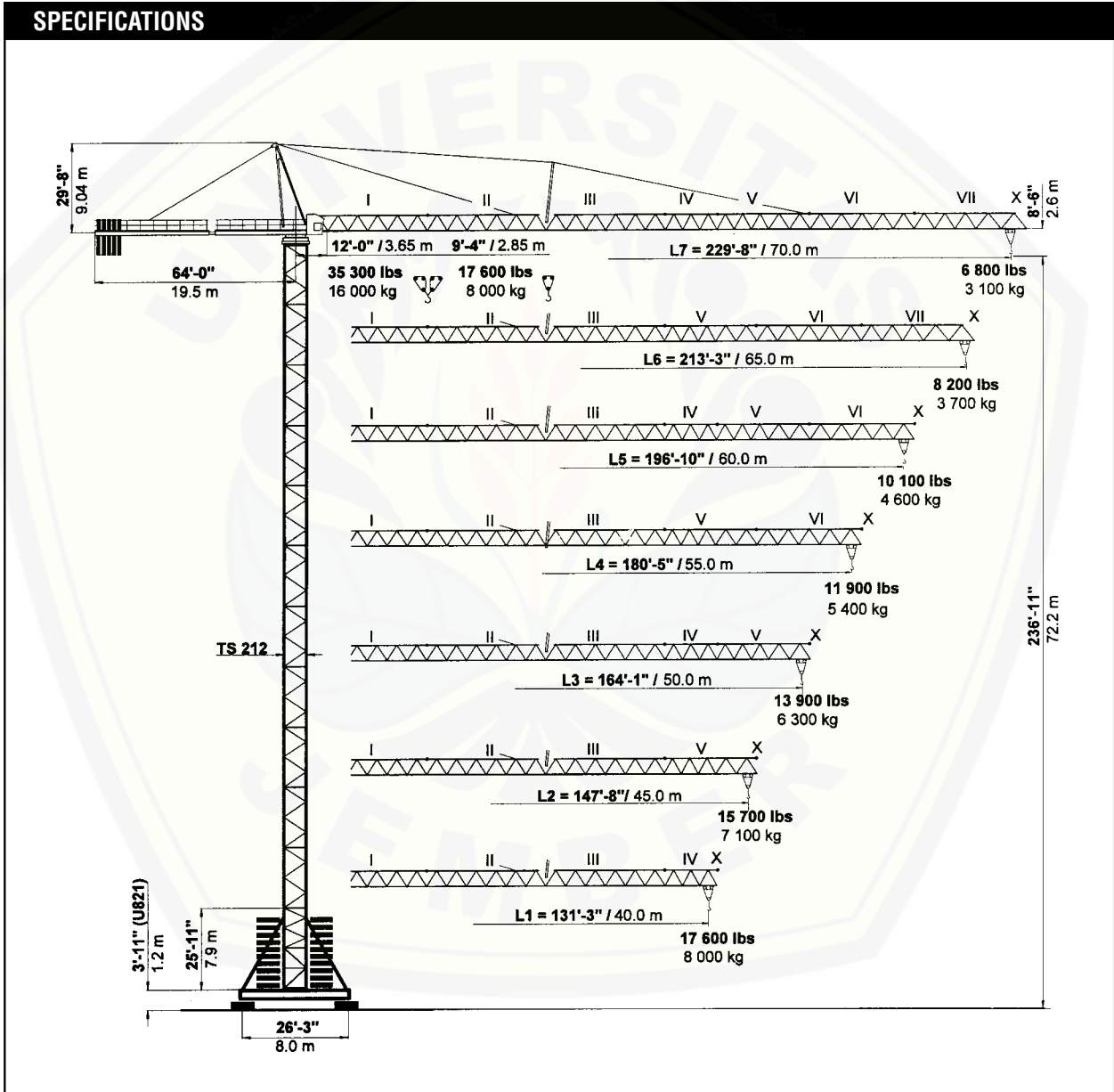
**Lampiran A**  
**Brosur Tower Crane**



# PEINER SK 315

Hammerhead Tower Crane  
 17,600-35,300 lbs. (8-16 mt)  
 Lifting Capacity

## SPECIFICATIONS



simple, available and  
 cost effective™

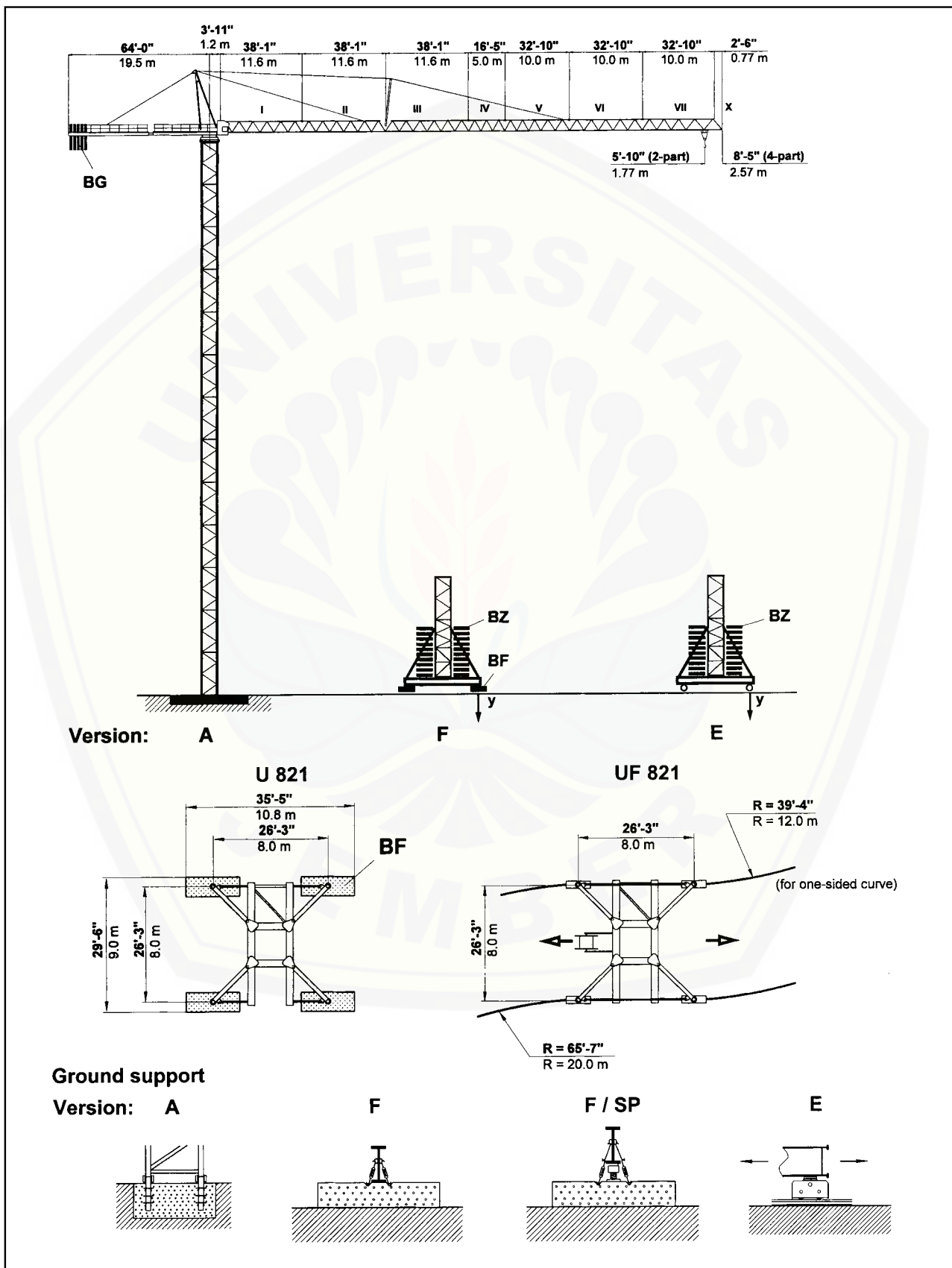
Machines shown may have optional equipment.



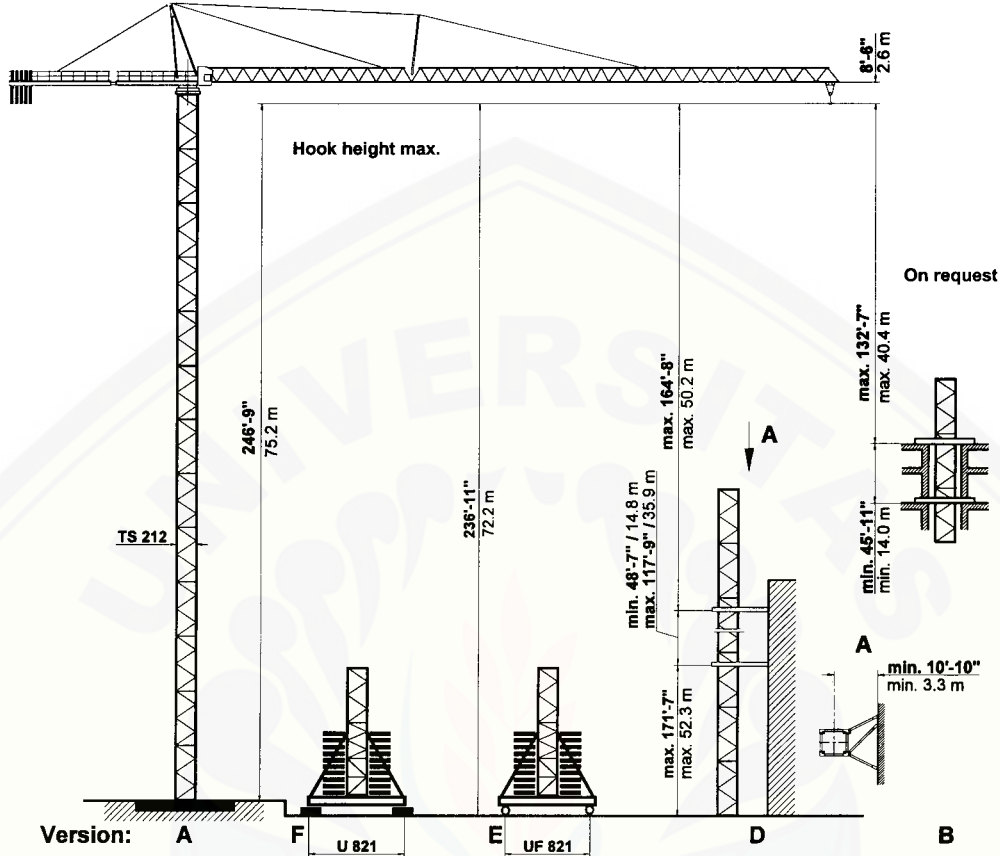


### PEINER SK 315

Combinations of tower section, hook heights, forces acting per corner, base ballast



**PEINER SK 315 Tower TS 211**



TS 212	Version A		Version F				Version E		
	HH	Tower	HH	BZ + BF	in service	out of service	BZ	in service	out of service
TS 212.1	ft m	TSV 212 TS 212.1	ft m	kips / t	kips / kN	kips / kN	kips / t	kips / kN	kips / kN
13 x TS 212.1	246'-9"*** 75.2*								
12 x TS 212.1	227'-4"*** 69.3*	1 x TSV 212 11 x TS 212.1	236'-11"*** 72.2*	212.0 96	204 909	279 1243	198.0 90	212 942	282 1253
11 x TS 212.1	208'-0"*** 63.4*	1 x TSV 212 10 x TS 212.1	217'-6"*** 66.3*	168.0 76	186 826	240 1066	154.0 70	192 856	242 1075
10 x TS 212.1	188'-8"*** 57.5*	1 x TSV 212 9 x TS 212.1	198'-2"*** 60.4	146.0 66	173 770	203 901	132.0 60	179 797	204 909
9 x TS 212.1	169'-4"*** 51.6	1 x TSV 212 8 x TS 212.1	178'-10"*** 54.5	124.0 56	161 715	169 751	88.0 40	161 715	169 754
8 x TS 212.1	149'-11"*** 45.7	1 x TSV 212 7 x TS 212.1	159'-5"*** 48.6	101.0 46	149 661	145 645	88.0 40	154 683	170 654
7 x TS 212.1	130'-7"*** 39.8	1 x TSV 212 6 x TS 212.1	140'-1"*** 42.7	101.0 46	142 633	128 569	66.0 30	141 629	124 553
6 x TS 212.1	111'-3"*** 33.9	1 x TSV 212 5 x TS 212.1	120'-9"*** 36.8	101.0 46	136 607	112 499	66.0 30	135 600	108 482
5 x TS 212.1	91'-10"*** 28.0	1 x TSV 212 4 x TS 212.1	101'-5"*** 30.9	101.0 46	131 582	98 435	66.0 30	129 573	94 418
4 x TS 212.1	72'-6"*** 22.1	1 x TSV 212 3 x TS 212.1	82'-0"*** 25.0	101.0 46	126 559	85 376	66.0 30	123 548	81 359
3 x TS 212.1	53'-2"*** 16.2	1 x TSV 212 2 x TS 212.1	62'-8"*** 19.1	101.0 46	120 536	80 356	66.0 30	118 523	75 335
2 x TS 212.1	33'-9"*** 10.3	1 x TSV 212 1 x TS 212.1	43'-4"*** 13.2	101.0 46	116 515	80 356	66.0 30	112 500	75 335
Foundation 25'-7" x 25'-7" x 5'-7" 7.8 x 7.8 x 1.7 m					Stationary base U 821		Travelling base UF 821		
Anchor stools 4 x FF 212					BF 4 x 8.82 kips 4 x 4.0 t	BZ block 11.02 kips Block 5.0 t	Bogle Curve F 500		

If TSK 212 section is used the hook height is increased by 6'-7" (2 m).

\* Lower climbing section after erection.



TS 212.1 = 19'-4 1/4" / 5.9 m

TSV 212 = 25'-11" / 7.9 m

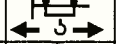


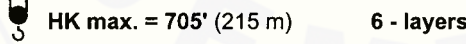
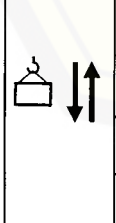








TSK 212 = 6'-7" / 2.0 m



**PEINER SK 315 Radius and Capacity**

Jib	Max. capacity max. 17,600 lbs 8.0 t	Radius – ft./m Capacity – lbs./mt																			
		2-Part Line  max. 17,600 lbs max. 8.0 t																			
ft m		75'-6" 23	82'-0" 25	98'-5" 30	114'-10" 35	131'-3" 40	141'-1" 43	147'-8" 45	157'-6" 48	164'-1" 50	173'-11" 53	180'-5" 55	190'-3" 58	196'-10" 60	206'-8" 63	213'-3" 65	223'-1" 68	229'-8" 70			
L7	229'-8" 70.0	9'-4" - 96'-9"	17600	17600	17400	14800	12800	11900	11200	10600	10100	9500	9000	8600	8200	7700	7500	7100	6800		
L6	213'-3" 65.0	9'-4" - 105'-0"	17600	17600	17600	16100	13900	13000	12300	11500	11000	10400	9900	9300	8800	8600	8200				
L5	196'-10" 60.0	9'-4" - 117'-9"	17600	17600	17600	17600	15700	14600	13900	13000	12300	11700	11200	10600	10100						
L4	180'-5" 55.0	9'-4" - 124'-8"	17600	17600	17600	17600	16800	15400	14800	13900	13200	12300	11900								
L3	164'-1" 50.0	9'-4" - 130'-11"	17600	17600	17600	17600	17600	16300	15400	14600	13900										
L2	147'-8" 45.0	9'-4" - 131'-11"	17600	17600	17600	17600	17600	16500	15700												
L1	131'-3" 40.0	9'-4" - 131'-3"	17600	17600	17600	17600	17600														
ft m	35,300 lbs 16.0 t	4-Part Line  max. 35,300 lbs max. 16.0 t																Radius - 2'-7" (- 0.8 m)			
L7	227'-0" 69.2	12'-0" - 48'-7"	21800	19600	16100	13200	11200	10400	9700	9000	8600	7900	7500	7100	6600	6200	6000	5500	5300		
L6	210'-8" 64.2	12'-0" - 52'-2"	23800	21600	17400	14600	12600	11500	10800	9900	9500	8800	8400	7700	7500	6800	6600				
L5	194'-3" 59.2	12'-0" - 57'-9"	26900	24500	19800	16800	14300	13000	12300	11500	10800	10100	9700	9000	8600						
L4	177'-10" 54.2	12'-0" - 61'-0"	28700	26000	21200	17900	15200	14100	13200	12300	11700	10800	10400								
L3	161'-5" 49.2	12'-0" - 63'-8"	30200	27300	22300	18700	16100	14800	14100	12800	12300										
L2	145'-0" 44.2	12'-0" - 64'-0"	30400	27600	22500	19000	16300	15000	14100												
L1	128'-7" 39.2	12'-0" - 66'-3"	31700	28700	23600	19800	17000														

**Speeds**

FU 8-160/4		v = 0 → ~290 fpm (88 m / min.)	10.2 HP 7.5 kW
SR 10-190/3		v = 0 → ~96 fpm (30 m / min.)	2 x 16.3 HP 2 x 12.0 kW
K WB 120/4		v = 0 → 0.9 rpm (min <sup>-1</sup> )	2 x 11.4 HP 2 x 8.4 kW
			480 V / 60 Hz / 3 ph
<b>Type</b> SR WB 66-80/4F  [108 HP] [79 kW]		 2-Part Line 444 fpm / 134 m/min 5 500 lbs / 2 500 kg	Total motor output ~140 HP without SR 10-190/3 ~105 kW  Connected power 170 kVA
		 2-Part Line 276 fpm / 84 m/min 9 300 lbs / 4 200 kg	
		 2-Part Line 180 fpm / 54 m/min 13 900 lbs / 6 300 kg	
		 2-Part Line 108 fpm / 34 m/min 17 600 lbs / 8 000 kg	
		 4-Part Line 222 fpm / 67 m/min 11 000 lbs / 5 000 kg	
		 4-Part Line 138 fpm / 42 m/min 18 600 lbs / 8 400 kg	
		 4-Part Line 90 fpm / 27 m/min 27 800 lbs / 12 600 kg	
		 4-Part Line 54 fpm / 17 m/min 35 300 lbs / 16 000 kg	

**Counterweight**

Jib		L 1	L 2	L 3	L 4	L 5	L 6	L 7
Counterweight	BG	30 000 lbs 13 600 kg	32 200 lbs 14 600 kg	36 600 lbs 16 600 kg	39 150 lbs 17 750 kg	43 550 lbs 19 750 kg	41 350 lbs 18 750 kg	45 750 lbs 20 750 kg
	[lbs]	3 x 6 950 1 x 9 150	2 x 6 950 2 x 9 150	4 x 9 150	3 x 6 950 2 x 9 150	1 x 6 950 4 x 9 150	2 x 6 950 3 x 9 150	5 x 9 150
	[t]	3 x 3.15 1 x 4.15	2 x 3.15 2 x 4.15	4 x 4.15	3 x 3.15 2 x 4.15	1 x 3.15 4 x 4.15	2 x 3.15 3 x 4.15	5 x 4.15



**PEINER SK 315 Dimensions and transport weights**

See operating manual for mounting weights

	Designation		Dimensions (ft / m)			Weight	Volume
			l	b	h	lbs / t	ft <sup>3</sup> / m <sup>3</sup>
1	Jib Section III		39.01	4.99	7.09	4 200	1 386
			11.94	1.52	2.16	1.92	39.2
2	Jib Section I		39.01	4.99	5.84	3 790	1 137
	Section II		11.89	1.52	1.78	1.72	32.2
	Section III		38.65	4.99	6.17	4 320	1 190
	Section IV		11.78	1.52	1.88	1.96	33.7
	Section V		19.19	4.99	5.41	1 760	519
	Section VI		5.85	1.52	1.65	0.80	14.7
	Section VII		35.34	4.99	5.45	3 090	961
	Jib tip X		10.77	1.52	1.66	1.40	27.2
			36.03	4.99	5.48	2 470	985
			10.98	1.52	1.67	1.12	27.9
3	Turntable with slewing ring support and cabin		36.35	7.64	7.81	25 350	2 169
			11.08	2.33	2.38	11.50	61.4
	Turntable with slewing ring support		31.99	7.64	7.81	24 030	1 911
			9.75	2.33	2.38	10.90	54.1
	Cabin with support and railing		10.17	4.92	7.25	1 320	364
			3.10	1.50	2.21	0.60	10.3
4	Counter jib with hoist winch		38.13	5.91	6.00	14 550	1 353
			11.62	1.80	1.83	6.60	38.3
	Hoist winch	66 WB	7.51	5.45	3.28	5 400	134
			2.29	1.66	1.00	2.45	8.4
5	Counterweight	BG	3.94	1.64	9.32	6 950	60
			1.20	0.50	2.84	3.15	1.4
			3.94	1.64	12.11	9 150	78
			1.20	0.50	3.69	4.15	1.7
6	Tower section	TS 212.1	19.52	7.78	8.01	9 130	1 216
			5.95	2.37	2.45	4.14	34.4
		TSV 212 with struts	31.17	9.84	10.00	20 330	3 067
			9.50	3.00	3.05	9.22	86.9
	TSK 212	6.63	7.87	9.84	6 170	513	
			2.02	2.40	3.00	2.80	14.5
7	Travelling base, folded	UF 821	41.01	9.74	7.05	35 050	2 816
			12.5	2.97	2.15	15.90	79.8
8	Stationary base, folded	U 821	34.55	9.06	2.79	17 130	873
			10.53	2.76	0.85	7.77	24.7
9	Central ballast block	BZ	11.48	4.92	2.20	11 020	124
			3.50	1.50	0.67	5.00	3.5
10	Foundation pad	BF	9.19	3.28	1.87	8 820	57
			2.80	1.00	0.57	4.00	1.6
11	Accessories					4 800	
						2.17	







For more information, product demonstration, or details on lease and rental plans, please contact your local Terex Towers Distributor.

We reserve the right to amend these specifications at any time without notice. The only warranty applicable is our standard written warranty applicable to the particular product and sale. We make no other warranty, expressed or implied.

**Bigge Crane and Rigging Co.**

10700 Bigge Avenue  
San Leandro, CA 94577  
Phone: (888) 337-BIGGE or (510) 638-8100  
Fax: (510) 639-4053  
Email: towers@bigge.com  
Web site: www.biggetowercrane.com

 **TEREX TOWERS**

202 Raleigh Street  
Wilmington, NC 28412 USA  
(910) 395-8500 • FAX: (910) 395-8547  
E-mail: wilmington@terexlifting.com



[www.terexlift.com](http://www.terexlift.com)





**Lampiran B**  
**Daftar Pekerjaan dan**  
**Frekuensi**



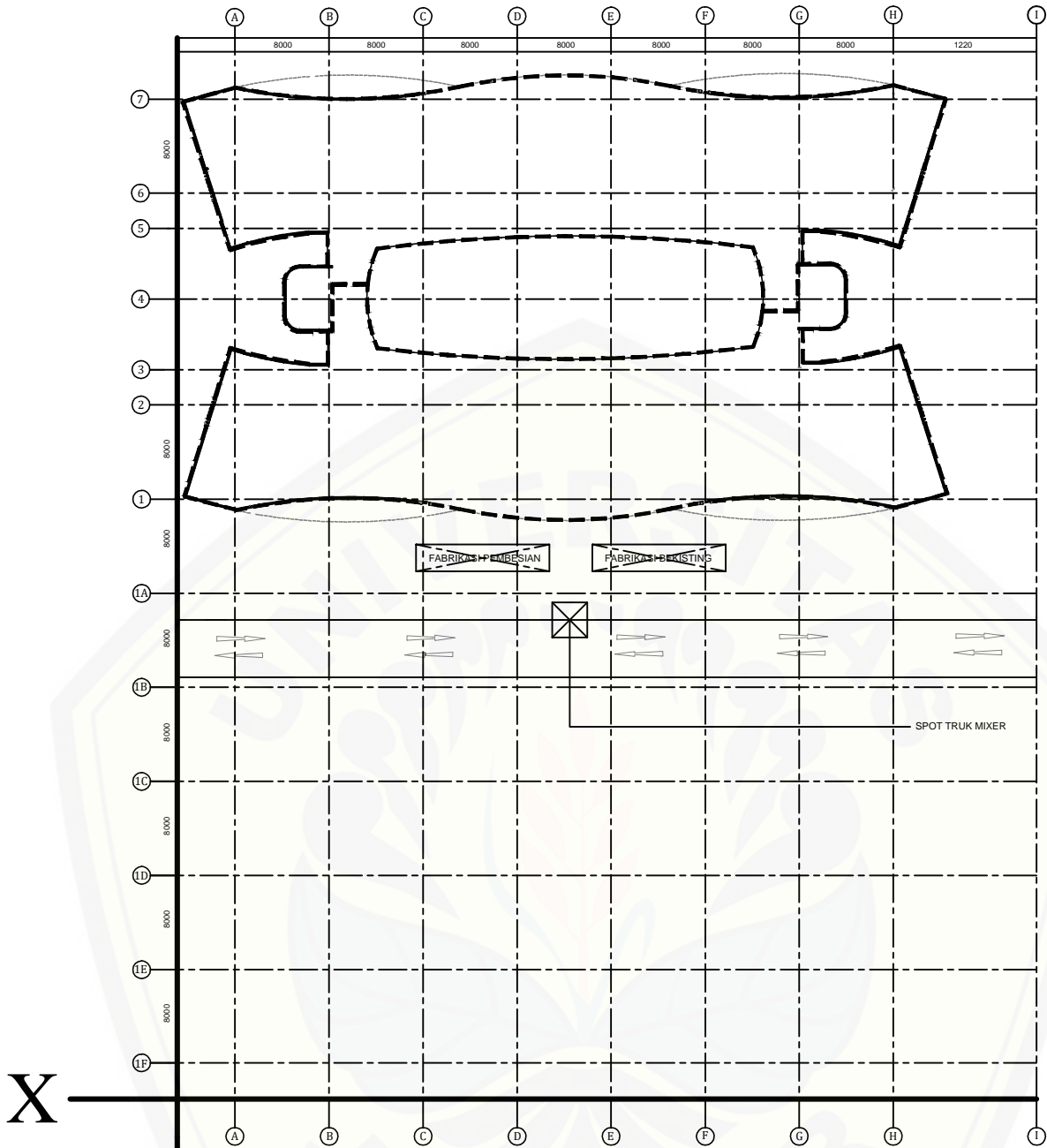
# Digital Repository Universitas Jember

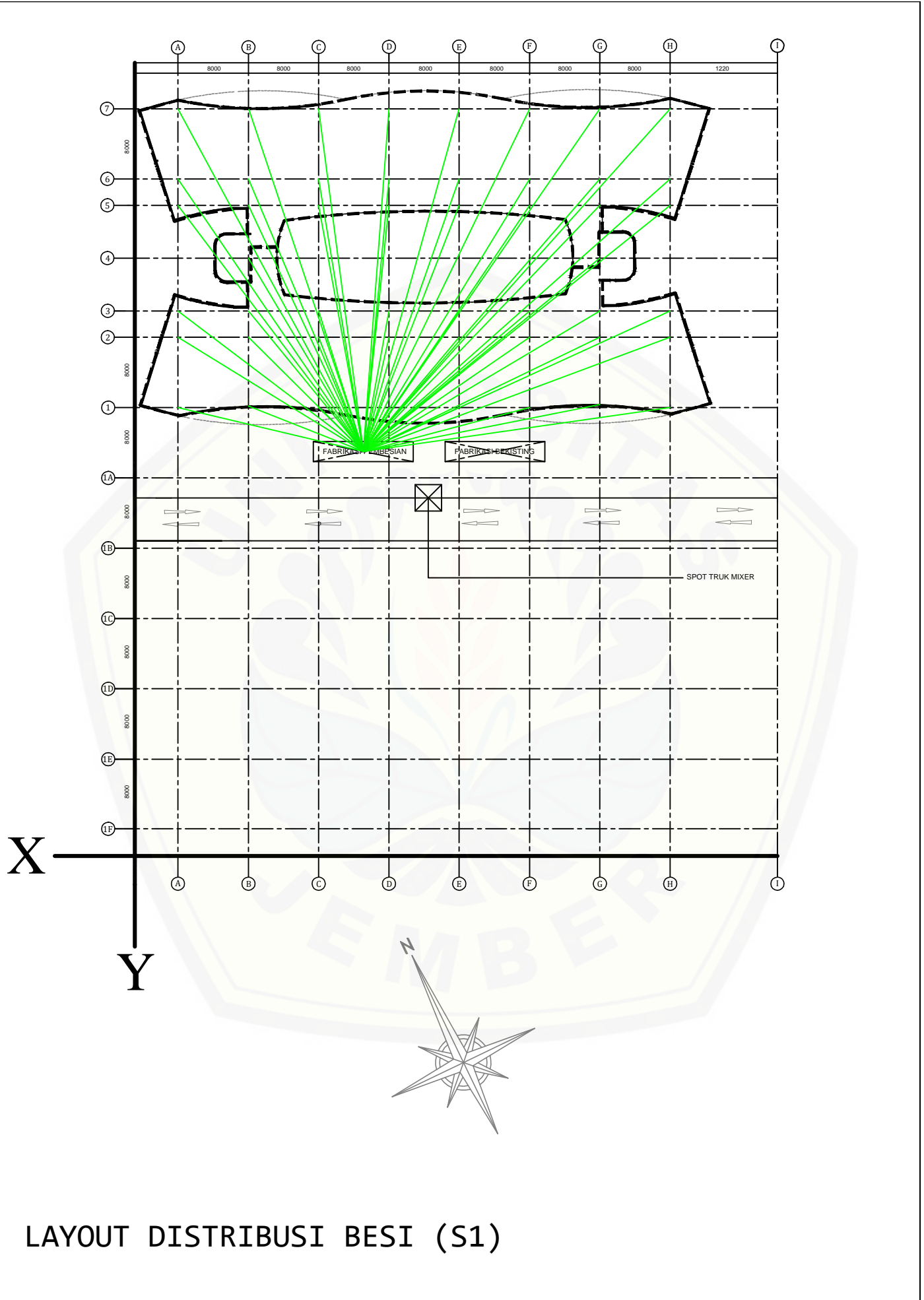
TASK	S	D	Q	TASK	S	D	Q	TASK	S	D	Q
1	S1	A-1A	1	56	S2	A-1A	1	111	S2	A-1A	1
2	S1	A-1	1	57	S2	A-1	1	112	S2	A-1	1
3	S1	A-2	1	58	S2	A-2	1	113	S2	A-2	1
4	S1	A-3	1	59	S2	A-3	1	114	S2	A-3	1
5	S1	A-4	1	60	S2	A-4	1	115	S2	A-4	1
6	S1	A-5	1	61	S2	A-5	1	116	S2	A-5	1
7	S1	A-6	1	62	S2	A-6	1	117	S2	A-6	1
8	S1	A-7	1	63	S2	A-7	1	118	S2	A-7	1
9	S1	B-1	1	64	S2	B-1	1	119	S2	B-1	1
10	S1	B-2	1	65	S2	B-2	1	120	S2	B-2	1
11	S1	B-3	1	66	S2	B-3	1	121	S2	B-3	1
12	S1	B-4	1	67	S2	B-4	1	122	S2	B-4	1
13	S1	B-5	1	68	S2	B-5	1	123	S2	B-5	1
14	S1	B-6	1	69	S2	B-6	1	124	S2	B-6	1
15	S1	C-1A	1	70	S2	C-1A	1	125	S2	C-1A	1
16	S1	C-1	1	71	S2	C-1	1	126	S2	C-1	1
17	S1	C-2	1	72	S2	C-2	1	127	S2	C-2	1
18	S1	C-3	1	73	S2	C-3	1	128	S2	C-3	1
19	S1	C-4	1	74	S2	C-4	1	129	S2	C-4	1
20	S1	C-5	1	75	S2	C-5	1	130	S2	C-5	1
21	S1	C-6	1	76	S2	C-6	1	131	S2	C-6	1
22	S1	C-7	1	77	S2	C-7	1	132	S2	C-7	1
23	S1	D-1A	1	78	S2	D-1A	1	133	S2	D-1A	1
24	S1	D-1	1	79	S2	D-1	1	134	S2	D-1	1
25	S1	D-2	1	80	S2	D-2	1	135	S2	D-2	1
26	S1	D-3	1	81	S2	D-3	1	136	S2	D-3	1
27	S1	D-4	1	82	S2	D-4	1	137	S2	D-4	1
28	S1	D-5	1	83	S2	D-5	1	138	S2	D-5	1
29	S1	D-6	1	84	S2	D-6	1	139	S2	D-6	1
30	S1	D-7	1	85	S2	D-7	1	140	S2	D-7	1
31	S1	E-1A	1	86	S2	E-1A	1	141	S2	E-1A	1
32	S1	E-1	1	87	S2	E-1	1	142	S2	E-1	1
33	S1	E-2	1	88	S2	E-2	1	143	S2	E-2	1
34	S1	E-3	1	89	S2	E-3	1	144	S2	E-3	1
35	S1	E-4	1	90	S2	E-4	1	145	S2	E-4	1
36	S1	E-5	1	91	S2	E-5	1	146	S2	E-5	1
37	S1	E-6	1	92	S2	E-6	1	147	S2	E-6	1
38	S1	E-7	1	93	S2	E-7	1	148	S2	E-7	1
39	S1	F-1	1	94	S2	F-1	1	149	S2	F-1	1
40	S1	F-2	1	95	S2	F-2	1	150	S2	F-2	1
41	S1	F-3	1	96	S2	F-3	1	151	S2	F-3	1
42	S1	F-4	1	97	S2	F-4	1	152	S2	F-4	1
43	S1	F-5	1	98	S2	F-5	1	153	S2	F-5	1
44	S1	F-6	1	99	S2	F-6	1	154	S2	F-6	1
45	S1	G-1	1	100	S2	G-1	1	155	S2	G-1	1
46	S1	G-2	1	101	S2	G-2	1	156	S2	G-2	1
47	S1	G-3	1	102	S2	G-3	1	157	S2	G-3	1
48	S1	G-4	1	103	S2	G-4	1	158	S2	G-4	1
49	S1	G-5	1	104	S2	G-5	1	159	S2	G-5	1
50	S1	G-6	1	105	S2	G-6	1	160	S2	G-6	1
51	S1	G-7	1	106	S2	G-7	1	161	S2	G-7	1
52	S1	H-1	1	107	S2	H-1	1	162	S2	H-1	1
53	S1	H-2	1	108	S2	H-2	1	163	S2	H-2	1
54	S1	H-5	1	109	S2	H-5	1	164	S2	H-5	1
55	S1	H-6	1	110	S2	H-6	1	165	S2	H-6	1



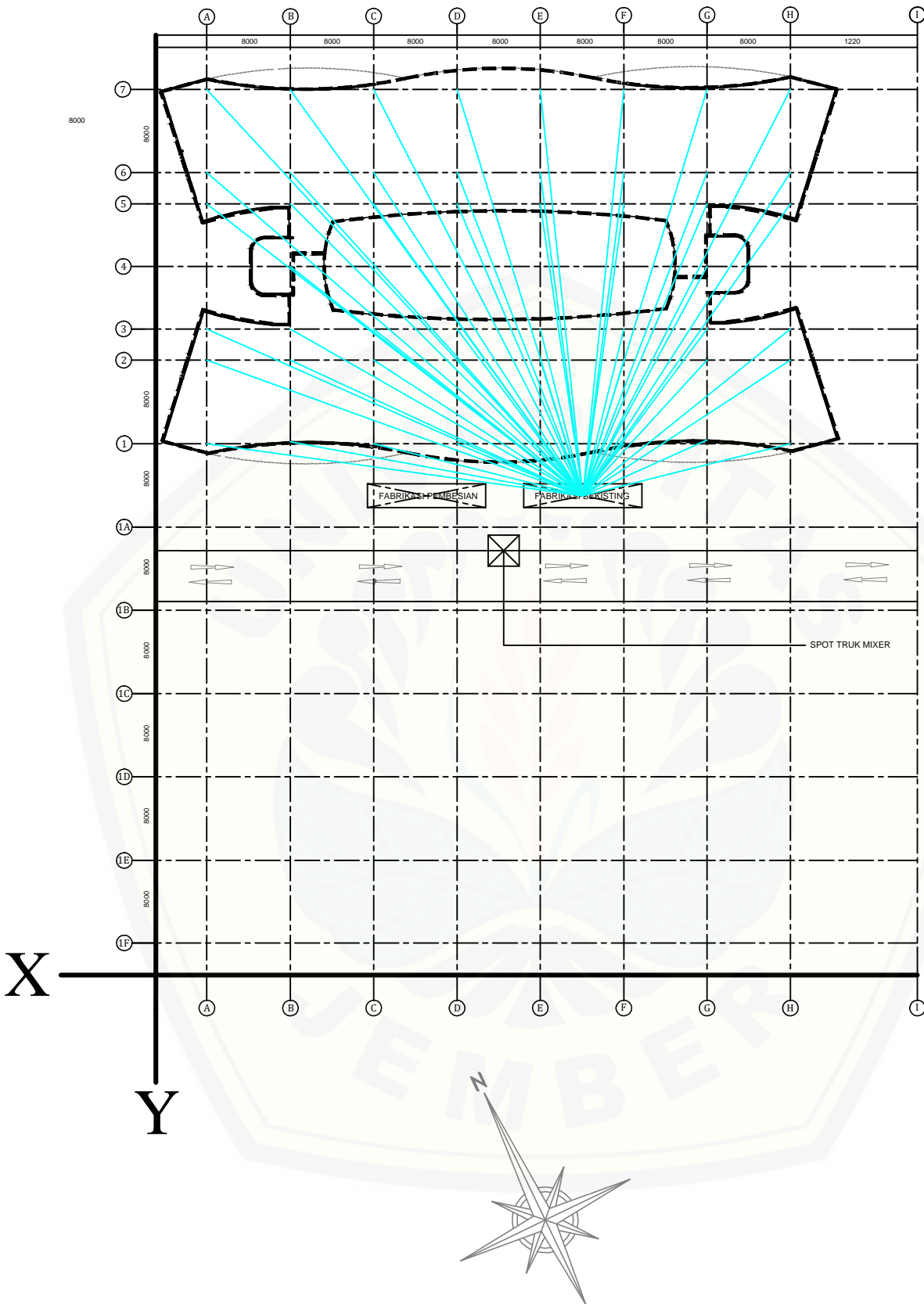
# **Lampiran C**

## **Site Layout**

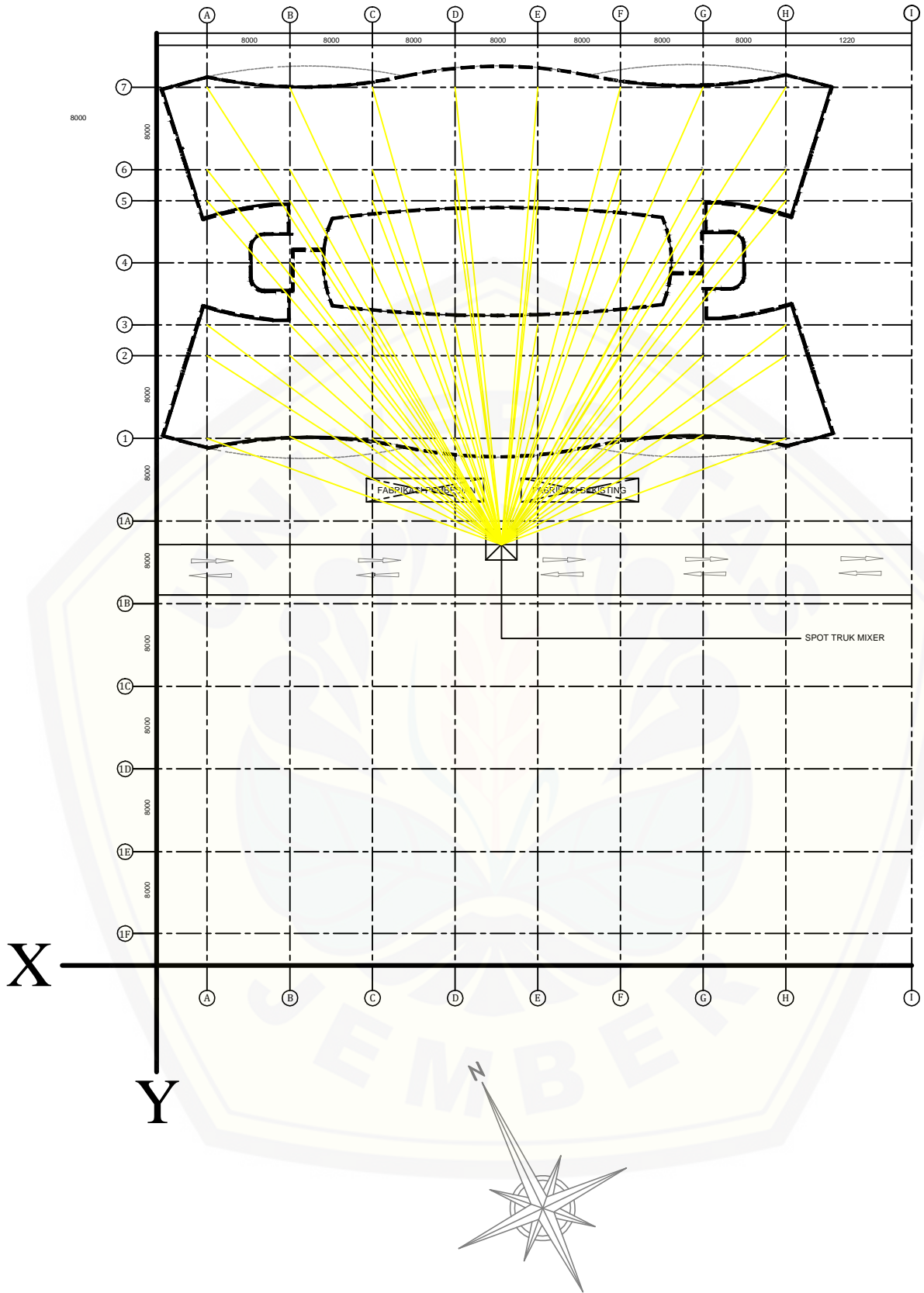




LAYOUT DISTRIBUSI BESI (S1)

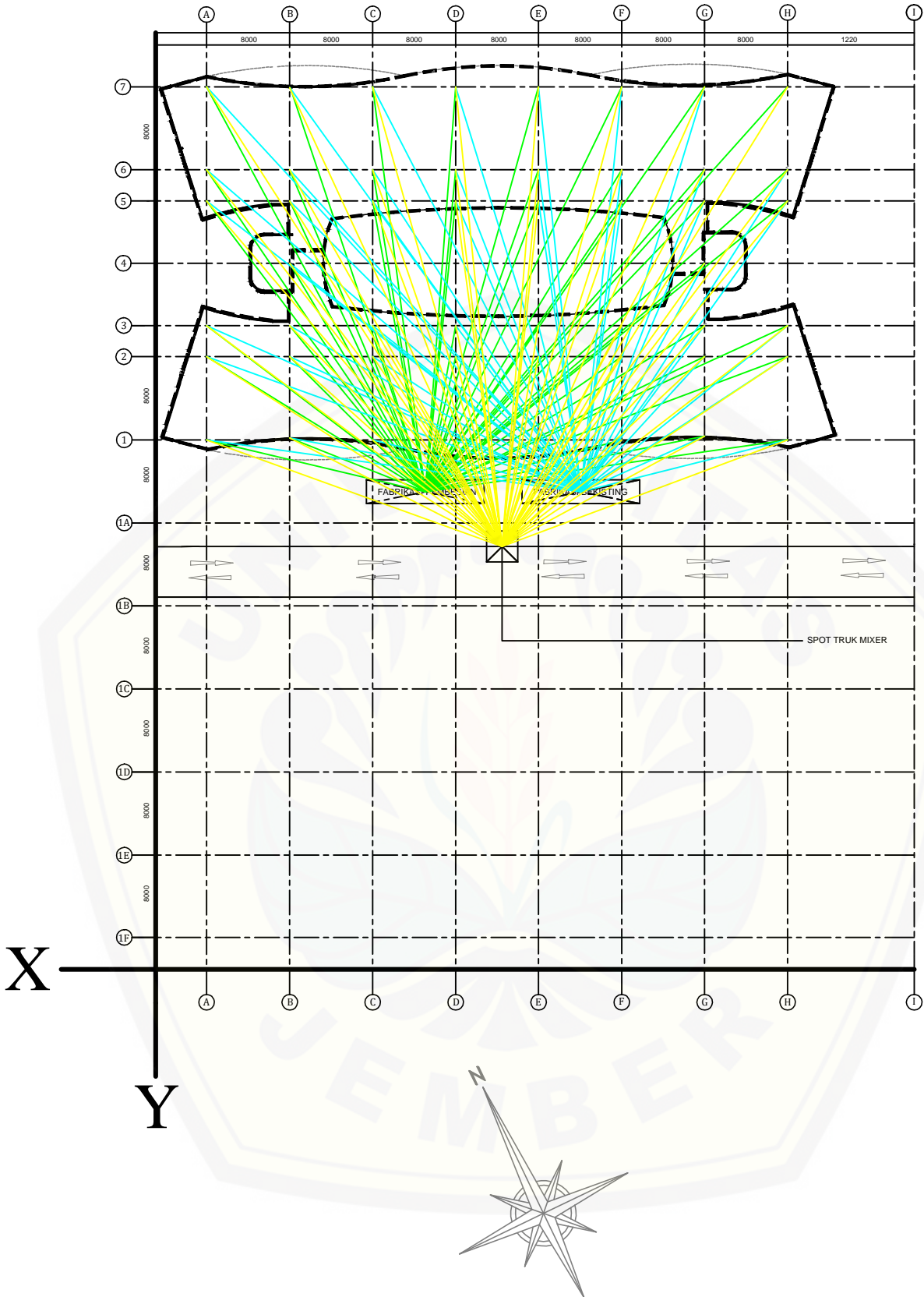


LAYOUT DISTRIBUSI BEKISTING (S2)



LAYOUT DISTRIBUSI BETON (S3)

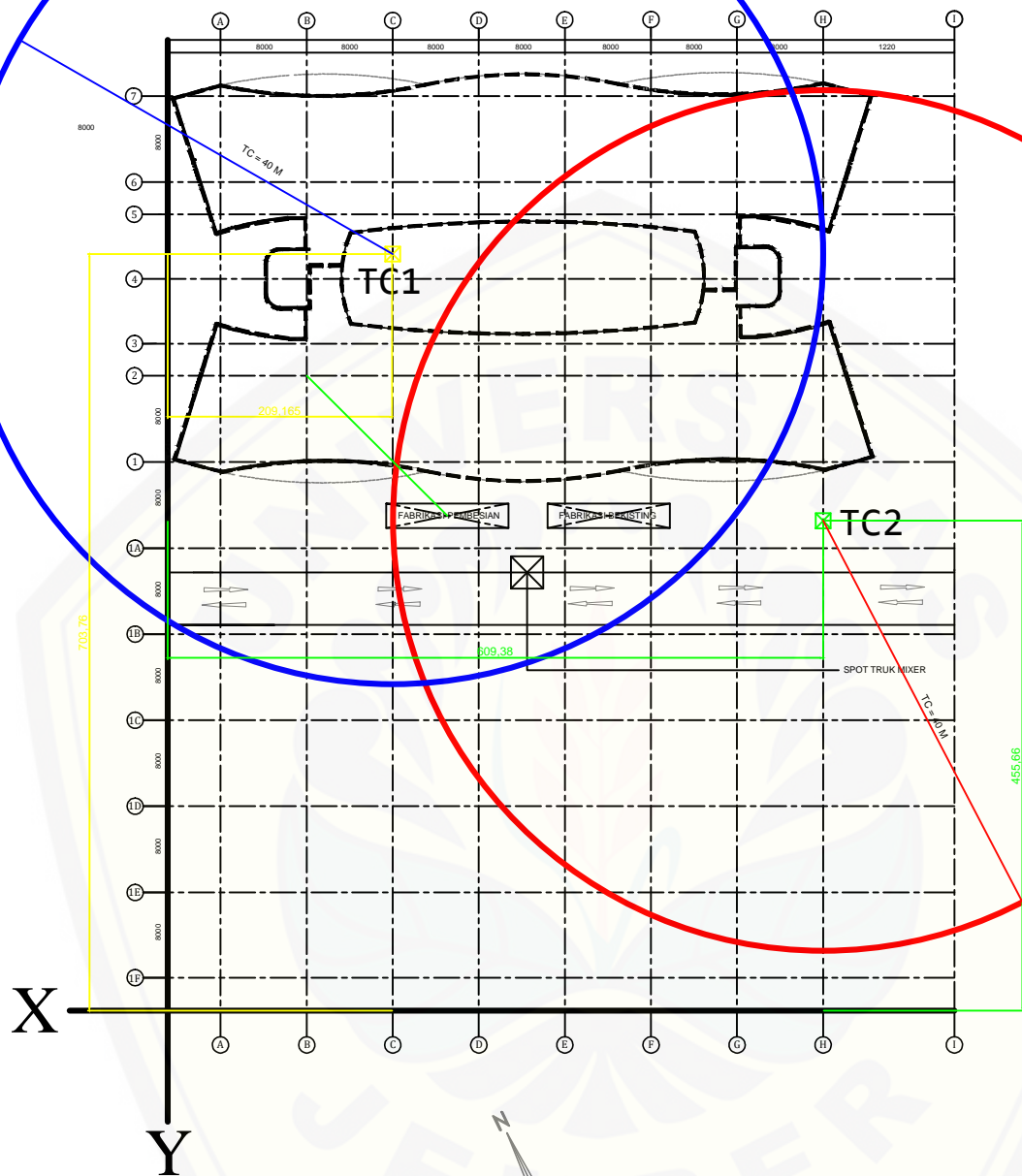




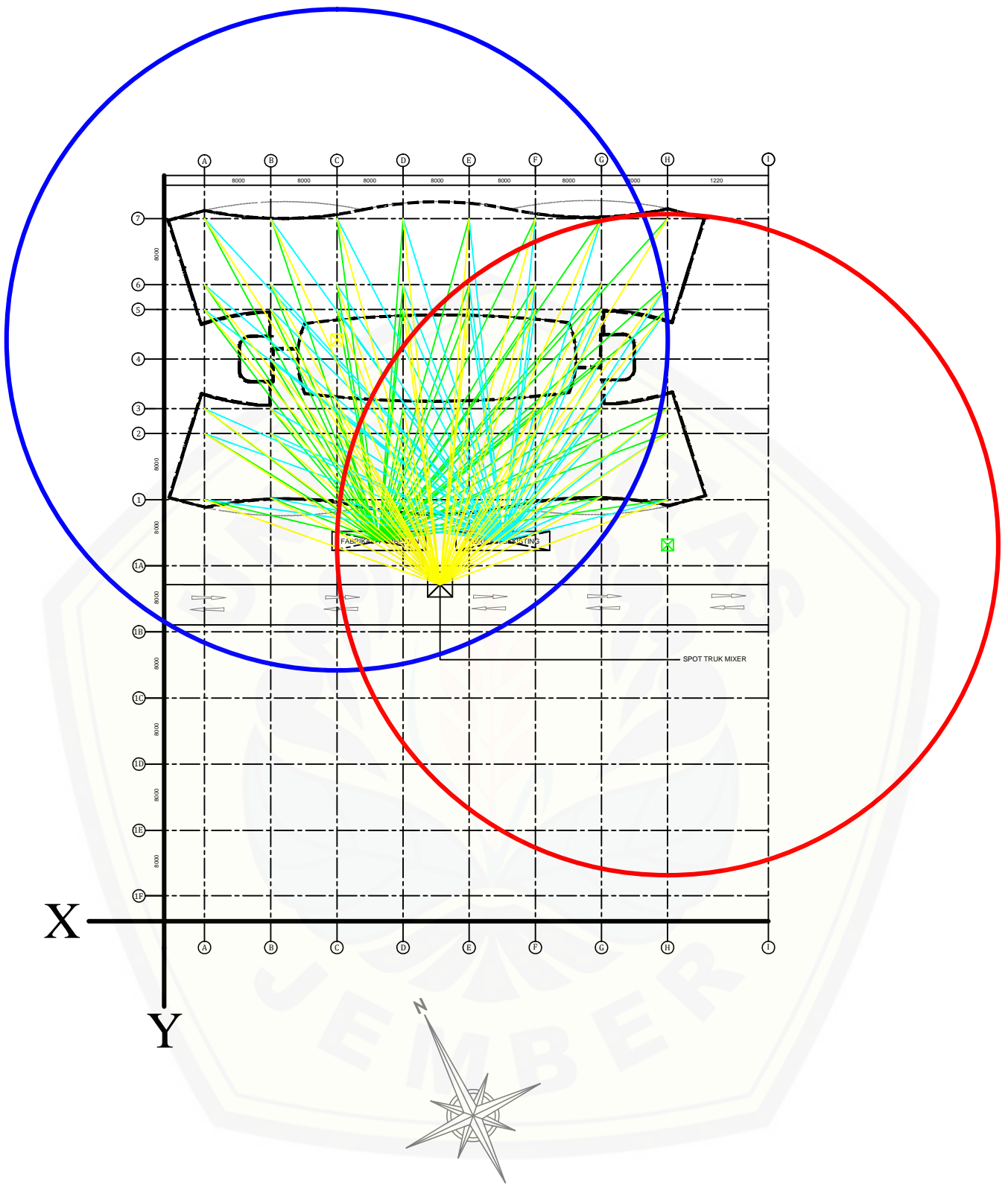
LAYOUT DISTRIBUSI SEMUA MATERIAL



**Lampiran D**  
**Double Tower Crane**  
**Skenario 1**



TC SKENARIO 1



AKSESIBILITAS TC

## Waktu Per Pekerjaan Pengangkutan Besi

Task	TC	X	Y	P(D)	P(Sj)	Ij	Ta	Tw	Th	Total T
1	1	209,165	703,769	316,995	248,70	213,20	0,77613	2,64638	2,840413	14,68082667
2	1	209,165	703,769	251,1511	248,6954	216,92	0,02790	2,46822	2,475201	13,9504013
3	1	209,165	703,769	196,2277	248,6954	247,98	0,59622	2,17832	2,327376	13,65475237
4	1	209,165	703,769	180,6084	248,6954	264,93	0,77372	2,02897	2,2224	13,44480084
5	1	209,165	703,769	161,9166	248,6954	304,99	0,98612	1,66017	1,906697	12,813393
6	1	209,165	703,769	164,4102	248,6954	350,86	0,95779	1,25296	1,492411	11,98482267
7	1	209,165	703,769	173,6701	248,6954	375,39	0,85256	1,06589	1,279034	11,55806849
8	1	209,165	703,769	217,2897	248,6954	443,64	0,35688	0,68572	0,774944	10,54988819
9	1	209,165	703,769	209,2775	248,6954	140,05	0,44793	2,79801	2,909994	14,81998781
10	1	209,165	703,769	138,6561	248,6954	184,54	1,25045	2,55310	2,86571	14,73142013
11	1	209,165	703,769	115,4972	248,6954	206,75	1,51362	2,38803	2,766438	14,53287619
12	1	209,165	703,769	83,2898	248,6954	256,09	1,87961	1,81310	2,332884	13,66576748
13	1	209,165	703,769	88,0392	248,6954	309,29	1,82564	1,02677	2,082331	13,16466244
14	1	209,165	703,769	104,3144	248,6954	336,86	1,64069	0,73446	1,82431	12,64861959
15	1	209,165	703,769	273,516	248,6954	59,06	0,28205	3,22931	3,299824	15,59964724
16	1	209,165	703,769	193,396	248,6954	71,34	0,62840	3,22931	3,386412	15,77282436
17	1	209,165	703,769	113,2717	248,6954	139,75	1,53891	3,22931	3,61404	16,22808009
18	1	209,165	703,769	83,334	248,6954	167,99	1,87911	3,22932	3,699092	16,39818414
19	1	209,165	703,769	23,284	248,6954	225,95	2,56149	3,22933	3,869706	16,73941137
20	1	209,165	703,769	36,822	248,6954	284,84	2,40765	0,22646	2,464267	13,92853455
21	1	209,165	703,769	66,981	248,6954	314,56	2,06494	0,22645	2,12155	13,24309937
22	1	209,165	703,769	146,765	248,6954	393,51	1,15830	0,22645	1,214912	11,42982441
23	1	209,165	703,769	284,9871	248,6954	41,92	0,41241	3,36904	3,472137	15,94427404
24	1	209,165	703,769	209,3052	248,6954	57,95	0,44762	3,25054	3,362449	15,724898
25	1	209,165	703,769	138,698	248,6954	133,41	1,24997	3,00551	3,318007	15,63601446
26	1	209,165	703,769	115,5475	248,6954	162,75	1,51305	2,84042	3,218683	15,43736621
27	1	209,165	703,769	83,35948	248,6954	222,09	1,87882	2,26571	2,735419	14,47083705
28	1	209,165	703,769	88,10515	248,6954	281,78	1,82489	1,48003	2,194898	13,38979638
29	1	209,165	703,769	104,3701	248,6954	311,80	1,64006	1,18784	1,937022	12,87404336
30	1	209,165	703,769	167,1724	248,6954	391,30	0,92640	0,77566	1,120312	11,24062313
31	1	209,165	703,769	316,8825	248,6954	113,24	0,77485	3,09993	3,293647	15,58729452
32	1	209,165	703,769	251,009	248,6954	120,10	0,02629	2,92186	2,928435	14,85687043
33	1	209,165	703,769	196,0459	248,6954	169,90	0,59829	2,63193	2,781501	14,56300103
34	1	209,165	703,769	180,4109	248,6954	193,79	0,77596	2,48248	2,676475	14,35294937
35	1	209,165	703,769	161,6962	248,6954	245,74	0,98863	2,11327	2,360427	13,72085395
36	1	209,165	703,769	164,1931	248,6954	300,78	0,96025	1,70552	1,94558	12,89116059
37	1	209,165	703,769	173,4646	248,6954	329,06	0,85490	1,51824	1,73196	12,46391955
38	1	209,165	703,769	217,1255	248,6954	405,19	0,35875	1,13785	1,227535	11,45506993
39	2	609,376	455,66	169,1056	349,4071	195,87	2,04888	3,10802	3,620238	16,24047647
40	2	609,376	455,66	209,247	349,4071	229,79	1,59273	2,70018	3,098367	15,19673422
41	2	609,376	455,66	229,6824	349,4071	247,98	1,36051	2,59036	2,930489	14,86097803
42	2	609,376	455,66	275,952	349,4071	290,40	0,83472	2,42296	2,631636	14,26327205
43	2	609,376	455,66	326,7857	349,4071	338,24	0,25706	2,30542	2,369681	13,73936289
44	2	609,376	455,66	353,3906	349,4071	363,63	0,04527	2,25944	2,270753	13,54150588
45	2	609,376	455,66	96,95398	349,4071	273,95	2,86879	2,81087	3,571503	16,14300564
46	2	609,376	455,66	156,8045	349,4071	299,14	2,18867	2,33184	2,879008	14,75801504
47	2	609,376	455,66	183,1867	349,4071	313,33	1,88887	2,23997	2,712188	14,42437537
48	2	609,376	455,66	238,6479	349,4071	347,87	1,25863	2,11879	2,433443	13,86688649
49	2	609,376	455,66	295,9599	349,4071	388,70	0,60736	2,04380	2,195641	13,39128254
50	2	609,376	455,66	325,0973	349,4071	410,98	0,27625	2,01620	2,085264	13,17052717
51	2	609,376	455,66	402,9045	349,4071	474,14	0,60792	1,96255	2,114532	13,22906357
52	2	609,376	455,66	54,713	349,4071	352,94	3,34880	1,74256	3,784437	16,56887457
53	2	609,376	455,66	134,8373	349,4071	372,84	2,43829	1,74256	2,873934	14,74786775
54	2	609,376	455,66	284,931	349,4071	447,90	0,73268	1,74256	1,925732	12,85146394
55	2	609,376	455,66	315,09	349,4071	467,36	0,38997	1,74256	1,840053	12,68010598
									Total	773,8226623



## Waktu Per Pekerjaan Pengangkutan Bekisting

Task	TC	X	Y	P(D)	P(Sj)	Ij	Ta	Tw	Th	Total T
56	1	209,165	703,769	316,995	316,0213	362,98648	0,01106	2,11226	2,115029	11,23005773
57	1	209,165	703,769	251,1511	316,0213	365,18453	0,73716	1,93411	2,118397	11,23679475
58	1	209,165	703,769	196,2277	316,0213	384,44745	1,36129	1,64420	1,984525	10,96905052
59	1	209,165	703,769	180,6084	316,0213	395,5885	1,53878	1,49485	1,912497	10,82499372
60	1	209,165	703,769	161,9166	316,0213	423,46846	1,75119	1,12605	2,032702	11,06540468
61	1	209,165	703,769	164,4102	316,0213	457,60703	1,72285	0,71885	1,902566	10,80513228
62	1	209,165	703,769	173,6701	316,0213	476,67481	1,61763	0,53178	1,750572	10,50114438
63	1	209,165	703,769	217,2897	316,0213	532,08866	1,12195	0,15161	1,159852	9,319704248
64	1	209,165	703,769	209,2775	316,0213	285,8889	1,21300	2,26389	2,567143	12,13428596
65	1	209,165	703,769	138,6561	316,0213	310,11703	2,01551	2,01898	2,522859	12,04571828
66	1	209,165	703,769	115,4972	316,0213	323,82555	2,27868	1,85392	2,742163	12,48432567
67	1	209,165	703,769	83,28977	316,0213	357,34893	2,64468	1,27898	2,964421	12,92884281
68	1	209,165	703,769	88,0392	316,0213	397,21143	2,59071	0,49265	2,713869	12,42773776
69	1	209,165	703,769	104,3144	316,0213	419,03652	2,40576	0,20035	2,455847	11,91169492
70	1	209,165	703,769	273,516	316,0213	203,736	0,48302	2,69519	2,815947	12,63189357
71	1	209,165	703,769	193,396	316,0213	207,62687	1,39347	2,69519	3,043561	13,08712251
72	1	209,165	703,769	113,2717	316,0213	239,89377	2,30397	2,69520	3,271189	13,54237823
73	1	209,165	703,769	83,334	316,0213	257,37023	2,64417	2,69520	3,356241	13,71248229
74	1	209,165	703,769	23,284	316,0213	298,45386	3,32656	2,69521	4,000364	15,00072873
75	1	209,165	703,769	36,822	316,0213	345,186	3,17272	0,76058	3,362864	13,72572758
76	1	209,165	703,769	66,981	316,0213	370,09195	2,83000	0,76057	3,020146	13,0402924
77	1	209,165	703,769	146,765	316,0213	439,16684	1,92337	0,76056	2,113509	11,22701744
78	1	209,165	703,769	284,9871	316,0213	125,13054	0,35266	3,00835	3,096516	13,19303178
79	1	209,165	703,769	209,3052	316,0213	131,37051	1,21268	3,12684	3,430012	13,86002408
80	1	209,165	703,769	138,698	316,0213	178,04021	2,01504	3,37187	3,875631	14,75126224
81	1	209,165	703,769	115,5475	316,0213	200,96947	2,27811	3,37454	3,944068	14,88813515
82	1	209,165	703,769	83,35948	316,0213	251,44384	2,64388	2,79983	3,460803	13,92160599
83	1	209,165	703,769	88,10515	316,0213	305,45486	2,58996	2,01415	3,093495	13,18698941
84	1	209,165	703,769	104,3701	316,0213	333,34269	2,40513	1,72196	2,835618	12,67123639
85	1	209,165	703,769	167,1724	316,0213	408,6769	1,69146	1,30977	2,018908	11,03781616
86	1	209,165	703,769	316,8825	316,0213	51,244972	0,00979	3,27745	3,279899	13,55979724
87	1	209,165	703,769	251,009	316,0213	65,01234	0,73878	3,45552	3,640218	14,28043539
88	1	209,165	703,769	196,0459	316,0213	136,62617	1,36336	3,16605	3,506885	14,01376997
89	1	209,165	703,769	180,4109	316,0213	165,39989	1,54103	3,01660	3,401859	13,80371831
90	1	209,165	703,769	161,6962	316,0213	224,0366	1,75369	2,64739	3,085811	13,17162289
91	1	209,165	703,769	164,1931	316,0213	283,32148	1,72532	2,23963	2,670965	12,34192953
92	1	209,165	703,769	173,4646	316,0213	173,18644	1,61996	2,05235	2,457344	11,91468849
93	1	209,165	703,769	217,1255	316,0213	392,40949	1,12382	1,67197	1,952919	10,90583887
94	2	609,376	455,66	169,1056	198,7607	63,263202	0,33699	3,11915	3,203397	13,40679486
95	2	609,376	455,66	209,247	198,7607	135,80257	0,11916	2,71132	2,741107	12,48221439
96	2	609,376	455,66	229,6824	198,7607	164,72023	0,35138	2,60149	2,689339	12,3786788
97	2	609,376	455,66	275,952	198,7607	223,53529	0,87717	2,43409	2,653382	12,30676331
98	2	609,376	455,66	326,7857	198,7607	282,92524	1,45483	2,31655	2,680255	12,36051003
99	2	609,376	455,66	353,3906	198,7607	312,82802	1,75716	2,27057	2,709858	12,41971513
100	2	609,376	455,66	96,95398	198,7607	128,78756	1,15690	2,82200	3,111223	13,22244687
101	2	609,376	455,66	156,8045	198,7607	176,14295	0,47678	2,34297	2,462167	11,92433343
102	2	609,376	455,66	183,1867	198,7607	199,29063	0,17698	2,25110	2,295347	11,59069376
103	2	609,376	455,66	238,6479	198,7607	250,10403	0,45326	2,12992	2,243234	11,48646858
104	2	609,376	455,66	295,9599	198,7607	304,35291	1,10454	2,05493	2,331068	11,66213633
105	2	609,376	455,66	325,0973	198,7607	332,33323	1,43564	2,02733	2,386244	11,77248854
106	2	609,376	455,66	402,9045	198,7607	407,85394	2,31982	1,97368	2,813236	12,62647221
107	2	609,376	455,66	54,713	198,7607	204,912	1,63691	1,75369	2,16292	11,32583914
108	2	609,376	455,66	134,8373	198,7607	237,54796	0,72640	1,75369	1,935294	10,87058744
109	2	609,376	455,66	284,931	198,7607	343,55987	0,97921	1,75369	1,998495	10,99698982
110	2	609,376	455,66	315,09	198,7607	368,57573	1,32192	1,75369	2,084174	11,16834777
									Total	681,3559127



## Waktu Per Pekerjaan Pengangkutan Beton

Task	TC	X	Y	P(D)	P(Sj)	Ij	Ta	Tw	Th	Total T
111	1	209,165	703,769	316,995	321,413	286,01831	0,05020	2,43385	2,446404	11,89280865
112	1	209,165	703,769	251,1511	321,413	303,07399	0,79843	2,25570	2,455305	11,91061015
113	1	209,165	703,769	196,2277	321,413	338,73472	1,42256	1,96579	2,321433	11,64286592
114	1	209,165	703,769	180,6084	321,413	355,79189	1,60005	1,81644	2,216457	11,43291439
115	1	209,165	703,769	161,9166	321,413	394,65686	1,81246	1,44764	2,174369	11,34873781
116	1	209,165	703,769	164,4102	321,413	438,37141	1,78412	1,04044	2,044233	11,08846541
117	1	209,165	703,769	173,6701	321,413	461,6966	1,67890	0,85337	1,892239	10,78447751
118	1	209,165	703,769	217,2897	321,413	526,75858	1,18322	0,47320	1,301519	9,603037378
119	1	209,165	703,769	209,2775	321,413	229,18553	1,27427	2,58548	2,904051	12,80810136
120	1	209,165	703,769	138,6561	321,413	274,61497	2,07678	2,34057	2,859767	12,71953367
121	1	209,165	703,769	115,4972	321,413	295,3981	2,33995	2,17551	2,883829	12,7676588
122	1	209,165	703,769	83,28977	321,413	341,21284	2,70595	1,60057	3,106088	13,21217594
123	1	209,165	703,769	88,0392	321,413	390,94969	2,65198	0,81424	2,855535	12,71107089
124	1	209,165	703,769	104,3144	321,413	416,93634	2,46703	0,52194	2,597514	12,19502805
125	1	209,165	703,769	273,516	321,413	126,92241	0,54428	3,01678	3,152854	13,30570897
126	1	209,165	703,769	193,396	321,413	161,73023	1,45474	3,01678	3,380469	13,76093791
127	1	209,165	703,769	113,2717	321,413	221,45888	2,36524	3,01679	3,608097	14,21619363
128	1	209,165	703,769	83,334	321,413	246,7604	2,70544	3,01679	3,693149	14,38629769
129	1	209,165	703,769	23,284	321,413	300,09475	3,38783	3,01681	4,142031	15,28406186
130	1	209,165	703,769	36,822	321,413	355,62947	3,23399	0,43899	3,343735	13,68747024
131	1	209,165	703,769	66,981	321,413	384,01376	2,89127	0,43898	3,001018	13,00203506
132	1	209,165	703,769	146,765	321,413	460,19281	1,98464	0,43897	2,09438	11,1887601
133	1	209,165	703,769	284,9871	321,413	50,237138	0,41393	3,32994	3,433424	13,86684718
134	1	209,165	703,769	209,3052	321,413	112,12109	1,27395	3,44843	3,76692	14,53383948
135	1	209,165	703,769	138,698	321,413	188,3043	2,07631	3,21804	3,737118	14,47423696
136	1	209,165	703,769	115,5475	321,413	217,49751	2,33938	3,05295	3,637794	14,27558871
137	1	209,165	703,769	83,35948	321,413	276,5345	2,70515	2,47824	3,324714	13,64942826
138	1	209,165	703,769	88,10515	321,413	335,98629	2,65123	1,69256	3,074366	13,14873208
139	1	209,165	703,769	104,3701	321,413	365,89759	2,46640	1,40037	2,81649	12,63297906
140	1	209,165	703,769	167,1724	321,413	445,18748	1,75273	0,98818	1,999779	10,99555883
141	1	209,165	703,769	316,8825	321,413	41,789419	0,05148	3,31246	3,325332	13,65066399
142	1	209,165	703,769	251,009	321,413	108,59891	0,80005	3,13439	3,334401	13,66880213
143	1	209,165	703,769	196,0459	321,413	186,22861	1,42463	2,84446	3,200612	13,40122352
144	1	209,165	703,769	180,4109	321,413	215,70292	1,60230	2,69501	3,095586	13,19117186
145	1	209,165	703,769	161,6962	321,413	275,12527	1,81496	2,32580	2,779538	12,55907644
146	1	209,165	703,769	164,1931	321,413	334,82738	1,78659	1,91804	2,364692	11,72938308
147	1	209,165	703,769	173,4646	321,413	364,8337	1,68123	1,73076	2,151071	11,30214204
148	1	209,165	703,769	217,1255	321,413	444,31349	1,18509	1,35037	1,646646	10,29329242
149	2	609,376	455,66	169,1056	279,4853	154,45824	1,25431	2,90328	3,216856	13,43371121
150	2	609,376	455,66	209,247	279,4853	216,20527	0,79816	2,49544	2,694984	12,38996897
151	2	609,376	455,66	229,6824	279,4853	242,05655	0,56594	2,38562	2,527106	12,05421277
152	2	609,376	455,66	275,952	279,4853	296,23899	0,04015	2,21822	2,228253	11,45650679
153	2	609,376	455,66	326,7857	279,4853	352,38189	0,53750	2,10067	2,235051	11,47010229
154	2	609,376	455,66	353,3906	279,4853	381,0082	0,83983	2,05470	2,264654	11,52930739
155	2	609,376	455,66	96,95398	279,4853	220,67052	2,07422	2,60613	3,124682	13,24936323
156	2	609,376	455,66	156,8045	279,4853	267,54971	1,39410	2,12710	2,475625	11,95124979
157	2	609,376	455,66	183,1867	279,4853	288,84166	1,09430	2,03523	2,308805	11,61761012
158	2	609,376	455,66	238,6479	279,4853	335,55278	0,46406	1,91405	2,030061	11,06012124
159	2	609,376	455,66	295,9599	279,4853	386,0196	0,18721	1,83906	1,885864	10,77172858
160	2	609,376	455,66	325,0973	279,4853	412,31709	0,51832	1,81146	1,94104	10,8820808
161	2	609,376	455,66	402,9045	279,4853	484,06222	1,40249	1,75781	2,108433	11,21686507
162	2	609,376	455,66	54,713	279,4853	293,87639	2,55423	1,53782	2,938685	12,87737058
163	2	609,376	455,66	134,8373	279,4853	330,53094	1,64373	1,53782	2,028182	11,05636376
164	2	609,376	455,66	284,931	279,4853	432,06364	0,06188	1,53782	1,553291	10,10658208
165	2	609,376	455,66	315,09	279,4853	455,71179	0,40460	1,53782	1,63897	10,27794003
									Total	679,7270021

	X	Y
S1	260	460,3245
S2	410,67	460,3245
S3	334,052	407,611

Koordinat Tower Crane		
TC	X	Y
1	209,165	703,769
2	609,376	455,66

$$\alpha = 0,25$$

$$\beta = 1$$

$$\text{Total Waktu Pengangkutan} = 2134,905577 \text{ Menit}$$

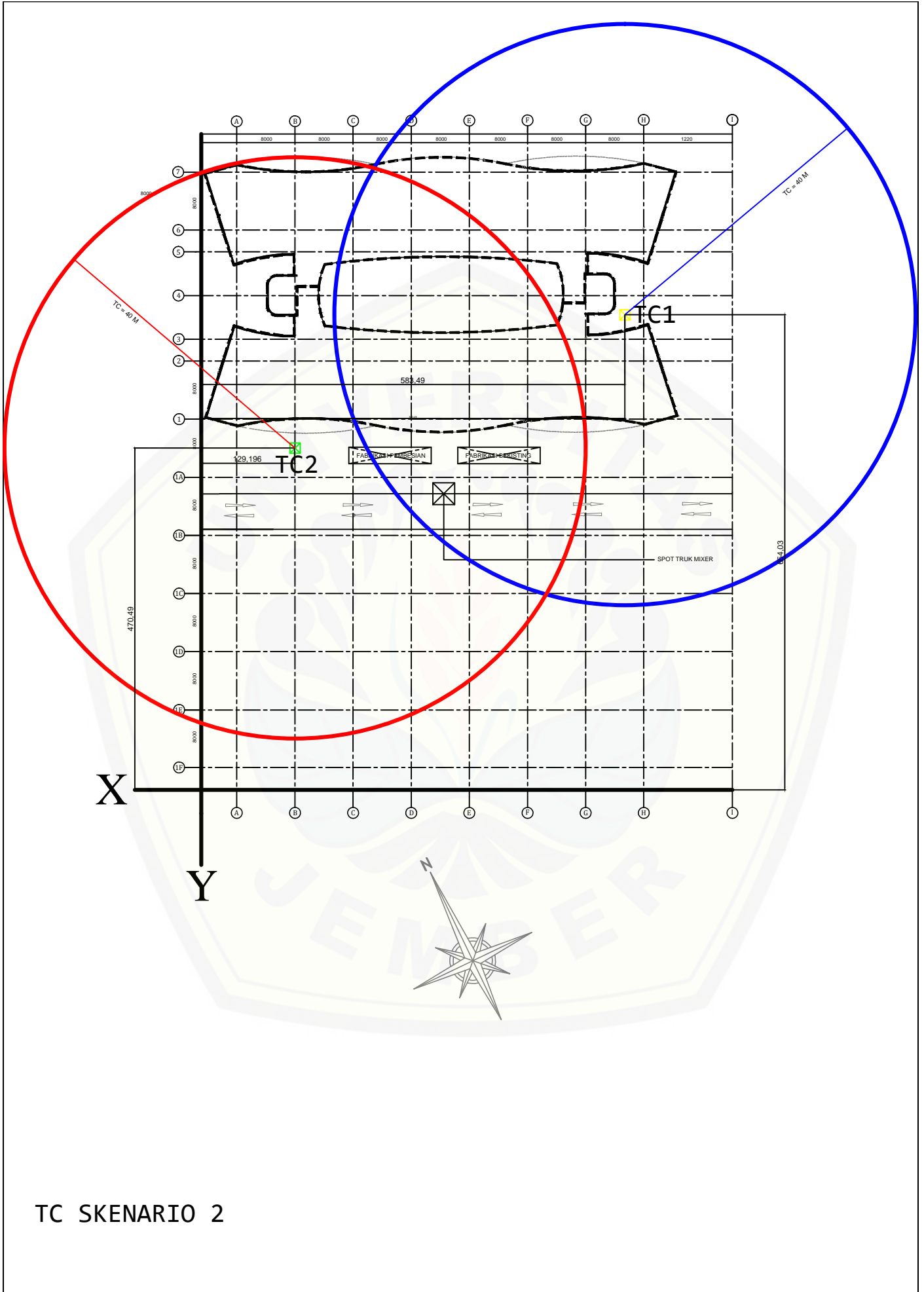
$$\text{Rata-rata waktu Pengangkutan} = 711,6351924 \text{ Menit}$$

$$\text{Keseimbangan Beban Kerja} = 8,625$$

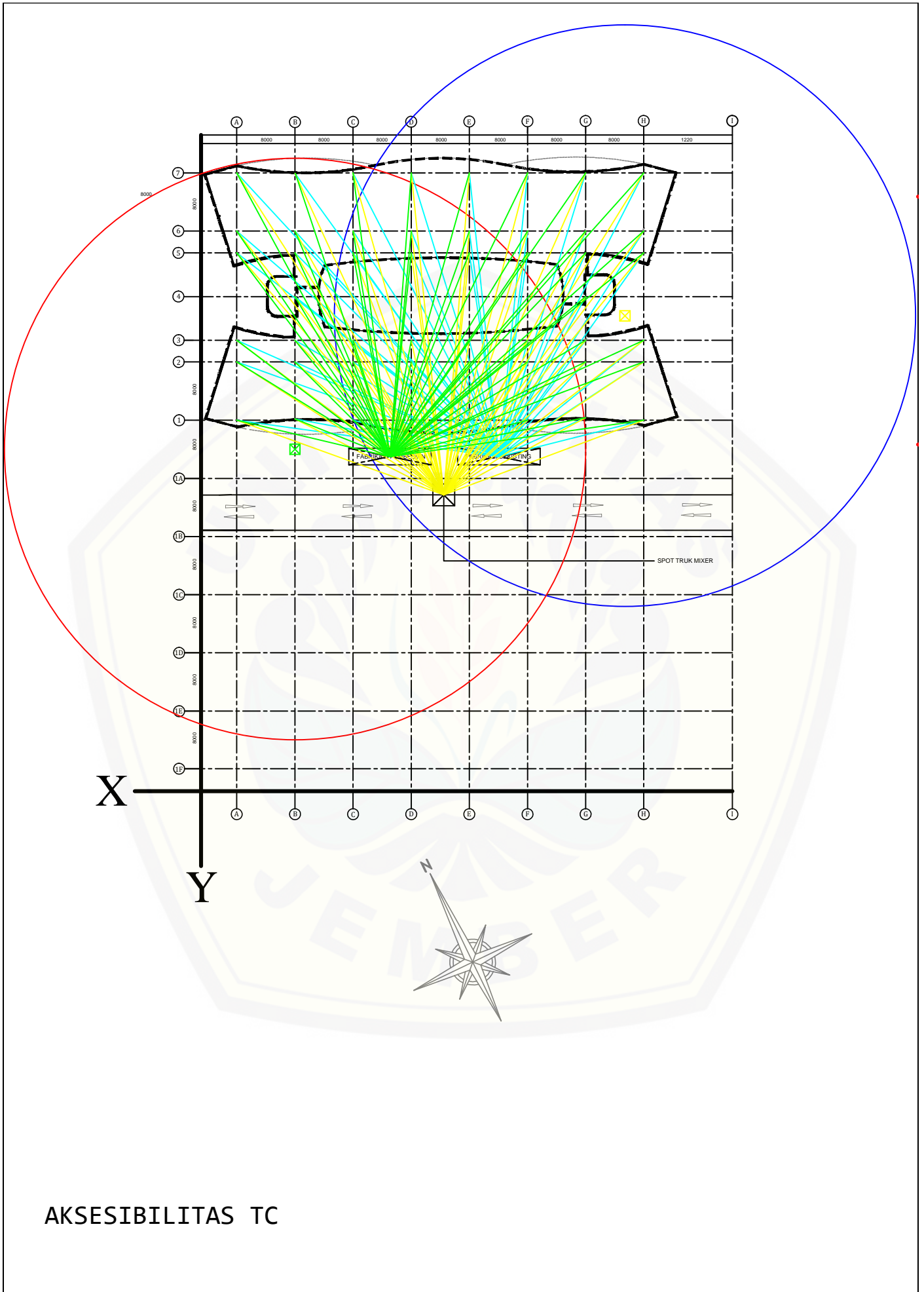




**Lampiran E**  
**Double Tower Crane**  
**Skenario 2**



TC SKENARIO 2



AKSESIBILITAS TC



## Waktu Per Pekerjaan Pengangkutan Besi

Task	TC	X	Y	P(D)	P(Sj)	Ij	Ta	Tw	Th	Total T
1	2	129,196	470,4883	89,785	131,20	213,20	0,47061	0,59644	0,714094	10,42819
2	2	129,196	470,4883	89,628184	131,1983	216,92	0,47239	0,42199	0,577886	10,15577
3	2	129,196	470,4883	144,376529	131,1983	247,98	0,14975	0,99413	1,03157	11,06314
4	2	129,196	470,4883	170,077732	131,1983	264,93	0,44181	1,10195	1,212402	11,4248
5	2	129,196	470,4883	224,813336	131,1983	304,99	1,06381	1,24098	1,506934	12,01387
6	2	129,196	470,4883	281,776313	131,1983	350,86	1,71111	1,32484	2,042323	13,08465
7	2	129,196	470,4883	310,804618	131,1983	375,39	2,04098	1,35525	2,379792	13,75958
8	2	129,196	470,4883	388,429088	131,1983	443,64	2,92308	1,41362	3,276483	15,55297
9	2	129,196	470,4883	39,8847	131,1983	140,05	1,03765	1,64257	1,901988	12,80398
10	2	129,196	470,4883	120,009	131,1983	184,54	0,12715	1,64257	1,674362	12,34872
11	2	129,196	470,4883	149,9467	131,1983	206,75	0,21305	1,64257	1,695837	12,39167
12	2	129,196	470,4883	209,9967	131,1983	256,09	0,89544	1,64257	1,866434	12,73287
13	2	129,196	470,4883	270,1027	131,1983	309,29	1,57846	1,64257	2,037189	13,07438
14	2	129,196	470,4883	300,2617	131,1983	336,86	1,92118	1,64257	2,331819	13,66364
15	2	129,196	470,4883	89,5209489	131,1983	59,06	0,47361	3,02829	3,146689	15,29338
16	2	129,196	470,4883	89,3639201	131,1983	71,34	0,47539	2,86154	2,980387	14,96077
17	2	129,196	470,4883	144,212624	131,1983	139,75	0,14789	2,28915	2,326118	13,65224
18	2	129,196	470,4883	169,938618	131,1983	167,99	0,44023	2,18152	2,291574	13,58315
19	2	129,196	470,4883	224,708111	131,1983	225,95	1,06261	2,04282	2,308471	13,61694
20	2	129,196	470,4883	281,692367	131,1983	284,84	1,71016	1,95921	2,386747	13,77349
21	2	129,196	470,4883	310,728514	131,1983	314,56	2,04012	1,92889	2,52234	14,04468
22	2	129,196	470,4883	388,368195	131,1983	393,51	2,92239	1,87071	3,390063	15,78013
23	2	129,196	470,4883	164,991732	131,1983	41,92	0,38402	3,27007	3,366076	15,73215
24	2	129,196	470,4883	164,906584	131,1983	57,95	0,38305	3,10174	3,1975	15,395
25	2	129,196	470,4883	200,01388	131,1983	133,41	0,78200	2,66259	2,858094	14,71619
26	2	129,196	470,4883	219,288406	131,1983	162,75	1,00102	2,54222	2,792472	14,58494
27	2	129,196	470,4883	264,011375	131,1983	222,09	1,50924	2,35880	2,736112	14,47222
28	2	129,196	470,4883	313,940855	131,1983	281,78	2,07662	2,23087	2,750029	14,50006
29	2	129,196	470,4883	340,235919	131,1983	311,80	2,37543	2,18116	2,920718	14,84144
30	2	129,196	470,4883	412,356795	131,1983	391,30	3,19498	2,08093	3,715215	16,43043
31	1	583,492	654,0349	309,854299	377,0554	113,24	0,76365	3,16155	3,352461	15,70492
32	1	583,492	654,0349	258,011801	377,0554	120,10	1,35277	3,39966	3,737857	16,47571
33	1	583,492	654,0349	223,53607	377,0554	169,90	1,74454	3,17929	3,615421	16,23084
34	1	583,492	654,0349	216,933864	377,0554	193,79	1,81956	3,03332	3,488207	15,97641
35	1	583,492	654,0349	215,942019	377,0554	245,74	1,83083	2,72718	3,184887	15,36977
36	1	583,492	654,0349	231,134823	377,0554	300,78	1,65819	2,44003	2,854577	14,70915
37	1	583,492	654,0349	244,036396	377,0554	329,06	1,51158	2,31370	2,691597	14,38319
38	1	583,492	654,0349	290,76321	377,0554	405,19	0,98059	2,04599	2,29114	13,58228
39	1	583,492	654,0349	196,541409	377,0554	195,87	2,05130	3,14757	3,660391	16,32078
40	1	583,492	654,0349	148,41432	377,0554	229,79	2,59819	3,34889	3,998442	16,99688
41	1	583,492	654,0349	138,270522	377,0554	247,98	2,71346	3,13226	3,810624	16,62125
42	1	583,492	654,0349	136,70915	377,0554	290,40	2,73121	2,64808	3,393227	15,78645
43	1	583,492	654,0349	159,630017	377,0554	338,24	2,47074	2,23186	3,028707	15,05741
44	1	583,492	654,0349	177,798196	377,0554	363,63	2,26429	2,07454	2,782923	14,56585
45	1	583,492	654,0349	153,530851	377,0554	273,95	2,54005	2,71793	3,352939	15,70588
46	1	583,492	654,0349	83,4865694	377,0554	299,14	3,33601	3,09782	4,110466	17,22093
47	1	583,492	654,0349	63,7333031	377,0554	313,33	3,56048	3,43842	4,420085	17,84017
48	1	583,492	654,0349	60,2709585	377,0554	347,87	3,59982	2,36250	4,190448	17,3809
49	1	583,492	654,0349	102,102591	377,0554	388,70	3,12446	1,74938	3,561809	16,12362
50	1	583,492	654,0349	128,667771	377,0554	410,98	2,82259	1,61227	3,225653	15,45131
51	1	583,492	654,0349	203,825604	377,0554	474,14	1,96852	1,43020	2,326071	13,65214
52	1	583,492	654,0349	145,975077	377,0554	352,94	2,62591	2,12529	3,157235	15,31447
53	1	583,492	654,0349	68,6076386	377,0554	372,84	3,50509	1,89584	3,979048	16,9581
54	1	583,492	654,0349	90,3434552	377,0554	447,90	3,25809	0,81474	3,461776	15,92355
55	1	583,492	654,0349	119,550809	377,0554	467,36	2,92619	0,89431	3,149767	15,29953
									Total	804,5269



## Waktu Per Pekerjaan Pengangkutan Bekisting

Task	TC	X	Y	P(D)	P(Sj)	Ij	Ta	Tw	Th	Total T
56	2	129,196	470,4883	89,7847506	281,6574	362,9865	2,18037	0,55084	2,318082	11,63616
57	2	129,196	470,4883	89,628184	281,6574	365,1845	2,18215	0,46759	2,299048	11,5981
58	2	129,196	470,4883	144,376529	281,6574	384,4475	1,56001	1,03973	1,819943	10,63989
59	2	129,196	470,4883	170,077732	281,6574	395,5885	1,26795	1,14755	1,554838	10,10968
60	2	129,196	470,4883	224,813336	281,6574	423,4685	0,64596	1,28658	1,448069	9,896138
61	2	129,196	470,4883	281,776313	281,6574	457,607	0,00135	1,37044	1,370773	9,741546
62	2	129,196	470,4883	310,804618	281,6574	476,6748	0,33122	1,40084	1,483648	9,967297
63	2	129,196	470,4883	388,429088	281,6574	532,0887	1,21331	1,45922	1,762549	10,5251
64	2	129,196	470,4883	39,8847	281,6574	285,8889	2,74742	1,68817	3,169461	13,33892
65	2	129,196	470,4883	120,009	281,6574	310,117	1,83691	1,68817	2,258957	11,51791
66	2	129,196	470,4883	149,9467	281,6574	323,8255	1,49671	1,68817	2,062351	11,1247
67	2	129,196	470,4883	209,9967	281,6574	357,3489	0,81433	1,68817	1,891755	10,78351
68	2	129,196	470,4883	270,1027	281,6574	397,2114	0,13130	1,68817	1,720999	10,442
69	2	129,196	470,4883	300,2617	281,6574	419,0365	0,21141	1,68817	1,741026	10,48205
70	2	129,196	470,4883	89,5209489	281,6574	203,736	2,18337	2,98269	3,528531	14,05706
71	2	129,196	470,4883	89,3639201	281,6574	207,6269	2,18515	2,90714	3,453427	13,90685
72	2	129,196	470,4883	144,212624	281,6574	239,8938	1,56187	2,33474	2,725213	12,45043
73	2	129,196	470,4883	169,938618	281,6574	257,3702	1,26953	2,22711	2,544497	12,08899
74	2	129,196	470,4883	224,708111	281,6574	298,4539	0,64715	2,08842	2,250204	11,50041
75	2	129,196	470,4883	281,692367	281,6574	345,186	0,00040	2,00481	2,004905	11,00981
76	2	129,196	470,4883	310,728514	281,6574	370,092	0,33035	1,97449	2,057081	11,11416
77	2	129,196	470,4883	388,368195	281,6574	439,1668	1,21262	1,91631	2,219463	11,43893
78	2	129,196	470,4883	164,991732	281,6574	125,1305	1,32575	3,22447	3,55591	14,11182
79	2	129,196	470,4883	164,906584	281,6574	131,3705	1,32671	3,14734	3,479014	13,95803
80	2	129,196	470,4883	200,01388	281,6574	178,0402	0,92777	2,70819	2,940135	12,88027
81	2	129,196	470,4883	219,288406	281,6574	200,9695	0,70874	2,58781	2,764999	12,53
82	2	129,196	470,4883	264,011375	281,6574	251,4438	0,20052	2,40440	2,454532	11,90906
83	2	129,196	470,4883	313,940855	281,6574	305,4549	0,36686	2,27647	2,368186	11,73637
84	2	129,196	470,4883	340,235919	281,6574	333,3427	0,66566	2,22676	2,393174	11,78635
85	2	129,196	470,4883	412,356795	281,6574	408,6769	1,48522	2,12653	2,497832	11,99566
86	1	583,492	654,0349	309,854299	259,5981	51,24497	0,57109	3,41690	3,559669	14,11934
87	1	583,492	654,0349	258,011801	259,5981	65,01234	0,01803	3,17878	3,183286	13,36657
88	1	583,492	654,0349	223,53607	259,5981	136,6262	0,40980	2,84623	2,948676	12,89735
89	1	583,492	654,0349	216,933864	259,5981	165,3999	0,48482	2,70026	2,821461	12,64292
90	1	583,492	654,0349	215,942019	259,5981	224,0366	0,49609	2,39412	2,518141	12,03628
91	1	583,492	654,0349	231,134823	259,5981	283,3215	0,32345	2,10697	2,187832	11,37566
92	1	583,492	654,0349	244,036396	259,5981	313,1864	0,17684	1,98064	2,024852	11,0497
93	1	583,492	654,0349	290,76321	259,5981	392,4095	0,35415	1,71293	1,80147	10,60294
94	1	583,492	654,0349	196,541409	259,5981	63,2632	0,71655	3,43088	3,610016	14,22003
95	1	583,492	654,0349	148,41432	259,5981	135,8026	1,26345	3,01583	3,331696	13,66339
96	1	583,492	654,0349	138,270522	259,5981	164,7202	1,37872	2,79920	3,143879	13,28776
97	1	583,492	654,0349	136,70915	259,5981	223,5353	1,39647	2,31502	2,664134	12,32827
98	1	583,492	654,0349	159,630017	259,5981	282,9252	1,13600	1,89880	2,182797	11,36559
99	1	583,492	654,0349	177,798196	259,5981	312,828	0,92954	1,74148	1,97387	10,94774
100	1	583,492	654,0349	153,530851	259,5981	128,7876	1,20531	3,05099	3,352313	13,70463
101	1	583,492	654,0349	83,4865694	259,5981	176,143	2,00127	3,43088	3,931201	14,8624
102	1	583,492	654,0349	63,7333031	259,5981	199,2906	2,22574	3,14002	3,696454	14,39291
103	1	583,492	654,0349	60,2709585	259,5981	250,104	2,26508	2,02944	2,772441	12,54488
104	1	583,492	654,0349	102,102591	259,5981	304,3529	1,78972	1,41632	2,143801	11,2876
105	1	583,492	654,0349	128,667771	259,5981	332,3332	1,48784	1,27921	1,807646	10,61529
106	1	583,492	654,0349	203,825604	259,5981	407,8539	0,63378	1,09714	1,255588	9,511176
107	1	583,492	654,0349	145,975077	259,5981	204,912	1,29117	2,45835	2,78114	12,56228
108	1	583,492	654,0349	68,6076386	259,5981	237,548	2,17035	2,22890	2,771483	12,54297
109	1	583,492	654,0349	90,3434552	259,5981	343,5599	1,92335	0,48168	2,043768	11,08754
110	1	583,492	654,0349	119,550809	259,5981	368,5757	1,59145	0,56125	1,73176	10,46352
									Total	657,756

## Waktu Per Pekerjaan Pengangkutan Beton

Task	TC	X	Y	P(D)	P(Sj)	Ij	Ta	Tw	Th	Total T
111	2	129,196	470,4883	89,7847506	214,2884	286,0183	1,41481	0,83873	1,624496	10,24899
112	2	129,196	470,4883	89,628184	214,2884	303,074	1,41659	0,17971	1,461521	9,923041
113	2	129,196	470,4883	144,376529	214,2884	338,7347	0,79445	0,75185	0,982415	8,96483
114	2	129,196	470,4883	170,077732	214,2884	355,7919	0,50239	0,85966	0,985262	8,970524
115	2	129,196	470,4883	224,813336	214,2884	394,6569	0,11960	0,99870	1,028597	9,057193
116	2	129,196	470,4883	281,776313	214,2884	438,3714	0,76691	1,08255	1,274278	9,548556
117	2	129,196	470,4883	310,804618	214,2884	461,6966	1,09677	1,11296	1,387154	9,774307
118	2	129,196	470,4883	388,429088	214,2884	526,7586	1,97887	1,17134	2,271705	11,54341
119	2	129,196	470,4883	39,8847	214,2884	229,1855	1,98186	1,40029	2,331933	11,66387
120	2	129,196	470,4883	120,009	214,2884	274,615	1,07136	1,40029	1,668128	10,33626
121	2	129,196	470,4883	149,9467	214,2884	295,3981	0,73116	1,40029	1,583078	10,16616
122	2	129,196	470,4883	209,9967	214,2884	341,2128	0,04877	1,40029	1,412482	9,824963
123	2	129,196	470,4883	270,1027	214,2884	390,9497	0,63425	1,40029	1,558852	10,1177
124	2	129,196	470,4883	300,2617	214,2884	416,9363	0,97697	1,40029	1,644531	10,28906
125	2	129,196	470,4883	89,5209489	214,2884	126,9224	1,41781	3,27057	3,625026	14,25005
126	2	129,196	470,4883	89,3639201	214,2884	161,7302	1,41960	2,61925	2,974153	12,94831
127	2	129,196	470,4883	144,212624	214,2884	221,4589	0,79632	2,04686	2,245939	11,49188
128	2	129,196	470,4883	169,938618	214,2884	246,7604	0,50398	1,93923	2,065224	11,13045
129	2	129,196	470,4883	224,708111	214,2884	300,0947	0,11841	1,80053	1,830134	10,66027
130	2	129,196	470,4883	281,692367	214,2884	355,6295	0,76595	1,71692	1,90841	10,81682
131	2	129,196	470,4883	310,728514	214,2884	384,0138	1,09591	1,68661	1,960586	10,92117
132	2	129,196	470,4883	388,368195	214,2884	460,1928	1,97818	1,62842	2,385285	11,77057
133	2	129,196	470,4883	164,991732	214,2884	50,23714	0,56019	3,39915	3,539194	14,07839
134	2	129,196	470,4883	164,906584	214,2884	112,1211	0,56116	2,85945	2,999741	12,99948
135	2	129,196	470,4883	200,01388	214,2884	188,3043	0,16221	2,42031	2,460862	11,92172
136	2	129,196	470,4883	219,288406	214,2884	217,4975	0,05682	2,29993	2,314135	11,62827
137	2	129,196	470,4883	264,011375	214,2884	276,5345	0,56503	2,11652	2,257775	11,51555
138	2	129,196	470,4883	313,940855	214,2884	335,9863	1,13241	1,98859	2,271692	11,54338
139	2	129,196	470,4883	340,235919	214,2884	365,8976	1,43122	1,93887	2,29668	11,59336
140	2	129,196	470,4883	412,356795	214,2884	445,1875	2,25078	1,83864	2,710437	12,42087
141	1	583,492	654,0349	309,854299	350,6352	41,78942	0,46342	3,42530	3,541152	14,0823
142	1	583,492	654,0349	258,011801	350,6352	108,5989	1,05254	3,24809	3,511225	14,02245
143	1	583,492	654,0349	223,53607	350,6352	186,2286	1,44431	2,91554	3,276615	13,55323
144	1	583,492	654,0349	216,933864	350,6352	215,7029	1,51933	2,76957	3,149401	13,2988
145	1	583,492	654,0349	215,942019	350,6352	275,1253	1,53060	2,46343	2,846081	12,69216
146	1	583,492	654,0349	231,134823	350,6352	334,8274	1,35796	2,17628	2,515771	12,03154
147	1	583,492	654,0349	244,036396	350,6352	364,8337	1,21135	2,04995	2,352791	11,70558
148	1	583,492	654,0349	290,76321	350,6352	444,3135	0,68036	1,78224	1,952334	10,90467
149	1	583,492	654,0349	196,541409	350,6352	154,4582	1,75107	3,41132	3,849082	14,69816
150	1	583,492	654,0349	148,41432	350,6352	216,2053	2,29796	3,08514	3,659636	14,31927
151	1	583,492	654,0349	138,270522	350,6352	242,0566	2,41324	2,86851	3,471818	13,94364
152	1	583,492	654,0349	136,70915	350,6352	296,239	2,43098	2,38433	3,02706	13,05412
153	1	583,492	654,0349	159,630017	350,6352	352,3819	2,17051	1,96811	2,66254	12,32508
154	1	583,492	654,0349	177,798196	350,6352	381,0082	1,96406	1,81080	2,416756	11,83351
155	1	583,492	654,0349	153,530851	350,6352	220,6705	2,23982	2,98167	3,54163	14,08326
156	1	583,492	654,0349	83,4865694	350,6352	267,5497	3,03578	3,36157	4,120518	15,24104
157	1	583,492	654,0349	63,7333031	350,6352	288,8417	3,26025	3,20933	4,062582	15,12516
158	1	583,492	654,0349	60,2709585	350,6352	335,5528	3,29959	2,09875	3,824281	14,64856
159	1	583,492	654,0349	102,102591	350,6352	386,0196	2,82423	1,48563	3,195642	13,39128
160	1	583,492	654,0349	128,667771	350,6352	412,3171	2,52236	1,34852	2,859486	12,71897
161	1	583,492	654,0349	203,825604	350,6352	484,0622	1,66829	1,16645	1,959905	10,91981
162	1	583,492	654,0349	145,975077	350,6352	293,8764	2,32568	2,38904	2,970458	12,94092
163	1	583,492	654,0349	68,6076386	350,6352	330,5309	3,20486	2,15959	3,744755	14,48951
164	1	583,492	654,0349	90,3434552	350,6352	432,0636	2,95786	0,55099	3,095609	13,19122
165	1	583,492	654,0349	119,550809	350,6352	455,7118	2,62596	0,63057	2,783601	12,5672
									Total	663,9009

Koordinat Tower Crane		
TC	X	Y
1	583,492	654,0349
2	129,196	470,4883

	X	Y
S1	260	460,3245
S2	410,67	460,3245
S3	334,052	407,611

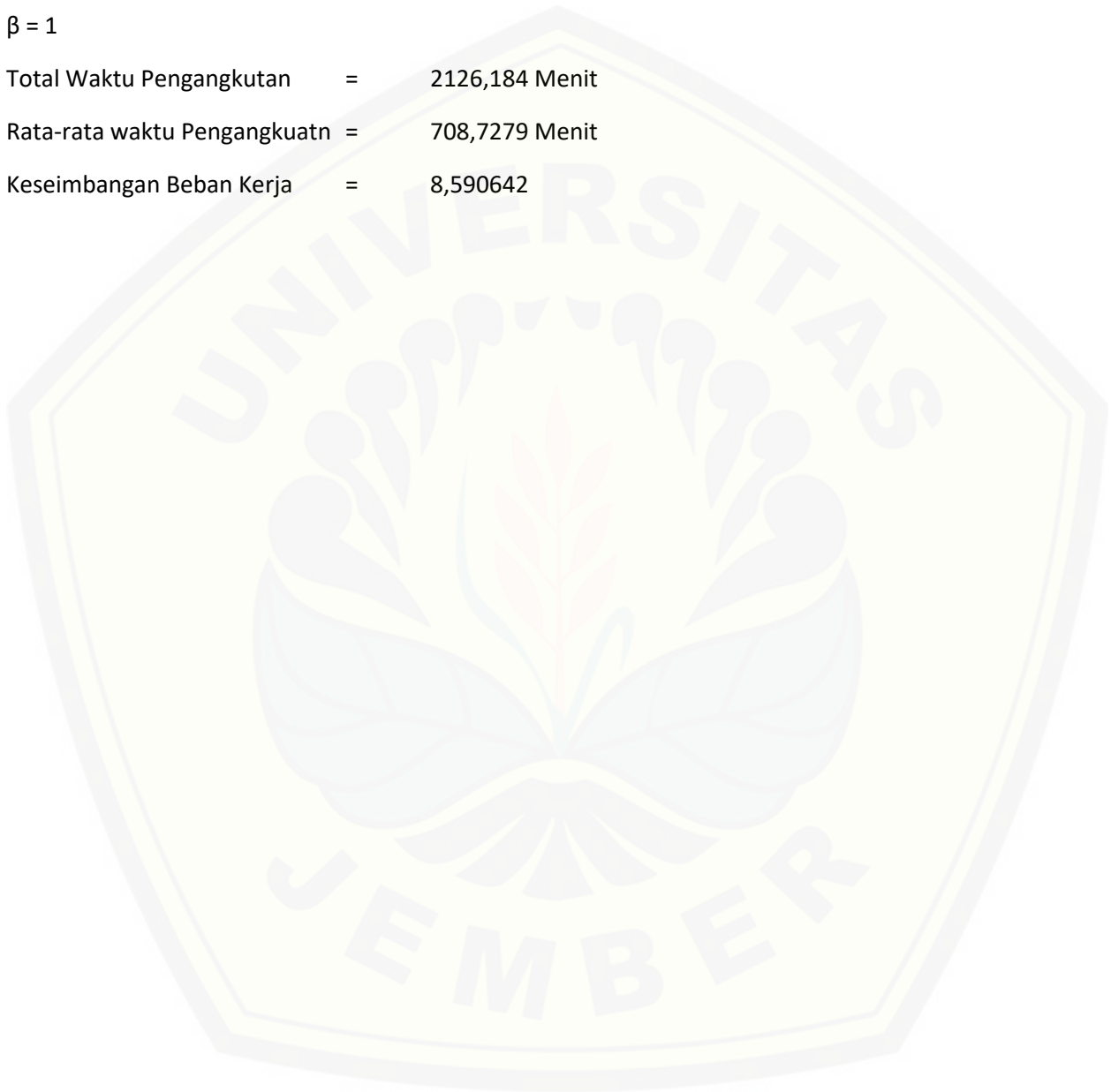
$$\alpha = 0,25$$

$$\beta = 1$$

$$\text{Total Waktu Pengangkutan} = 2126,184 \text{ Menit}$$

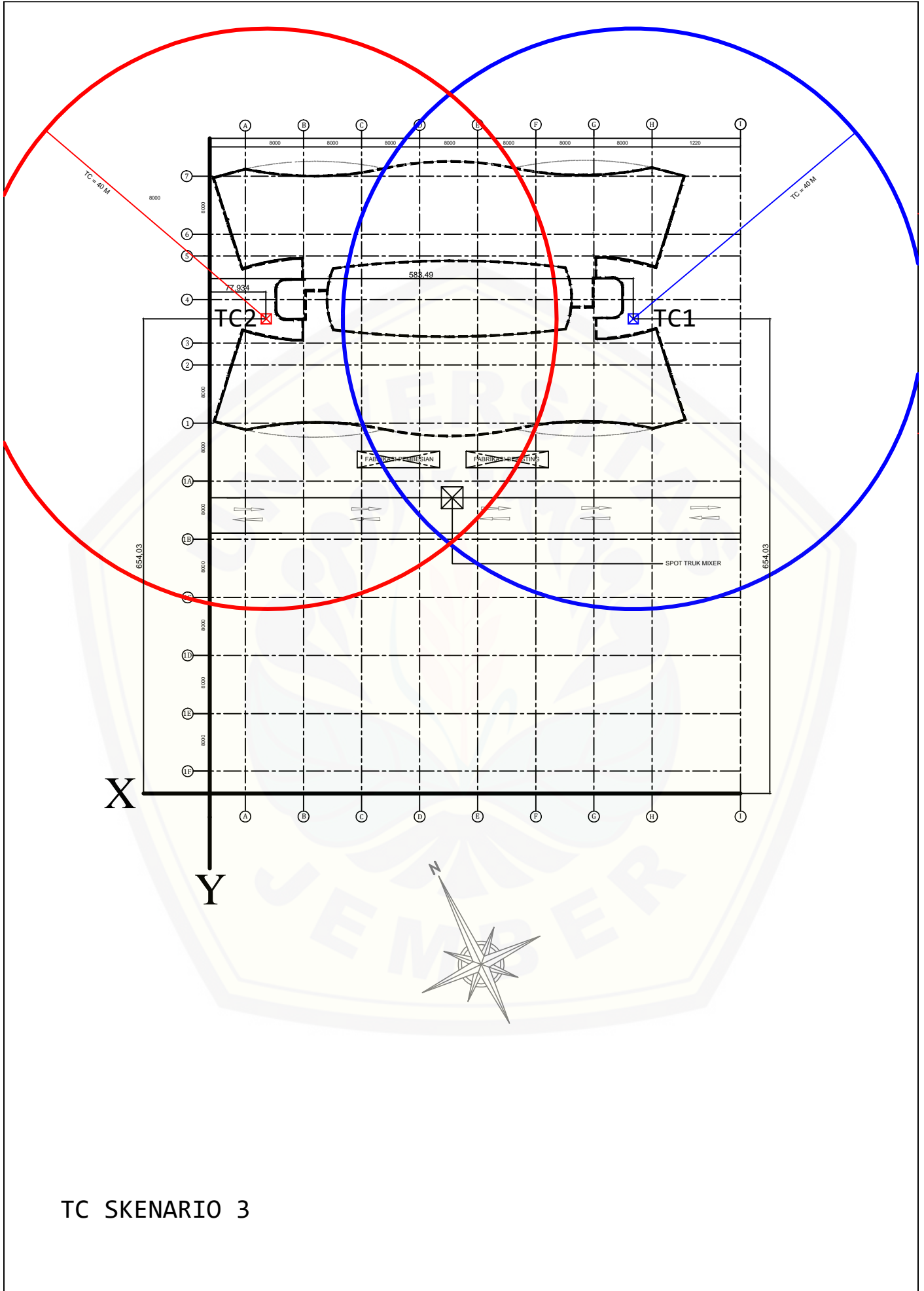
$$\text{Rata-rata waktu Pengangkutan} = 708,7279 \text{ Menit}$$

$$\text{Keseimbangan Beban Kerja} = 8,590642$$



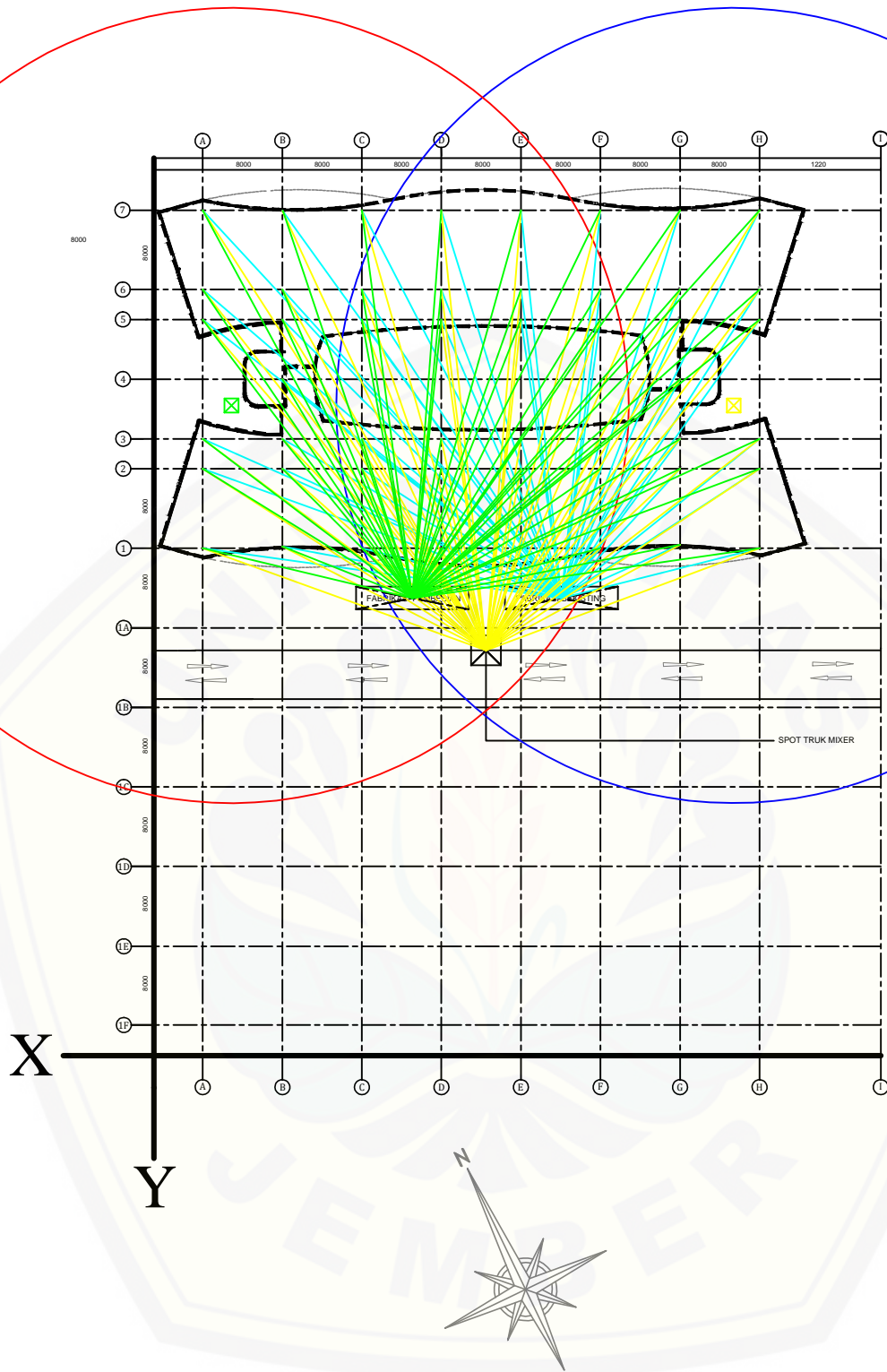


**Lampiran F**  
**Double Tower Crane**  
**Skenario 3**



TC SKENARIO 3





AKSESIBILITAS TC



## Waktu Per Pekerjaan Pengangkutan Besi

Task	TC	X	Y	P(D)	P(Sj)	Ij	Ta	Tw	Th	Total T
1	2	77,934	654,0349	225,653	265,84	213,20	0,45668	2,48412	2,598288	14,19658
2	2	77,934	654,0349	146,56022	265,8416	216,92	1,35547	2,40676	2,745632	14,49126
3	2	77,934	654,0349	69,843992	265,8416	247,98	2,22725	2,15485	2,765958	14,53192
4	2	77,934	654,0349	44,3859199	265,8416	264,93	2,51654	1,84258	2,977188	14,95438
5	2	77,934	654,0349	39,2525719	265,8416	304,99	2,57488	0,08467	2,596044	14,19209
6	2	77,934	654,0349	91,2858973	265,8416	350,86	1,98359	0,47421	2,102141	13,20428
7	2	77,934	654,0349	120,264588	265,8416	375,39	1,65428	0,56195	1,794771	12,58954
8	2	77,934	654,0349	198,627926	265,8416	443,64	0,76379	0,66867	0,930959	10,86192
9	2	77,934	654,0349	152,533715	265,8416	140,05	1,28759	3,00290	3,324802	15,6496
10	2	77,934	654,0349	81,6383443	265,8416	184,54	2,09322	3,37265	3,895954	16,79191
11	2	77,934	654,0349	61,2922991	265,8416	206,75	2,32442	3,19596	3,777064	16,55413
12	2	77,934	654,0349	57,6836	265,8416	256,09	2,36543	2,03375	2,87387	14,74774
13	2	77,934	654,0349	100,596974	265,8416	309,29	1,87778	1,41803	2,232286	13,46457
14	2	77,934	654,0349	127,476301	265,8416	336,86	1,57233	1,28509	1,893605	12,78721
15	2	77,934	654,0349	259,422523	265,8416	59,06	0,07294	3,20931	3,227542	15,45508
16	2	77,934	654,0349	194,577615	265,8416	71,34	0,80982	3,44012	3,642575	16,28515
17	2	77,934	654,0349	145,803749	265,8416	139,75	1,36407	3,05373	3,394744	15,78949
18	2	77,934	654,0349	135,464607	265,8416	167,99	1,48156	2,83345	3,203844	15,40769
19	2	77,934	654,0349	133,870513	265,8416	225,95	1,49967	2,33896	2,713879	14,42776
20	2	77,934	654,0349	157,205805	265,8416	284,84	1,23450	1,91636	2,224984	13,44997
21	2	77,934	654,0349	175,624945	265,8416	314,56	1,02519	1,75813	2,014425	13,02885
22	2	77,934	654,0349	236,291352	265,8416	393,51	0,33580	1,47756	1,561514	12,12303
23	2	77,934	654,0349	307,757129	265,8416	41,92	0,47631	3,45330	3,572375	16,14475
24	2	77,934	654,0349	255,489438	265,8416	57,95	0,11764	3,21462	3,24403	15,48806
25	2	77,934	654,0349	220,619895	265,8416	133,41	0,51388	2,87909	3,007556	15,01511
26	2	77,934	654,0349	213,927709	265,8416	162,75	0,58993	2,73122	2,878708	14,75742
27	2	77,934	654,0349	212,921862	265,8416	222,09	0,60136	2,42074	2,571078	14,14216
28	2	77,934	654,0349	228,315724	265,8416	281,78	0,42643	2,13002	2,236632	13,47326
29	2	77,934	654,0349	241,36803	265,8416	311,80	0,27811	2,00255	2,072081	13,14416
30	2	77,934	654,0349	288,527309	265,8416	391,30	0,25779	1,73364	1,798084	12,59617
31	1	583,492	654,0349	309,854299	377,0554	113,24	0,76365	3,16155	3,352461	15,70492
32	1	583,492	654,0349	258,011801	377,0554	120,10	1,35277	3,39966	3,737857	16,47571
33	1	583,492	654,0349	223,53607	377,0554	169,90	1,74454	3,17929	3,615421	16,23084
34	1	583,492	654,0349	216,933864	377,0554	193,79	1,81956	3,03332	3,488207	15,97641
35	1	583,492	654,0349	215,942019	377,0554	245,74	1,83083	2,72718	3,184887	15,36977
36	1	583,492	654,0349	231,134823	377,0554	300,78	1,65819	2,44003	2,854577	14,70915
37	1	583,492	654,0349	244,036396	377,0554	329,06	1,51158	2,31370	2,691597	14,38319
38	1	583,492	654,0349	290,76321	377,0554	405,19	0,98059	2,04599	2,29114	13,58228
39	1	583,492	654,0349	196,541409	377,0554	195,87	2,05130	3,14757	3,660391	16,32078
40	1	583,492	654,0349	148,41432	377,0554	229,79	2,59819	3,34889	3,998442	16,99688
41	1	583,492	654,0349	138,270522	377,0554	247,98	2,71346	3,13226	3,810624	16,62125
42	1	583,492	654,0349	136,70915	377,0554	290,40	2,73121	2,64808	3,393227	15,78645
43	1	583,492	654,0349	159,630017	377,0554	338,24	2,47074	2,23186	3,028707	15,05741
44	1	583,492	654,0349	177,798196	377,0554	363,63	2,26429	2,07454	2,782923	14,56585
45	1	583,492	654,0349	153,530851	377,0554	273,95	2,54005	2,71793	3,352939	15,70588
46	1	583,492	654,0349	83,4865694	377,0554	299,14	3,33601	3,09782	4,110466	17,22093
47	1	583,492	654,0349	63,7333031	377,0554	313,33	3,56048	3,43842	4,420085	17,84017
48	1	583,492	654,0349	60,2709585	377,0554	347,87	3,59982	2,36250	4,190448	17,3809
49	1	583,492	654,0349	102,102591	377,0554	388,70	3,12446	1,74938	3,561809	16,12362
50	1	583,492	654,0349	128,667771	377,0554	410,98	2,82259	1,61227	3,225653	15,45131
51	1	583,492	654,0349	203,825604	377,0554	474,14	1,96852	1,43020	2,326071	13,65214
52	1	583,492	654,0349	145,975077	377,0554	352,94	2,62591	2,12529	3,157235	15,31447
53	1	583,492	654,0349	68,6076386	377,0554	372,84	3,50509	1,89584	3,979048	16,9581
54	1	583,492	654,0349	90,3434552	377,0554	447,90	3,25809	0,81474	3,461776	15,92355
55	1	583,492	654,0349	119,550809	377,0554	467,36	2,92619	0,89431	3,149767	15,29953
									Total	824,3967

## Waktu Per Pekerjaan Pengangkutan Bekisting

Task	TC	X	Y	P(D)	P(Sj)	Ij	Ta	Tw	Th	Total T
56	2	77,934	654,0349	225,653485	385,0155	362,9865	1,81093	2,16603	2,618767	12,23753
57	2	77,934	654,0349	146,56022	385,0155	365,1845	2,70972	2,08868	3,23189	13,46378
58	2	77,934	654,0349	69,843992	385,0155	384,4475	3,58149	1,83677	4,040687	15,08137
59	2	77,934	654,0349	44,3859199	385,0155	395,5885	3,87079	1,52450	4,251917	15,50383
60	2	77,934	654,0349	39,2525719	385,0155	423,4685	3,92912	0,23341	3,987477	14,97495
61	2	77,934	654,0349	91,2858973	385,0155	457,607	3,33784	0,79230	3,535911	14,07182
62	2	77,934	654,0349	120,264588	385,0155	476,6748	3,00853	0,88003	3,228541	13,45708
63	2	77,934	654,0349	198,627926	385,0155	532,0887	2,11804	0,98675	2,364729	11,72946
64	2	77,934	654,0349	152,533715	385,0155	285,8889	2,64184	2,68482	3,345281	13,69056
65	2	77,934	654,0349	81,6383443	385,0155	310,117	3,44747	3,05457	4,21111	15,42222
66	2	77,934	654,0349	61,2922991	385,0155	323,8255	3,67867	3,39746	4,528039	16,05608
67	2	77,934	654,0349	57,6836236	385,0155	357,3489	3,71968	2,35184	4,30764	15,61528
68	2	77,934	654,0349	100,596974	385,0155	397,2114	3,23203	1,73611	3,666056	14,33211
69	2	77,934	654,0349	127,476301	385,0155	419,0365	2,92658	1,60317	3,327375	13,65475
70	2	77,934	654,0349	259,422523	385,0155	203,736	1,42719	2,89122	3,248021	13,49604
71	2	77,934	654,0349	194,577615	385,0155	207,6269	2,16407	3,12204	3,663054	14,32611
72	2	77,934	654,0349	145,803749	385,0155	239,8938	2,71832	3,37181	4,051389	15,10278
73	2	77,934	654,0349	135,464607	385,0155	257,3702	2,83581	3,15154	3,860489	14,72098
74	2	77,934	654,0349	133,870513	385,0155	298,4539	2,85392	2,65704	3,518182	14,03636
75	2	77,934	654,0349	157,205805	385,0155	345,186	2,58875	2,23444	3,147358	13,29472
76	2	77,934	654,0349	175,624945	385,0155	370,092	2,37944	2,07621	2,898491	12,79698
77	2	77,934	654,0349	236,291352	385,0155	439,1668	1,69005	1,79565	2,218159	11,43632
78	2	77,934	654,0349	307,757129	385,0155	125,1305	0,87794	3,14012	3,359608	13,71922
79	2	77,934	654,0349	255,489438	385,0155	131,3705	1,47189	3,37880	3,746772	14,49354
80	2	77,934	654,0349	220,619895	385,0155	178,0402	1,86813	3,19717	3,664201	14,3284
81	2	77,934	654,0349	213,927709	385,0155	200,9695	1,94418	3,04931	3,535353	14,07071
82	2	77,934	654,0349	212,921862	385,0155	251,4438	1,95561	2,73882	3,227723	13,45545
83	2	77,934	654,0349	228,315724	385,0155	305,4549	1,78068	2,44811	2,893277	12,78655
84	2	77,934	654,0349	241,36803	385,0155	333,3427	1,63236	2,32064	2,728726	12,45745
85	2	77,934	654,0349	288,527309	385,0155	408,6769	1,09646	2,05172	2,325833	11,65167
86	1	583,492	654,0349	309,854299	259,5981	51,24497	0,57109	3,41690	3,559669	14,11934
87	1	583,492	654,0349	258,011801	259,5981	65,01234	0,01803	3,17878	3,183286	13,36657
88	1	583,492	654,0349	223,53607	259,5981	136,6262	0,40980	2,84623	2,948676	12,89735
89	1	583,492	654,0349	216,933864	259,5981	165,3999	0,48482	2,70026	2,821461	12,64292
90	1	583,492	654,0349	215,942019	259,5981	224,0366	0,49609	2,39412	2,518141	12,03628
91	1	583,492	654,0349	231,134823	259,5981	283,3215	0,32345	2,10697	2,187832	11,37566
92	1	583,492	654,0349	244,036396	259,5981	313,1864	0,17684	1,98064	2,024852	11,0497
93	1	583,492	654,0349	290,76321	259,5981	392,4095	0,35415	1,71293	1,80147	10,60294
94	1	583,492	654,0349	196,541409	259,5981	63,2632	0,71655	3,43088	3,610016	14,22003
95	1	583,492	654,0349	148,41432	259,5981	135,8026	1,26345	3,01583	3,331696	13,66339
96	1	583,492	654,0349	138,270522	259,5981	164,7202	1,37872	2,79920	3,143879	13,28776
97	1	583,492	654,0349	136,70915	259,5981	223,5353	1,39647	2,31502	2,664134	12,32827
98	1	583,492	654,0349	159,630017	259,5981	282,9252	1,13600	1,89880	2,182797	11,36559
99	1	583,492	654,0349	177,798196	259,5981	312,828	0,92954	1,74148	1,97387	10,94774
100	1	583,492	654,0349	153,530851	259,5981	128,7876	1,20531	3,05099	3,352313	13,70463
101	1	583,492	654,0349	83,4865694	259,5981	176,143	2,00127	3,43088	3,931201	14,8624
102	1	583,492	654,0349	63,7333031	259,5981	199,2906	2,22574	3,14002	3,696454	14,39291
103	1	583,492	654,0349	60,2709585	259,5981	250,104	2,26508	2,02944	2,772441	12,54488
104	1	583,492	654,0349	102,102591	259,5981	304,3529	1,78972	1,41632	2,143801	11,2876
105	1	583,492	654,0349	128,667771	259,5981	332,3332	1,48784	1,27921	1,807646	10,61529
106	1	583,492	654,0349	203,825604	259,5981	407,8539	0,63378	1,09714	1,255588	9,511176
107	1	583,492	654,0349	145,975077	259,5981	204,912	1,29117	2,45835	2,78114	12,56228
108	1	583,492	654,0349	68,6076386	259,5981	237,548	2,17035	2,22890	2,771483	12,54297
109	1	583,492	654,0349	90,3434552	259,5981	343,5599	1,92335	0,48168	2,043768	11,08754
110	1	583,492	654,0349	119,550809	259,5981	368,5757	1,59145	0,56125	1,73176	10,46352
									Total	722,9429

## Waktu Per Pekerjaan Pengangkutan Beton

Task	TC	X	Y	P(D)	P(Sj)	Ij	Ta	Tw	Th	Total T
111	2	77,934	654,0349	225,653485	355,4169	286,0183	1,47458	2,42882	2,797471	12,59494
112	2	77,934	654,0349	146,56022	355,4169	303,074	2,37337	2,35147	2,96124	12,92248
113	2	77,934	654,0349	69,843992	355,4169	338,7347	3,24515	2,09956	3,770036	14,54007
114	2	77,934	654,0349	44,3859199	355,4169	355,7919	3,53444	1,78729	3,981266	14,96253
115	2	77,934	654,0349	39,2525719	355,4169	394,6569	3,59278	0,02938	3,600122	14,20024
116	2	77,934	654,0349	91,2858973	355,4169	438,3714	3,00149	0,52951	3,133865	13,26773
117	2	77,934	654,0349	120,264588	355,4169	461,6966	2,67219	0,61724	2,826495	12,65299
118	2	77,934	654,0349	198,627926	355,4169	526,7586	1,78169	0,72396	1,962683	10,92537
119	2	77,934	654,0349	152,533715	355,4169	229,1855	2,30549	2,94761	3,523985	14,04797
120	2	77,934	654,0349	81,6383443	355,4169	274,615	3,11112	3,31736	4,095137	15,19027
121	2	77,934	654,0349	61,2922991	355,4169	295,3981	3,34232	3,25125	4,155138	15,31028
122	2	77,934	654,0349	57,6836236	355,4169	341,2128	3,38333	2,08905	3,905594	14,81119
123	2	77,934	654,0349	100,596974	355,4169	390,9497	2,89568	1,47332	3,26401	13,52802
124	2	77,934	654,0349	127,476301	355,4169	416,9363	2,59023	1,34038	2,925329	12,85066
125	2	77,934	654,0349	259,422523	355,4169	126,9224	1,09085	3,15401	3,426725	13,85345
126	2	77,934	654,0349	194,577615	355,4169	161,7302	1,82772	3,38483	3,841758	14,68352
127	2	77,934	654,0349	145,803749	355,4169	221,4589	2,38197	3,10902	3,704511	14,40902
128	2	77,934	654,0349	135,464607	355,4169	246,7604	2,49946	2,88875	3,513611	14,02722
129	2	77,934	654,0349	133,870513	355,4169	300,0947	2,51757	2,39425	3,116136	13,23227
130	2	77,934	654,0349	157,205805	355,4169	355,6295	2,25240	1,97165	2,745312	12,49062
131	2	77,934	654,0349	175,624945	355,4169	384,0138	2,04309	1,81342	2,496445	11,99289
132	2	77,934	654,0349	236,291352	355,4169	460,1928	1,35370	1,53286	1,871281	10,74256
133	2	77,934	654,0349	307,757129	355,4169	50,23714	0,54159	3,40292	3,538312	14,07662
134	2	77,934	654,0349	255,489438	355,4169	112,1211	1,13554	3,26991	3,553797	14,10759
135	2	77,934	654,0349	220,619895	355,4169	188,3043	1,53178	2,93438	3,317323	13,63465
136	2	77,934	654,0349	213,927709	355,4169	217,4975	1,60783	2,78652	3,188475	13,37695
137	2	77,934	654,0349	212,921862	355,4169	276,5345	1,61926	2,47603	2,880845	12,76169
138	2	77,934	654,0349	228,315724	355,4169	335,9863	1,44433	2,18532	2,546399	12,0928
139	2	77,934	654,0349	241,36803	355,4169	365,8976	1,29601	2,05785	2,381848	11,7637
140	2	77,934	654,0349	288,527309	355,4169	445,1875	0,76011	1,78893	1,978955	10,95791
141	1	583,492	654,0349	309,854299	350,6352	41,78942	0,46342	3,42530	3,541152	14,0823
142	1	583,492	654,0349	258,011801	350,6352	108,5989	1,05254	3,24809	3,511225	14,02245
143	1	583,492	654,0349	223,53607	350,6352	186,2286	1,44431	2,91554	3,276615	13,55323
144	1	583,492	654,0349	216,933864	350,6352	215,7029	1,51933	2,76957	3,149401	13,2988
145	1	583,492	654,0349	215,942019	350,6352	275,1253	1,53060	2,46343	2,846081	12,69216
146	1	583,492	654,0349	231,134823	350,6352	334,8274	1,35796	2,17628	2,515771	12,03154
147	1	583,492	654,0349	244,036396	350,6352	364,8337	1,21135	2,04995	2,352791	11,70558
148	1	583,492	654,0349	290,76321	350,6352	444,3135	0,68036	1,78224	1,952334	10,90467
149	1	583,492	654,0349	196,541409	350,6352	154,4582	1,75107	3,41132	3,849082	14,69816
150	1	583,492	654,0349	148,41432	350,6352	216,2053	2,29796	3,08514	3,659636	14,31927
151	1	583,492	654,0349	138,270522	350,6352	242,0566	2,41324	2,86851	3,471818	13,94364
152	1	583,492	654,0349	136,70915	350,6352	296,239	2,43098	2,38433	3,02706	13,05412
153	1	583,492	654,0349	159,630017	350,6352	352,3819	2,17051	1,96811	2,66254	12,32508
154	1	583,492	654,0349	177,798196	350,6352	381,0082	1,96406	1,81080	2,416756	11,83351
155	1	583,492	654,0349	153,530851	350,6352	220,6705	2,23982	2,98167	3,54163	14,08326
156	1	583,492	654,0349	83,4865694	350,6352	267,5497	3,03578	3,36157	4,120518	15,24104
157	1	583,492	654,0349	63,7333031	350,6352	288,8417	3,26025	3,20933	4,062582	15,12516
158	1	583,492	654,0349	60,2709585	350,6352	335,5528	3,29959	2,09875	3,824281	14,64856
159	1	583,492	654,0349	102,102591	350,6352	386,0196	2,82423	1,48563	3,195642	13,39128
160	1	583,492	654,0349	128,667771	350,6352	412,3171	2,52236	1,34852	2,859486	12,71897
161	1	583,492	654,0349	203,825604	350,6352	484,0622	1,66829	1,16645	1,959905	10,91981
162	1	583,492	654,0349	145,975077	350,6352	293,8764	2,32568	2,38904	2,970458	12,94092
163	1	583,492	654,0349	68,6076386	350,6352	330,5309	3,20486	2,15959	3,744755	14,48951
164	1	583,492	654,0349	90,3434552	350,6352	432,0636	2,95786	0,55099	3,095609	13,19122
165	1	583,492	654,0349	119,550809	350,6352	455,7118	2,62596	0,63057	2,783601	12,5672
									Total	731,7897

Koordinat Tower Crane		
TC	X	Y
1	583,492	654,0349
2	77,934	654,0349

	X	Y
S1	260	460,3245
S2	410,67	460,3245
S3	334,052	407,611

$$\alpha = 0,25$$

$$\beta = 1$$

$$\text{Total Waktu Pengangkutan} = 2279,129 \text{ Menit}$$

$$\text{Rata-rata waktu Pengangkutan} = 759,7098 \text{ Menit}$$

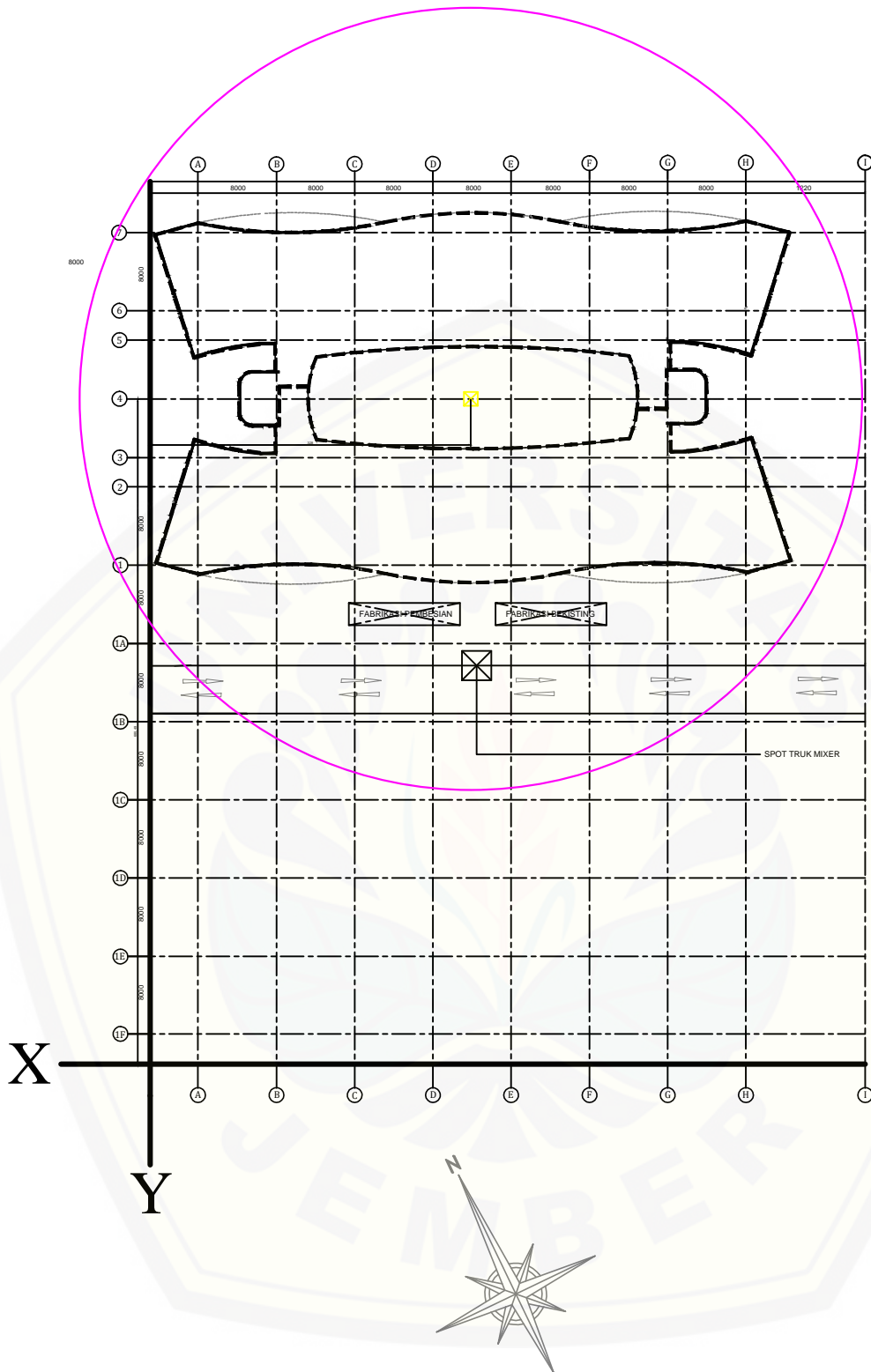
$$\text{Keseimbangan Beban Kerja} = 9,208603$$





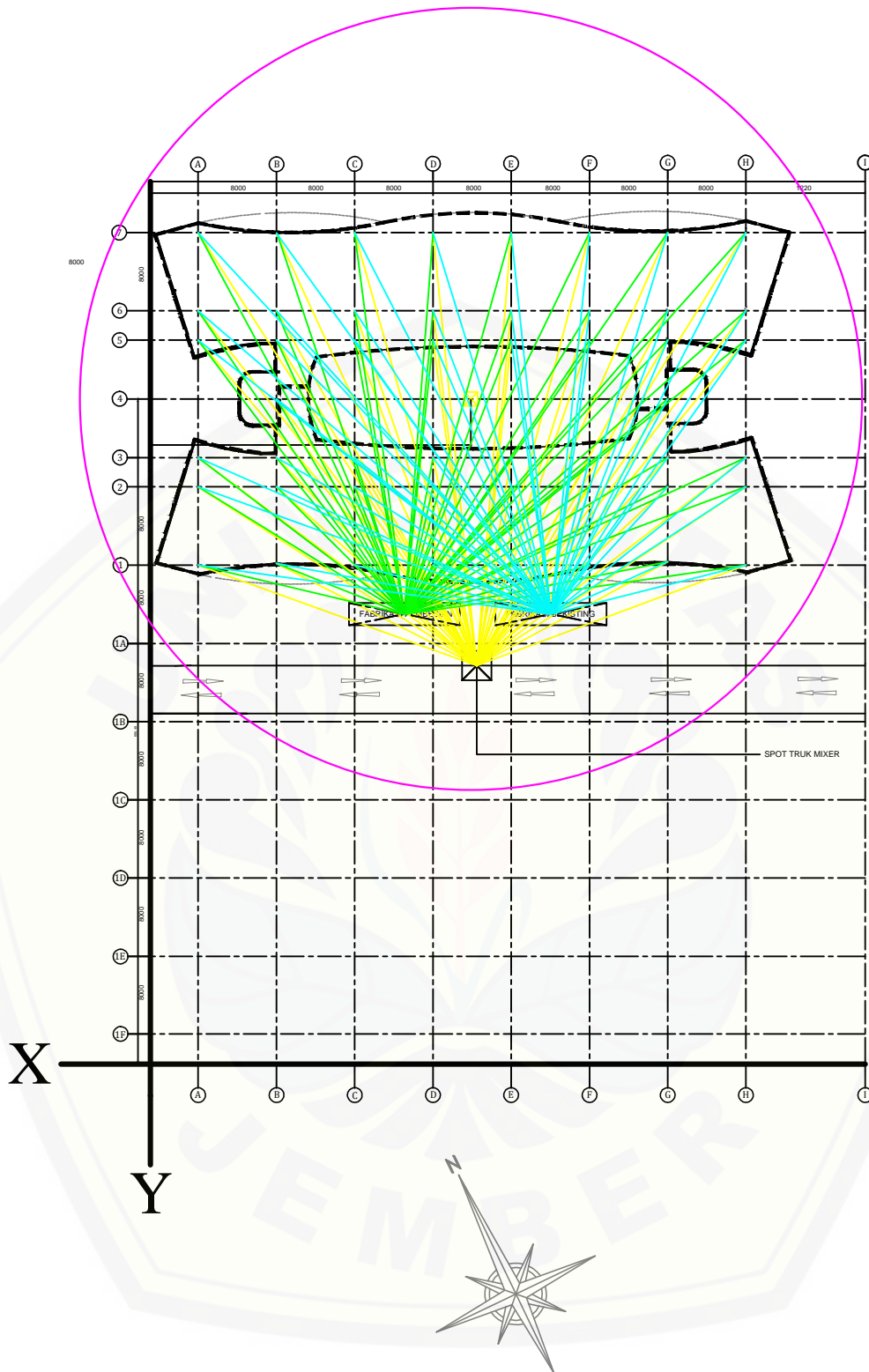


**Lampiran G**  
**Tower Crane Skenario**  
**Alternatif**



TC SKENARIO ALTERNATIF





AKSESIBILITAS TC

## Waktu Per Pekerjaan Pengangkutan Besi

Task	TC	X	Y	P(D)	P(Sj)	Ij	Ta	Tw	Th	Total T
1	1	328,000	680,49	374,830	230,43	213,20	1,64094	2,86148	3,271711	15,54342
2	1	328,000	680,49	326,831964	230,4275	216,92	1,09550	2,65958	2,933456	14,86691
3	1	328,000	680,49	293,220097	230,4275	247,98	0,71355	2,40054	2,578925	14,15785
4	1	328,000	680,49	285,457427	230,4275	264,93	0,62534	2,29056	2,446893	13,89379
5	1	328,000	680,49	279,0687	230,4275	304,99	0,55274	2,05742	2,195601	13,3912
6	1	328,000	680,49	285,467108	230,4275	350,86	0,62545	1,82406	1,980424	12,96085
7	1	328,000	680,49	293,302245	230,4275	375,39	0,71449	1,71330	1,891922	12,78384
8	1	328,000	680,49	326,793974	230,4275	443,64	1,09507	1,45542	1,729191	12,45838
9	1	328,000	680,49	261,654016	230,4275	140,05	0,35485	2,83597	2,924683	14,84937
10	1	328,000	680,49	218,224005	230,4275	184,54	0,13868	2,52498	2,559645	14,11929
11	1	328,000	680,49	207,676752	230,4275	206,75	0,25853	2,38010	2,444731	13,88946
12	1	328,000	680,49	198,8040	230,4275	256,09	0,35936	2,05742	2,147264	13,29453
13	1	328,000	680,49	207,690059	230,4275	309,29	0,25838	1,73446	1,799056	12,59811
14	1	328,000	680,49	218,334372	230,4275	336,86	0,13742	1,58859	1,622945	12,24589
15	1	328,000	680,49	277,020206	230,4275	59,06	0,52946	3,29758	3,429945	15,85989
16	1	328,000	680,49	207,512487	230,4275	71,34	0,26040	3,11455	3,179648	15,3593
17	1	328,000	680,49	149,064833	230,4275	139,75	0,92458	2,77036	3,001509	15,00302
18	1	328,000	680,49	133,147442	230,4275	167,99	1,10546	2,57212	2,848485	14,69697
19	1	328,000	680,49	118,8345	230,4275	225,95	1,26810	2,05744	2,374468	13,74894
20	1	328,000	680,49	133,168197	230,4275	284,84	1,10522	1,54233	1,818637	12,63727
21	1	328,000	680,49	149,226358	230,4275	314,56	0,92274	1,34286	1,573542	12,14708
22	1	328,000	680,49	207,452646	230,4275	393,51	0,26108	1,00047	1,065736	11,13147
23	1	328,000	680,49	253,226152	230,4275	41,92	0,25908	3,29541	3,360183	15,72037
24	1	328,000	680,49	174,484159	230,4275	57,95	0,63572	3,37286	3,531788	16,06358
25	1	328,000	680,49	97,9980303	230,4275	133,41	1,50488	3,33757	3,713789	16,42758
26	1	328,000	680,49	71,4949712	230,4275	162,75	1,80605	3,15439	3,605899	16,2118
27	1	328,000	680,49	38,7934003	230,4275	222,09	2,17766	2,05754	2,692045	14,38409
28	1	328,000	680,49	71,5336151	230,4275	281,78	1,80561	0,96002	2,045618	13,09124
29	1	328,000	680,49	98,2435519	230,4275	311,80	1,50209	0,77604	1,6961	12,3922
30	1	328,000	680,49	174,412986	230,4275	391,30	0,63653	0,57625	0,780591	10,56118
31	1	328,000	680,49	253,602088	230,4275	113,24	0,26335	2,94684	3,012673	15,02535
32	1	328,000	680,49	175,029302	230,4275	120,10	0,62953	2,86501	3,022387	15,04477
33	1	328,000	680,49	98,9653931	230,4275	169,90	1,49389	2,65421	3,027679	15,05536
34	1	328,000	680,49	72,8152869	230,4275	193,79	1,79105	2,46511	2,912869	14,82574
35	1	328,000	680,49	41,1760003	230,4275	245,74	2,15059	1,39849	2,500208	14,00042
36	1	328,000	680,49	72,8532304	230,4275	300,78	1,79062	0,33121	1,87342	12,74684
37	1	328,000	680,49	99,2085207	230,4275	329,06	1,49113	0,14127	1,526443	12,05289
38	1	328,000	680,49	174,958352	230,4275	405,19	0,63033	0,06819	0,647378	10,29476
39	1	328,000	680,49	208,972485	230,4275	195,87	0,24381	2,44458	2,505535	14,01107
40	2	328,000	680,49	151,090675	230,4275	229,79	0,90156	2,10020	2,325586	13,65117
41	2	328,000	680,49	135,411628	230,4275	247,98	1,07973	1,90381	2,173737	13,34747
42	2	328,000	680,49	121,366	230,4275	290,40	1,23934	1,39840	1,708235	12,41647
43	2	328,000	680,49	135,432035	230,4275	338,24	1,07949	0,89257	1,302637	11,60527
44	2	328,000	680,49	151,250037	230,4275	363,63	0,89974	0,69495	1,073482	11,14696
45	2	328,000	680,49	263,5822	230,4275	273,95	0,37676	2,17006	2,264252	13,5285
46	2	328,000	680,49	220,532239	230,4275	299,14	0,11245	1,86073	1,888841	12,77768
47	2	328,000	680,49	210,100893	230,4275	313,33	0,23098	1,71723	1,774972	12,54994
48	2	328,000	680,49	201,335	230,4275	347,87	0,33060	1,39838	1,481032	11,96206
49	2	328,000	680,49	210,114046	230,4275	388,70	0,23084	1,07925	1,136964	11,27393
50	2	328,000	680,49	220,641451	230,4275	410,98	0,11121	0,93477	0,962567	10,92513
51	2	328,000	680,49	263,535091	230,4275	474,14	0,37622	0,62688	0,720937	10,44187
52	2	328,000	680,49	328,804269	230,4275	352,94	1,11792	1,99652	2,276001	13,552
53	2	328,000	680,49	295,416891	230,4275	372,84	0,73852	1,73886	1,923489	12,84698
54	2	328,000	680,49	287,723102	230,4275	447,90	0,65109	1,16688	1,329649	11,6593
55	2	328,000	680,49	295,498428	230,4275	467,36	0,73944	1,05690	1,241764	11,48353
									Total	734,7143

## Waktu Per Pekerjaan Pengangkutan Bekisting

Task	TC	X	Y	P(D)	P(Sj)	Ij	Ta	Tw	Th	Total T
56	1	328,000	680,49	374,830489	235,1748	362,9865	1,58700	2,13683	2,533584	12,06717
57	1	328,000	680,49	326,831964	235,1748	365,1845	1,04156	1,93494	2,195329	11,39066
58	1	328,000	680,49	293,220097	235,1748	384,4475	0,65961	1,67590	1,840798	10,6816
59	1	328,000	680,49	285,457427	235,1748	395,5885	0,57139	1,56592	1,708766	10,41753
60	1	328,000	680,49	279,0687	235,1748	423,4685	0,49879	1,33278	1,457474	9,914948
61	1	328,000	680,49	285,467108	235,1748	457,607	0,57150	1,09942	1,242296	9,484593
62	1	328,000	680,49	293,302245	235,1748	476,6748	0,66054	0,98866	1,153795	9,30759
63	1	328,000	680,49	326,793974	235,1748	532,0887	1,04113	0,73078	1,223823	9,447645
64	1	328,000	680,49	261,654016	235,1748	285,8889	0,30090	2,11133	2,186555	11,37311
65	1	328,000	680,49	218,224005	235,1748	310,117	0,19262	1,80034	1,848491	10,69698
66	1	328,000	680,49	207,676752	235,1748	323,8255	0,31248	1,65546	1,733577	10,46715
67	1	328,000	680,49	198,804	235,1748	357,3489	0,41330	1,33278	1,436109	9,872218
68	1	328,000	680,49	207,690059	235,1748	397,2114	0,31233	1,00982	1,087902	9,175804
69	1	328,000	680,49	218,334372	235,1748	419,0365	0,19137	0,86395	0,911791	8,823582
70	1	328,000	680,49	277,020206	235,1748	203,736	0,47552	2,57294	2,691818	12,38364
71	1	328,000	680,49	207,512487	235,1748	207,6269	0,31434	2,38991	2,468493	11,93699
72	1	328,000	680,49	149,064833	235,1748	239,8938	0,97852	2,04572	2,290355	11,58071
73	1	328,000	680,49	133,147442	235,1748	257,3702	1,15940	1,84748	2,137331	11,27466
74	1	328,000	680,49	118,8345	235,1748	298,4539	1,32205	1,33280	1,663314	10,32663
75	1	328,000	680,49	133,168197	235,1748	345,186	1,15917	0,81769	1,363589	9,727177
76	1	328,000	680,49	149,226358	235,1748	370,092	0,97669	0,61822	1,131241	9,262481
77	1	328,000	680,49	207,452646	235,1748	439,1668	0,31502	0,27583	0,383981	7,767961
78	1	328,000	680,49	253,226152	235,1748	125,1305	0,20513	2,89145	2,942731	12,88546
79	1	328,000	680,49	174,484159	235,1748	131,3705	0,68967	2,81401	2,986422	12,97284
80	1	328,000	680,49	97,9980303	235,1748	178,0402	1,55883	2,61293	3,002635	13,00527
81	1	328,000	680,49	71,4949712	235,1748	200,9695	1,86000	2,42975	2,894745	12,78949
82	1	328,000	680,49	38,7934003	235,1748	251,4438	2,23161	1,33290	2,564831	12,12966
83	1	328,000	680,49	71,5336151	235,1748	305,4549	1,85956	0,23538	1,918404	10,83681
84	1	328,000	680,49	98,2435519	235,1748	333,3427	1,55604	0,05140	1,568886	10,13777
85	1	328,000	680,49	174,412986	235,1748	408,6769	0,69047	0,14839	0,727573	8,455146
86	1	328,000	680,49	253,602088	235,1748	51,24497	0,20940	3,24003	3,292377	13,58475
87	1	328,000	680,49	175,029302	235,1748	65,01234	0,68347	3,32186	3,492725	13,98545
88	1	328,000	680,49	98,9653931	235,1748	136,6262	1,54783	3,37885	3,765806	14,53161
89	1	328,000	680,49	72,8152869	235,1748	165,3999	1,84499	3,18975	3,650997	14,30199
90	1	328,000	680,49	41,1760003	235,1748	224,0366	2,20453	2,12313	2,735314	12,47063
91	1	328,000	680,49	72,8532304	235,1748	283,3215	1,84456	1,05585	2,108526	11,21705
92	1	328,000	680,49	99,2085207	235,1748	313,1864	1,54507	0,86591	1,761549	10,5231
93	1	328,000	680,49	174,958352	235,1748	392,4095	0,68428	0,65645	0,848391	8,696782
94	2	328,000	680,49	208,972485	235,1748	63,2632	0,29775	3,16922	3,243662	13,48732
95	2	328,000	680,49	151,090675	235,1748	135,8026	0,95550	2,82484	3,063713	13,12743
96	2	328,000	680,49	135,411628	235,1748	164,7202	1,13367	2,62845	2,911864	12,82373
97	2	328,000	680,49	121,366	235,1748	223,5353	1,29328	2,12304	2,446362	11,89272
98	2	328,000	680,49	135,432035	235,1748	282,9252	1,13344	1,61721	1,900572	10,80114
99	2	328,000	680,49	151,250037	235,1748	312,828	0,95369	1,41959	1,658016	10,31603
100	2	328,000	680,49	263,5822	235,1748	128,7876	0,32281	2,89470	2,975407	12,95081
101	2	328,000	680,49	220,532239	235,1748	176,143	0,16639	2,58537	2,626968	12,25394
102	2	328,000	680,49	210,100893	235,1748	199,2906	0,28493	2,44187	2,513099	12,0262
103	2	328,000	680,49	201,335	235,1748	250,104	0,38454	2,12302	2,219159	11,43832
104	2	328,000	680,49	210,114046	235,1748	304,3529	0,28478	1,80390	1,875091	10,75018
105	2	328,000	680,49	220,641451	235,1748	332,3332	0,16515	1,65941	1,700694	10,40139
106	2	328,000	680,49	263,535091	235,1748	407,8539	0,32228	1,35152	1,432091	9,864182
107	2	328,000	680,49	328,804269	235,1748	204,912	1,06397	2,72116	2,987155	12,97431
108	2	328,000	680,49	295,416891	235,1748	237,548	0,68457	2,46350	2,634643	12,26929
109	2	328,000	680,49	287,723102	235,1748	343,5599	0,59714	1,89152	2,040803	11,08161
110	2	328,000	680,49	295,498428	235,1748	368,5757	0,68550	1,78154	1,952918	10,90584
									Total	619,2691



## Waktu Per Pekerjaan Pengangkutan Beton

Task	TC	X	Y	P(D)	P(Sj)	Ij	Ta	Tw	Th	Total T
111	1	328,000	680,49	374,830489	272,9461	286,0183	1,15778	2,50756	2,797007	12,59401
112	1	328,000	680,49	326,831964	272,9461	303,074	0,61234	2,30567	2,458752	11,9175
113	1	328,000	680,49	293,220097	272,9461	338,7347	0,23039	2,04662	2,104222	11,20844
114	1	328,000	680,49	285,457427	272,9461	355,7919	0,14217	1,93665	1,972189	10,94438
115	1	328,000	680,49	279,0687	272,9461	394,6569	0,06957	1,70350	1,720897	10,44179
116	1	328,000	680,49	285,467108	272,9461	438,3714	0,14228	1,47015	1,50572	10,01144
117	1	328,000	680,49	293,302245	272,9461	461,6966	0,23132	1,35939	1,417218	9,834437
118	1	328,000	680,49	326,793974	272,9461	526,7586	0,61191	1,10151	1,254487	9,508973
119	1	328,000	680,49	261,654016	272,9461	229,1855	0,12832	2,48206	2,514138	12,02828
120	1	328,000	680,49	218,224005	272,9461	274,615	0,62184	2,17106	2,326524	11,65305
121	1	328,000	680,49	207,676752	272,9461	295,3981	0,74170	2,02619	2,21161	11,42322
122	1	328,000	680,49	198,804	272,9461	341,2128	0,84252	1,70351	1,914142	10,82828
123	1	328,000	680,49	207,690059	272,9461	390,9497	0,74155	1,38055	1,565935	10,13187
124	1	328,000	680,49	218,334372	272,9461	416,9363	0,62059	1,23468	1,389824	9,779648
125	1	328,000	680,49	277,020206	272,9461	126,9224	0,04630	2,94367	2,955241	12,91048
126	1	328,000	680,49	207,512487	272,9461	161,7302	0,74356	2,76064	2,946527	12,89305
127	1	328,000	680,49	149,064833	272,9461	221,4589	1,40774	2,41645	2,768388	12,53678
128	1	328,000	680,49	133,147442	272,9461	246,7604	1,58862	2,21821	2,615364	12,23073
129	1	328,000	680,49	118,8345	272,9461	300,0947	1,75127	1,70353	2,177151	11,3543
130	1	328,000	680,49	133,168197	272,9461	355,6295	1,58839	1,18842	1,88549	10,77098
131	1	328,000	680,49	149,226358	272,9461	384,0138	1,40591	0,98894	1,653142	10,30628
132	1	328,000	680,49	207,452646	272,9461	460,1928	0,74424	0,64655	0,905882	8,811765
133	1	328,000	680,49	253,226152	272,9461	50,23714	0,22409	3,26218	3,3182	13,6364
134	1	328,000	680,49	174,484159	272,9461	112,1211	1,11889	3,18473	3,464455	13,92891
135	1	328,000	680,49	97,9980303	272,9461	188,3043	1,98805	2,98366	3,480668	13,96134
136	1	328,000	680,49	71,4949712	272,9461	217,4975	2,28922	2,80047	3,372778	13,74556
137	1	328,000	680,49	38,7934003	272,9461	276,5345	2,66083	1,70363	3,086733	13,17347
138	1	328,000	680,49	71,5336151	272,9461	335,9863	2,28878	0,60611	2,440306	11,88061
139	1	328,000	680,49	98,2435519	272,9461	365,8976	1,98526	0,42213	2,090788	11,18158
140	1	328,000	680,49	174,412986	272,9461	445,1875	1,11969	0,22234	1,175279	9,350557
141	1	328,000	680,49	253,602088	272,9461	41,78942	0,21982	3,30075	3,355703	13,71141
142	1	328,000	680,49	175,029302	272,9461	108,5989	1,11269	3,21892	3,497091	13,99418
143	1	328,000	680,49	98,9653931	272,9461	186,2286	1,97705	3,00812	3,502383	14,00477
144	1	328,000	680,49	72,8152869	272,9461	215,7029	2,27421	2,81902	3,387573	13,77515
145	1	328,000	680,49	41,1760003	272,9461	275,1253	2,63375	1,75240	3,071852	13,1437
146	1	328,000	680,49	72,8532304	272,9461	334,8274	2,27378	0,68512	2,445064	11,89013
147	1	328,000	680,49	99,2085207	272,9461	364,8337	1,97429	0,49518	2,098087	11,19617
148	1	328,000	680,49	174,958352	272,9461	444,3135	1,11350	0,28573	1,184929	9,369857
149	2	328,000	680,49	208,972485	272,9461	154,4582	0,72697	2,79850	2,980239	12,96048
150	2	328,000	680,49	151,090675	272,9461	216,2053	1,38472	2,45411	2,80029	12,60058
151	2	328,000	680,49	135,411628	272,9461	242,0566	1,56289	2,25772	2,648441	12,29688
152	2	328,000	680,49	121,366	272,9461	296,239	1,72250	1,75231	2,182939	11,36588
153	2	328,000	680,49	135,432035	272,9461	352,3819	1,56266	1,24648	1,874281	10,74856
154	2	328,000	680,49	151,250037	272,9461	381,0082	1,38291	1,04886	1,645126	10,29025
155	2	328,000	680,49	263,5822	272,9461	220,6705	0,10641	2,52398	2,550577	12,10115
156	2	328,000	680,49	220,532239	272,9461	267,5497	0,59561	2,21464	2,363545	11,72709
157	2	328,000	680,49	210,100893	272,9461	288,8417	0,71415	2,07114	2,249676	11,49935
158	2	328,000	680,49	201,335	272,9461	335,5528	0,81376	1,75230	1,955736	10,91147
159	2	328,000	680,49	210,114046	272,9461	386,0196	0,71400	1,43317	1,611668	10,22334
160	2	328,000	680,49	220,641451	272,9461	412,3171	0,59437	1,28868	1,437271	9,874541
161	2	328,000	680,49	263,535091	272,9461	484,0622	0,10694	0,98079	1,007529	9,015059
162	2	328,000	680,49	328,804269	272,9461	293,8764	0,63475	2,35043	2,509122	12,01824
163	2	328,000	680,49	295,416891	272,9461	330,5309	0,25535	2,09277	2,15661	11,31322
164	2	328,000	680,49	287,723102	272,9461	432,0636	0,16792	1,52079	1,56277	10,12554
165	2	328,000	680,49	295,498428	272,9461	455,7118	0,25628	1,41082	1,474885	9,94977
									Total	635,0849

Koordinat Tower Crane		
TC	X	Y
1	328,000	680,49

	X	Y
S1	260	460,3245
S2	410,67	460,3245
S3	334,052	407,611

$$\alpha = 0,25$$

$$\beta = 1$$

$$\text{Total Waktu Pengangkutan} = 1989,1 \text{ Menit}$$

$$\text{Rata-rata waktu Pengangkutan} = 663,02 \text{ Menit}$$

$$\text{Keseimbangan Beban Kerja} = 8,0366$$

