



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

**OPTIMASI LOKASI UNTUK PENEMPATAN GROUP
TOWER CRANE PADA PROYEK CIPUTRA WORLD 2
OFFICE TOWER JAKARTA**

GIUSTI RIZKY KUSUMANTO
NRP. 3112 100 123

Dosen Pembimbing
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT (RC14-1501)

**LOCATION OPTIMIZATION FOR PLACEMENT OF
TOWER CRANES IN PROJECT CIPUTRA WORLD 2
OFFICE TOWER JAKARTA**

GIUSTI RIZKY KUSUMANTO
NRP. 3112 100 123

Academic Supervisor
Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**OPTIMASI LOKASI UNTUK PENEMPATAN GROUP
TOWER CRANE PADA PROYEK CIPUTRA WORLD 2
OFFICE TOWER JAKARTA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Manajemen Konstruksi
Program Studi S-1 Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

GIUSTI RIZKY KUSUMANTO

NRP. 3112 100 123

Disetujui oleh Dosen Pembimbing

1. Cahyono Bintang Nurcahyo ST., MT (Pembimbing I)



Surabaya, Juli 2016

OPTIMASI LOKASI UNTUK *PENEMPATAN GROUP TOWER CRANE* PADA PROYEK *CIPUTRA WORLD 2 OFFICE TOWER* JAKARTA

Nama Mahasiswa : Giusti Rizky Kusumanto
NRP : 3112 100 123
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Konsultasi : Cahyono Bintang Nurcahyo. ST., MT.

Abstrak

Proyek Ciputra World 2 Office Tower Jakarta menggunakan Tower Crane sebagai alat berat yang digunakan untuk mengangkat alat kontruksi dan material konstruksi. Material konstruksi yang diangkut meliputi besi tulangan dan batu bata ringan sedangkan alat konstruksi berupa scaffolding dan bekesting. Proyek Ciputra World 2 Office Tower Jakarta memiliki aktivitas pengangkutan yang banyak dan area proyek yang luas sehingga satu buah Tower Crane tidak cukup untuk memenuhi seluruh aktivitas pengangkutan, maka digunakan lebih dari satu Tower Crane. Mengingat Tower Crane yang digunakan lebih dari satu buah maka penempatan Tower Crane harus ditempatkan pada titik yang optimal.

Untuk memperoleh titik optimal Tower Crane ada 3 skenario yang harus dilakukan dalam mengerjakan tugas akhir ini. Masing-masing skenario memiliki perbedaan sendiri-sendiri seperti yaitu pada skenario yang pertama ini dicari titik optimal Tower Crane pada kondisi asli di lapangan sesuai dengan data denah titik Supply dan radius Tower Crane 60 m. Lalu pada skenario yang kedua dicari titik optimal Tower Crane pada kondisi titik Supply yang telah di modifikasi penempatan dan jumlahnya tetapi radius Tower Crane yang digunakan sama seperti data yang ada di lapangan yaitu 60 m. Kemudian pada skenario yang ketiga dicari titik optimal Tower Crane pada kondisi titik Supply seperti

skenario 2 tetapi radius Tower Crane yang digunakan diperkecil sampai mencapai radius yang optimal.

Dari 3 skenario yang telah dilakukan penelitian disimpulkan bahwa skenario 2 dengan titik optimal group Tower Crane berada pada koordinat TC1 (79 ; 35) dan TC 2 (55 ; 111) dengan nilai konflik indek (NC) sebesar 0 persilangan dan keseimbangan beban kerja antar Tower Crane (σ) 98,170 menit adalah skenario yang paling optimal.

Kata kunci : *Tower Crane, Titik Optimal, Radius.*

LOCATION OPTIMIZATION FOR *PLACEMENT OF TOWER CRANES IN PROJECT CIPUTRA WORLD 2 OFFICE TOWER JAKARTA*

Student Name : Giusti Rizky Kusumanto
Reg. Number : 3112 100 123
Departement : Civil Engineering FTSP-ITS
Supervisor : Cahyono Bintang Nurcahyo. ST., MT.

Abstract

Project Ciputra World 2 Office Tower Jakarta used Tower Crane as Construction Device which used to lift Construction Devices & Materials. Those Materials are Reinforcement Steels & Light Bricks, while the Devices are formworks & scaffoldings. Project Ciputra World 2 Office Tower Jakarta needs more than one Tower Cranes because of frequent lifting activities and the coverage area that needs the service. To optimize the usage, those Tower Crane will be placed on optimum points.

To find the optimum point of Tower Crane, there are 3 conditions to fulfill in doing this final assignment. Each conditions are different to each other, such as in first condition where Optimum Point of Tower Crane be sought on real field condition corresponding to sketch data of Supply Point in 60m radius of Tower Crane. On the second condition, Tower Crane Optimum Point be sought on Supply Points whose placements and amounts has been modified, with the radius length referring to field data, 60 m. and the last condition, is to find Tower Crane Optimum Point in condition of Supply Point similar to second point, but Tower Crane radius length used, be diminished until it reached Optimum Point.

From these 3 scenarios that have been conducted, the conclusion is that scenario number 2 with the optimum point group Tower Crane with the coordinate on TC1 (79 ; 35) and TC 2 (55 ;

111) with the index conflict (NC) number of zero crossover and the balance of weight between Tower Crane (σ) is 98,170 minutes, which concluded as the most optimum scenario

Keywords: *Tower Crane, Optimum Point, Radius.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Definisi dan Terminologi.....	5
2.2. Konsep dan Dasar Teori.....	6
2.2.1 Tower Crane.....	6
2.2.2 Jenis-jenis Tower Crane.....	6
2.2.3 Bagian-bagian Tower Crane.....	7
2.2.4 Mekanisme Kerja Tower Crane.....	9
2.2.5 Kapasitas Tower Crane.....	9
2.2.6 Pemilihan Tower Crane.....	10
2.2.7 Faktor-faktor Posisi Tower Crane.....	10
2.3. Menentukan Lokasi Awal Tower Crane.....	11
2.3.1 Menentukan Kapasitas Angkatan.....	11
2.3.2 Menentukan Feasible Area.....	12
2.4. Menentukan Kelompok Pekerjaan.....	13
2.4.1 Matrik Akseibilitas.....	13
2.4.2 Kriteria Penentuan Pekerjaan.....	14
2.4.3 Penentuan Pekerjaan.....	15

2.5 Menentukan Kelompok Pekerjaan Yang Mampu Meringankan Beban Kerja Pada Setiap Tower Crane dan Meminimalkan Konflik Yang Terjadi.....	16
2.5.1 Model Lokasi Tower Crane Tunggal.....	16
2.5.2 Waktu Perjalanan Untuk Melakukan Pekerjaan.....	16
2.5.3 Optimasi Lokasi Untuk Grup Tower Crane.....	18

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Studi.....	19
3.2 Metode Pengumpulan Data.....	19
3.2.1 Denah Letak Lokasi Tower Crane.....	19
3.3 Metode Analisis.....	19
3.3.1 Penentuan Lokasi Awal Tower Crane.....	20
3.3.2 Penentuan Kelompok Pekerjaan Yang Mampu Meringankan Beban Kerja.....	20
3.3.3 Optimasi Tower Crane Tunggal Diterapkan Pada Setiap Tower Crane.....	21
3.4 Skenario Permodelan.....	21
3.5 Tahapan Iterasi.....	22

BAB IV ANALISA HASIL PENELITIAN

1.1 Tinjauan Umum Proyek.....	27
4.1.1 Data Umum Proyek.....	27
4.1.2 Ruang Lingkup Pekerjaan.....	28
4.2 Skenario 1.....	33
4.2.1 Menentukan Titik Supply dan Titik Demand.....	33
4.2.2 Menentukan Lokasi Awal Tower Crane.....	36
4.2.2.1 Menentukan Kapasitas Angkatan Tower Crane.....	36
4.2.2.2 Menentukan Feasible Area.....	43
4.2.2.3 Menentukan Lokasi Awal Tower Crane.....	51
4.2.3 Menentukan Kelompok Pekerjaan Untuk Setiap Tower Crane.....	52

4.2.3.1 Menetapkan Kelompok Pekerjaan dengan Keseimbangan Beban Kerja (σ) dan Konflik Indeks (NC) Terkecil.....	53
4.2.3.2 Iterasi.....	61
4.2.3.3 Proses Iterasi.....	64
4.2.3.4 Hasil Iterasi.....	65
4.3 Skenario 2.....	67
4.3.1 Hasil Iterasi.....	68
4.4 Skenario 3.....	69
4.4.1 Hasil Iterasi.....	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS.....	154

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh Matriks Aksebelitas.....	14
4.1 Perbedaan Setiap Skenario.....	31
4.2 Koordinat Titik Supply.....	33
4.3 Koordinat Titik Demand.....	34
4.4 Delay.....	37
4.5 Daftar Pekerjaan dan Frekuensi Angkatan Titik Supply Ke Titik Demand.....	37
4.6 Matriks Akseabilitas Tower Crane 1 dan Tower Crane 2 Sebelum Iterasi.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Feasible Area</i>	12
	2.2 <i>Overlap Feasible Area</i>	12
	2.3 Contoh Konflik Antar Dua Pekerjaan.....	15
	2.4 Waktu Perjalanan Pengait.....	17
	3.1 Flowchart Penentuan NC dan σ Pada Group Tower Crane.....	23
	3.2 Tahapan Penelitian.....	26
	4.1 Denah Pembagian Blok Untuk Tower Crane.....	29
	4.2 Denah Pembagian Zona Untuk Tower Crane.....	30
	4.3 Denah Titik Supply dan Demand.....	32
	4.4 Spesifikasi Tower Crane MC 205B.....	35
	4.5 Mekanisme Potain MC 205B.....	36
	4.6 Denah Pendistribusian Task 1.....	38
	4.7 Layout Distribusi Scaffolding.....	39
	4.8 Layout Distribusi Bekisting.....	40
	4.9 Layout Distribusi Besi.....	41
	4.10 Layout Distribusi Bata Ringan.....	42
	4.11 Feasible Area Scaffolding.....	44
	4.12 Feasible Area Bekisting.....	45
	4.13 Feasible Area Besi.....	46
	4.14 Feasible Area Bata Ringan.....	47
	4.15 Irisan Feasible Area Pada Blok A.....	48
	4.16 Feasible Task Area Pada Blok A dan Blok B.....	49
	4.17 Lokasi Awal Tower Crane 1 dan Tower Crane 2.....	50
	4.18 Akseibilitas Tower Crane 1 dan Tower Crane 2.....	51
	4.19 Waktu Perjalanan Pengait.....	55
	4.20 Pergerakan Pengait Tower Crane 1 (Tampak Atas).....	57

4.21 Pergerakan Pengait Tower Crane 1 (Tampak Samping).....	57
4.22 Perpotongan Tasl 25 (TC1) dengan Task 143 (TC2).....	59
4.23 Flowchart Penentuan nilai NC dan σ Pada Group Tower Crane.....	60
4.24 Titik Sampel Feasible Area.....	63
4.25 Titik Optimal Tower Crane 1 dan Tower Crane 2.....	64
4.26 Denah Modifikasi Titik Supply.....	66
4.27 Titik Optimal Tower Crane 1 dan Tower Crane 2.....	67
4.28 Denah Modifikasi Titik Supply.....	68
4.29 Titik Optimal Tower Crane 1 dan Tower Crane 2.....	69
5.1 Titik Optimal Tower Crane 1 dan Tower Crane 2 Pada Skenario 2.....	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring terus berkembangnya berbagai kegiatan usaha yang ditangani Ciputra Group di seluruh Indonesia khususnya di Jakarta yang notabene adalah ibukota negara Indonesia, Ciputra Group memberikan fasilitas berupa perkantoran di kawasan Jakarta Selatan dimana di kawasan ini merupakan kawasan bisnis dan perkantoran. Gedung perkantoran ini akan menjadi pusat bisnis untuk perusahaan – perusahaan yang memerlukan ruang kantor di kawasan Kuningan, Jakarta Selatan ini guna meningkatkan efisiensi kerja dan menciptakan suasana kerja yang nyaman bagi para ekspatriat. PT. Saraneka Indahpancar, merealisasikan solusi tersebut dengan membangun Gedung Perkantoran *Ciputra World 2 Jakarta Office Tower* yang berlokasi di Jalan Prof. Dr. Satrio Kav. 11 Kuningan, Jakarta Selatan. Gedung perkantoran ini terdiri dari 2 Tower dengan masing-masing Tower terdiri dari 47 lantai ditambah 5 lantai basement untuk tempat parkir. Konsep pembangunan *Ciputra World 2 Jakarta Office Tower* ini menggunakan konsep *green building* yaitu konsep yang tidak hanya pembangunan gedung yang diperhatikan melainkan ada beberapa tempat yang dikonsept sebagai ruang tata hijau. *Ciputra World 2 Jakarta Office Tower* ini memakai sistem basement dengan 5 lantai di bawah tanah sampai pada kedalaman 18 meter. *Ciputra World 2 Jakarta Office Tower* ini diproyeksikan untuk menjadi pusat operasi unit-unit usaha Ciputra Group di Jakarta dan akan disewakan untuk perusahaan-perusahaan lainnya. Gedung perkantoran juga bisa digunakan aktifitas berbagai bidang usaha seperti media (televisi, radio, surat kabar), properti, asuransi.

Tentu saja dengan dibangunnya proyek sebesar ini diperlukan alat bantu yang dapat membantu terlaksananya proyek khususnya pada hal-hal yang tidak bisa lakukan oleh tenaga manusia. Pada proyek sebesar ini dibutuhkan alat bantu untuk mengangkat alat-

alat serta bahan material dari tempat awal menuju tempat dimana alat serta bahan itu dibutuhkan. Untuk itu diperlukan penggunaan *tower crane* untuk membantu terlaksananya proyek tersebut. Tapi tentu saja jika *tower crane* tersebut tidak di letakkan pada posisi yang tidak sesuai kinerjanya pun pasti tidak akan bisa optimal bahkan dapat merugikan, untuk itu *tower crane* perlu ditempatkan pada posisi yang sesuai.

Tower crane banyak digunakan untuk proyek-proyek pembangunan gedung-gedung bertingkat dan juga jembatan. Dengan menggunakan *tower crane* maka pekerjaan lebih mudah dan cepat dibandingkan dengan menggunakan sistem konvensional. Alat bantu dalam setiap proyek sangat penting perannya dalam menyelesaikan sebuah pekerjaan. Tidak ada yang bergerak sendiri, semuanya berkoordinasi menjadi sebuah tim yang saling mendukung satu sama lain. Salah satu elemen penting dalam sebuah pekerjaan di proyek pembangunan itu bernama *tower crane*. *tower crane* adalah suatu alat bantu yang ada hubungannya dengan akses bahan dan material konstruksi dalam suatu proyek. Bila dijabarkan lebih lanjut, fungsinya lebih dekat terhadap alat mobilisasi vertikal-horisontal yang amat sangat membantu didalam pelaksanaan pekerjaan struktur. *Tower crane* biasanya disewakan dengan sebuah harga yang didalamnya sudah terlengkap elemen biaya kirim (transportasi sampai ke lokasi), metode (pemasangan dan pembongkaran) serta pemulangan (transportasi sampai ke tempat nya semula). *Tower crane* banyak digunakan untuk proyek-proyek pembangunan gedung-gedung bertingkat dan juga jembatan.

Dengan menggunakan *tower crane* maka pekerjaan lebih mudah dan cepat dibandingkan dengan menggunakan system konvensional atau cara lama. Pada masa lalu, pekerjaan proyek jarang menggunakan *tower crane*, orang banyak dibantu dengan menggunakan Derek biasa serta menggunakan tenaga manusia dalam mengerjakan proyek gedung bertingkat. Penempatan *tower crane* memerlukan perencanaan yang matang dan tepat.

Perencanaan yang matang ini harus merujuk kepada struktur bangunan yang dibangun serta kondisi dilapangan. Apalagi jika ada banyak *tower crane* yang dipasang dalam sebuah proyek Konstruksi, harus diperhitungkan juga jangkauan dari setiap *tower crane* yang dipasang. Hal ini menjadi penting mengingat penempatan *tower crane* yang salah akan mengakibatkan tidak efektifnya fungsi dari *tower crane* itu sendiri. *Tower crane* harus ditempatkan sebaik mungkin agar dapat menjangkau seluruh wilayah proyek dengan menggunakan panjang lengan (*jib length*) yang sependek mungkin tanpa harus melakukan pekerjaan bongkar pasang *tower crane*. Semakin jauh radius *jib*, maka kemampuan angkat menurun.

Selain untuk efisiensi diperlukan perhitungan resiko untuk penempatan *tower crane* tersebut agar penempatannya tidak membahayakan para pekerja yang bekerja pada proyek tersebut. Jika tidak diperhatikan hal ini akan sangat berdampak serius pada proses berjalannya proyek ini karena jika terjadi kecelakaan bukan tidak mungkin dapat berakibat dihentikannya pekerjaan proyek tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Dari penulisan latar belakang tersebut diatas, maka permasalahan yang perlu ditinjau adalah:

Dimana titik lokasi Tower Crane yang paling optimal pada proyek Ciputra World 2 Office Tower Jakarta ?

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan yang hendak dicapai dari penulisan tugas akhir ini ialah :

Mencari titik lokasi yang tepat untuk penempatan *Tower Crane* yang memiliki konflik indek serta keseimbangan beban paling kecil.

1.4 Batasan Masalah

Adapun lingkup pembahasan dan batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini ialah:

1. Penelitian ini hanya menghitung posisi yang paling tepat untuk penempatan *Tower Crane*
2. Objek yang dinilai meliputi keseluruhan proyek Ciputra World 2 Office Tower Jakarta
3. Penelitian tidak memperhitungkan aspek biaya
4. Jumlah *Tower Crane* sudah ditentukan
5. Spesifikasi *Tower Crane* sudah ditentukan
6. Ketinggian *Tower Crane* tidak diperhitungkan
7. Bangunan tinggi di sekitar proyek Ciputra World 2 Office Tower Jakarta dianggap tidak ada.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini ialah:

Dengan mengetahui lokasi titik penempatan *Tower Crane* yang paling tepat proses pengerjaan proyek tersebut akan semakin cepat karena terbantu oleh *Tower Crane* tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi dan Terminologi

Proyek adalah suatu kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu sesuai dengan Budget yang ditetapkan untuk mencapai sasaran yang ditentukan pula. Perencanaan pelaksanaan dari proyek satu dengan yang lain berbeda karena sifat proyek tersebut, sehingga dalam perencanaan proyek harus benar-benar dikerjakan dengan persiapan yang matang sehingga dapat dicapai efisiensi yang tinggi (Suharto, 1995)

Konstruksi adalah kegiatan yang tidak lepas dari suatu resiko, termasuk di dalamnya adalah pemakaian alat berat dengan biaya yang tidak sedikit. Walaupun untuk proyek kecil, peralatan yang mahal sering digunakan dan angka disini mempengaruhi angka kontrak. Kemampuan kontraktor untuk membuat perencanaan yang matang terhadap pemakaian berbagai peralatan disini akan membantu kontraktor untuk mengoptimalkan pemakaiannya sehingga mampu memenangkan proses tender (Peurifoy, 1996)

Perencanaan yang tepat mengenai letak berbagai peralatan konstruksi disini dipercaya sebagai kunci dari efisiensi produktifitas. Perencanaan perletakan yang mana mendefinisikan mengenai tipe peralatan, kuantitas alat, posisi dari peralatan yang digunakan, Storage Area dan fabrikasi sangat berpengaruh dalam hal produktifitas, biaya dan durasi dari pekerjaan konstruksi (Tam, 2011)

Tower Crane sebagai target optimasi merupakan salah satu peralatan dalam pelaksanaan konstruksi memegang peran yang cukup besar dalam hal pengangkutan material dan merupakan peralatan terkritis dari pelaksanaan suatu gedung bertingkat sehingga menuntut perencanaan yang tepat. Pemakaian *Tower Crane* memerlukan pertimbangan perencanaan yang matang

karena *Tower Crane* disini diletakkan secara tetap pada suatu lokasi selama aktivitas konstruksi dikerjakan. *Tower Crane* harus mampu melayani semua titik permintaan dari posisinya yang tetap. Perencana harus dapat memastikan bahwa pengangkutan material disini dapat dipenuhi dalam radius yang disediakan *Tower Crane* (Peurifoy, 1996)

2.2 Konsep dan Dasar Teori

2.2.1 *Tower Crane*

Tower Crane adalah alat pengangkat dan pemindahan material, yang bekerja dengan prinsip kerja tali (Chudley, 2004). *Tower Crane* sangat bervariasi, mulai dari sistem katrol sederhana sampai sistem mekanis yang rumit. Secara umum *Tower Crane* dapat digolongkan menjadi tiga tipe utama, yaitu *mobile*, *static*, dan *Tower Crane*. Dalam pembahasan ini akan lebih difokuskan ke arah *Tower Crane*.

Tower Crane (TC) adalah salah satu tipe *Tower Crane* yang biasa dijumpai dalam proyek besar. Alat ini memiliki ketinggian yang sangat baik dan jarak jangkauan yang luas. *Tower Crane* juga memiliki beberapa jenis, yang dapat disesuaikan dengan keadaan dan keunikan lokasi proyek. Namun biaya pengadaan *Tower Crane* yang mahal mengharuskan perencana untuk merencanakan waktu penggunaan *Tower Crane* ini secara maksimal dan optimal agar tidak terjadi pemborosan biaya pekerjaan.

2.2.2 Jenis-jenis *Tower Crane*

Tower Crane memiliki banyak model yang disesuaikan dengan kondisi proyek. Ada empat jenis *Tower Crane* yaitu (Chudley, 2004) :

1. *Self Supporting Static Tower Crane*

Sesuai dengan namanya, *Tower Crane* jenis ini berdiri di atas pondasi yang diam di tanah. Kemampuan mengangkut barang

yang berat dan jangkauan yang luas membuat *Tower Crane* ini cocok untuk proyek dengan lahan terbuka yang luas

2. ***Supported Static Tower Crane***

Memiliki sistem kerja yang serupa dengan *Self Supporting Static Tower Crane*, dan digunakan jika diperlukan pengangkatan material ke tempat yang sangat tinggi. Bagian *mast* atau *tower* dari *Tower Crane* jenis ini diikatkan ke bangunan untuk memberikan tambahan stabilitas

3. ***Travelling Tower Crane***

Tower Crane jenis ini bisa berpindah tempat, karena didirikan diatas bogi roda (sejenis roda kereta api) dan berjalan sepanjang rel. Karena dapat bergerak sepanjang rel, *Tower Crane* ini dapat menjangkau area proyek yang jauh lebih luas dari pada *Tower Crane* yang diam di tempat. Namun karena berjalan di atas rel, maka lokasi proyek haruslah dibuat cukup rata agar *Tower Crane* berjalan

4. ***Climbing Tower Crane***

Biasa digunakan di bangunan tinggi, *Tower Crane* jenis climbing diletakkan di dalam struktur bangunan yang dibangun. Seiring bertambah tingginya bangunan yang dibangun, *Tower Crane* juga ikut bertambah tinggi.

2.2.3 Bagian-bagian *Tower Crane*

Adapun bagian-bagian *Tower Crane* yang terdiri dari (Rostiyanti, 2002)

1. ***Base***

Merupakan tempat kedudukan *Tower Crane* yang berfungsi menahan gaya aksial dan gaya tarik, berupa blok beton atau tiang pancang.

2. ***Base section***

Bagian paling dasar dari badan *Tower Crane* yang langsung dipasang atau dijangkar ke pondasi.

3. ***Mast section***
Bagian dari badan *Tower Crane* yang berupa segmen kerangka yang dipasang untuk menambah ketinggian *Tower Crane*.
4. ***Climbing frame***
Bagian dari badan *Tower Crane* yang berfungsi sebagai penyangga saat penambahan massa.
5. ***Support sea***
Merupakan tumpuan atau dudukan yang menyokong slewing ring dalam mekanisme putar, terdiri dari bagian atas (*upper*) dan bagian bawah (*lower*).
6. ***Slewing ring***
Merupakan alat yang dapat berputar 360° , berperan dalam mekanisme putar.
7. ***Slewing mast***
Merupakan alat yang ikut berputar bersama *jib*, terletak di bawah *cat head*.
8. ***Cat head***
Puncak *Tower Crane* berfungsi sebagai tumpuan kabel *jib* dan counter *jib*.
9. ***Jib***
Lengan pengangkut beban dengan panjang bermacam-macam tergantung kebutuhan.
10. ***Counter jib***
Lengan penyeimbang terhadap beban momen dari *lattice jib*.
11. ***Counter weight***
Blok beton yang merupakan pemberat, yang dipasang pada ujung *counter jib*.
12. ***Cabin set***
Ruang operator pengendali *Tower Crane*.
13. ***Access ladder***
Tangga vertikal yang berfungsi sebagai akses bagi operator menuju cabin set, terletak di bagian *mast section*.

14. **Trolley**

Alat untuk membawa hook sehingga dapat bergerak secara horisontal sepanjang *lattice jib*.

15. **Hook**

Alat pengait beban yang terpasang pada *trolley*.

2.2.4 Mekanisme Kerja Tower Crane

Mekanisme kerja Tower Crane meliputi (Rostiyanti, 2002) :

1. **Mekanisme angkat (*hoisting mechanism*)**

Mekanisme ini digunakan untuk mengangkat beban.

2. **Mekanisme putar (*slewing mechanism*)**

Mekanisme yang digunakan untuk memutar *jib* dan counter *jib* sehingga dapat mencapai radius yang diinginkan.

3. **Mekanisme jalan dari trolley (*trolley traveling mechanism*)**

Mekanisme ini digunakan untuk menjalankan *trolley* maju dan mundur sepanjang *jib*.

4. **Mekanisme jalan (*traveling mechanism*)**

Mekanisme yang digunakan untuk menjalankan kereta untuk *traveling Tower Crane*.

2.2.5 Kapasitas Tower Crane

Besarnya muatan yang dapat diangkat oleh *Tower Crane* telah diatur dan ditetapkan dalam manual operasi *Tower Crane* yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat *Tower Crane*. Prinsip dalam penentuan beban yang bisa diangkat adalah berdasarkan prinsip momen. Jadi jarak dan ketinggian tertentu *Tower Crane* memiliki momen batas yang tidak boleh dilewati. Panjang lengan muatan dan daya angkut muatan merupakan suatu perbandingan yang bersifat linier. Perkalian panjang lengan dan daya angkut maksimum pada setiap titik adalah sama dan menunjukkan kemampuan momen yang bisa diterima *Tower Crane*

tersebut.semakin berat beban yang haru diangkut maka radius operasi yang dapat dicapai juga akan semakin kecil.

2.2.6 Pemilihan *Tower Crane*

Pemilihan *Tower Crane* sebagai alat untuk memindahkan material didasarkan pada kondisi lapangan yang tidak luas, ketinggian yang tidak terjangkau oleh alat lain, dan tidak dibutuhkan pergerakan alat. Pemilihannya harus direncanakan sebelum proyek tersebut dimulai. Hal tersebut dikarenakan dalam pengoperasiannya *Tower Crane* harus diletakkan disuatu tempat yang tetap selama proyek berlangsung, sehingga *Tower Crane* mampu memenuhi kebutuhan akan pemindahan material dari suatu tempat ke tempat berikutnya sesuai daya jangkau yang ditetapkan. Selain itu pada saat proyek telah selesai, pembongkaran *Tower Crane* harus dapat dilakukan dengan mudah. Pemilihan jenis *Tower Crane* yang akan di pakai harus mempertimbangkan (Rostiyanti, 2002) :

1. Situasi dari proyek (ruang yang ada, batasan lokasi, alat-alat lain yang ada).
2. Bentuk dari struktur bangunan.
3. Ketinggiann struktur bangunan yang dikerjakan.
4. Radius yang dapat dijangkau oleh *Tower Crane* yang digunakan.

2.2.7 Faktor-faktor Posisi *Tower Crane*

Faktor-faktor yang mempengaruhi posisi *Tower Crane* (Rostiyanti, 2002) :

1. Keamanan

Untuk kepentingan keamanan dan efisiensi maka posisi *Tower Crane* diletakkan sejauh mungkin dari *Tower Crane* yang lain.

2. **Kapasitas Crane**

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

3. **Ruang kerja**

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

4. **Lokasi Supply dan Demand**

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

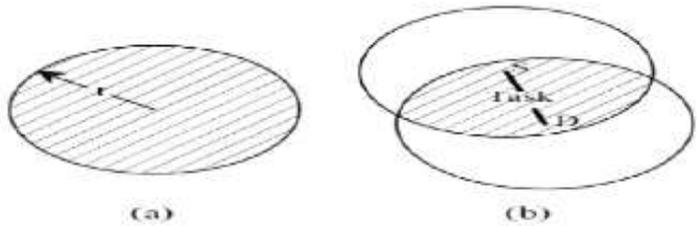
5. **Feasible Area**

Feasible Area merupakan area yang paling memungkinkan untuk menempatkan Tower Crane.

2.3 **Menentukan Lokasi Awal Tower Crane Untuk Memperkirakan Pengelompokan Kerja**

2.3.1 **Menentukan Kapasitas Angkutan dan Feasible Area**

Kapasitas angkatan *Tower Crane* ditentukan dari kurva radius beban, dimana beban lebih besar maka radiusnya lebih pendek. Diasumsikan beban dari titik penyediaan (S) adalah w dan radius adalah r . Oleh karena itu *Tower Crane* tidak bisa mengangkat beban kecuali berada dalam lingkaran dengan radius r (gambar 2.1 (a)). Untuk mengangkat beban dari (S) ke titik kebutuhan (D), *Tower Crane* harus diposisikan dalam area berbentuk elips yang merupakan perpotongan dari dua lingkaran (gambar 2.1(b)). Area ini disebut *Feasible Area*. Luas area tergantung jarak antara S dan D berat dari beban dan kapasitas *Tower Crane*. Semakin besar *Feasible Area* maka semakin mudah dalam menangani pekerjaan (Sebt, et al, 2008).

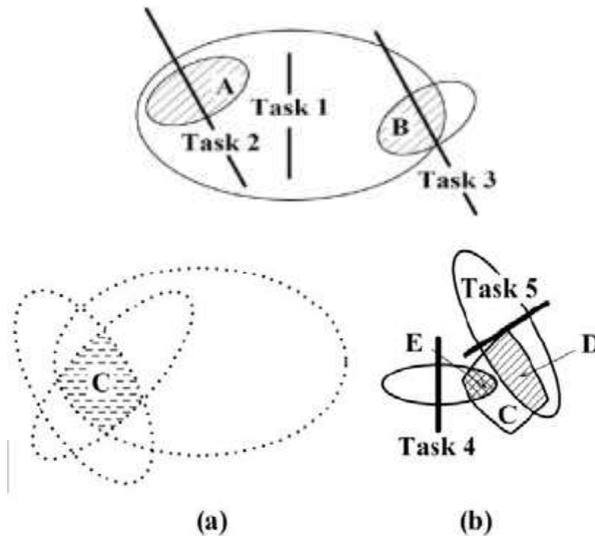


Gambar 2.1 Feasible Area

(Sumber : Sebt, et al, 2008)

2.3.2 Menentukan Feasible Area

Tiga hubungan geometris muncul untuk menentukan Feasible Area yang berdekatan.



Gambar 2.2 Overlap Feasible Area

(Sumber : Sebt, et al, 2008)

Seperti yang terlihat pada gambar 2.2 (a), dengan menempatkan di area A, *Tower Crane* bisa menangani pekerjaan 1 dan 2, demikian juga bila di dalam area B bisa menangani pekerjaan 1 dan 3. Disamping itu kasus (a) menunjukkan bahwa pekerjaan 2 dan 3 sangat berjauhan sehingga *Tower Crane* tunggal tidak bisa menangani keduanya tanpa memindahkannya, jadi dibutuhkan lebih dari satu *Tower Crane* atau *Tower Crane* dengan kapasitas pengangkutan yang lebih besar. Pada gambar 2.2 (b) area c merupakan *Feasible Area* dari tiga pekerjaan. Kemudian pada gambar 2.2 (c), apabila terdapat dua pilihan setelah area C di overlap dua pekerjaan, maka yang dipilih adalah *Feasible Area* yang terbesar yaitu area D. Dan untuk pekerjaan 4 masuk area lainnya atau dilayani *Tower Crane* lainnya (Sebt, et al, 2008) .

2.4 Menentukan Kelompok Pekerjaan Yang Mampu Meringankan Beban Pekerjaan *Tower Crane*

2.4.1 Matriks Akseibilitas

Pada tahap ini, diasumsikan bahwa semua *Tower Crane* diletakan pada lokasi awal. Matrik akseibilitas digunakan untuk mengetahui kemampuan *Tower Crane* untuk mengakses tiap pekerjaan, dimana δ_{ij} merupakan *variabel binary* sebagai berikut :

$$\delta_{ij} \begin{cases} 1 & \text{jika Tower Crane } i \text{ bisa menangani pekerjaan } j \\ 0 & \text{jika Tower Crane } i \text{ tidak bisa menangani pekerjaan } j \end{cases}$$

Penentuan kelompok pekerjaan dapat dilihat pada tabel 2.1, ini diperlukan agar pekerjaan bisa dijangkau oleh satu *Tower Crane*. Jadi apabila satu pekerjaan bisa dijangkau oleh dua *Tower Crane* maka kita harus menentukan *Tower Crane* mana yang akan menangani pekerjaan tersebut (Tam dan Leung, 2008).

Cran e (1)	Pekerjaan					
	Pekerj aan n ₁	Pekerj aan n ₂	..... .....	Pekerj aan n _j	..... .....	Pekerj aan n _J
	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Cran e ₁	δ_{11} δ_{12}	δ_{21} δ_{22}				
Cran e ₂				δ_{ij}		δ_{iJ}
..... ...						δ_{iJ}
Cran e _i				δ_{ij}		
..... ...						
Cran e _I						

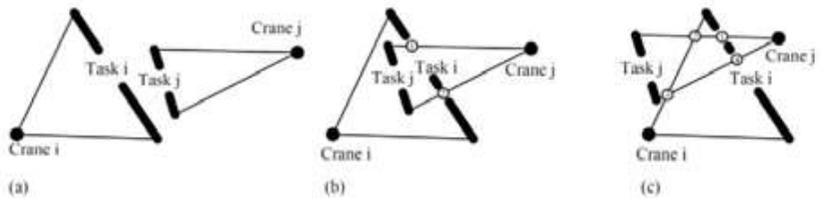
Tabel 2.1 Contoh Matriks Akseibilitas

2.4.2 Kriteria Penentuan Pekerjaan

Ada dua kriteria yang diterapkan untuk mengukur efektifitas penentuan pekerjaan, antara lain keseimbangan beban kerja pada masing-masing waktu pengangkutan untuk setiap *Tower Crane* dan kemungkinan konflik terendah. Kondisi keseimbangan beban kerja dapat diukur standart deviasi T_i , T_i merupakan waktu pengangkutan pengait *Tower Crane* ke- i .

Untuk mengukur kemungkinan konflik, diperkenalkan parameter NC atau *conflict index*. Setiap δ_{ij} dicocokkan pada segitiga dengan titik *Supply*, titik demand dan lokasi *Tower Crane* sebagai ujung-ujungnya (gambar 2.3). Jika dua segitiga letaknya berjauhan maka tidak akan terjadi konflik (gambar 2.3). Jumlah perpotongan antara dua segitiga menggambarkan tingkat keruwetan konflik, semakin berpotongan maka semakin mungkin

terjadi konflik. Maka dari (gambar 2.3 (b)) konflik lebih memungkinkan terjadi dari pada (gambar 2.3(c)). Sebagai tambahan, semakin intensif arus material juga berpengaruh terhadap kemungkinan konflik.



Gambar 2.3 Contoh konflik antar dua pekerjaan

(Sumber : Sebt, et al, 2008)

2.4.3 Penentuan Pekerjaan

Dengan menggabungkan dua kriteria diatas, penentuan pekerjaan bisa disajikan sebagai berikut (Tam dan Leung, 2008) :

$$NC \left(\begin{matrix} NC(x, y, \delta_{11}, \delta_{12}, \dots, \delta_{21}, \delta_{22}, \dots, \delta_{ij}, \dots, \delta_{IJ}) \\ \sigma(x, y, \delta_{11}, \delta_{12}, \dots, \delta_{21}, \sigma_{22}, \dots, \delta_{ij}, \dots, \delta_{IJ}) \end{matrix} \right)$$

Dimana variabel δ_{ij} adalah $j \in J = j : \sum \delta_{ij} > 1$ dan (x,y) merupakan model generasi lokasi awal *Tower Crane*. Model ini merupakan abnormal 0-1 program integer dan tidak mungkin diselesaikan dengan algoritma konvensional. Tidak ada hasil optimal yang keluar dari NC dan σ . Namun solusi yang memuaskan bisa dihasilkan dengan cara *trade off* antara dua kriteria untuk setiap solusi. Set δ_{ij} secara random lalu mencocokkan NC dan σ yang telah dihitung.

2.5 Menentukan Posisi Optimal Tiap *Tower Crane* Dengan Mengaplikasikan Model Optimasi *Tower Crane* Tunggal

2.5.1 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 optimal diantara titik *Feasible Area*.

Titik yang paling optimal adalah titik yang memiliki konflik indek dan keseimbangan beban kerja antar *Tower Crane* yang paling kecil.

2.5.2 Waktu Perjalanan Untuk Melakukan Pekerjaan

Rumus dibawah ini adalah rumus untuk perhitungan waktu perjalanan pengait untuk melakukan pekerjaan :

$$T = \max (T_h, T_v) + \beta \min (T_h, T_v)$$

$$T_v = (ZD_j - ZS_j) / V_v$$

$$T_h = \max (T_a, T_\omega) + \alpha \min (T_a, T_\omega)$$

$$\rho (D_j) = \sqrt{(XD_j - x)^2 + (YD_j - y)^2}$$

$$\rho (S_j) = \sqrt{(XS_j - x)^2 + (YS_j - y)^2}$$

$$l_j = \sqrt{(XD_j - XS_j)^2 + (YD_j - YS_j)^2}$$

Waktu pergerakan radial trolley

$$T_a = \left| \frac{\rho(D_j)^2 - \rho(S_j)^2}{V\alpha} \right|$$

Dimana :

T_h = Waktu perjalanan horizontal pengait

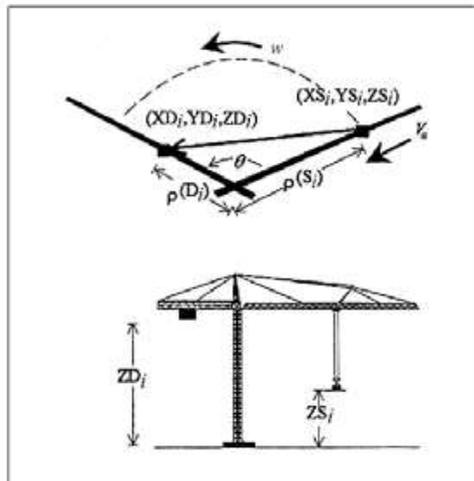
T_v = Waktu perjalanan vertikal pengait

T_a = Waktu pergerakan radial trolley

T_ω = Waktu pergerakan tangensial trolley

α = Derajat koordinasi pergerakan pengait dalam arah radial dan tangensial pada bidang horisontal ; (antara 0 sd 1)

β = Derajat koordinasi pergerakan pengait dalam arah radial dan tangensial pada bidang vertikal dan horisontal ; (antara 0 sd 1)



Gambar 2.4 Waktu perjalanan pengait

(Sumber : Tam dan Leung, 2008)

2.5.3 Optimasi Lokasi Untuk Grup *Tower Crane*

Optimasi lokasi untuk Group *Tower Crane* bisa dilakukan dengan menggabungkan dua sub model di atas yaitu dengan

mencari NC, σ yang paling kecil dari setiap titik dalam *Feasible Area*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Studi

Lokasi proyek Ciputra World 2 Office Tower Jakarta berada di Jalan Prof. Dr. Satrio Kav. 11 Kuningan, Jakarta Selatan.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Ada dua jenis data yang diperlukan untuk penelitian ini, yaitu:

- a) **Data Primer**
Data yang hanya dapat diperoleh dari sumber asli atau pertama yaitu yang berasal dari Kontraktor Utama PT.MULTIKON. Data primer ini berupa wawancara dengan pihak terkait dalam pelaksanaan proyek khususnya mengenai Tower Crane seperti jumlah.
- b) **Data Sekunder**
Yaitu data yang sudah tersedia sehingga hanya perlu dicari, dikumpulkan dan diolah yang diperoleh dari terkait. Data sekunder ini meliputi:

3.2.1 Denah Letak Tower Crane

Denah letak Tower Crane dibutuhkan untuk mengetahui posisi Tower Crane pada proyek tersebut. Selain itu kita juga dapat mengetahui berapa radius jangkauan daripada Tower Crane tersebut.

3.3 Metode Analisis

Dalam analisa group *Tower Crane*, hasil penempatan *Supply Point* dari *Single Tower Crane* digunakan untuk memulai proses analisa. Dimana antara *Supply Point* dan *Demand Point* membentuk suatu *Task* yang selanjutnya akan dianalisa kedekatannya sehingga membentuk suatu group *Task*. Kedekatan suatu *Task* diukur dari *Overlapping Area*, semakin besar

Overlapping Area maka semakin dekat antar *Task*. Apabila diantara *Task* yang satu dengan yang lain terlalu jauh maka ditempatkan pada *Tower Crane* yang berbeda. Berdasarkan pada group *Task* yang berbentuk maka akan terbentuk *Feasible Area* untuk penempatan *Tower Crane* untuk group *Task* yang ditinjau kemudian dilanjutkan dengan analisa letak group *Tower Crane* yang dapat memberikan hasil yang optimal. Untuk lebih detailnya dalam teknik analisa ini saya membagi ke dalam beberapa Sub Bab.

3.3.1 Penentuan Lokasi Awal Tower Crane

Penentuan lokasi awal *Tower Crane* bertujuan untuk memperkirakan kelompok pekerjaan setiap *Tower Crane*. Dalam hal ini dibagi menjadi menjadi empat tahap yaitu :

- a. Menentukan kapasitas angkatan dan *Feasible Area*
- b. Menentukan *Feasible Area*
- c. Mengelompokkan pekerjaan ke dalam kelas terpisah
- d. Menentukan lokasi awal *Tower Crane*

3.3.2 Penentuan Kelompok Pekerjaan Yang Mampu Meringankan Beban Kerja

Dalam penentuan kelompok pekerjaan ini dibagi menjadi tiga tahap yaitu :

- a. Matrik Aksesibilitas
- b. Kriteria penentuan pekerjaan
- c. Penentuan pekerjaan

3.3.3 Optimasi Tower Crane Tunggal Diterapkan Pada Setiap Tower Crane

Pada tahap ini bertujuan untuk memilih waktu perjalanan pengait rata-rata Tower Crane yang kecil. Tahap ini dibagi menjadi tiga tahap yaitu :

- a. Model lokasi Tower Crane tunggal
- b. Waktu perjalanan pengait untuk melakukan pekerjaan
- c. Optimasi lokasi untuk group Tower Crane

3.4 Skenario Permodelan

Tugas akhir ini direncanakan sebagai penelitian terapan pada alat berat *Tower Crane* karena penelitian ini dikerjakan dengan tujuan untuk memperoleh lokasi group *Tower Crane* yang paling optimal pada proyek Ciputra World 2 Office Tower Jakarta dengan cara meminimalkan konflik indek dan keseimbangan beban kerja antar *Tower Crane* terkecil.

Untuk memperoleh titik optimal *Tower Crane* ada 3 skenario yang harus dilakukan dalam mengerjakan tugas akhir ini. Masing-masing skenario memiliki perbedaan sendiri-sendiri seperti tercantum di bawah ini.

- Skenario 1.

Dalam skenario ini dicari titik optimal *Tower Crane* pada kondisi asli di lapangan sesuai dengan data denah titik *Supply* dan radius *Tower Crane* 60 m.

- Skenario 2.

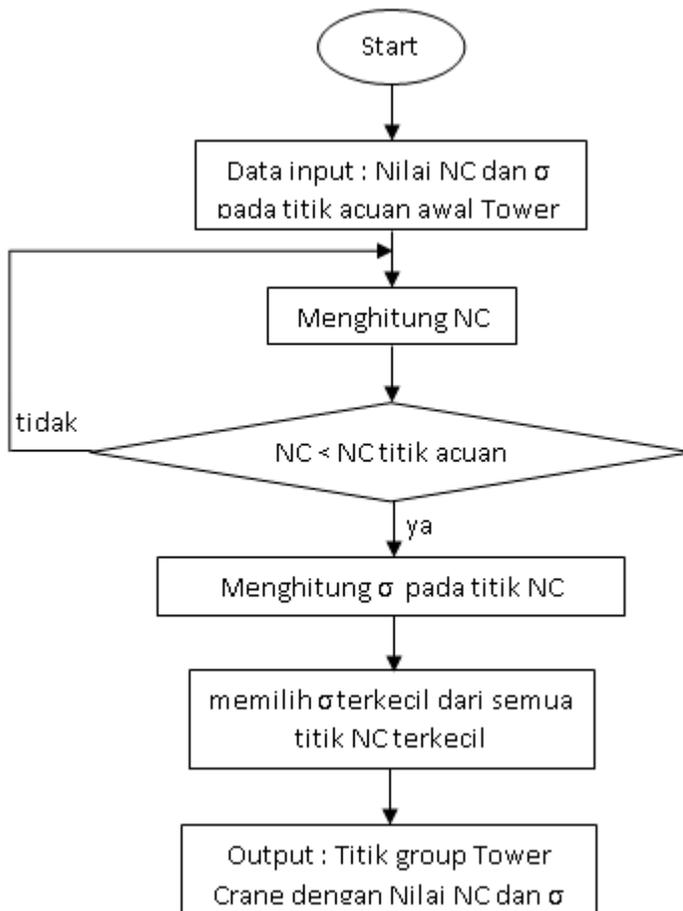
Skenario 2 ini dicari titik optimal *Tower Crane* pada kondisi titik *Supply* yang telah di modifikasi penempatan dan jumlahnya tetapi radius *Tower Crane* yang digunakan sama seperti data yang ada di lapangan yaitu 60 m.

- Skenario 3.

Skenario 3 ini dicari titik optimal *Tower Crane* pada kondisi titik *Supply* seperti skenario 2 tetapi radius *Tower Crane* yang digunakan diperkecil sampai mencapai radius yang optimal.

3.5 Tahapan Iterasi

Berikut adalah tahapan iterasi yang dapat digambarkan melalui skema gambar 3.1 dibawah :



NC : Konflik indeks

σ : Keseimbangan beban kerja *Tower crane*.

Gambar 3.1 Flowchart Penentuan NC dan σ pada Group *Tower Crane*

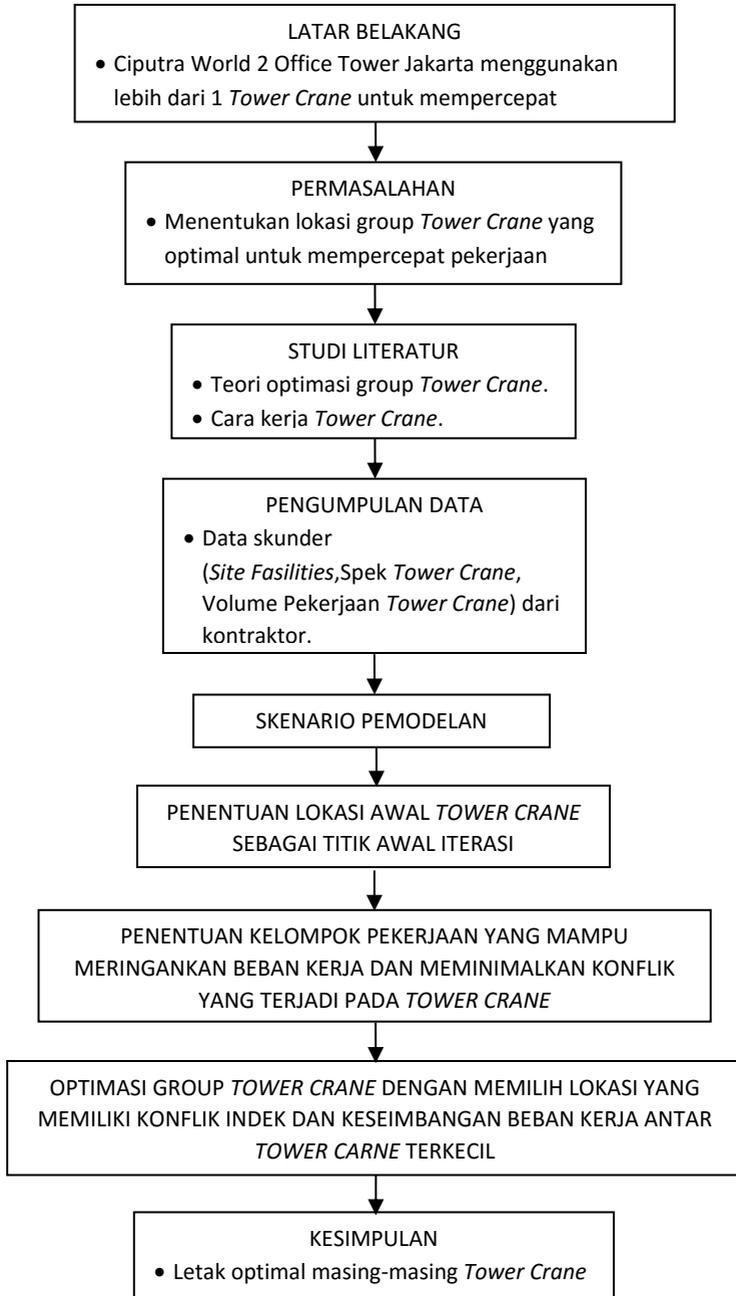
Pada gambar flowchart penentuan NC dan σ pada group *Tower Crane* di atas menunjukkan alur bagaimana proses diambilnya titik optimal group *Tower Crane*. Pada iterasi ini menggunakan Microsoft Office Excel.

Untuk lebih jelasnya alur penentuan konflik indek dan keseimbangan beban kerja antar *Tower Crane* dapat dilihat sebagai berikut :

1. Menentukan nilai NC dan σ pada titik acuan awal *Tower Crane* sebagai data awal penentuan titik *Tower Crane* yang optimal.
2. Menentukan nilai NC pada semua kombinasi titik sampel pada group *Tower Crane* baik pada *Tower Crane* 1 dan *Tower Crane* 2. Diambil nilai NC yang paling kecil daripada nilai NC pada titik acuan awal *Tower Crane*.
3. Menghitung nilai σ pada titik NC terkecil, jika ada lebih dari satu titik dengan NC terkecil maka di pilih nilai σ terkecil.
4. Hasil yang didapat adalah titik group *Tower Crane* dengan nilai NC terkecil dan σ terkecil.

Dalam penentuan letak group *Tower Crane* yang optimal memiliki 2 kriteria yaitu Konflik Indek (NC) dan Keseimbangan beban kerja pada masing-masing *Tower Crane* (σ). NC sebagai parameter nilai konflik akan menunjukkan berapa banyaknya intensitas tabrakan yang di alami *Tower Crane* satu dengan *Tower Crane* yang lainnya, sedangkan (σ) menunjukkan keseimbangan beban kerja pada masing-masing *Tower Crane* dimana setiap *Tower Crane* diharapkan mendapatkan beban kerja yang sama dengan *Tower Crane* yang lainnya, jangan sampai salah satu *Tower Crane* mendapatkan beban kerja yang banyak sedangkan *Tower Crane* yang lain mendapatkan beban kerja yang sedikit, oleh karena itu masing-masing *Tower Crane* harus mendapatkan beban kerja yang sama atau selisih beban kerja yang tidak terlalu besar dengan *Tower Crane* lainnya. Untuk menentukan posisi group

Tower Crane yang optimal memerlukan 2 pertimbangan antara NC dan σ , dalam Tugas Akhir ini lebih mementingkan NC sebagai acuan utama dalam penempatannya, karena apabila σ yang terjadi kecil tetapi NC nya besar maka tidak dapat dilaksanakan di lapangan karena banyak tabrakan yang terjadi antar *Tower Crane*.



Gambar 3.2 Tahapan Penelitian

BAB IV

ANALISA HASIL PENELITIAN

4.1 TINJAUAN UMUM PROYEK

4.1.1 Data Umum Proyek

1. Nama Proyek : Ciputra World 2 Office
Tower Jakarta
2. Lokasi Proyek : Jl. Prof. Dr. Satrio Kav. 11
Kuningan Jakarta Selatan
3. Jenis bangunan proyek : Gedung Perkantoran
4. Pemilik proyek : PT. Saraneka Indah Pancar
(Ciputra Group)
5. Konsultan Perencana Struktur : PT. Meinhardt Indonesia
6. Konsultan Perencana Arsitektur : SDCA Arcitech Pte. Ltd.
7. Konsultan M & E : PT. Meinhardt Indonesia
8. Kontraktor : PT. Multibangun
Adhitama Konstruksi (MULTIKON)
9. Waktu Pelaksanaan : Februari 2014 – Juni 2016
10. Tipe Kontrak : Lump Sump Fix Price

4.1.2 Ruang Lingkup Pekerjaan

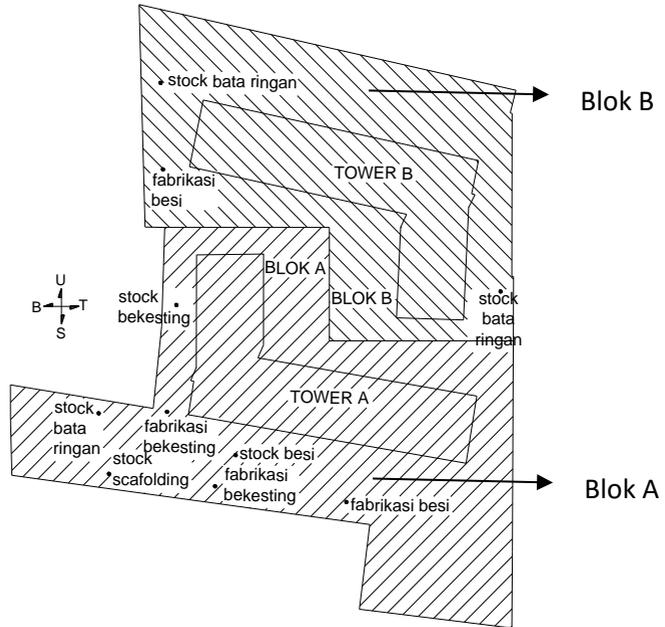
Ruang lingkup pekerjaan untuk pembangunan *Ciputra World 2 Jakarta Office Tower* adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan struktur bawah (Sub-Structure)
 - a. Pekerjaan secant pile
 - b. Pekerjaan pondasi (*bored pile*)
 - c. Pekerjaan galian tanah dan raft pondasi
 - d. Pekerjaan struktur basement (kolom, balok, pelat lantai)
 - e. Pekerjaan dinding penahan tanah
2. Pekerjaan struktur atas (Upper-Structure)
 - a. Pekerjaan kolom dan shear wall
 - b. Pekerjaan lantai
3. Pekerjaan mekanikal dan elektrik
a. Pekerjaan bekisting pit lift.
4. Pekerjaan arsitektur (*finishing*)
5. Pekerjaan MEP (*mechanical, electrical, and plumbing*)
6. Pekerjaan sanitasi dan plumbing
 - a. Pekerjaan pemipaan air bersih dan air kotor.
 - b. Pekerjaan begisting untuk sum pit dan seweed pit

Pada kerja praktek di *Ciputra World 2 Jakarta Office Tower* ini kami meninjau pekerjaan struktur atas pada :

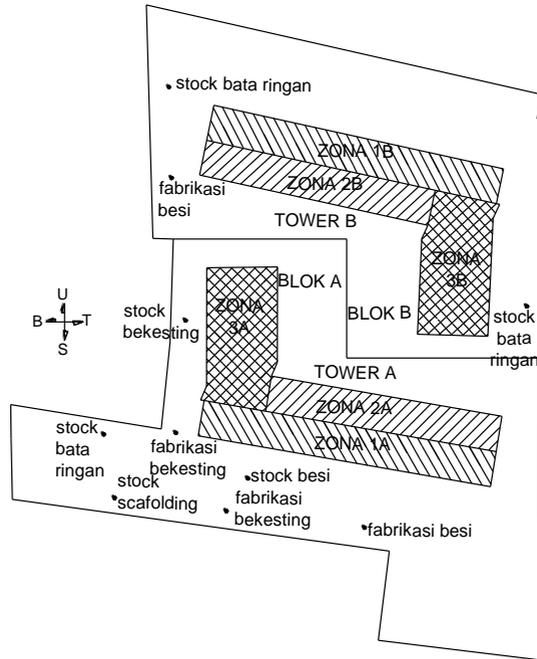
1. Instalasi scaffolding
2. Fabrikasi dan instalasi bekisting
3. Fabrikasi dan instalasi penulangan
4. Pengecoran

Tower Crane digunakan untuk melayani pengangkatan material dalam satu blok saja. Dalam satu blok terdiri dari beberapa zona dan dari zona terdiri dari beberapa titik *Demand*. Denah pembagian blok untuk *Tower Crane* dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.1
Denah Pembagian Blok Untuk *Tower Crane*

Pembagian blok dibagi menurut titik tengah dari bangunan yang didirikan. Dalam satu blok terdiri dari bangunan yang didirikan dan beberapa titik *Supply* yang ada diluar bangunan. Di dalam bangunan (dalam hal ini tower A dan tower B) dibagi menjadi beberapa zona.



Gambar 4.2

Denah Pembagian Zona Untuk *Tower Crane*

Dari gambar denah di atas dapat dilihat satu blok dibagi menjadi tiga zona, contohnya pada bangunan Tower A dibagi menjadi tiga zona yaitu zona 1A, zona 2A, dan zona 3A. Untuk pembagian zona hanya terdapat pada bangunan yang didirikan saja. Penentuan zona sudah diketahui sesuai dengan data original PT.MULTIKON.Ciputra World 2 Office Tower Jakarta memiliki bentuk yang tipikal yaitu pada lantai 3 sampai lantai 47. Dalam Tugas Akhir ini penelitian hanya dilakukan pada lantai 3 saja karena pada lantai ini merupakan lantai yang paling berpengaruh karena lantai ini lantai pertama yang harus dibangun, apabila lantai ini dalam perencanaannya matang dan baik maka akan mempermudah dalam pembangunan lantai selanjutnya. Untuk memperoleh titik optimal *Tower Crane* ada 3 skenario yang harus dilakukan dalam mengerjakan tugas akhir ini. Masing-

masing skenario memiliki perbedaan sendiri-sendiri seperti tercantum di bawah ini.

- Skenario 1.

Dalam skenario ini mengetahui titik optimal *Tower Crane* pada kondisi asli di lapangan sesuai dengan data denah titik *Supply* dan radius *Tower Crane* 60 m.

- Skenario 2.

Skenario 2 ini mengetahui titik optimal *Tower Crane* pada kondisi titik *Supply* yang telah di modifikasi penempatan dan jumlahnya tetapi radius *Tower Crane* yang digunakan sama seperti data yang ada di lapangan yaitu 60 m.

- Skenario 3.

Skenario 3 ini mengetahui titik optimal *Tower Crane* pada kondisi titik *Supply* seperti skenario 2 tetapi radius *Tower Crane* yang digunakan diperkecil sampai mencapai radius yang optimal.

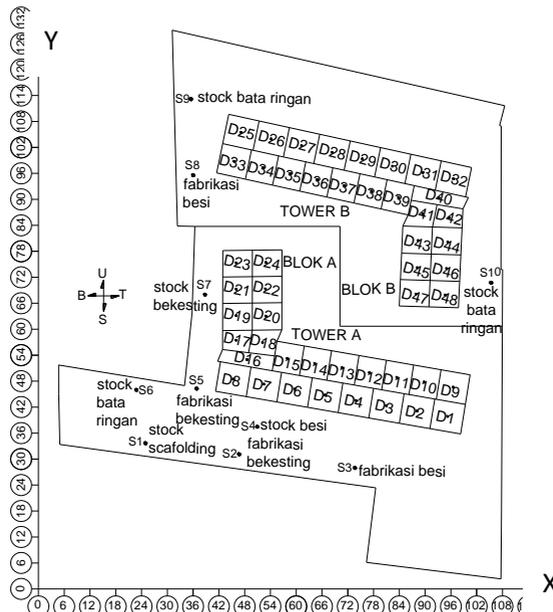
Tabel 4.1 Perbedaan Setiap Skenario

Skenario	Jumlah Titik Supply	Radius
1	10	60 m
2	8	60 m
3	8	45 m

4.2 SKENARIO 1.

4.2.1 MENENTUKAN TITIK *SUPPLY* DAN TITIK *DEMAND*

Titik *Supply* sebagai titik penyedia bahan material harus ditempatkan di area strategis yang dapat menjangkau ke semua titik *Demand* yang direncanakan dengan bantuan *Tower Crane*. Titik *Supply* pada proyek ini meliputi titik penyediaan besi, titik penyediaan scaffolding, titik penyediaan bekesting, dan titik penyediaan bata ringan. Penentuan titik *Demand* didapat dari proses penentuan Blok, dari Blok ini dibagi menjadi beberapa zona selanjutnya zona tersebut di bagi menjadi beberapa titik *Demand*. Untuk menentukan waktu perjalanan *Tower Crane*, maka digunakan koordinat, koordinat digunakan sebagai acuan seberapa besar nilai titik *Supply* dan titik *Demand*, yang nantinya akan digunakan sebagai variabel dalam perhitungan.



Gambar 4.3 Denah Titik *Supply* dan Titik *Demand*

Pada gambar di atas menunjukkan koordinat titik *Supply* dan titik *Demand*. Pada gambar ini juga dapat dilihat penomoran titik

Supply dan titik *Demand* berdasarkan urutannya. Titik koordinat ini sangat penting dibuat agar mempermudah penamaan titik dan juga diperlukan dalam perhitungan waktu tempuh *Tower Crane*. Koordinat direncanakan sejarak 2 satuan dalam gambar artinya dalam 2 satuan di gambar sama dengan 2 m di lapangan. Dua meter adalah dimensi badan *Tower Crane* yaitu 2 m x 2 m. Adapun koordinat titik *Supply* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.2 Koordinat Titik *Supply*

Titik	koordinat		
	X	Y	Z
S1	25	33	0
S2	47	31	0
S3	74	28	0
S4	51	37	0
S5	37	46	0
S6	23	46	0
S7	39	68	0
S8	36	95	0
S9	35	113	0
S10	105	71	0

Keterangan :

- S1 : Titik *Supply* Scaffolding
- S2,S5,S7 : Titik *Supply* Bekesting
- S3,S4,S8 : Titik *Supply* Besi
- S6,S9,S10 : Titik *Supply* Bata Ringan

Dari tabel di atas dapat diartikan S1 berada pada koordinat x : 25, y : 33 dan z : 0. Pada koordinat z : 0 artinya titik *Supply* berada pada elevasi 0 yaitu di tanah asli. Dan koordinat Titik *Demand* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Koordinat Titik *Demand*

Titik	koordinat		
	X	Y	Z
D1	95	40	6,85
D2	88	41	6,85
D3	82	42	6,85
D4	74	43	6,85
D5	.....	.....	.....
D6	95	68	6,85

Keterangan :

D1 sampai D48 : titik *Demand* (penempatan kebutuhan).

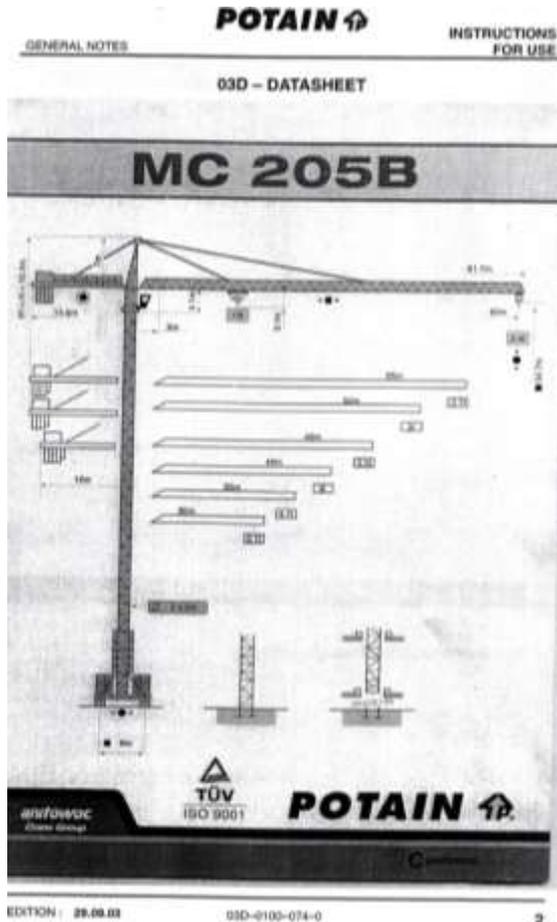
Dari tabel di atas dapat diartikan D1 berada pada koordinat $x : 95$, $y : 40$ dan $z : 6,85$. Pada koordinat $z : 6,85$ artinya titik *Supply* berada pada lantai 3 yang memiliki ketinggian 6,85 m. Koordinat di dapatkan dari perencanaan penulis berdasarkan data Site Facilities. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran koordinat titik *Demand*.

Untuk pembagian titik *Demand* didapat dari perhitungan, Misalnya pada zona A pada Tower bangunan A mempunyai volume besi 19,15 ton sedangkan kapasitas angkut pada radius 60 m adalah 2,4 ton maka 19,15 ton dibagi 2,4 ton menjadi 8 kali angkatan yang nantinya akan disebar menjadi 8 titik *Demand* sepanjang zona A masing pada D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8 sebanyak 1 kali angkatan, dapat dilihat pada gambar 4.3.

4.2.2 MENENTUKAN MODEL LOKASI AWAL TOWER CRANE

4.2.2.1 Menentukan Kapasitas Angkatan *Tower Crane*

Digunakan *Tower Crane* POTAIN MC 205B dengan spesifikasi sebagai berikut :



Gambar 4.4 Spesifikasi *Tower Crane* MC 205B

(Sumber : Brosur *Tower Crane* MC 205B)

Kapasitas angkatan *Tower Crane* ditentukan oleh radius *Tower Crane* yang digunakan, semakin besar radius yang

digunakan maka kapasitas angkatan *Tower Crane* semakin kecil dan begitu sebaliknya. *Tower Crane* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah *Tower Crane* dengan radius 60 m dengan kapasitas angkat 2,4 ton.

		m/min	t	m/min	t	ch-Ps hp	VW	
Hoisting 	 55 RCS 25/13 VA	0 ⇒ 42	5.0	0 ⇒ 21	10.0	55	40.5	60m >560m*
		0 ⇒ 84	2.5	0 ⇒ 42	5.2			
Trolleying 	 5 D3 V4	15 ⇒ 58 m/min				5	3.7	
Slewing 	 RCV 145	0 ⇒ 0.8 tr/min (rpm)				2 x 6	2 x 4.4	
Travelling 	 VB 20A R ≥ 13M RT 544 A1 2V	13.5 ⇒ 27.0 m/min				4 X 7	4 X 5.2	

Gambar 4.5 Mekanisme POTAIN MC 205B
(Sumber : Brosur *Tower Crane* MC 205B)

Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa kecepatan vertikal tergantung pada beban maksimal yang diangkat. Pada tugas akhir ini digunakan radius 60 m dengan kapasitas angkat 2,4 ton sehingga kecepatan vertikal (V_v) adalah 42 m/menit dan kecepatan gerak horisontal radial pengait antara 15 sampai 58 m/menit maka dipakai (V_a) sebesar 58 m/menit. Kecepatan putar lengan kerja antara 0 sampai 0,8 rad/menit dan dipakai (V_ω) sebesar 0,8 rpm.

Tabel 4.4 Delay

Material	Load Delay	Unload Delay
Besi	2 menit	2 menit
Bekesting	2 menit	2 menit
Scaffolding	2 menit	2 menit
Bata ringan	2 menit	2 menit

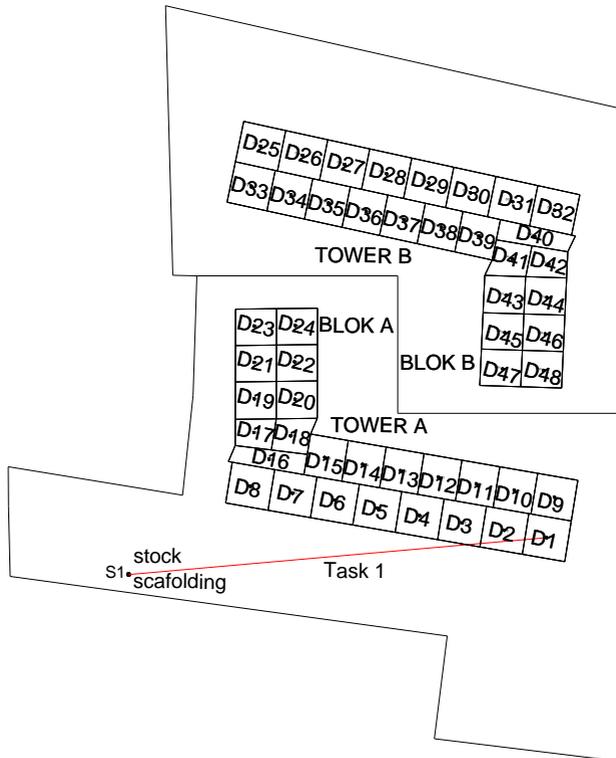
Tabel di atas merupakan waktu jeda rata-rata pengangkatan (*Load Delay*) artinya waktu jeda dimana *Tower Crane* siap untuk mengangkat material setelah material tertata rapi pada *Hook Tower Crane*. Dan waktu jeda rata-rata pembongkaran (*Unload Delay*) artinya waktu jeda dimana *Tower Crane* telah mengangkat material ke titik *Demand* dan menurunkan material yang diangkat. Selain *Load Delay* dan *Unload Delay*, total waktu pengangkutan juga dipengaruhi oleh frekuensi pengangkutan material sesuai dengan daftar pekerjaan *Tower Crane*.

Di bawah ini merupakan daftar pekerjaan *Tower Crane* dan jumlah frekuensi pengangkatannya.

Tabel 4.5 Daftar Pekerjaan dan Frekuensi Angkatan Titik Supply ke Titik Demand

task	supply	demand	Q
1	S1	D1	1
2	S1	D2	1
3	S1	D3	1
4	S1	D4	1
5 s/d 191	S1	D5	1
192	S10	D48	1

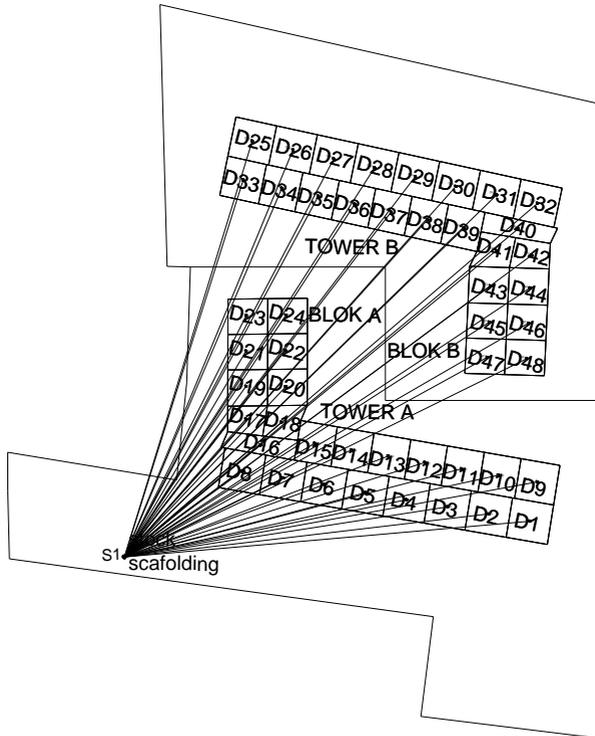
Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa pada pengangkatan material dari titik S1 ke D1 merupakan *task* atau pekerjaan 1 dengan jumlah pengangkutan Q sebanyak 1 kali. Sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 4.6 dan untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran daftar pekerjaan dan frekuensi angkatan.



Gambar 4.6
Denah Pendistribusian Task 1

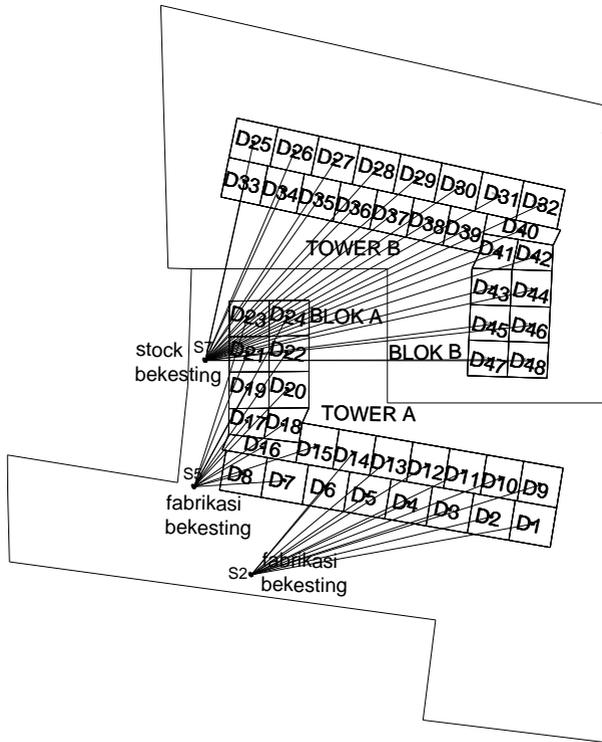
Dari gambar 4.6 di atas dapat dilihat bahwa pengangkutan material dari titik *Supply* 1 ke titik *Demand* 1 (S1 ke D1) merupakan Task 1 atau pekerjaan 1.

Pendistribusian scaffolding dilakukan melalui titik *Supply scaffolding* (S1) ke semua titik *Demand* (dapat dilihat pada gambar 4.6).



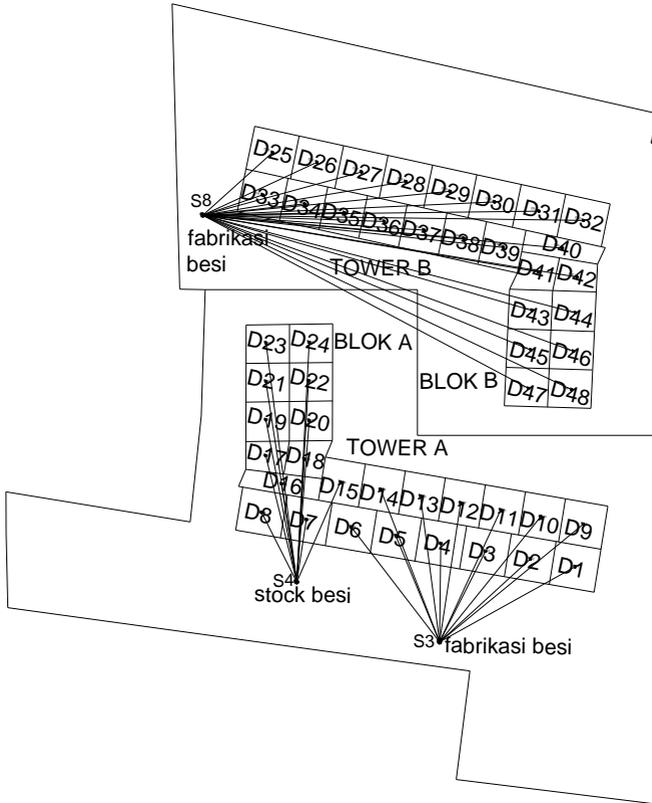
Gambar 4.7
Layout Distribusi Scaffolding

Pada gambar di atas terlihat 1 titik *Supply scaffolding* mendistribusikan scaffolding ke semua titik *Demand* yang ada, baik pada blok A maupun blok B, hal ini terjadi karena hanya ada 1 jumlah titik *Supply scaffolding*. Dengan kondisi seperti ini *Tower Crane* yang digunakan harus memiliki radius yang besar supaya dapat menjangkau ke semua area pendistribusian. Pendistribusian bekesting dilakukan melalui titik *Supply* bekesting (S2), (S5) dan (S7) ke semua titik *Demand* sesuai daftar pekerjaan.



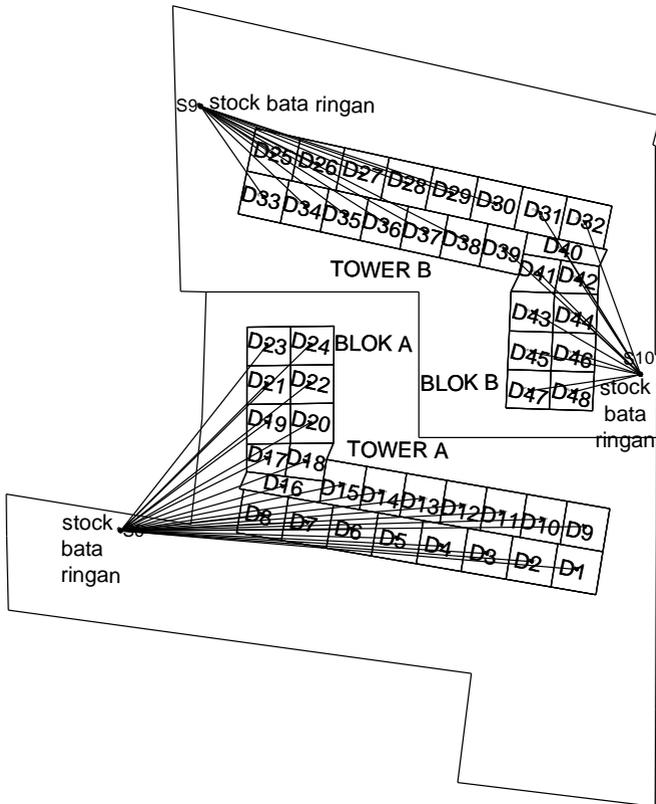
Gambar 4.8
Layout Distribusi Bekesting

Pada gambar di atas menunjukkan ada 2 buah titik *Supply* bekesting pada blok A yaitu S2 dan S5, sehingga titik *Demand* pada blok A harus dibagi menjadi 2 sesuai jarak terdekat ke titik *Supply*. Pada semua titik *Demand* blok B pendistribusian bekesting dilakukan oleh S7 walaupun posisi S7 berada pada blok A, ini terjadi karena pada blok B tidak ada titik *Supply* bekesting. Pendistribusian Besi dilakukan melalui titik *Supply* Besi (S3), (S4) dan (S8) ke semua titik *Demand* sesuai daftar pekerjaan.



Gambar 4.9
Layout Distribusi Besi

Pada gambar di atas menunjukkan ada 2 buah titik *Supply* besi pada blok A yaitu S3 dan S4, sehingga titik *Demand* pada blok A harus dibagi menjadi 2 sesuai jarak terdekat ke titik *Supply*. Pada semua titik *Demand* blok B pendistribusian besi dari titik S8. Pendistribusian Bata ringan dilakukan melalui titik *Supply* bata ringan (S6), (S9) dan (S10). ke semua titik *Demand* sesuai daftar pekerjaan.



Gambar 4.10
Layout Distribusi Bata Ringan

Pada blok B memiliki 2 buah titik *Demand* masing-masing S9 dan S10, sehingga titik *Demand* pada blok B harus dibagi 2 sesuai jarak terdekat ke titik *Demand*, dan untuk blok A semua pendistribusian bata ringan titik *Demand* dilakukan oleh S6.

4.2.2.2 Menentukan *Feasible Area*

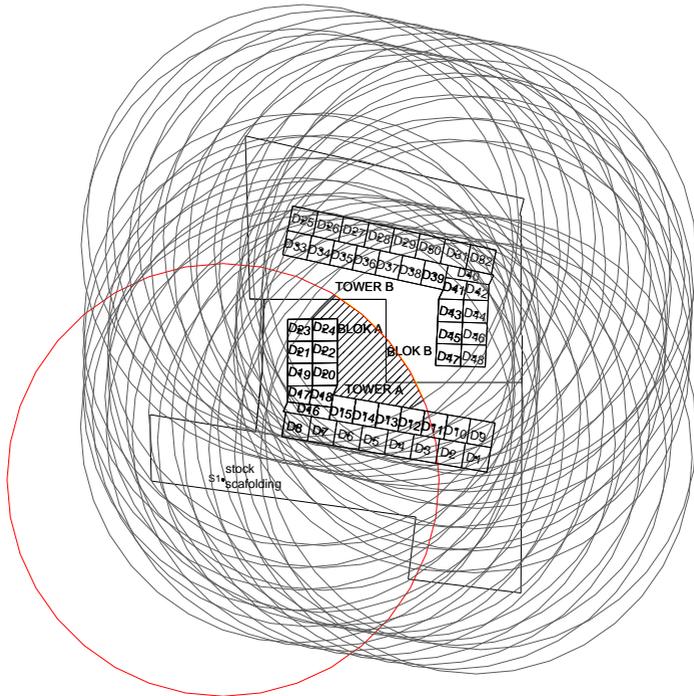
Feasible Area adalah area yang paling memungkinkan untuk menempatkan *Tower Crane* dalam satu kelompok pekerjaan yang

mampu dilayani *Tower Crane* tersebut. *Feasible Area* merupakan irisan dari sejumlah *Feasible Task Area* yang saling bertumpukan atau overlap. Sedangkan *Feasible Task Area* adalah area untuk menempatkan *Tower Crane* agar dapat melayani pekerjaan mengangkut dari titik *Supply* ke titik *Demand*.

Untuk mempermudah dalam pembuatan *Feasible Area* maka *Feasible Area* dibuat terpisah sesuai dengan jenis material yang diangkut *Tower Crane* dan blok wilayah yang telah ditentukan sehingga akan terlihat jelas *Feasible Area* masing-masing jenis-jenis pekerjaan sesuai dengan titik *Supply* ke titik *Demand*-nya. Kemudian dari masing-masing *Feasible Area* tersebut akan digabungkan menjadi satu irisan *Feasible Area* yang mencakup semua jenis pengangkutan pekerjaan.

Cara membuat *Feasible Area* adalah membuat lingkaran dengan radius sebesar radius *Tower Crane* yang digunakan pada pusat titik *Demand* dan pusat titik *Supply*. Kemudian dari semua lingkaran itu di ambil irisan yang mencakup semua lingkaran yang ada. Dari irisan ini akan membentuk sebuah area yang akan digunakan untuk posisi *Tower Crane*. Dalam hal ini *Tower Crane* yang digunakan adalah *Tower Crane* jenis *Self Supporting Static Tower Crane* atau *Tower Crane* yang ditanam di dasar tanah, maka dalam *Feasible Area* dibatasi oleh bangunan yang didirikan. Sebagai contoh akan ditunjukkan bagaimana menentukan *Feasible Area* untuk blok A seperti di bawah ini.

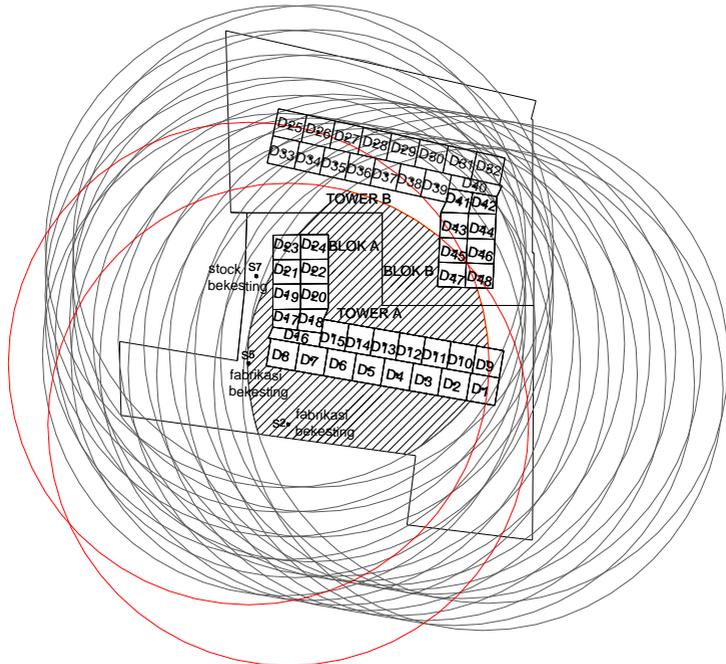
Di bawah ini adalah gambar *Feasible Area* untuk *scaffolding* melalui titik *Supply* S1 dan titik *Demand* yang berada pada blok A.



Gambar 4.11
Feasible Area Scaffolding

Gambar di atas terlihat lingkaran merah yang menandakan lingkaran tersebut merupakan radius dari titik *Supply scaffolding* dan lingkaran hitam merupakan radius dari titik *Demand* yang berada pada blok A, sedangkan area yang di arsir adalah *Feasible Area* untuk *scaffolding*. *Feasible Area* di batasi oleh bangunan yang ada karena jenis *Tower Crane* yang digunakan adalah *Tower Crane* tanam sehingga *Tower Crane* tidak bisa diposisikan di dalam bangunan.

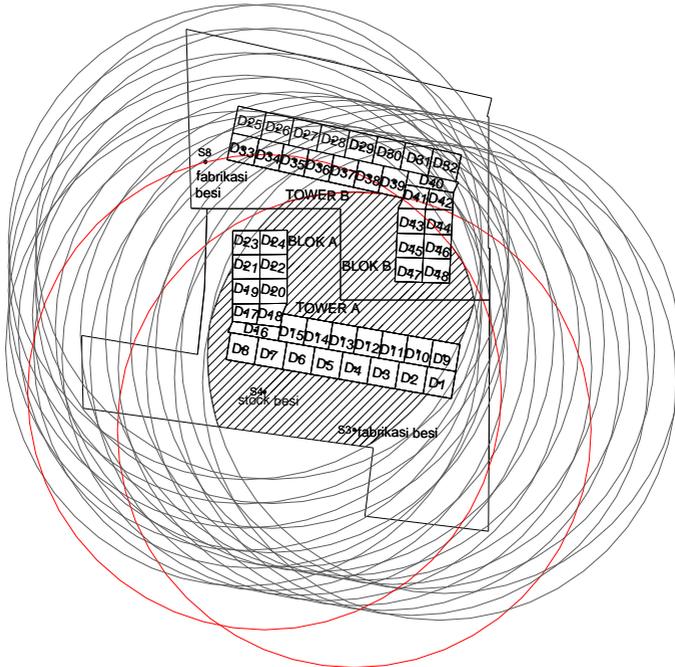
Di bawah ini adalah gambar *Feasible Area* untuk bekesting melalui titik *Supply* S2, S5 dan titik *Demand* yang berada pada blok A.



Gambar 4.12
***Feasible Area* Bekesting**

Gambar di atas terlihat lingkaran merah yang menandakan lingkaran tersebut merupakan radius dari titik *Supply* bekesting dan lingkaran hitam merupakan radius dari titik *Demand* yang berada pada blok A, sedangkan area yang di arsir adalah *Feasible Area* untuk bekesting. *Feasible Area* di batasi oleh bangunan yang ada karena jenis *Tower Crane* yang digunakan adalah *Tower Crane* tanam sehingga *Tower Crane* tidak bisa diposisikan di dalam bangunan dan dibatasi oleh wilayah proyek.

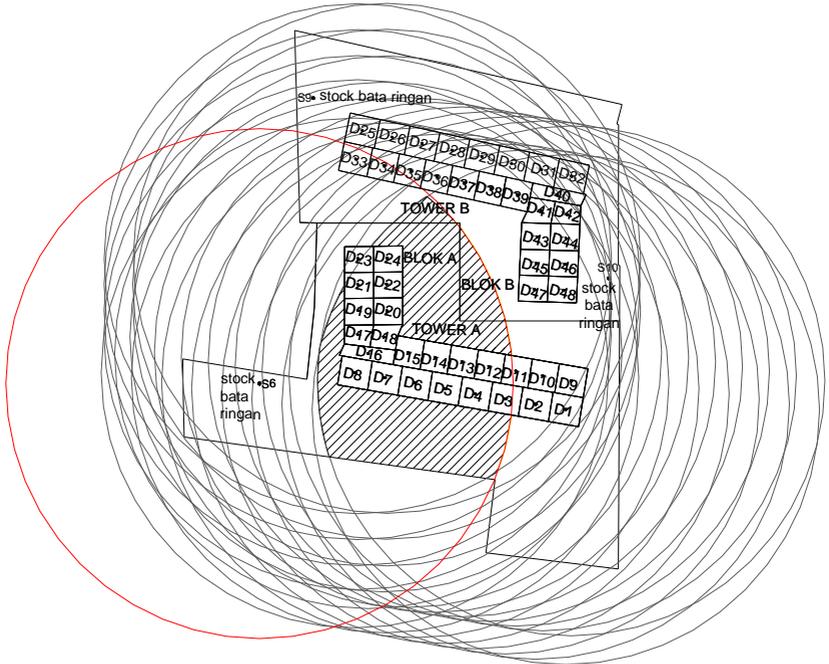
Di bawah ini adalah gambar *Feasible Area* untuk besi melalui titik *Supply* S3, S4 dan titik *Demand* yang berada pada blok A.



Gambar 4.13
***Feasible Area* Besi**

Gambar di atas terlihat lingkaran merah yang menandakan lingkaran tersebut merupakan radius dari titik *Supply* besi dan lingkaran hitam merupakan radius dari titik *Demand* yang berada pada blok A, sedangkan area yang di arsir adalah *Feasible Area* untuk besi. *Feasible Area* di batasi oleh bangunan yang ada karena jenis *Tower Crane* yang digunakan adalah *Tower Crane* tanam sehingga *Tower Crane* tidak bisa diposisikan di dalam bangunan dan dibatasi oleh wilayah proyek.

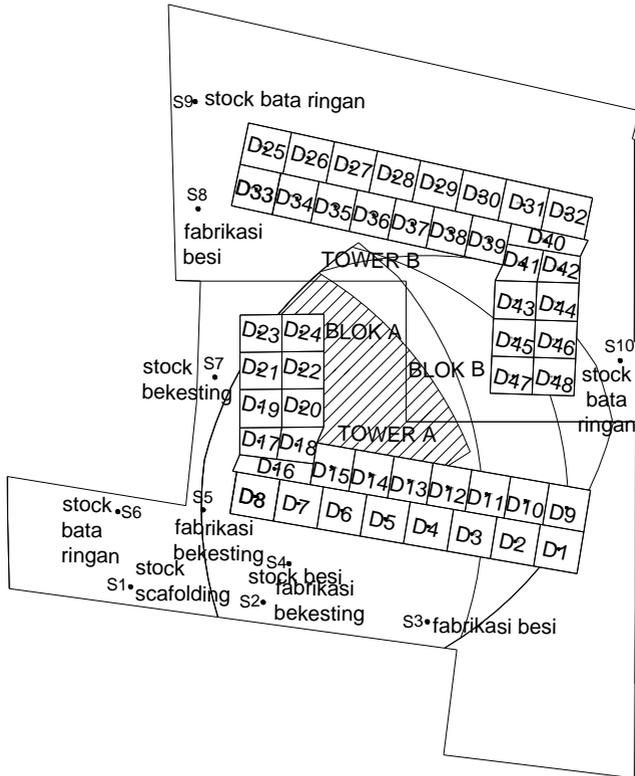
Di bawah ini adalah gambar *Feasible Area* untuk bata ringan melalui titik *Supply* S6 dan titik *Demand* yang berada pada blok A.



Gambar 4.14
***Feasible Area* Bata Ringan**

Gambar di atas terlihat lingkaran merah yang menandakan lingkaran tersebut merupakan radius dari titik *Supply* bata ringan dan lingkaran hitam merupakan radius dari titik *Demand* yang berada pada blok A, sedangkan area yang di arsir adalah *Feasible Area* untuk bata ringan. *Feasible Area* di batasi oleh bangunan yang ada karena jenis *Tower Crane* yang digunakan adalah *Tower Crane* tanam sehingga *Tower Crane* tidak bisa diposisikan di dalam bangunan dan dibatasi oleh wilayah proyek.

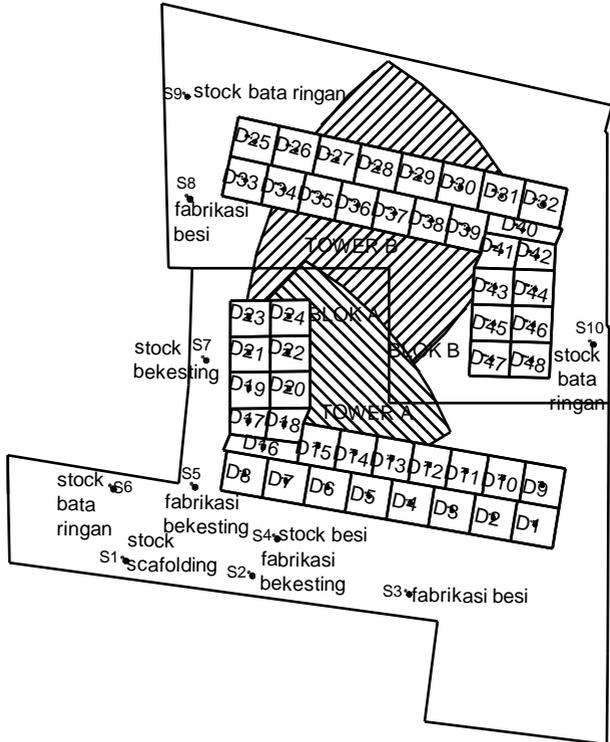
Dari semua *Feasible Area* yang didapatkan akan digabungkan menjadi 1 irisan *Feasible Area* yang mencakup semua *Feasible Area*. Dapat dilihat pada gambar di bawah :



Gambar 4.15
Irisan *Feasible Area* pada BlokA

Dari empat *Feasible Area* yang yang di dapat pada blok A akan digabungkan menjadi 1 *Feasible Area* yang dinamakan *Feasible Task Area*. Dapat dilihat pada gambar di atas daerah yang diarsir merupakan gabungan dari ke 4 *Feasible Area* yang ada yaitu dari Feasible Area *scaffolding*, bekesting, Besi, bata ringan.

Begitu juga pada Blok B dengan cara yang sama seperti di atas, *Feasible Area* pada Blok B dapat di ketahui. untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran. Hasil dari semua irisan dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

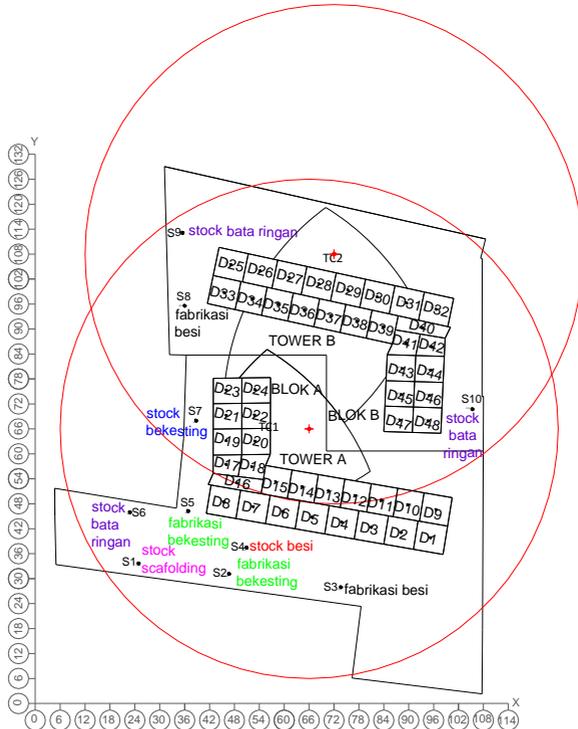


Gambar 4.16
Feasible Task Area pada Blok A dan blok B

Pada gambar daerah yang di arsir di atas menunjukkan *Feasible Task Area* pada blok A dan blok B. *Feasible Task Area* adalah daerah gabungan (irisan) dari berbagai *Feasible Area*. Selanjutnya daerah ini akan dibagi menjadi beberapa titik kemungkinan untuk di tempatkan posisi optimal *Tower Crane* .

4.2.2.3 Menentukan Lokasi Awal Tower Crane

Lokasi awal ini bersifat sementara yang digunakan sebagai titik acuan penentuan kelompok pekerjaan. Untuk TC 1 ditempatkan pada koordinat (66,66) dan untuk TC 2 pada (72,108) seperti gambar di bawah ini :

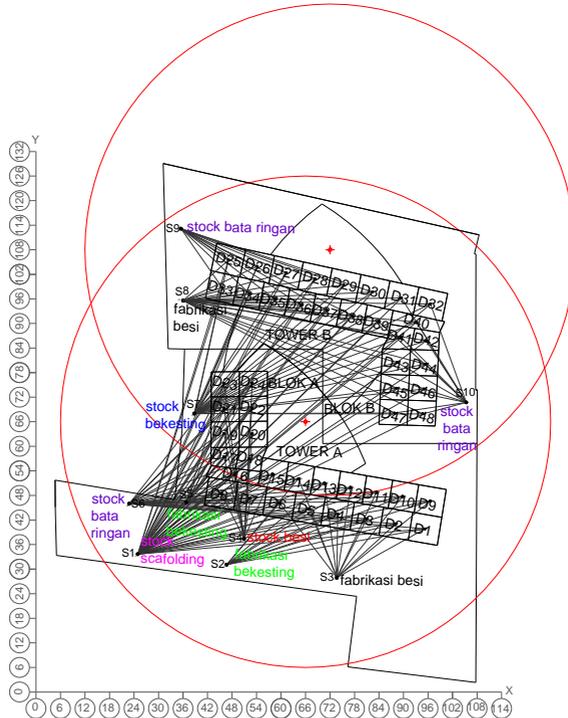


Gambar 4.17
Lokasi Awal Tower Crane 1 dan Tower Crane 2

Gambar di atas menunjukkan posisi awal Tower Crane 1 dan Tower Crane 2 dengan radius 60 m pada masing-masing Tower Crane. Titik acuan ini digunakan sebagai acuan awal perhitungan konflik indek (NC) dan keseimbangan beban kerja antar Tower Crane sebelum dilakukan iterasi.

4.2.3 MENENTUKAN KELOMPOK PEKERJAAN UNTUK SETIAP TOWER CRANE

Pada tahap ini diasumsikan *Tower Crane* berada pada lokasi awal yang telah ditentukan sebelumnya sehingga dapat diketahui tingkat aksesibilitasnya seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.18
Aksesibilitas Tower Crane 1 dan Tower Crane 2

Dari gambar di atas dapat diketahui tingkat aksesibilitas *Tower Crane*, radius *Tower Crane* mampu memenuhi semua pendistribusian material dari titik *Supply* ke titik *Demand*.

Pada setiap pekerjaan yang dapat diakses oleh *Tower Crane* diberi nilai 1 dan untuk pekerjaan yang tidak dapat diakses diberi

nilai 0. Apabila ada pekerjaan yang memiliki nilai 1 pada *Tower Crane* 1 dan *Tower Crane* 2 maka pekerjaan tersebut mengalami overlap. Dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.6

Matrik Aksesibilitas *Tower Crane* 1 & *Tower Crane* 2 sebelum iterasi

Crane	Task (pekerjaan)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9-199	120	121
TC1	1	1	1	1	1	1	1	1	.....	1	1
TC2	0	0	0	0	0	0	0	0	.....	0	1

Crane	Task (pekerjaan)											
	122	123	124	125-185	186	187	188	189	190	191	192	
TC1	1	1	1	.....	1	1	1	1	1	1	1
TC2	1	1	1	.....	1	1	1	1	1	1	1

Dari tabel di atas dapat diketahui pada *Task* 1 hanya TC1 yang diberi angka 1 artinya pekerjaan 1 hanya dapat dilakukan oleh *Tower Crane* 1. Tetapi pada *Task* 186, TC1 dan TC2 mendapatkan nilai 1 artinya *task* 186 dapat dikerjakan oleh 2 *Tower Crane*. Dari matrik aksesibilitas pekerjaan dapat diketahui bahwa pada pekerjaan 121 sampai pekerjaan 192 mengalami overlap. Ini diterjadi karena 1 *Tower Crane* (TC 1) saja sudah dapat mencukupi semua area proyek sehingga pada pekerjaan TC 2 bisa dikerjakan oleh TC 1. Untuk lebih jelas dan lengkapnya dapat dilihat pada lampiran matrik aksesibilitas sebelum iterasi.

4.2.3.1 Menetapkan Kelompok Pekerjaan dengan Keseimbangan Beban Kerja (σ) dan Konflik Indek (NC) Terkecil.

Pada tahap ini, pekerjaan yang dapat dilayani oleh lebih dari 1 *Tower Crane* ditetapkan ke dalam kelompok pekerjaan TC1 dan TC2, dengan syarat kelompok pekerjaan tersebut memiliki standart

deviasi (σ) beban kerja minimum yang menunjukkan beban kerja seimbang dan juga memiliki konflik indeks (NC) minimum pula. NC yang rendah menggambarkan kecilnya resiko tabrakan yang akan dialami oleh *Tower Crane*.

Untuk perhitungan standart deviasi (σ) keseimbangan beban kerja pada masing-masing waktu pengangkutan untuk setiap crane menggunakan :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^I (\bar{T}-T_i)^2}{I}}$$

$$= \sigma (\delta_{11}, \delta_{12}, \dots, \delta_{21}, \delta_{22}, \dots, \delta_{ij}, \dots, \delta_{II})$$

dengan keterangan :

σ = Kriteria penentuan pekerjaan.

T = Waktu rata-rata pengangkutan dari semua crane

T_i = waktu pengangkutan pengait crane ke-i.

T_i merupakan waktu pengangkutan pengait Crane ke i :

$$T_i = \sum_{j=1}^J \delta_{ij} \cdot Q_j \cdot (t_{1ij} + t_{2ij} + t_{3ij} + t_{4ij})$$

dengan keterangan :

T_i = waktu pengangkutan pengait crane ke-i.

δ_{ij} = variabel binary.

Q_j = Jumlah angkatan untuk pekerjaan j.

t_{1ij} = Waktu perjalanan pengait dengan beban.

t_{2ij} = Waktu perjalanan pengait tanpa beban.

t_{3ij} = Waktu jeda rata-rata pengangkutan.

t_{4ij} = Waktu jeda rata-rata pembongkaran.

δ_{ij} merupakan angka dari matrik aksesibilitas yang nilainya 1 atau 0, sedangkan Q adalah frekuensi distribusi dan ($t_{1ij} + t_{2ij} + t_{3ij} + t_{4ij}$) merupakan total waktu yang diperlukan untuk mengangkat material dari titik *Supply* ke titik *Demand* dengan lokasi *Tower Crane* yang telah ditentukan sebelumnya.

Menghitung Waktu Perjalanan Pengait Pekerjaan dari titik *Supply* ke titik *Demand*

$$T = \max (T_h, T_v) + \beta \min (T_h, T_v)$$

$$T_v = (ZD_j - ZS_j) / V_v$$

$$T_h = \max (T_a, T_\omega) + \alpha \min (T_a, T_\omega)$$

$$\rho(D_j) = \sqrt{(XD_j - x)^2 + (YD_j - y)^2}$$

$$\rho(S_j) = \sqrt{(XS_j - x)^2 + (YS_j - y)^2}$$

$$l_j = \sqrt{(XD_j - XS_j)^2 + (YD_j - YS_j)^2}$$

Waktu pergerakan radial trolley

$$T_a = \left| \frac{\rho(D_j) - \rho(S_j)}{V_a} \right|; T_\omega = \frac{1}{\omega} \cdot \text{Arc cos} \left(\frac{l_j^2 - \rho(D_j)^2 - \rho(S_j)^2}{2 * \rho(D_j) * \rho(S_j)} \right); (0 \leq \text{Arc}$$

$$\text{cos}(\theta) \leq \pi)$$

Dimana

T_h = Waktu perjalanan horizontal pengait

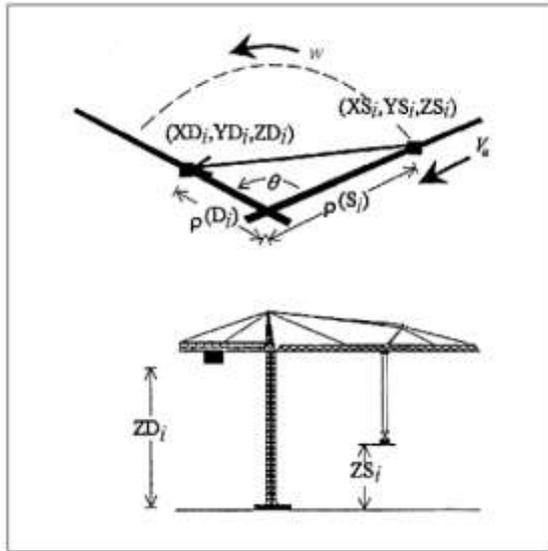
T_v = Waktu perjalanan vertikal pengait

T_a = Waktu pergerakan radial trolley

T_ω = Waktu pergerakan tangensial trolley

α = Derajat koordinasi pergerakan pengait dalam arah radial dan tangensial pada bidang horisontal ; (antara 0 sd 1)

β = Derajat koordinasi pergerakan pengait dalam arah radial dan tangensial pada bidang vertikal dan horisontal ; (antara 0 sd 1)



Gambar 4.19 Waktu Perjalanan Pengait
(Sumber : Tam dan Leung, 2008)

- Contoh perhitungan :

Menghitung waktu angkat pekerjaan (*task 1*) dari S1 (25 ; 33 ; 0) ke D1 (95 ; 40 ; 6,85) dengan posisi awal TC1 pada (66 ; 66), δ : 1, Q : 1, x : 66, y : 66, XD1 : 95, YD1 : 40, ZD1 : 6,85, XS1 : 25, YS1 : 33, ZS1 : 0, α : 0,25, β : 1, kec vertikal (Vv) penuh : 42 m/menit, kec vertikal (Vv) kosong : 84 m/menit, kec horizontal radial (Va) : 58 m/menit, kec putar lengan kerja (Vm) : 0,8 rpm, load delay : 2 menit, unload delay : 2 menit.

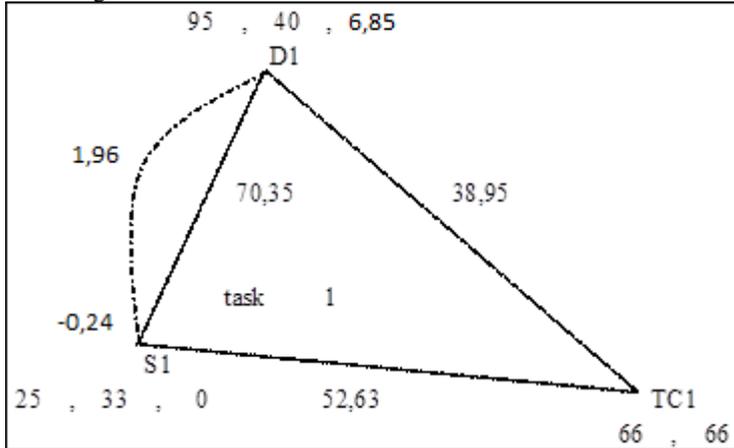
Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \rho(D_1) &= \sqrt{(XD_1 - x)^2 + (YD_1 - y)^2} \\ &= \sqrt{(95 - 66)^2 + (40 - 66)^2} \\ &= 38,95 \\ \rho(S_1) &= \sqrt{(XS_1 - x)^2 + (YS_1 - y)^2} \end{aligned}$$

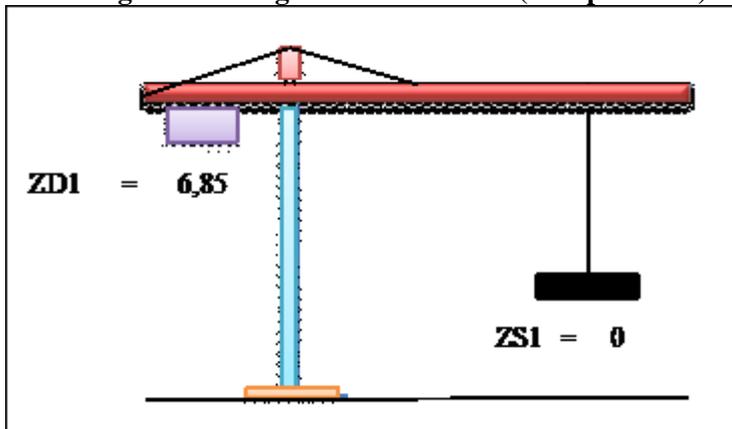
$$\begin{aligned}
&= \sqrt{(25 - 66)^2 + (33 - 66)^2} \\
&= 52,63 \\
l_1 &= \sqrt{(XD_1 - XS_1)^2 + (YD_1 - YS_1)^2} \\
&= \sqrt{(95 - 25)^2 + (40 - 33)^2} \\
&= 70,35 \\
T_a &= \left| \frac{\rho(D_1) - \rho(S_1)}{V_a} \right| \\
&= \left| \frac{38,95 - 52,63}{58} \right| \\
&= -0,24 \\
T_\omega &= \frac{1}{\omega} \cdot \text{Arc cos} \left(\frac{l_1^2 - \rho(D_1)^2 - \rho(S_1)^2}{2 \cdot \rho(D_1) \cdot \rho(S_1)} \right) \\
&= \frac{1}{0,8} \cdot \text{Arc cos} \left(\frac{70,35^2 - 38,95^2 - 52,63^2}{2 \cdot 38,95 \cdot 52,63} \right) \\
&= 1,96 \\
T_h &= \max (T_a, T_\omega) + \alpha \min (T_a, T_\omega) \\
&= 1,96 + 0,25 \cdot (-0,24) \\
&= 1,90 \\
T_v(\text{penuh}) &= (ZD_1 - ZS_1) / V_v \\
&= (6,85 - 0,00) / 42 \\
&= 0,16 \\
T_v(\text{kosong}) &= (ZD_1 - ZS_1) / V_v \\
&= (6,85 - 0,00) / 84 \\
&= 0,08 \\
t_1 &= \max (T_h, T_v(\text{pnh})) + \beta \min (T_h, T_v(\text{pnh})) \\
&= 1,90 + 1 \cdot 0,16 \\
&= 2,06 \\
t_2 &= \max (T_h, T_v(\text{ksng})) + \beta \min (T_h, T_v(\text{ksng})) \\
&= 1,90 + 1 \cdot 0,08 \\
&= 1,98 \\
t_3 &= 2 \\
t_4 &= 2 \\
T &= d \cdot Q \cdot (t_1 + t_2 + t_3 + t_4) \\
&= 1 \cdot 1 \cdot (2,06 + 1,98 + 2 + 2)
\end{aligned}$$

$$= 8,05$$

Hasil dari perhitungan di atas dapat di sajikan dalam bentuk gambar di bawah ini.



Gambar 4.20
Pergerakan Pengait *Tower Crane* 1 (Tampak Atas)



Gambar 4.21
Pergerakan Pengait *Tower Crane* 1 (Tampak Samping)
Berikut semua pekerjaan yang telah dihitung nilai T nya dengan rumus di atas dan mendapatkan nilai T total pada masing-masing

Tower Crane, kemudian dari T total TC1 dan TC2 didapatkan nilai standart deviasinya (σ). Pada perhitungan ini titik acuan *Tower Crane* yang di pakai merupakan titik acuan sembarang atau belum di iterasi.

Pada TC1 didapat nilai ΣT sebesar 1546,33 menit dan ΣT pada TC2 sebesar 561,60 menit. Dengan ΣT rata-rata sebesar 1053,969 menit.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(1053,969 - 1546,33)^2 + (1053,969 - 561,60)^2}{2}}$$

$$= 492,366 \text{ menit.}$$

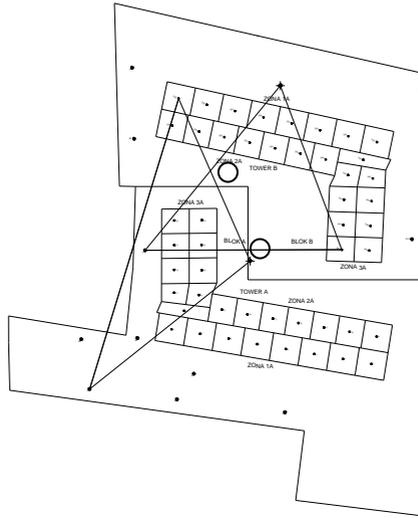
Jadi keseimbangan beban kerja adalah 492,366 menit. Untuk lebih jelas dan lengkapnya dapat dilihat pada lampiran keseimbangan beban kerja.

perhitungan NC menggunakan rumus :

$$NC_{ik} = \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J n_{ij,kl} (Q_{ij} + Q_{kl})$$

Q_{ij} merupakan frekuensi angkatan pekerjaan j oleh *Tower Crane* i, sedangkan Q_{kl} merupakan frekuensi angkatan pekerjaan l oleh *Tower Crane* k dan $n_{ij,kl}$ adalah jumlah perpotongan atau konflik antara pekerjaan j oleh TCi dengan pekerjaan l oleh TCk. Pada Tugas akhir ini *Tower Crane* yang mengalami konflik adalah TC1 dan TC2, maka $NC = NC_{12}$

Sebagai contoh pada pekerjaan 25 oleh TC1 dan pekerjaan 143 oleh TC2



Gambar 4.22
Perpotongan *Task 25* (TC1) dengan *Task 143* (TC2)

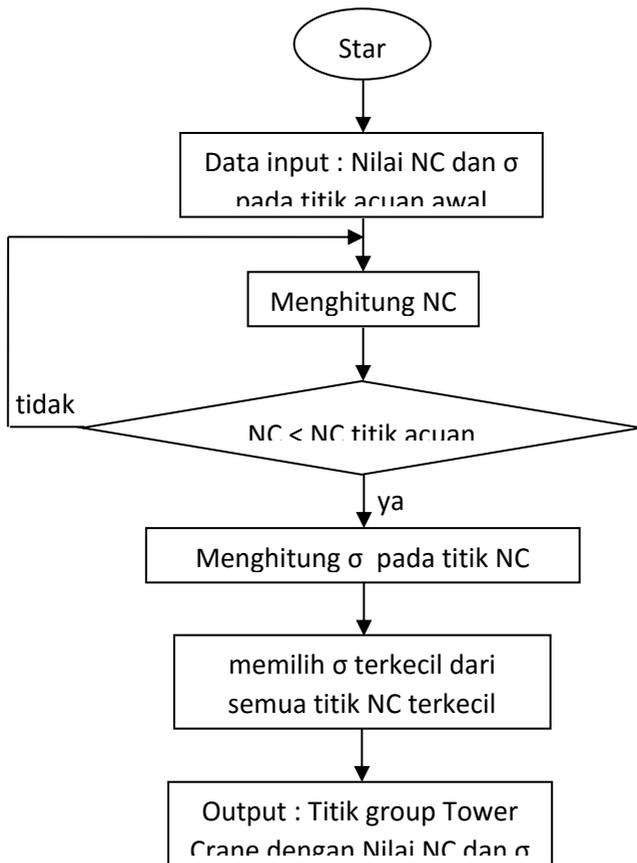
Dari gambar di atas jumlah perpotongan (n) yaitu 2 titik. Sedangkan frekuensi angkatan pekerjaan 25 oleh TC1 sebanyak 1 kali dan frekuensi angkatan pekerjaan 143 sebanyak 1 kali. Sehingga besarnya nilai konflik yang terjadi adalah $n \times (Q_i + Q_j) = 2 \times (1+1) = 4$.

Selanjutnya semua pasangan pekerjaan dihitung konflik indeksnya dengan cara yang sama kemudian dijumlahkan semuanya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lempiran konflik indeks sebelum iterasi.

Jumlah Konflik atau perpotongan sebanyak 2920 persilangan. Karena Q semua pekerjaan sama yaitu 1 maka perhitungan NC dilakukan sebagai berikut :

jadi $NC = 2920 \times (1+1) = 5840$ persilangan.

4.2.3.2 Iterasi



Gambar 4.23 Flowchart Penentuan Nilai NC dan σ pada *Group Tower Crane*

Pada gambar flowchart penentuan NC dan σ pada group *Tower Crane* di atas menunjukkan alur bagaimana proses diambilnya titik optimal group *Tower Crane*. Pada iterasi ini menggunakan Microsoft Office Excel.

Untuk lebih jelasnya alur penentuan konflik indek dan keseimbangan beban kerja antar *Tower Crane* dapat dilihat sebagai berikut :

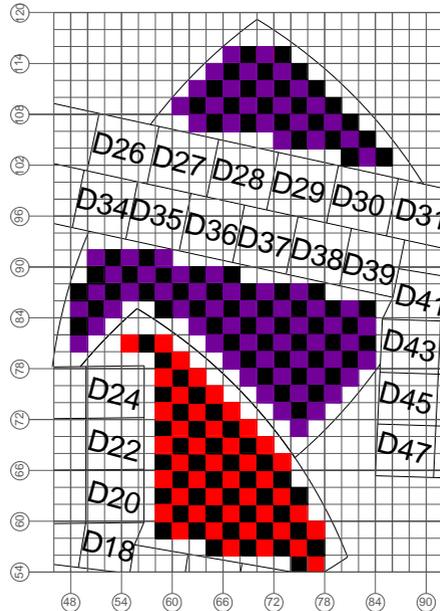
1. Menentukan nilai NC dan σ pada titik acuan awal *Tower Crane* sebagai data awal penentuan titik *Tower Crane* yang optimal.
2. Menentukan nilai NC pada semua kombinasi titik sampel pada group *Tower Crane* baik pada *Tower Crane* 1 dan *Tower Crane* 2. Diambil nilai NC yang paling kecil daripada nilai NC pada titik acuan awal *Tower Crane*.
3. Menghitung nilai σ pada titik NC terkecil, jika ada lebih dari satu titik dengan NC terkecil maka di pilih nilai σ terkecil.
4. Hasil yang didapat adalah titik group *Tower Crane* dengan nilai NC terkecil dan σ terkecil.

Dalam penentuan letak group *Tower Crane* yang optimal memiliki 2 kriteria yaitu Konflik Indek (NC) dan Keseimbangan beban kerja pada masing-masing *Tower Crane* (σ). NC sebagai parameter nilai konflik akan menunjukkan berapa banyaknya intensitas tabrakan yang di alami *Tower Crane* satu dengan *Tower Crane* yang lainnya, sedangkan (σ) menunjukkan keseimbangan beban kerja pada masing-masing *Tower Crane* dimana setiap *Tower Crane* diharapkan mendapatkan beban kerja yang sama dengan *Tower Crane* yang lainnya, jangan sampai salah satu *Tower Crane* mendapatkan beban kerja yang banyak sedangkan *Tower Crane* yang lain mendapatkan beban kerja yang sedikit, oleh karena itu masing-masing *Tower Crane* harus mendapatkan beban kerja yang sama atau selisih beban kerja yang tidak terlalu besar dengan *Tower Crane* lainnya.

Untuk menentukan posisi group *Tower Crane* yang optimal memerlukan 2 pertimbangan antara NC dan σ , dalam Tugas Akhir ini lebih mementingkan NC sebagai acuan utama dalam penempatannya, karena apabila σ yang terjadi kecil tetapi NC nya besar maka tidak dapat dilaksanakan di lapangan karena banyak tabrakan yang terjadi antar *Tower Crane*.

4.2.3.3 Proses Iterasi

Proses Iterasi dilakukan untuk mendapatkan dua titik sampel yang memiliki nilai NC dan keseimbangan beban kerja yang paling kecil dari semua titik sampel yang ada.

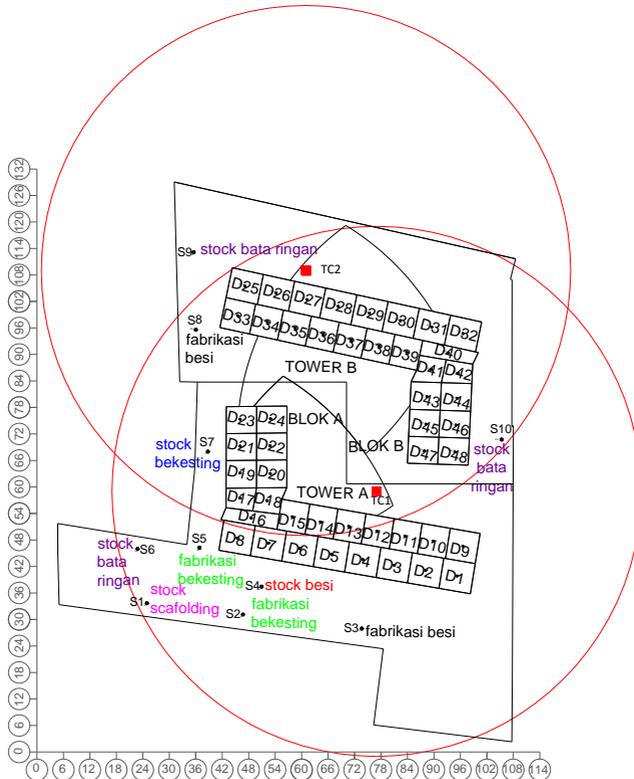


Gambar 4.24 Titik Sampel *Feasible Task Area*

Gambar di atas merupakan titik sampel yang berada dalam *Feasible Task Area* blok A dan blok B. blok A adalah kotak warna hitam dan merah sedangkan blok B adalah warna ungu dan hitam. Setiap kotak memiliki dimensi yang sama yaitu 2 m x 2 m karena disesuaikan dengan dimensi *Tower Crane* yang dipakai. Ada 83 titik pada blok A yaitu titik A sampai titik CE untuk posisi *Tower Crane* 1 dan ada 140 titik pada blok B yaitu titik 1 sampai titik 140 untuk posisi *Tower Crane* 2. Jadi jumlah titik sampelnya adalah 11620 titik sampel yaitu A1, A2, A3,sampai CE140.

4.2.3.4 Hasil Iterasi

Setelah diiterasi didapatkan titik *Tower Crane* pada koordinat TC1 (77;59) dan TC2 (61;109) dengan nilai konflik indek (NC) sebesar 5766 persilangan dan nilai keseimbangan beban kerja (σ) sebesar 438,963 menit.



Gambar 4.25
Titik Optimal *Tower Crane* 1 dan *Tower Crane* 2

Dari gambar di atas terlihat titik optimal berada pada kotak merah pada Feasible Task Area pada blok A dan blok B.

Adapun perhitungan NC dan σ pada koordinat ini sebagai berikut :

- **Matrik Aksesibilitas *Tower Crane 1 & Tower Crane 2* setelah iterasi**

Setelah diiterasi dapat diketahui bahwa pada pekerjaan 121 sampai pekerjaan 168 dan pekerjaan 181 sampai 192 mengalami overlap. Ini diterjadi karena *Tower Crane* (TC 1) dapat mencukupi semua pekerjaan TC2 kecuali pada pekerjaan titik S9 ke titik *demandnya* sehingga hampir semua pekerjaan pada TC 2 bisa dikrjakan oleh TC 1. Untuk lebih jelas dan lengkapnya dapat dilihat pada lampiran matrik aksesibilitas setelah di iterasi.

- **Keseimbangan Beban Kerja (σ) antar *Tower Crane* setelah iterasi.**

Pada TC1 didapat nilai ΣT sebesar 1444,58 menit dan ΣT pada TC2 sebesar 566,66 menit. Dengan ΣT rata-rata sebesar 1005,619 menit.

$$\sigma = \frac{\sqrt{(1005,619 - 1444,58)^2 + (1005,619 - 566,66)^2}}{2}$$
$$= 438,963 \text{ menit.}$$

Jadi keseimbangan beban kerja adalah 438,963 menit. Untuk lebih jelas dan lengkapnya dapat dilihat pada lampiran keseimbangan beban kerja setelah itersai.

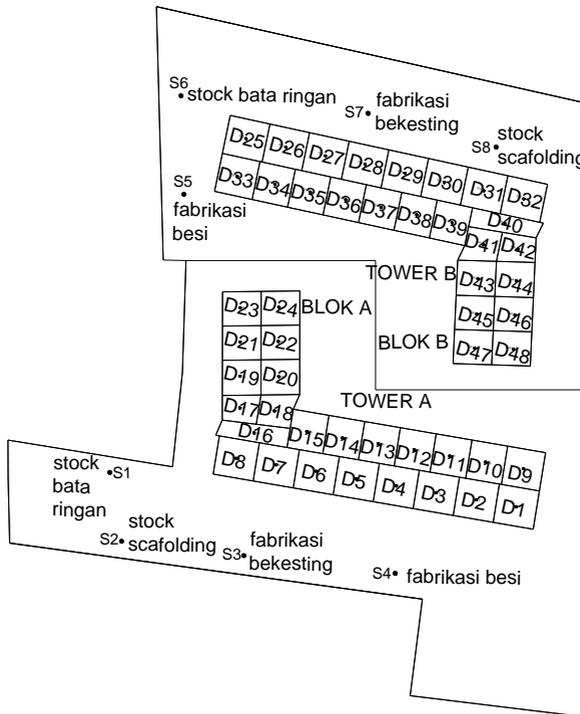
- **Perhitungan NC antar *Tower Crane* setelah diiterasi.**

Jumlah Konflik atau perpotongan sebanyak 2883 persilangan. Karena Q semua pekerjaan sama yaitu 1 maka perhitungan NC dilakukan sebagai berikut :

jadi NC = 2883 x (1+1) = 5766 persilangan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran perhitungan NC setelah itersai.

4.3 SKENARIO 2.

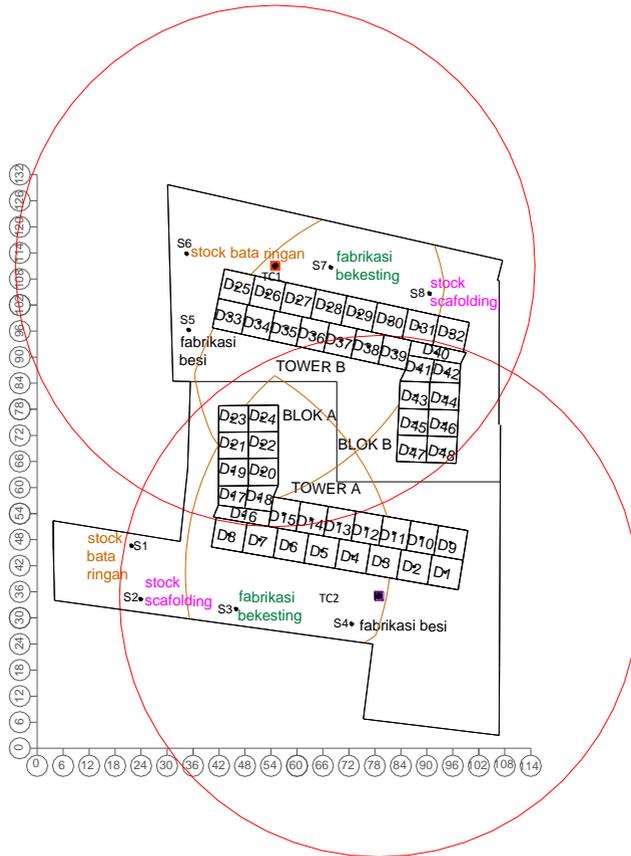
Dengan cara yang sama seperti skenario 1 di atas, skenario 2 dapat di ketahui. Semua hasil perhitungan termasuk Feasible area, matrik aksesibilitas, konflik indeks, keseimbangan beban kerja ada pada lampiran.



Gambar 4.26 Denah modifikasi Titik Supply

Dalam skenario ke 2 ini menghitung titik optimal *Tower Crane* menggunakan data denah titik *Supply* yang sudah dimodifikasi penempatan dan jumlahnya tetapi tetap menggunakan spesifikasi *Tower Crane* dengan radius 60 m seperti skenario 1. Semua data yang digunakan dalam skenario ini sama seperti skenario 1 kecuali denah titik *Supply*nya saja.

4.3.1 Hasil Iterasi

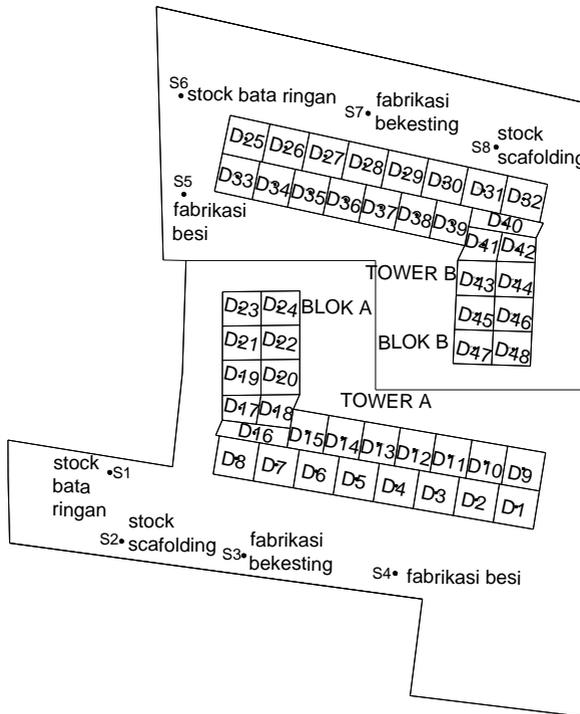


Gambar 4.27
Titik Optimal Tower Crane 1 dan Tower Crane 2

Dari hasil iterasi diperoleh titik optimal TC 1 berada pada koordinat (79;35) dan TC 2 berada pada koordinat (55;111) dengan nilai NC sebesar 0 persilangan dan keseimbangan beban kerja antar TC (σ) sebesar 98,170 menit seperti terlihat pada gambar di atas.

4.4 SKENARIO 3.

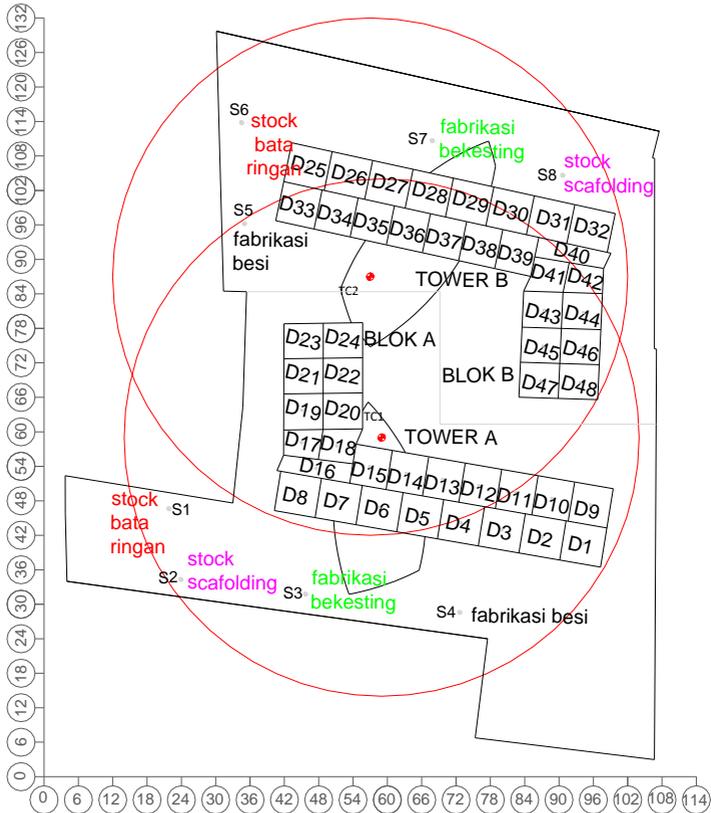
Dengan cara yang sama seperti skenario 1 di atas, skenario 3 dapat di ketahui. Semua hasil perhitungan termasuk Feasible area, matrik aksesibilitas, konflik indeks, keseimbangan beban kerja ada pada lampiran.



Gambar 4.28 Denah modifikasi Titik Supply

Dalam skenario ke 3, menghitung titik optimal *Tower Crane* menggunakan data denah titik *Supply* yang sudah dimodifikasi penempatan dan jumlahnya seperti skenario ke 2 tetapi menggunakan spesifikasi *Tower Crane* dengan radius yang telah diperkecil. Semua data yang digunakan dalam skenario ini sama seperti skenario 1 kecuali denah titik *Supply* dan radius *Tower Crane*.

4.4.1 Hasil Iterasi



Gambar 4.29
Titik Optimal Tower Crane 1 dan Tower Crane 2

Setelah iterasi didapatkan titik optimal TC1 pada koordinat (59 ; 59) dan TC2 pada koordinat (55 ; 87) dengan nilai NC sebesar 0 persilangan yang artinya pada kondisi ini tidak ada pekerjaan yang overlap dan keseimbangan beban kerja (σ) sebesar 100,595 menit dengan radius *Tower Crane* yang digunakan sebesar 45 m.

VOLUME PEKERJAAN SETIAP ZONA TOWER CRANE

ZONA	BESI	BEKESTING	BATA RINGAN	SCAFFOLDING
A1/B1	19152,81 Kg	13060,56 Kg	8775,25 Kg	15185,62 Kg
A2/B2	16277,54 Kg	10257,81 Kg	5674,91 Kg	11812,50 Kg
A3/B3	20677,92 Kg	14580,62 Kg	9056,82 Kg	16841,75 Kg

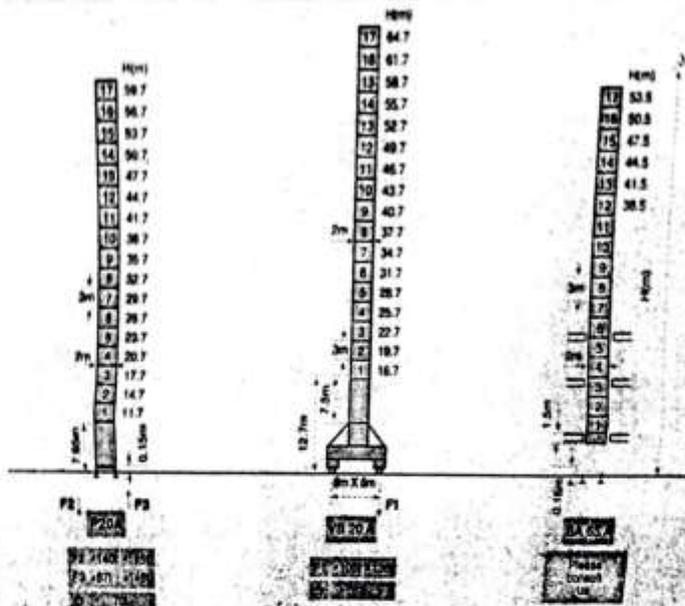
Masts



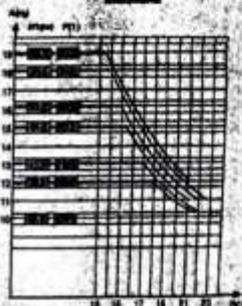
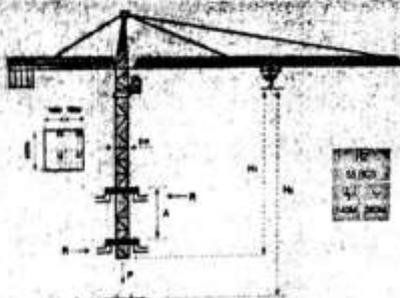
2m

Job

30m → 60m



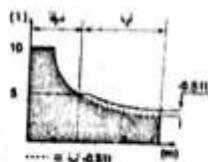
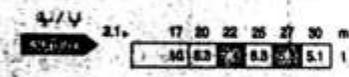
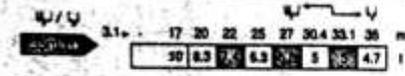
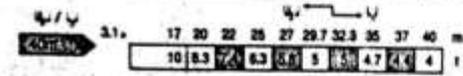
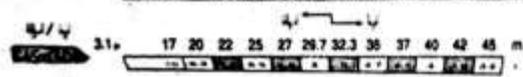
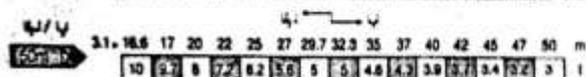
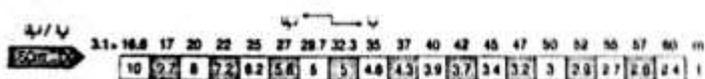
Climbing crane



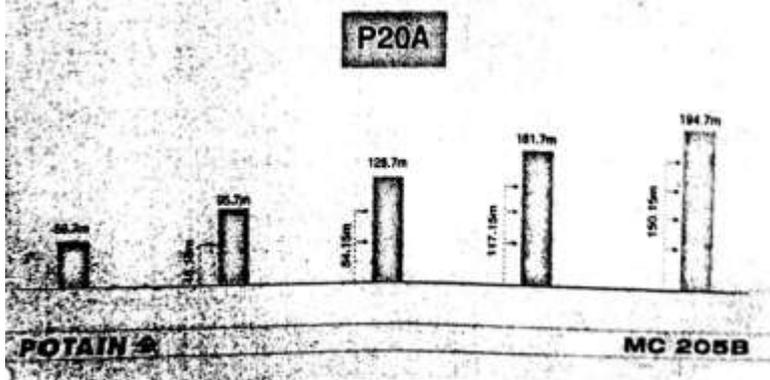
MC 205B

POTAIN

Load diagrams



Anchorage



Mechanisms

		m/min	l	m/min	l	Ch-Ps hp	kW	
Hoisting 	 55 RCS 25/13 VAI	0 → 42	5.0	0 → 21	10.0	85	40.5	280m >560m*
		0 → 84	2.8	0 → 42	5.2			
Travelling 	 5 D3 V4	15 → 58 m/min				5	3.7	
Sawing 	 RCY 145	0 → 0.8 t/min (rpm)				0 → 0.4	0 → 0.4	
Travelling 	 YB 20A R 2 13M RT 544 A1 2V	13.5 → 27.0 m/min				4 X 7	4 X 5.2	
CES 36 	TEC 38 			Generator Set				
400 V L-0% - 10% 50 Hz		55 RCS : 75 kVA						

* Please consult us.



**GROVE
POTAIN**

Blankens Grove Group Asia Pte Ltd
Blankens Grove Group

25 Senai Road
Singapore 679 888
Tel: 65 6967 7133
Fax: 65 6967 4340
466 Serangoon Park Rd 65 6957 4147
www.mh1.com.sg/mh1eng3302.asp

Copyright © POTAIN 2005

MC 205B

MC 205B



KOORDINAT TITIK DEMAND

Titik	koordinat			Titik	koordinat			Titik	koordinat		
	x	y	z		x	y	z		x	y	z
D1	95	40	6,85	D17	46	57	6,85	D33	45	99	6,85
D2	88	41	6,85	D18	52	57	6,85	D34	52	97	6,85
D3	82	42	6,85	D19	46	63	6,85	D35	58	96	6,85
D4	74	43	6,85	D20	53	63	6,85	D36	67	95	6,85
D5	67	45	6,85	D21	46	69	6,85	D37	71	93	6,85
D6	60	46	6,85	D22	53	69	6,85	D38	77	92	6,85
D7	53	47	6,85	D23	46	75	6,85	D39	84	90	6,85
D8	45	49	6,85	D24	53	75	6,85	D40	93	90	6,85
D9	97	47	6,85	D25	47	105	6,85	D41	89	87	6,85
D10	90	48	6,85	D26	54	104	6,85	D42	96	86	6,85
D11	83	49	6,85	D27	61	103	6,85	D43	88	81	6,85
D12	77	50	6,85	D28	68	101	6,85	D44	95	80	6,85
D13	71	51	6,85	D29	75	99	6,85	D45	88	74	6,85
D14	64	52	6,85	D30	82	98	6,85	D46	95	74	6,85
D15	58	53	6,85	D31	90	96	6,85	D47	88	68	6,85
D16	49	53	6,85	D32	97	95	6,85	D48	95	68	6,85

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

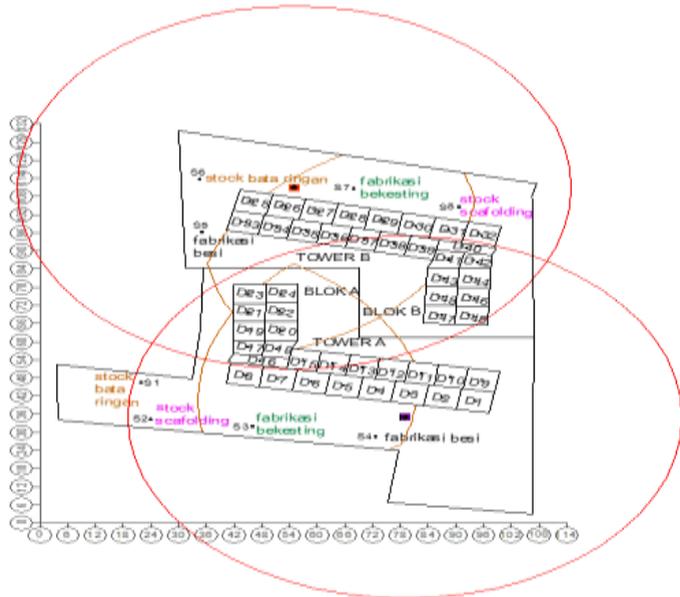
Pada proyek Ciputra World 2 Office Tower Jakarta memiliki banyak titik *Supply* yang tidak efisien seperti titik *Supply* ganda dan titik *Supply* yang harus mencukupi semua kebutuhan seluruh proyek, ini menyebabkan radius *Tower Crane* yang dipakai menjadi besar. Radius *Tower Crane* yang besar selain menyebabkan biaya sewa yang lebih mahal juga akan menyebabkan konflik antar *Tower Crane* menjadi besar. Setelah melakukan penelitian ini ternyata dengan memindahkan titik *Supply* dan memperkecil radius *Tower Crane* dapat membuat waktu pengangkutan lebih cepat dan tentunya membuat biaya operasional *Tower Crane* menjadi lebih kecil.

Dari penelitian ini didapatkan 3 hasil skenario :

- Skenario 1 titik optimal group *Tower Crane* berada pada koordinat TC1 (77 ; 59) dan TC 2 (61 ; 109) dengan nilai konflik indek (NC) sebesar 5766 persilangan dan keseimbangan beban kerja antar *Tower Crane* (σ) 438,963 menit.
- Skenario 2 titik optimal group *Tower Crane* berada pada koordinat TC1 (79 ; 35) dan TC 2 (55 ; 111) dengan nilai konflik indek (NC) sebesar 0 persilangan dan keseimbangan beban kerja antar *Tower Crane* (σ) 98,170 menit.
- Skenario 3 titik optimal group *Tower Crane* berada pada koordinat TC1 (59 ; 59) dan TC 2 (55 ; 87) dengan nilai konflik indek (NC) sebesar 0 persilangan dan keseimbangan beban kerja antar *Tower Crane* (σ) 100,595 menit.

Setelah dilakukan penelitian terhadap 3 skenario yang sudah direncanakan disimpulkan bahwa skenario 2 dengan titik optimal group *Tower Crane* berada pada koordinat TC1 (79 ; 35) dan TC 2 (55 ; 111) dengan nilai konflik indek (NC) sebesar 0

persilangan dan keseimbangan beban kerja antar *Tower Crane* (σ) 98,170 menit adalah skenario yang paling optimal diantara semua skenario yang ada karena memiliki konflik indek (NC) yang paling kecil yaitu sebesar 0 yang artinya tidak ada konflik yang terjadi diantara 2 *Tower Crane* serta memiliki keseimbangan beban kerja (σ) yang paling kecil yaitu 98,170 menit yang artinya skenario ini adalah skenario yang mempunyai keseimbangan kerja antar kedua *Tower Crane* yang paling kecil sehingga tidak ada *Tower Crane* yang beban kerjanya jauh lebih besar di banding *Tower Crane* yang lainnya. Setelah diketahui bahwa skenario 2 adalah skenario yang paling optimal menandakan bahwa radius yang digunakan pada kondisi eksisting yaitu 60 m sudah tepat, tetapi banyak titik Supply yang harus di rubah penempatannya dan juga dikurangi jumlahnya agar menjadi lebih optimal.



Gambar 5.1
Titik Optimal *Tower Crane* 1 dan *Tower Crane* 2 Pada Skenario 2

SARAN

Untuk menyempurnakan penelitian ini pada penelitian selanjutnya dihitung biaya operasionalnya juga supaya terlihat jelas seberapa besar selisih biaya operasional pada titik *Tower Crane* aktual dengan biaya operasional pada titik optimal *Tower Crane* yang telah dipindahkan. Untuk lebih berkembang supaya dilakukan optimasi lokasi Tower crane pada proyek yang memiliki lantai dermaga, jembatan, atau bangunan yang memiliki lantai tidak *tipikal*.

DAFTAR PUSTAKA

- Chudley, R. (2004) *Construction Technology volume 4*, longman Singapore Publishers (Pte) Ltd, Singapore.
- Danar, R.B.D. 2004. *Optimasi Lokasi Untuk Group Tower Crane Pada Proyek Kelapa Gading Mall Jakarta*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Peurifoy, Robert L. 1996. *Construction Planing, Equipment and Method fifth edition*, Mc Graw Hill, New York.
- Rostiyanti, Susy Fatena (2002). *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Soeharto, Imam. 1995. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*, Pt. Erlangga Jakarta.
- 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 LayoutInternational*. Department of Building & Construction and Division of Building Science and Technology, City University of Hong Kong.
- Tam, C. M, Thomas K.L Tong, Wilson K.W. Chan, 2001. *Genetic Algorithm for Optimizing Supply Location Around Tower Crane*, Journal Of Construction Engineering And Management, ASCE.
- Tjahyo, D.S. 2005. *Analisa Perhitungan Waktu dan Biaya Pemakaian Tower crane pada Pekerjaan Pengangkutan Material Proyek Pembangunan Rumah Sakit*

dr.Moch.Soewanhie. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Winanda, L.A.R. 2005. ***Penentuan lokasi Tower Crane Menggunakan Algoritma Genetika (AG) pada Proyek Perkantoran Halim Sakti.*** Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Giusti Rizky Kusumanto ini dilahirkan di Boulder pada tanggal 13 Januari 1992. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Al-Izhar Jakarta, SMP Al-Izhar Jakarta dan SMA Negeri 66 Jakarta. Lulus dari SMA, penulis kemudian melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil ITS pada tahun 2012 melalui jalur Kemitraan dan terdaftar dengan NRP 3112100123. Gelar Sarjana Teknik diperoleh penulis pada tahun 2016 dengan judul

Tugas Akhir “Optimasi Lokasi Untuk Penempatan Group Tower Crane Pada Proyek Ciputra World 2 Office Tower Jakarta”.

Email : giustirizky@live.com