

PROGRAM PERHITUNGAN WAKTU SIKLUS PENGOPERASIAN BERDASARKAN KOORDINAT PENEMPATAN *TOWER CRANE*

Lucky Wijaya¹, Nicholas Bernard² dan Ratna S. Alifen³

ABSTRAK : *Tower crane* adalah alat berat yang berfungsi sebagai alat pengangkut material, sebagai alat berat yang tidak dapat berpindah tempat dan harus dapat menjangkau seluruh proyek, sehingga penempatan *tower crane* perlu direncanakan dengan baik dan untuk mendapatkan waktu siklus yang minimal. Karena tugas *tower crane* adalah pekerjaan yang repetitif, maka perhitungan waktu siklus pengoperasian berdasarkan koordinat penempatan *tower crane* dapat diprogramkan. Pembuatan program dengan menggunakan *Microsoft Excel*, pada program ini didukung menggunakan data lapangan yang akan menjadi database. Program akan dibuat dengan 3 skema penempatan *tower crane*, dan akan diuji coba pada bangunan berukuran 25x27,5 meter dengan luas tanah 45x45 meter. Hasil dari program adalah opsi TC 1 dengan waktu siklus total 737 jam, opsi TC 2 selama 846 jam, dan opsi TC 3 selama 833 jam. Perbedaan antara opsi TC 1 dan opsi TC 3 adalah 109 jam, perbedaan biaya sebesar RP 50.000.000. Hal ini dikarenakan opsi TC 1 memiliki daerah operasi dengan sudut rotasi yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan opsi TC 2. Penempatan TC sebaiknya diusahakan agar titik sumber bahan, dan titik tujuan berada pada satu sisi TC agar tidak perlu melakukan rotasi yang terlalu banyak.

KATA KUNCI: penempatan *tower crane*, program perhitungan waktu siklus.

1. PENDAHULUAN

Tower Crane (TC) merupakan salah satu alat berat dalam dunia konstruksi, yang berfungsi sebagai material handling equipment atau alat pengangkut material. TC memiliki area jangkauan yang luas dan dapat bergerak secara vertikal dan horizontal, serta dapat menambah ketinggian menyesuaikan dengan ketinggian bangunan, oleh karena itu TC banyak digunakan pada pembangunan *high rise building*. Kondisi proyek yang beragam seperti lahan proyek yang sempit, dan lain-lain menyebabkan tidak ada acuan yang pasti dalam menempatkan TC. Sedangkan, penempatan TC merupakan point yang krusial dalam sebuah proyek, TC yang tidak dapat beroperasi dengan baik seperti tidak dapat menjangkau sumber material atau titik bangunan maka akan menghambat proyek.

TC pada pembangunan struktur beton mengangkat beberapa macam material seperti, *scaffolding*, bekisting, tulangan lonjor, tulangan fabrikasi, beton cair. Dalam proses pengangkatan material TC membutuhkan waktu untuk mengikat material, menempuh jarak vertikal, horizontal, berotasi menuju tempat tujuan, dan waktu untuk bongkar material disebut sebagai waktu siklus. Waktu siklus saling berhubungan dengan penempatan TC, semakin jauh jarak vertikal, horizontal, dan sudut rotasi yang perlu ditempuh semakin lama juga waktu siklus yang diperlukan dan biaya sewa TC akan semakin besar.

Sebagai project manager perlu untuk mengestimasi kebutuhan TC pada proyek, seperti kapan TC mulai dibutuhkan pada proyeknya, berapa crane-day yang dibutuhkan untuk mendukung kelancaran proyek, dan berapa biaya yang perlu dikeluarkan untuk sewa TC. Bukanlah hal yang mudah bagi

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, b11180187@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, b11170142@john.petra.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, alifrat@petra.ac.id

seorang *project manager* untuk mengestimasi kebutuhan TC agar dapat digunakan dengan efisien mengingat pengeluaran untuk sewa TC termasuk salah satu biaya dengan nominal yang besar. Oleh karena itu perhitungan waktu siklus TC dapat diprogramkan dan membantu merencanakan penempatan TC berdasarkan waktu siklus yang minimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Rostiyanti, (2008) crane sendiri memiliki arti, yaitu alat pengangkutan vertikal atau alat pengangkatan yang biasa digunakan dalam proyek konstruksi. crane dibagi menjadi 2 yaitu, *crane* dengan penggerak dan *tower crane* yang statis. Bagian dari crane adalah mast atau tiang utama, jib dan *counter jib*, *counterweight trolley*, dan *tie ropes* (Rostiyanti, 2008).

Waktu siklus TC adalah waktu yang diperlukan TC untuk memindahkan material mulai dari pengikatan material pada sumber bahan, pengangkatan sampai dengan kembali lagi ke posisi semula. Waktu siklus dibagi menjadi dua, yaitu *Fix Time* dan *Variable Time*. *Fix Time* adalah waktu tetap yang diperlukan pekerja lapangan dalam mengikat material ke *hoist* TC dan membongkar material. *Variable time* adalah waktu yang dapat berubah - ubah seperti waktu angkat TC, waktu putar TC, tergantung pada jarak yang perlu ditempuh TC untuk mencapai titik tujuan dari titik sumber bahan.

Variable time dibagi menjadi beberapa tahapan, tahapan pertama adalah gerakan vertikal, material diangkat keatas menuju ketinggian yang sesuai dengan elevasi lokasi tujuan material akan diturunkan. Waktu yang diperlukan untuk melakukan proses ini disebut dengan *Hoist Time*. Tahapan kedua adalah gerakan rotasi, memutar arah jib karena posisi jib TC tidak selalu menghadap ke arah lokasi tujuan. Waktu yang dibutuhkan untuk memutar jib ke arah lokasi tujuan disebut *slewing time*. Tahapan ketiga adalah gerakan horizontal, setelah jib telah mengarah ke lokasi tujuan, *trolley* pada TC akan digeser tepat berada diatas lokasi penurunan material. Waktu yang diperlukan untuk menggeser *trolley* menuju lokasi yang dituju disebut dengan *trolley time*. Setelah itu, hook block pada TC harus diturunkan tepat di lokasi tujuan hingga material dapat dilakukan pembongkaran. Waktu yang diperlukan untuk menurunkan *hook block* ke lokasi tujuan disebut *landing time*. Pada dasarnya perhitungan *variable time* menggunakan rumus :

$$t(\text{waktu}) = \frac{s(\text{jarak})}{v(\text{kecepatan})}$$

Untuk memenuhi persamaan tersebut perlu untuk mencari jarak tempuh dari 3 gerakan TC, yaitu vertikal, horizontal, rotasi, dan untuk kecepatan TC menggunakan kecepatan yang tersedia sesuai dengan spesifikasi TC.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Literatur

Mencari referensi dari buku atau jurnal yang nantinya akan digunakan sebagai teori untuk penelitian ini. Diperoleh dari buku yang berjudul Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi oleh Ir. Susy Fatena Rosyanti, M.Sc yang diterbitkan pada tahun 2008 dan beberapa buku beserta jurnal-jurnal penelitian lainnya yang berhubungan dengan penelitian ini

3.2 Studi Lapangan

Pada studi lapangan yang dilaksanakan di proyek apartemen kyo society akan digunakan untuk pengumpulan data TC yang digunakan pada proyek tersebut, adapun data-data yang akan dikumpulkan, yaitu model tc, panjang jib, *sling single* atau *double*, kapasitas beban maksimum, kecepatan *hoist*, *trolley*, dan *swing*, kapasitas mesin, jenis material, waktu lepas dan ikat material di hitung menggunakan *stopwatch* dan mencatat pada lembar kerja

3.3 Pembuatan Program

Pembuatan Program dapat dilakukan apabila studi literatur yang akan digunakan sebagai landasan teori sudah terpenuhi, dan studi lapangan yang bertujuan untuk mengumpulkan data-data dilapangan sudah memenuhi kebutuhan untuk melengkapi database, maka pembuatan program dapat dimulai. Pembuatan program akan menggunakan aplikasi Microsoft Excel, dengan data-data dari lapangan digunakan sebagai database program yang telah dibuat dan program akan diuji coba pada bangunan ukuran 25x27,5 meter dengan luas tanah 45x45 meter.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Informasi TC

Tempat dilaksanakan studi lapangan untuk pengambilan data yang digunakan untuk penelitian ini dilaksanakan di proyek apartemen *kyo society* yang sekaligus menjadi tempat pelaksanaan magang. dari apartemen *kyo society* didapatkan gambaran pengoperasian TC pada lapangan, serta 5 jenis material yang diangkat menggunakan tc untuk pekerjaan struktur bangunan beton, yaitu *scaffolding*, bekisting, tulangan lonjor, tulangan fabrikasi, dan bucket untuk beton cair, *fix time* untuk 5 material (*scaffolding*, bekisting, tulangan lonjor, tulangan fabrikasi, beton cair).

Pemilihan Tipe TC yang sesuai dengan kebutuhan proyek dengan mempertimbangkan panjang jib rencana dan kapasitas angkat maksimal TC harus tepat, apabila berlebihan maka biaya TC akan mahal, sedangkan apabila kekurangan maka kendala dalam proses pengangkatan material.

Program ini difokuskan pada pekerjaan struktur yang menggunakan TC, material yang diangkat oleh TC, antara lain Scaffolding, bekisting, tulangan baja lonjor, tulangan kolom, bucket untuk beton cair. Selain pekerjaan struktur, TC pada proyek ini digunakan untuk pengangkatan material pekerjaan arsitekur yang menggunakan TC akan tetapi tidak dimasukkan pada program ini, antara lain : bata ringan, mortar perekat bata ringan, kolom praktis, mortar acian, mortar plesteran.

4.2 Fix Time

Fix time untuk material bekisting dibagi menjadi 2, yaitu bekisting kolom dan bekisting pelat/ balok. *Fix time* dari bekisting kolom cenderung lebih lama karena pada saat mencapai titik tujuan sekaligus dilakukan pemasangan bekisting pada tulangan kolom, sehingga *fix time* untuk bekisting kolom adalah 106 detik merupakan penambahan dari waktu pengikatan selama 46 detik dan waktu pemasangan dan pembongkaran selama 60 detik sedangkan waktu pengikatan bekisting pelat/ balok adalah 49 Detik dan waktu pembongkaran adalah 41 detik, *fix time* untuk bekisting pelat/balok adalah 90 detik. Rangkuman *fix time* pada **Tabel 1** untuk lima material yang diangkat menggunakan TC, *fix time* terlama 645 detik untuk tulangan kolom, dan tercepat bekisting pelat/balok selama 90 detik.

Tabel 1. Fix Time

Material	Waktu Ikat (Detik)	Waktu Lepas (Detik)	Fix Time (Detik)
Scaffolding	61	51	112
Bekisting Pelat/Balok	49	41	90
Bekisting Kolom	46	60	106
Tulangan Baja	141	41	182
Tulangan Kolom	132	513	645
Bucket Ready Mix	67	124	191

4.3 Variable Time

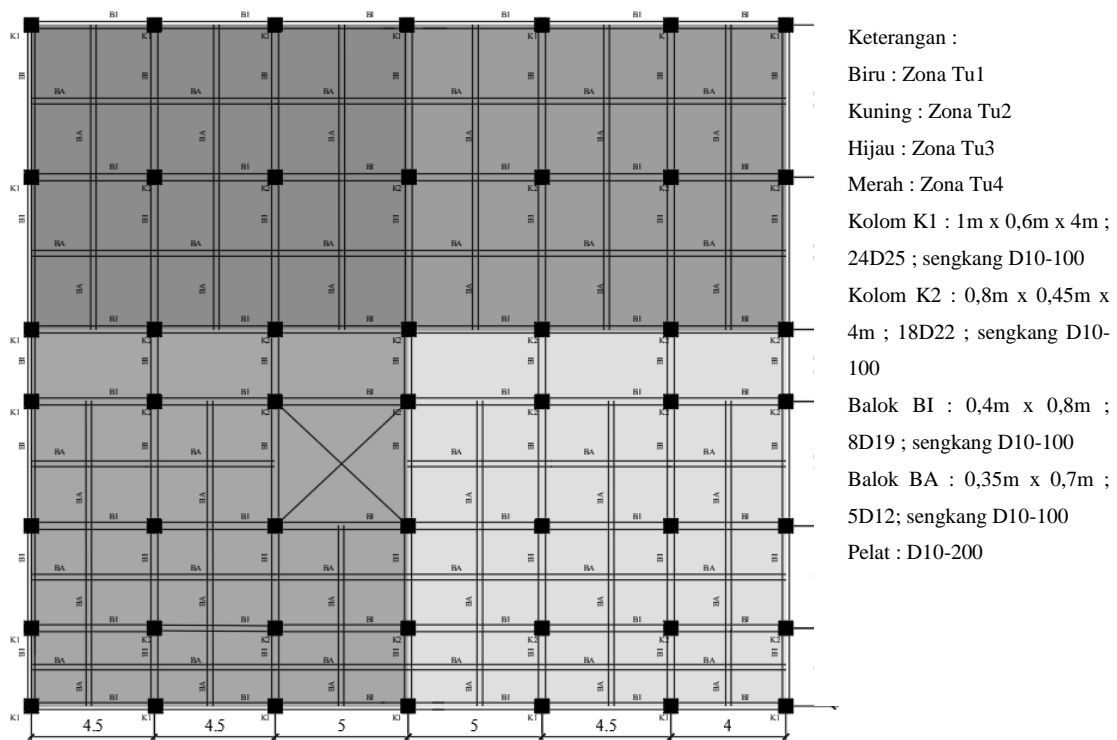
Variable Time merupakan waktu tempuh TC yang berubah-ubah bergantung pada jarak (vertikal, horizontal, dan rotasi) dan kecepatan yang perlu dilakukan TC. Pada tiap pengangkatan, jarak yang

perlu ditempuh TC bisa berbeda-beda. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan Variable Time menggunakan program.

4.4 Pembuatan Program

Dalam pembuatan program ini dibagi menjadi 4 komponen besar yang saling melengkapi, yaitu input, database, proses, dan output. Input seperti data proyek, data *Tower Crane* yang digunakan, denah layout proyek untuk mendapatkan layout penempatan dari TC, sumber bahan (S1, S2, S3, S4, S5) dan tujuan (Tu1, Tu2, Tu3, Tu4), spesifikasi material yang akan diangkut oleh *Tower Crane*, antara lain scaffolding, bekisting, tulangan lonjor, tulangan fabrikasi, beton cair. Dalam perhitungan waktu siklus ini memerlukan 3 macam waktu yang perlu diperhitungkan, yaitu waktu tempuh horizontal, waktu tempuh vertikal, waktu tempuh rotasi. Setelah menghitung waktu tempuh diatas maka akan menghasilkan waktu siklus *Tower Crane* yang kemudian dapat digunakan untuk merencanakan penempatan TC dengan waktu minimum.

Input spesifikasi komponen struktur merupakan input yang nantinya akan digunakan untuk menghitung kebutuhan material tiap komponen struktur. Dibagi menjadi 3, yaitu kolom, balok, dan pelat, spesifikasi dari 3 komponen struktur ini diinput tiap lantai dan dibagi tiap zona untuk mengetahui kebutuhan material scaffolding, bekisting, tulangan, dan beton pada zona tersebut. Denah struktur pada **Gambar 1** yang akan digunakan sebagai contoh input spesifikasi komponen struktur.



Gambar 1: Denah Struktur Pelat-Balok-Kolom

Proses program yaitu rangkaian perhitungan sesuai dengan function yang dibuat untuk mendapatkan hasil yang telah ditentukan. Tahapan-tahapan proses program untuk mendapatkan hasil, yaitu. perhitungan berat material, perhitungan jarak tempuh (d), perhitungan variable time (tvar), perhitungan waktu durasi penggunaan TC.

Output merupakan hasil dari proses perhitungan program berdasarkan database dan input yang diberikan. Output dari program ini, yaitu waktu siklus TC, waktu total, penempatan TC.

Asumsi 1 crane day = 8 jam

Opsi TC 1 = 738 jam / 8 jam = 92,25 crane day \approx 93 crane day

Biaya sewa berdasarkan data yang didapat dari lapangan = Rp. 125 juta/bulan (30 crane day)

Biaya sewa opsi TC 1 = (93 crane day/30 crane day) x Rp. 125 juta = Rp 387.500.000

Program ini diperuntukkan pekerjaan struktur beton (pelat, balok, dan kolom), dan 5 jenis material yang diangkat, yaitu scaffolding, bekisting, tulangan lonjor, tulangan fabrikasi, dan bucket beton cair. Program dapat dimodifikasi untuk pekerjaan lain, dan material lain dengan menambah beberapa informasi yang dibutuhkan, antara lain : fixed time (waktu ikat dan waktu bongkar material), tujuan material tersebut, dan menambahkan sheet input spesifikasi pekerjaan tersebut untuk menghitung kebutuhan material.

Perhitungan ini akan berulang-ulang sampai lantai 20, setelah itu program akan menghitung lagi dengan menggunakan dua skema penempatan TC yang berbeda, dan akhirnya bisa menentukan posisi TC dengan waktu siklus yang paling minimal.

Material yang perlu diangkat untuk lantai 1 (Elevasi 4 m)

- Kolom (bekisting, fabrikasi, beton cair)
- Balok (*scaffolding*, bekisting, tulangan fabrikasi)
- Pelat (*scaffolding*, bekisting, tulangan lonjor)

Perhitungan Volume Material Yang Dipindahkan Untuk Lantai 1

Dimulai dari **Tabel 2** yang merupakan perhitungan jumlah scaffolding yang dibutuhkan pada masing – masing titik tujuan yang berdasarkan dari luasan, **Tabel 3** yang merupakan perhitungan kebutuhan bekisting untuk kolom dari masing – masing titik tujuan, **Tabel 4** yang merupakan perhitungan kebutuhan bekisting untuk balok dari masing – masing titik tujuan dan kemudian **Tabel 5** yang merupakan perhitungan kebutuhan bekisting untuk pelat dari masing – masing titik tujuan

Tabel 2. Jumlah Scaffolding

Lantai 1				
Tujuan	Panjang(m)	Lebar (m)	Luas (m2)	Jumlah Scaffolding
Tu 1	12.5	13.75	171.875	68
Tu 2	12.5	13.75	171.875	68
Tu 3	12.5	13.75	171.875	68
Tu 4	12.5	13.75	171.875	68

Tabel 3. Volume Bekisting Kolom

Lantai 1						
Tujuan	Jenis Kolom	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Luas (m2)
Tu 1	K1	1	0.6	4	7	12.8
Tu 1	K2	0.8	0.45	4	9	10
Tu 2	K1	1	0.6	4	6	12.8
Tu 2	K2	0.8	0.45	4	6	10
Tu 3	K1	1	0.6	4	5	12.8
Tu 3	K2	0.8	0.45	4	4	10
Tu 4	K1	1	0.6	4	6	12.8
Tu 4	K2	0.8	0.45	4	6	10

Tabel 4. Volume Bekisting Balok

Lantai 1						
Tujuan	Jenis Balok	Panj. (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Luas Total (m2)
Tu 1	BI	5.5	0.4	0.8	28	255
Tu 1	BA	5	0.35	0.7	16	116
Tu 2	BI	5.5	0.4	0.8	24	219
Tu 2	BA	5	0.35	0.7	18	130
Tu 3	BI	5.5	0.4	0.8	15	137
Tu 3	BA	5	0.35	0.7	12	87
Tu 4	BI	5.5	0.4	0.8	17	155
Tu 4	BA	5	0.35	0.7	12	87

Tabel 5. Volume Bekisting Pelat

Lantai 1					
Tujuan	Jenis Pelat	Panjang(m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Luas (m2)
Tu 1	P1	12.5	13.75	0.12	175.025
Tu 2	P1	12.5	13.75	0.12	175.025
Tu 3	P1	12.5	13.75	0.12	175.025
Tu 4	P1	12.5	13.75	0.12	175.025

Tabel 6 adalah perhitunagn kebutuhan tulangan lonjor dari masing – masing titik tujuan

Tabel 6. Volume Tulangan Lonjor

LANTAI 1					Arah Pnj.		Arah Leb.					
Tujuan	Jenis Pelat	Pnj. Pelat (m)	Leb. Pelat (m)	Jarak Antar Tul. (m)	Jml. Tul Atas	Jml. Tul Bawah	Jml. Tul Atas	Jml. Tul Bawah	D (m)	Pnj. Tul X (m)	Pnj. Tul Y (m)	Vol. (m3)
Tu 1	P1	12.5	13.75	0.2	69	69	63	63	0.01	12.5	13.75	0.27
Tu 2	P1	12.5	13.75	0.2	69	69	63	63	0.01	12.5	13.75	0.27
Tu 3	P1	12.5	13.75	0.2	69	69	63	63	0.01	12.5	13.75	0.27
Tu 4	P1	12.5	13.75	0.2	69	69	63	63	0.01	12.5	13.75	0.27

Tabel 7 adalah perhitungan kebutuhan tulangan fabrikasi kolom dari masing – masing titik tujuan dan jenis kolom

Tabel 7. Volume Tulangan Fabrikasi Kolom

Lantai 1												
Tujuan	Jenis Klm.	Jml. Tul.	Jml. Seng .	D Tul. (mm)	D Seng. (mm)	Pnj. Tul. (mm)	Pnj. Seng. (mm)	Vol. Tul. (m3)	Vol. Seng. (m3)	Vol. Total (m3)	Jml. Klm.	Vol. akhir (m3)
Tu 1	K1	24	40	25	10	4000	3040	0.05	0.01	0.06	7	0.06
Tu 1	K2	18	40	22	10	4000	2340	0.03	0.01	0.03	9	0.03
Tu 2	K1	24	40	25	10	4000	3040	0.05	0.01	0.06	6	0.06
Tu 2	K2	18	40	22	10	4000	2340	0.03	0.01	0.03	6	0.03
Tu 3	K1	24	40	25	10	4000	3040	0.05	0.01	0.06	5	0.06
Tu 3	K2	18	40	22	10	4000	2340	0.03	0.01	0.03	4	0.03
Tu 4	K1	24	40	25	10	4000	3040	0.05	0.01	0.06	6	0.06
Tu 4	K2	18	40	22	10	4000	2340	0.03	0.01	0.03	6	0.03

Tabel 8 adalah perhitungan kebutuhan tulangan fabrikasi balok dari masing – masing titik tujuan dan jenis balok

Tabel 8. Volume Tulangan Fabrikasi Balok

Lantai 1												
Tujuan	Jenis Blk.	Jml. Tul.	Jml. Seng.	D Tul. (mm)	D Seng. (mm)	Pnj. Tul. (mm)	Pnj. Seng. (mm)	Vol. Tul. (m3)	Vol. Seng. (m3)	Vol. Total (m3)	Jml. Blk.	Vol. akhir (m3)
Tu 1	BI	8	55	19	10	5500	2240	0.01	0.01	0.02	28	0.62
Tu 1	BA	5	50	12	10	5000	1940	0.00	0.01	0.01	16	0.17
Tu 2	BI	8	55	19	10	5500	2240	0.01	0.01	0.02	24	0.53
Tu 2	BA	5	50	12	10	5000	1940	0.00	0.01	0.01	18	0.19
Tu 3	BI	8	55	19	10	5500	2240	0.01	0.01	0.02	15	0.33
Tu 3	BA	5	50	12	10	5000	1940	0.00	0.01	0.01	12	0.13
Tu 4	BI	8	55	19	10	5500	2240	0.01	0.01	0.02	17	0.38
Tu 4	BA	5	50	12	10	5000	1940	0.00	0.01	0.01	12	0.13

Tabel 9 adalah perhitungan kebutuhan beton cari untuk kolom dari masing – masing titik tujuan dan jenis kolom

Tabel 9. Volume Beton Cair

Lantai 1						
Tujuan	Jenis Kolom	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Jumlah	Vol. (m3)
Tu 1	K1	1	0.6	4	7	16.8
Tu 1	K2	0.8	0.45	4	9	12.96
Tu 2	K1	1	0.6	4	6	14.4
Tu 2	K2	0.8	0.45	4	6	8.64
Tu 3	K1	1	0.6	4	5	12
Tu 3	K2	0.8	0.45	4	4	5.76
Tu 4	K1	1	0.6	4	6	14.4
Tu 4	K2	0.8	0.45	4	6	8.64

Tabel 10 adalah rangkuman perhitunagn waktu siklus beserta biaya yang akan dikeluarkan dari 3 opsi TC yang tersedia beserta pemilihan opsi TC yang dianjurkan berdasarkan total waktu siklus yang terendah dari 3 opsi yang tersedia.

Tabel 10. Rangkuman Waktu Siklus dari Tiga Skema

Durasi (Jam)			
Lantai	Opsi TC 1	Opsi TC 2	Opsi TC 3
1	29,14	34,10	33,98
2	29,95	34,96	34,80
3	30,76	35,82	35,61
4	31,57	36,68	36,41
5	32,38	37,54	37,21
6	33,19	38,39	38,02
7	33,99	39,25	38,82
8	34,80	40,11	39,62
9	35,61	40,97	40,43
10	36,42	41,82	41,23
11	37,23	42,68	42,03
12	38,04	43,54	42,84
13	38,85	44,40	43,64
14	39,65	45,26	44,45
15	40,46	46,11	45,25
16	41,27	46,97	46,05
17	42,08	47,83	46,86
18	42,89	48,69	47,66
19	43,70	49,54	48,46
20	44,51	50,40	49,27

Harga Sewa TC	Rp125,000,000 /Bulan		
Harga ereksi dan dismantling	Rp80,000,000		
Durasi ereksi (hari)	7		
Durasi dismantling (hari)	8		
Crane-day	8	Jam/hari	
TOTAL (Jam)	Opsi TC 1	Opsi TC 2	Opsi TC 3
	737	846	833
Total (Crane day)	93 Crane-day	106 Crane-day	105 Crane-day
Biaya / Opsi	Rp383,854,167	Rp440,625,000	Rp433,854,167
Opsi Yang dianjurkan	Opsi TC 1		737
Opsi Yang dianjurkan memerlukan (termasuk waktu lepas dan pasang)			108 Crane-day
Biaya dengan TC yang dianjurkan	Rp467,500,000		

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari program untuk mencari penempatan TC berdasarkan waktu siklus yang paling minimal, terlihat perbedaan yang signifikan antara tiap opsi : opsi 1 dengan waktu penggunaan TC selama 737 jam, opsi 2 selama 846 Jam, dan opsi 3 selama 833 jam, perbedaan waktu siklus yang didapat antara opsi 1 dan opsi 2 sebesar 13,1% dan menghemat biaya sebesar Rp. 53.125.000 (lima puluh tiga juta seratus dua puluh lima ribu rupiah). Angka ini didapat dengan perhitungan waktu siklus dalam pengangkatan 5 jenis material, yaitu scaffolding, bekisting, tulangan lonjor, tulangan fabrikasi, dan beton cair untuk pekerjaan struktur beton sebanyak 20 lantai. Maka, untuk memilih lokasi penempatan TC sebaiknya diusahakan titik tujuan dan sumber bahan berada pada 1 sisi TC, dengan begitu TC tidak perlu melakukan banyak rotasi

6. DAFTAR REFERENSI

Rostiyanti, S.F. (2008). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. PT. Rineka Cipta. Indonesia