



MK-3

ESTIMASI PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA 1 UNIT *MOBILE CRANE* DENGAN 2 UNIT *MINI CRAWLER CRANE* UNTUK KONSTRUKSI STRUKTUR KOLOM BETON BERTULANG PADA PROYEK PEMBANGUNAN TRIBUN STADION X

Hazairin¹, Ratih Dewi Shima² dan Faza Rusyda Alfafa³

¹Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Jl. PH.H. Mustofa No.23, Bandung
e-mail: herin@itenas.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Jl. PH.H. Mustofa No.23, Bandung
e-mail: ratihdshima@itenas.ac.id

³Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Jl. PH.H. Mustofa No.23, Bandung
e-mail: rusydaf@gmail.com

ABSTRAK

Pada pekerjaan cor kolom memerlukan manajemen yang baik, terutama pada pemilihan alat yang digunakan untuk mempermudah proses pekerjaan agar tercapainya waktu pelaksanaan yang cepat, biaya yang murah dan mutu yang baik sesuai rencana. Alat yang dibandingkan adalah 1 unit *Mobile Crane* Kato NK-250 kapasitas 25 ton dan 2 unit *Mini Crawler Crane* KB-1.0 kapasitas 3 ton yang berfungsi untuk mengangkat besi tulangan, bekisting, dan *concrete bucket* ketika proses pengecoran kolom berlangsung. Walaupun dari segi ukuran, kapasitas angkat, dan *working radius* dari *mini crawler crane* lebih kecil dari *mobile crane*, namun berdasarkan berat beban yang diangkat tidak melebihi kapasitas alat tersebut. Metode yang digunakan adalah perhitungan waktu berdasarkan produktivitas alat dan perhitungan biaya berdasarkan Operasional Alat. Dari hasil perhitungan, 1 unit *Mobile Crane* Kato NK-250 kapasitas 25 ton membutuhkan waktu 24 hari dengan biaya Rp156.565.543,06, sedangkan 2 unit *Mini Crawler Crane* KB-1.0 kapasitas 3 ton membutuhkan waktu 16 hari dengan biaya Rp48.367.742,17. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan 2 unit *Mini Crawler Crane* KB-1.0 kapasitas 3 ton lebih unggul, karena waktu pelaksanaan yang lebih cepat dan kebutuhan biaya yang lebih kecil dari penggunaan 1 unit *Mobile Crane* Kato NK-250 kapasitas 25 ton.

Kata kunci: *mini crane*, *crawler crane*, *mobile crane*, produktivitas, biaya operasional

PENDAHULUAN

Proyek Pembangunan Stadion X merupakan bentuk upaya meningkatkan sarana dan prasarana dalam bidang olahraga khususnya sepak bola. Proyek pembangunan ini terdiri dari 3 lantai dengan ketinggian 13,15 m dan luas bangunan sebesar 1.470 m². Karena proyek pembangunan ini hanya mencakup Tribun Timur, oleh karena itu dalam proses pembangunannya dibutuhkan estimasi waktu dan biaya yang efisien agar dapat berlanjut pada Pembangunan Tribun lainnya tanpa mengganggu *time schedule* dan biaya yang telah direncanakan.

Salah satu pekerjaan pada Proyek Pembangunan Tribun Timur Stadion X adalah pembangunan struktur kolom beton bertulang yang berfungsi untuk meneruskan beban bangunan pada fondasi. Pada proses pembangunan struktur kolom beton bertulang dibutuhkan *crane* yang berfungsi untuk mempermudah proses angkat-angkut material seperti besi tulangan, bekisting, dan *concrete bucket* ke lokasi kolom rencana. *Concrete bucket* berfungsi untuk menampung beton segar dari *truck mixer* agar dapat didistribusikan ke dalam bekisting.

Untuk menyelesaikan pembangunan struktur kolom beton bertulang dibutuhkan pemilihan alat yang tepat baik jenis, ukuran, dan jumlah alat agar tercapainya waktu dan biaya yang efisien. Jika tidak tepat dalam pemilihan alat maka akan terjadi keterlambatan waktu dan bertambahnya biaya pekerjaan, sehingga proyek pembangunan tidak berjalan dengan optimal.

Penggunaan *Mini Crawler Crane* masih jarang digunakan pada proyek pembangunan. Walaupun memiliki keunggulan dari segi biaya yang diperlukan tidak begitu besar, namun kapasitas angkat, ukuran alat, dan *working radius* dari alat ini lebih kecil dari *Mobile Crane*. Berbeda dengan *Mobile Crane*, walaupun dari segi kapasitas angkat, ukuran, dan *working radius* yang lebih besar, namun biaya yang diperlukan untuk alat ini pun lebih besar.

Agar dapat mengetahui alat mana yang lebih efisien untuk pengecoran kolom beton bertulang pada Proyek Pembangunan Tribun Timur Stadion X, maka dilakukan perbandingan penggunaan 1 Unit *Mobile Crane* Kato NK-250 kapasitas 25 ton dengan 2 Unit *Mini Crawler Crane* KB-1.0 kapasitas 3 ton berdasarkan perhitungan produksi dan biaya operasional alat.

KAJIAN PUSTAKA

Manajemen Proyek

Menurut Husen (2009), manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknik yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja.

Pengecoran Kolom

Pengecoran kolom adalah kegiatan mengisi volume bekesting kolom menggunakan campuran beton segar. Proses pengisian tersebut menggunakan *concrete bucket* yang berfungsi untuk menampung campuran beton lalu diangkat oleh *crane* dari *truck mixer* ke lokasi kolom.

Peralatan Proyek

Menurut Dicky Setiadi (2016), klarifikasi fungsional adalah pembagian alat berdasarkan fungsi-fungsi utama alat. Berdasarkan fungsi alat berat dapat dibagi sebagai berikut:

- Alat penggali, seperti *excavator*, *front shovel*, *backhoe*, *dragline*, dan *clamshell*.
- Alat pengangkut material, seperti *balt truck* dan *wagon*.
- Alat pemindah material seperti *loader* dan *dozer*.
- Alat pemadat, seperti *tamping roller*, *pneumatic-tired roller*, *compactor*, dan lain-lain.

Menurut Minda (2019), alat berat menjadi faktor terpenting dalam pengerjaan proyek-proyek konstruksi dengan skala besar dengan tujuan memudahkan pekerjaan sehingga hasil pekerjaan dapat diselesaikan dalam waktu singkat.

Alat Angkat-Angkut

Alat angkat-angkut adalah suatu jenis alat berat yang berfungsi untuk memindahkan barang dengan cara diangkat, guna untuk memudahkan proses pekerjaan. Jenis alat angkat-angkut yang sering digunakan diantaranya adalah; *tower crane*, *mobile crane*, dan *mini crane*.

Mobile Crane

Menurut Rostiyanti (2002), jenis-jenis dari *mobile crane* adalah:

- *Crawler Crane*, mempunyai bagian atas yang dapat bergerak 360°. Dengan roda besi atau *crawler*, maka *crane* tipe ini dapat bergerak di dalam lokasi proyek saat melakukan pekerjaannya.
- *Rough Terrain Crane*, beroda empat yang terbuat dari karet yang bergerigi seperti halnya *crawler crane* biasa digunakan pada lokasi bermedan berat.
- *Telescopic Crane*, terdiri dari sejumlah tabung dipasang satu di dalam yang lain yang bersistem tenaga hidrolik dan memperpanjang dan memperpendek panjang total *boom*. *Telescopic crane* sering digunakan untuk proyek-proyek konstruksi jangka pendek.



Mekanisme kerja *mobile crane* terdiri dari; mekanisme angkat, mekanisme putar hingga 360°, penyesuaian panjang *boom*, dan mekanisme jalan.

Mini Crawler Crane

Mini crawler crane adalah modifikasi dari alat mobile crane. Hal ini dilakukan dengan perhitungan teknis yang ada seperti mekanika teknik dan lain-lain, sehingga alat ini bisa dipertanggung jawabkan baik dari segi teknis maupun operasional di lapangan. Cara kerjanya hampir sama dengan mobile crane yang sering digunakan di proyek konstruksi, hanya saja alat ini dari segi ukuran dan kapasitas angkatnya lebih kecil, umumnya kapasitas angkat mini crawler crane adalah 0,2 ton–6 ton saja. Pergerakannya sudah menggunakan roda bertenaga mesin, dan bisa melakukan semua pergerakan seperti mobile crane pada umumnya yaitu; mekanisme angkat, mekanisme putar 360°, penyesuaian panjang boom, dan mekanisme jalan.

Produktivitas

Menurut Rahmad Rizaldi (2005), produktivitas alat merupakan besar volume pekerjaan yang dihasilkan oleh sebuah alat berat selama periode tertentu. Dalam proyek konstruksi produktivitas merupakan salah satu masalah utama, karena produktivitas alat berat akan besar pengaruhnya terhadap total biaya proyek. Peningkatan produktivitas merupakan usaha mempertahankan dan memperbaiki produktivitas yang ada.

Menurut Ronald (2018), yang dimaksud produktivitas atau kapasitas alat adalah besarnya keluaran (output) volume pekerjaan tertentu yang dihasilkan alat per-satuan waktu. Untuk memperkirakan produktivitas alat diperlukan faktor standar kinerja alat yang diberikan oleh pabrik pembuat alat, faktor efisiensi alat, operator, kondisi lapangan, dan material.

Perhitungan posisi, dihitung berdasarkan koordinat dari *crane*, kolom dan *truck mixer*:

Jarak *crane* terhadap kolom:

$$D = \sqrt{(Y_{crane} - Y_{truck\ mixer})^2 + (X_{kolom} - X_{crane})^2} \quad (1)$$

Jarak *crane* terhadap *truck mixer*:

$$D = \sqrt{(Y_{crane} - Y_{truck\ mixer})^2 + (X_{truck\ mixer} - X_{crane})^2} \quad (2)$$

Sudut rotasi:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{(Y_{kolom} - Y_{truck\ mixer})}{(X_{truck\ mixer} - X_{kolom})} \quad (3)$$

dengan α = sudut rotasi, Y = koordinat arah vertikal, X = koordinat arah horizontal

Waktu siklus:

Waktu pergi/kembali:

$$T = \frac{D}{V} \quad (4)$$

Waktu putar (rotasi):

$$T = \frac{\alpha}{V} \quad (5)$$

dengan D = jarak, α = sudut rotasi, V = kecepatan

Perhitungan waktu siklus merupakan total dari keseluruhan waktu yang dibutuhkan pada proses pengangkutan.

$$W_{siklus} = W_{muat} + W_{pindah} + W_{bongkar} + W_{kembali} \quad (6)$$

Perhitungan produksi:

Produksi per jam

$$Q = q \times \frac{60}{C_m} \times E \quad (7)$$

dengan q = produksi per siklus, C_m = waktu siklus, $E = 0,65$

Tabel 1. Faktor Kondisi Kerja

Kondisi Pekerjaan	Kondisi Tata Laksana			
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
Baik Sekali	0,84	0,81	0,76	0,7
Baik	0,75	0,75	0,71	0,65
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,6
Jelek	0,68	0,61	0,57	0,52

Waktu pelaksanaan

$$T = \frac{V}{Q} \quad (8)$$

dengan V = volume, Q = waktu produksi

Komponen biaya alat:

Biaya bahan bakar, untuk perhitungan penggunaan bahan bakar per jam dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$H = (12\% - 15\%) \times HP \times \text{Harga BBM} \quad (9)$$

dengan HP = *horse power*, 12% - 15% = faktor kerja mesin

Biaya pelumas, untuk perhitungan biaya pelumas dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$Q_p = \frac{f \times HP \times 0,664}{195,5} \times \frac{C}{t} \quad (10)$$

dengan HP = *horse power*, c = kapasitas *crankcase*, t = lama penggunaan pelumas, f = faktor operasi

Biaya upah operator, diklasifikasikan berdasarkan per jam, per hari, atau per satuan kerja.

Biaya sewa alat, adalah biaya yang dikeluarkan untuk membayar uang sewa selama pengoperasian alat.

Biaya mob-demob, alat berat pada umumnya kecuali truk tidak membutuhkan alat bantu transportasi sendiri untuk ke lokasi proyek namun diangkut dengan tambahan alat transportasi yaitu *lowbed trailer*.

Faktor Pengaruh Kinerja Alat

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, peralatan konstruksi juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil produksi dari alat itu sendiri, berikut adalah faktor-faktor tersebut.

Menurut Dellavia (2018), besarnya tenaga tarik yang menyebabkan selip dibagi dengan berat kendaraan keseluruhan (untuk *crawler*/roda rantai) atau besarnya tenaga tarik yang menyebabkan selip dibagi dengan berat kendaraan yang terlimpah pada roda geraknya.

Traksi kritis

$$\text{Traksi kritis} = C_t \times GVW$$

dengan C_t = koefisien traksi, GVW = berat kendaraan + (kapasitas x berat isi)

No	Jenis Permukaan	Ban Karet	Crawler
01	Beton kering dan kasar	0,80 – 1,00	0,45
02	Tanah liat kering	0,50 – 0,70	0,90
03	Tanah liat basah	0,40 – 0,50	0,70
04	Pasir kering	0,15 – 0,20	0,30
05	Pasir basah	0,20 – 0,40	0,50
06	Kerikil lepas	0,10 – 0,30	0,40
07	Es/salju	0,05 – 0,10	0,15

Tahanan gelinding

Rolling resistance adalah gaya tahanan yang mengimbangi mesin peralatan saat bergerak di atas permukaan tanah. Kendaraan roda karet, tergantung pada ukuran ban, tekanan angin ban, dan bentuk kembangan permukaan ban. Kendaraan roda kelabang, tergantung pada sifat permukaan tanah saja. Untuk perhitungan tahanan gelinding dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Rolling Resistance} = \text{CRR} \times \text{GVW}$$

dengan CRR = koefisien traksi, GVW = berat kendaraan + (kapasitas x berat isi)

Tipe dan Keadaan Landasan	CRR	
	Roda Besi	Roda Ban
Rel besi	0,01	-
Beton	0,02	0,02
Jalan, macadam	0,03	0,03
Perkerasan kayu	0,03	-
Jalan datar, tanpa perkerasan, kering	0,05	0,04
Landasan tanah keras	0,10	0,04
Landasan tanah gembur	0,12	0,05
Landasan tanah lunak	0,16	0,09
Kerikil, tidak dipadatkan	0,15	0,12
Pasir tidak dipadatkan	0,15	0,12
Tanah basah, lumpur	-	0,16

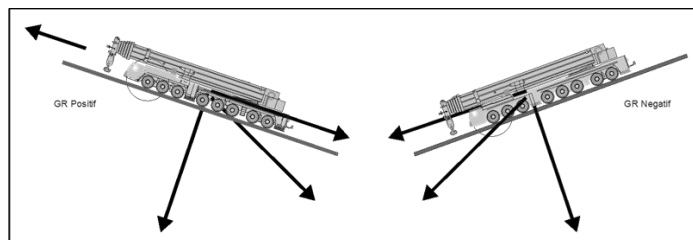
- Kelandaian permukaan

Kelandaian permukaan (*grade*) adalah perbandingan perubahan tinggi kelandaian per satuan panjang (%). Penyesuaian tenaga pada alat (traksi) dipengaruhi oleh kelandaian permukaan tersebut dan berbanding lurus dengan persentase naik atau turun pada permukaan jalan tersebut. Kebutuhan tenaga traksi pada perubahan kelandaian dapat dihitung menggunakan Rumus sebagai berikut:

$$\text{TR} = \text{RR} + \text{GR}$$

$$\text{TR} = \text{RR} - \text{GA}$$

Dengan RR = tahanan gelinding, GR = *grade resistance*, GA = *grade assistance*



Tenaga roda

$$\text{Rimpull} = \frac{375 \times \text{HP} \times \text{Efisiensi}}{V \text{ (mph)}} \text{ (lbs)}$$

METODOLOGI

Pengumpulan Data

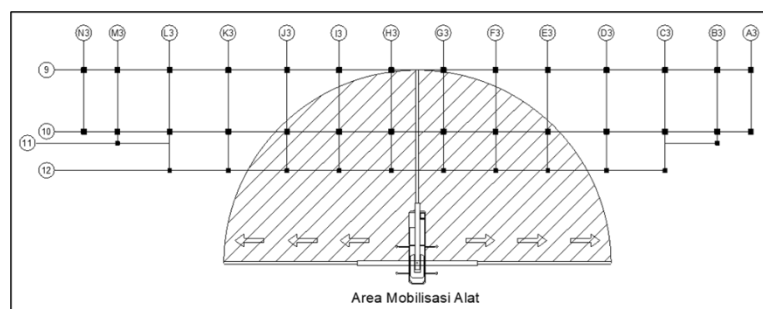
Penelitian ini dilakukan menggunakan data primer dan sekunder. Data primer yang diperoleh adalah dengan menghitung total volume pekerjaan cor kolom beton. Waktu yang diperlukan saat pendistribusian beton segar dari *truck mixer* pada *concrete bucket* dan pendistribusian beton segar dari *concrete bucket* ke dalam bekisting kolom. Teknik pengumpulan data menggunakan teknik observasi dan menggunakan data dari instansi proyek. Sedangkan untuk data sekunder yang diperlukan adalah spesifikasi dari masing-masing alat, biaya Mob-Demob, dan penjadwalan jam kerja alat.

Analisis data

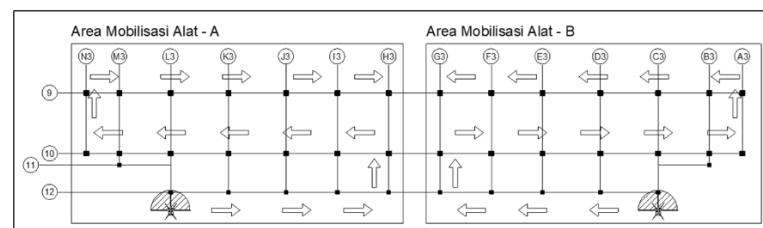
Pada penelitian ini digunakan perhitungan waktu pelaksanaan alat berat berdasarkan produktivitas dari masing-masing alat dan untuk kebutuhan biaya diperhitungkan berdasarkan biaya operasional alat berdasarkan waktu yang dibutuhkan dari masing-masing alat. Selanjutnya adalah membandingkan 1 Unit *Mobile Crane* Kato NK-250 kapasitas 25 ton dengan 2 Unit *Mini Crawler Crane* KB-1.0 kapasitas 3 ton agar dapat mengetahui alat mana yang lebih efisien dari segi kebutuhan waktu dan kebutuhan biaya operasional.

Teknis Perbandingan Alat

Pada analisis perbandingan waktu dan biaya, penggunaan *mobile crane* meliputi seluruh pekerjaan cor kolom pada bangunan, namun untuk *mini crawler crane* dibagi 2 area lahan pekerjaan. Untuk kedua alat *mini crawler crane* bekerja di waktu yang sama, sehingga tidak ada waktu tunggu.



Gambar 1. Radius Kerja *Mobile Crane* Kato NK-250



Gambar 2. Radius Kerja dan Pembagian Area *Mini Crawler Crane* KB-1.0

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi *Mobile Crane*

Merk	: Kato
Tipe	: NK 250-E
Kapasitas Angkat	: 25 ton
Dimensi Alat	: P 12,45 m, L 2,49 m, T 3,4 m
Panjang <i>Boom</i>	: 10,5 m – 33 m
Panjang <i>Jack</i>	: 3,05 m
Daya Mesin	: 295 HP
Kapasitas Tangki Oli	: 420 L
Kecepatan <i>hoisting</i>	: 13,7 m/menit



Kecepatan *slewing* : 936°/menit
 Kecepatan *landing* : 13,7 m/menit

Spesifikasi Mini Crawler Crane

Merk : KB Crane
 Tipe : KB-1.0
 Kapasitas Angkat : 2.9 ton
 Dimensi Alat : P 2,5 m, L 0,6 m, T 1,4 m
 Panjang *Boom* : 2,08 m – 5.5 m
 Panjang *Jack* : 1,4 m
 Daya Mesin : 6,84 HP
 Kapasitas Tangki Oli : 6 L
 Kecepatan *hoisting* : 10 m/menit
 Kecepatan *slewing* : 540°/menit
 Kecepatan *landing* : 10 m/menit
 Kecepatan *telescopic* : 29 m/menit
 Kecepatan jalan : 53,33 m/menit

Perhitungan Waktu 1 Unit Mobile Crane

Dalam perhitungan waktu *mobile crane* ada beberapa material yang diangkat, diantaranya adalah adalah; besi tulangan, bekisting, dan *concrete bucket*. Untuk perhitungan produktivitas dapat dihitung berdasarkan volume pekerjaan per siklus waktu dalam satuan jam.

Urutan pekerjaan yang dilakukan adalah; proses muat, mekanisme angkat, mekanisme putar, mekanisme turun, proses bongkar-muat, waktu berjalan pergi, dan kembali. Untuk perhitungan waktu pengangkatan besi, pengangkatan bekisting, dan pengecoran kolom menggunakan *mobile crane* pada lantai 3 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Waktu *Mob Crane* Kato NK-250ile

Pengangkatan Besi					Pengangkatan Bekisting					Pengecoran Kolom				
Volume	Produksi Per Siklus	Waktu Siklus	Produksi Per Jam	Waktu Total	Volume	Produksi Per Siklus	Waktu Siklus	Produksi Per Jam	Waktu Total	Volume	Produksi Per Siklus	Waktu Siklus	Produksi Per Jam	Waktu Total
(kg)	(kg)	(menit)	(m3)	(jam)	(kg)	(kg)	(menit)	(kg)	(jam)	(m3)	(m3)	(menit)	(m3)	(jam)
470,59	470,59	18,40	997,70	0,47	1100,00	550,00	18,40	1166,07	0,94	1,20	1,00	18,40	2,12	0,57
470,59	470,59	18,41	997,14	0,47	1100,00	550,00	18,41	1165,41	0,94	1,20	1,00	18,41	2,12	0,57
470,59	470,59	18,43	995,68	0,47	1100,00	550,00	18,43	1163,70	0,95	1,20	1,00	18,43	2,12	0,57
470,59	470,59	18,47	993,86	0,47	1100,00	550,00	18,47	1161,57	0,95	1,20	1,00	18,47	2,11	0,57
470,59	470,59	22,47	816,79	0,58	1100,00	550,00	22,47	954,62	1,15	1,20	1,00	22,47	1,74	0,69
470,59	470,59	18,44	995,33	0,47	1100,00	550,00	18,44	1163,29	0,95	1,20	1,00	18,44	2,12	0,57
470,59	470,59	18,41	996,72	0,47	1100,00	550,00	18,41	1164,92	0,94	1,20	1,00	18,41	2,12	0,57
470,59	470,59	18,39	997,82	0,47	1100,00	550,00	18,39	1166,20	0,94	1,20	1,00	18,39	2,12	0,57
470,59	470,59	22,48	816,51	0,58	1100,00	550,00	22,48	954,30	1,15	1,20	1,00	22,48	1,74	0,69
470,59	470,59	18,44	995,17	0,47	1100,00	550,00	18,44	1163,10	0,95	1,20	1,00	18,44	2,11	0,57
470,59	470,59	18,41	996,75	0,47	1100,00	550,00	18,41	1164,95	0,94	1,20	1,00	18,41	2,12	0,57
470,59	470,59	18,40	997,41	0,47	1100,00	550,00	18,40	1165,72	0,94	1,20	1,00	18,40	2,12	0,57
			5,88					11,75						7,05

Perhitungan Waktu 2 Unit Mini Crawler Crane

Pada perhitungan waktu *mini crawler crane* material yang diangkat di antaranya adalah; besi tulangan, bekisting, dan *concrete bucket*. Perhitungan produktivitas dapat dihitung berdasarkan volume pekerjaan per siklus waktu dalam satuan jam. Karena bentuk bangunan yang simetris dan kedua alat bekerja pada waktu yang bersamaan, maka perhitungan

Urutan pekerjaan yang dilakukan adalah; proses muat, mekanisme angkat, mekanisme putar, mekanisme turun, proses bongkar-muat, waktu berjalan pergi dan kembali. Untuk perhitungan waktu pengangkatan besi, pengangkatan bekisting, dan pengecoran kolom menggunakan *mini crawler crane* pada lantai 3 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Perhitungan Waktu *Mini Crawler Crane* KB-1.0

Penggangkatan Besi					Penggangkatan Bekisting					Pengecoran Kolom				
Volume	Produksi Per Siklus	Waktu Siklus	Produksi Per Jam	Waktu Total	Volume	Produksi Per Siklus	Waktu Siklus	Produksi Per Jam	Waktu Total	Volume	Produksi Per Siklus	Waktu Siklus	Produksi Per Jam	Waktu Total
(kg)	(kg)	(menit)	(m3)	(jam)	(kg)	(kg)	(menit)	(kg)	(jam)	(m3)	(m3)	(menit)	(m3)	(jam)
Mini Crawler Crane -A														
470,59	470,59	20,89	878,55	0,54	1100,00	550,00	20,89	1026,80	1,07	1,20	0,60	20,89	1,12	1,07
470,59	470,59	19,95	919,73	0,51	1100,00	550,00	19,95	1074,93	1,02	1,20	0,60	19,95	1,17	1,02
470,59	470,59	20,06	915,09	0,51	1100,00	550,00	20,06	1069,51	1,03	1,20	0,60	20,06	1,17	1,03
470,59	470,59	20,06	915,09	0,51	1100,00	550,00	20,06	1069,51	1,03	1,20	0,60	20,06	1,17	1,03
470,59	470,59	19,74	929,87	0,51	1100,00	550,00	19,74	1086,78	1,01	1,20	0,60	19,74	1,19	1,01
470,59	470,59	19,74	929,87	0,51	1100,00	550,00	19,74	1086,78	1,01	1,20	0,60	19,74	1,19	1,01
				3,09					6,18					6,18
Mini Crawler Crane -B														
470,59	470,59	19,74	929,87	0,51	1100,00	550,00	19,74	1086,78	1,01	1,20	0,60	19,74	1,19	1,01
470,59	470,59	19,74	929,87	0,51	1100,00	550,00	19,74	1086,78	1,01	1,20	0,60	19,74	1,19	1,01
470,59	470,59	19,74	929,87	0,51	1100,00	550,00	19,74	1086,78	1,01	1,20	0,60	19,74	1,19	1,01
470,59	470,59	20,06	915,09	0,51	1100,00	550,00	20,06	1069,51	1,03	1,20	0,60	20,06	1,17	1,03
470,59	470,59	20,06	915,09	0,51	1100,00	550,00	20,06	1069,51	1,03	1,20	0,60	20,06	1,17	1,03
470,59	470,59	19,03	964,56	0,49	1100,00	550,00	19,03	1127,33	0,98	1,20	0,60	19,03	1,23	0,98
				3,03					6,07					6,07
Rata-rata Waktu Total				3,06					6,12					6,12

Rekapitulasi Perhitungan Waktu

Dari contoh perhitungan waktu pelaksanaan pada Tabel 1. dan Tabel 2. diatas didapatkan rekapitulasi perhitungan waktu total dari penggunaan 1 unit *Mobile Crane* Kato NK-250 dan 2 unit *Mini Crawler Crane* KB-1.0. Untuk rekapitulasi perhitungan waktu total dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Waktu

Nama Pekerjaan	1 Unit	2 Unit
	<i>Mobile Crane</i>	<i>Mini Crawler Crane</i>
	(jam)	(jam)
Lantai-1	87,96	56,63
Penggangkatan Besi	18,05	9,26
Penggangkatan Bekisting	36,10	18,52
Pengecoran Kolom	33,81	28,85
Lantai-2	57,71	36,72
Penggangkatan Besi	12,29	6,30
Penggangkatan Bekisting	24,57	12,60
Pengecoran Kolom	20,85	17,82
Lantai-3	24,68	15,31
Penggangkatan Besi	5,88	3,06
Penggangkatan Bekisting	11,75	6,12
Pengecoran Kolom	7,05	6,12
Waktu Total	170,34	108,66
Hitungan Hari	24	16

Berdasarkan perhitungan waktu, didapatkan lamanya pekerjaan cor kolom menggunakan 1 unit *mobile crane* adalah 24 hari, sedangkan untuk lamanya penggunaan 2 unit *mini crawler crane* adalah 16 hari. Dengan 1 hari terhitung 8 jam kerja.

Kebutuhan Biaya *Mobile Crane*

Berdasarkan perhitungan waktu pelaksanaan *mobile crane*, maka dapat diperhitungkan kebutuhan biaya yang diperlukan sebagai berikut:

Biaya Sewa:

Biaya mob-demob = Rp 6.000.000

Sewa *mobile crane* + operator = Rp 250.000/jam

Biaya Operasional:



Kebutuhan Bahan Bakar

$$H = 12\% \times 295 \times 14.350 = \text{Rp } 507.990/\text{jam}$$

Kebutuhan Pelumas

$$g = \frac{105 \times 0.664}{195.5} + \frac{420}{96} = 4,73 \text{ liter/jam}$$

$$\text{Harga concrete bucket} = \text{Rp } 19.500.000$$

Tabel 5. Kebutuhan Biaya *Mobile Crane* Kato NK-250

Kebutuhan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
Mob-Demob	1	Ls	Rp 6.000.000,00	Rp 6.000.000,00
Sewa Alat + OP	170,34	jam	Rp 250.000,00	Rp 42.586.047,82
Bahan Bakar	170,34	jam	Rp 507.990,00	Rp 86.533.145,73
Pelumas	73,45	liter	Rp 26.500,00	Rp 1.946.349,50
<i>Concrete Bucket</i>	1	Ls	Rp 19.500.000,00	Rp 19.500.000,00
			Total	Rp 156.565.543,06

Kebutuhan Biaya Mini Crawler Crane

Berdasarkan perhitungan waktu pelaksanaan mini crawler crane, maka dapat diperhitungkan kebutuhan biaya yang diperlukan sebagai berikut:

Biaya Sewa:

$$\text{Biaya mob-demob} = \text{Rp } 500.000$$

$$\text{Sewa mobile crane + operator} = \text{Rp } 75.000/\text{jam}$$

Biaya Operasional:

Kebutuhan Bahan Bakar

$$H = 15\% \times 6,84 \times 14.350 = \text{Rp } 14.721/\text{jam}$$

Kebutuhan Pelumas

$$g = \frac{105 \times 0.664}{195.5} + \frac{6}{6,42} = 1,29 \times 2 \text{ alat} = 2,59 \text{ liter/jam}$$

$$\text{Harga concrete bucket} = \text{Rp } 12.000.000$$

Biaya Perpindahan Alat:

$$\text{Biaya Scaffolding} = 450.000/\text{bulan}$$

Harga Plat Besi Bordes

Ukuran 3,2 mm

Dimensi 122 x 244 cm

Jumlah 2 buah

$$= \text{Rp } 1.640.000 \times 2 = \text{Rp } 3.280.000$$

Tabel 6. Kebutuhan Biaya *Mini Crawler Crane* KB-1.0

Kebutuhan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Total
Mob-Demob	2	Ls	Rp 500.000,00	Rp 1.000.000,00
Sewa Alat + OP	217,32	jam	Rp 75.000,00	Rp 16.298.739,66
Bahan Bakar	217,32	jam	Rp 14.721,40	Rp 3.199.204,14
Pelumas	2,59	liter	Rp 54.000,00	Rp 139.798,38
<i>Concrete Bucket</i>	2	Ls	Rp 12.000.000,00	Rp 24.000.000,00
Sewa <i>Scaffolding</i>	1	set/bulan	Rp 450.000,00	Rp 450.000,00
Plat Besi Bordes 3,2mm 122x244cm	2	Ls	Rp 1.640.000,00	Rp 3.280.000,00
			Total Rp	48.367.742,17

Perbandingan Waktu dan Biaya

Setelah melakukan perhitungan durasi pekerjaan dari 1 unit *mobile crane* dan 2 unit *mini crawler crane*, langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan waktu dan biaya pelaksanaan dari setiap perbandingan. Berikut adalah rekapitulasi perbandingan biaya dan waktu berdasarkan hasil analisis.

Tabel 7. Perbandingan Waktu dan Biaya

Jenis Alat	Durasi	Biaya	Perbandingan Biaya
	(Hari)	(Rp)	(%)
1 <i>Mobile Crane</i>	24	156.565.543,06	69%
2 <i>Mini Crawler Crane</i>	16	48.367.742,17	

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa dari segi waktu maupun biaya, penggunaan 2 unit *mini crawler crane* lebih unggul dari penggunaan 1 unit *mobile crane*. Karena waktu pelaksanaan yang lebih cepat daripada *mobile crane* yaitu 16 hari, dan juga biaya yang lebih murah dari *mobile crane* yaitu sebesar Rp48.367.742,17 dengan selisih biaya 69%. Pada penggunaan *mini crawler crane* dibutuhkan manajemen resiko yang lebih besar, karena alat ini memiliki radius kerja yang lebih kecil dari *mobile crane* sehingga setiap pekerjaan kolom harus dilakukan penyesuaian posisi sesuai dengan radius kerjanya, serta berat material dan pijakan alat ini pun harus lebih diperhitungkan sesuai kapasitas angkatnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Rochmanhadi. (1985). Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Dengan Menggunakan Alat-Alat Berat. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Rostiyanti, S.F. (2014). Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi – Edisi kedua. Jakarta: Rineka Cipta.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum. (2018). Analisa Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum (PerMen PU No. 28).
- Mulatief, R. L., Ratnayanti, K. R., & Firdaus, A. (2020). Perbandingan Waktu dan Biaya Concrete Pump dan Concrete Bucket pada Proyek Gedung Telkom University Landmark Tower. FTSP.
- Firdaus, M. F., & Ratnayanti, K. R. (2021). Kajian Perbandingan Biaya dan Waktu Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri Politeknik Negeri Subang). FTSP.
- Imanullah, M. F. (2022). Perbandingan Produktivitas dan Biaya Operasional *Mobile Crane* Kato Sr250r dan Sany Src400cr (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Rumah Sakit *Covid* Pertamina Bina Medika Tanjung Duren, Jakarta).