

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN TOWER CRANE BERDASARKAN PENJADWALAN PADA PROYEK BANGUNAN PASAR BESAR SULTAN AGUNG KOTA NGAWI

William Yonathan Gunawan¹, Flandy Surya Wijaya², Ratna Setiawardani Alifen³

ABSTRAK : Pada proyek pembangunan Pasar Besar Sultan Agung TC merupakan salah satu alat berat yang digunakan sebagai alat pengangkut material (*material handling equipment*) dari satu tempat ke tempat yang lain baik secara vertikal maupun horizontal. Pada penelitian mengenai efektivitas TC berdasarkan penjadwalan proyek ini peneliti membuat program perhitungan waktu siklus TC serta penjadwalan TC dengan menggunakan program *Microsoft Excel* untuk waktu siklus dan *Microsoft Project* untuk penjadwalan TC. Perhitungan Waktu siklus TC mencakup *Fix Time* dan *Variable Time*, *Fix Time* mencakup waktu ikat dan waktu lepas, sedangkan *Variable Time* mencakup waktu tempuh horizontal, waktu tempuh vertikal dan waktu tempuh rotasi. Tahapan dalam pembuatan program ini harus mengetahui semua spesifikasi TC, menentukan jenis material dan menghitung volume serta berat material yang akan dipindahkan TC untuk mencari waktu siklus setiap material. Waktu siklus yang didapat untuk setiap material digunakan untuk menyusun penjadwalan TC. Melalui penjadwalan TC ini di dapat efektivitas dengan membandingkan antara durasi pemakaian dengan durasi pemasangan hingga pembongkaran TC. Efektivitas penggunaan TC yang didapat dari program perhitungan ini sebesar 43,4% dimana angka ini tergolong tidak efektif.

KATA KUNCI: waktu siklus TC, penjadwalan TC, efektivitas penggunaan TC.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

TC merupakan salah satu alat berat yang digunakan pada proyek pembangunan Pasar Besar Sultan Agung. TC digunakan sebagai alat pengangkut material (*material handling equipment*) dari satu tempat ke tempat yang lain baik secara vertikal maupun horizontal. TC banyak digunakan dalam proyek pembangunan gedung bertingkat karena memiliki ketinggian yang dapat disesuaikan dengan tinggi bangunan dan juga memiliki jangkauan yang cukup luas. TC menjadi alat multifungsi karena dapat melakukan beberapa pekerjaan dalam menunjang kelancaran pekerjaan proyek pembangunan gedung bertingkat yang tinggi

2. LANDASAN TEORI

2.1 Tower Crane (TC)

TC merupakan alat pemindah material (*Material Handling Equipment*) yang berfungsi untuk mengangkat dan mengangkut material secara vertikal maupun horizontal. TC mampu melayani area kerja yang luas serta jangkauan yang tinggi, namun dengan kapasitas angkat dan mobilitas yang terbatas (Peurifoy, Schexnayder & Shapira, 2006).

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, B11170053@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, B11170057@john.petra.ac.id

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

2.2 Pemilihan TC

Dalam pemilihan perlu memikirkan dari segi kapasitas TC. TC memiliki kapasitas yang beragam mulai dari 1 ton, 2 ton, 3 ton, 4 ton, 5 ton. TC bekerja seperti lengan momen, semakin panjang lengan TC maka semakin besar juga momen yang terjadi pada lengan TC maka dari itu kapasitas TC di setiap bentang berbeda - beda. Kapasitas TC juga dipengaruhi oleh sudut lengan TC.

2.3 Penggunaan TC

Penggunaan TC merupakan aspek vital terhadap keberlangsungan penjadwalan proyek, maka penggunaan TC harus direncanakan dengan saksama sesuai dengan instruksi yang berlaku. Menurut penelitian Kwan & Anggrawan (2014), *framework* dari penggunaan TC dapat dibagi menjadi empat tahapan utamanya, yaitu 1. Penempatan TC, 2. Pemasangan TC, 3. Pengoperasian TC, 4. Pembongkaran TC

2.4 Waktu Siklus

Waktu siklus TC merupakan waktu yang diperlukan TC untuk memindahkan material konstruksi mulai dari pemasangan material sampai dengan kembali lagi ke posisi pengambilan material seperti semula. Waktu siklus memiliki beberapa tahapan pekerjaan (*Fix dan Variable Time*). *Fix Time* adalah waktu tetap yang ada di lapangan seperti ketika tukang di lapangan menaikkan barang – barang ke dalam *bucket* untuk dikaitkan ke *hoist* TC sedangkan *Variable time* adalah waktu yang dapat berubah - ubah seperti waktu angkat TC, waktu putar TC.

- Fix time = waktu ikat dan waktu lepas material
- Variable time = waktu tempuh angkat, waktu tempuh kembali, dan waktu rotasi
- Waktu siklus TC = *fix time* + *variable time*
- Perhitungan Jarak Tempuh :

Perhitungan jarak TC dengan Sumber Bahan

$$Z1 = [(Y_{TC} + Y_{SB})^2 + (X_{SB} - X_{TC})^2]^{1/2}$$

Perhitungan Jarak TC dengan Lokasi Tujuan

$$Z2 = [(Y_{TC} + Y_{TJ})^2 + (X_{TJ} - X_{TC})^2]^{1/2}$$

Perhitungan Jarak Tempuh Horizontal

$$D1 = |Z2 - Z1|$$

$$D2 = \text{Elevasi LT} - \text{Elevasi SB} + \text{Tinggi Tambah}$$

1. Perhitungan Kecepatan Horizontal (*trolley*) =
$$\frac{(\text{kecepatan trolley} - \text{kecepatan trolley min})}{(\text{kapasitas beban TC maksimum})} \times \text{berat yang diangkat TC}$$
2. Perhitungan berat material yang diangkat TC = Volume x berat jenis
3. Perhitungan Waktu Tempuh Horizontal =
$$\frac{\text{jarak horisontal}}{\text{kecepatan trolley yang digunakan}}$$
4. Waktu tempuh horisontal kembali =
$$\frac{\text{jarak horisontal}}{\text{kecepatan trolley tercepat}}$$
5. Perhitungan jarak tempuh vertikal = $H_{LT} - H_{SB} + H_0$
6. Perhitungan kecepatan vertikal (*hoist*)
$$\frac{(\text{kecepatan hoist} - \text{kecepatan hoist min})}{(\text{kapasitas maximum beban TC})} \times \text{berat yang diangkat TC}$$
7. Perhitungan waktu tempuh vertikal (*hoist*)
 - Waktu tempuh vertikal angkat =
$$\frac{\text{jarak tempuh vertikal}}{\text{kecepatan hoist yang digunakan}}$$
 - Waktu tempuh vertikal kembali =
$$\frac{\text{jarak tempuh vertikal}}{\text{kecepatan hoist tercepat}}$$
 - Perhitungan Waktu Tempuh Rotasi
1. Perhitungan jarak tempuh rotasi
Sudut tempuh rotasi =
$$\cos \alpha = \frac{Z1^2 + Z2^2 - Z3^2}{(2 \times Z1 \times Z2)}$$
2. Perhitungan kecepatan rotasi (*swing*)
$$\frac{(\text{kecepatan swing} - \text{kecepatan swing min})}{(\text{kapasitas maximum beban TC})} \times \text{berat yang diangkat TC}$$

3. Perhitungan waktu tempuh rotasi (swing)

- Waktu tempuh rotasi angkat = $\frac{\text{jarak rotasi}}{\text{kecepatan swing yang digunakan}}$
- Waktu tempuh rotasi kembali = $\frac{\text{jarak rotasi}}{\text{kecepatan swing tercepat}}$

2.5 Efektivitas TC

Efektivitas adalah tolak ukur keberhasilan antara rencana terhadap aktual di lapangan. Efektivitas sangatlah penting karena akan mempengaruhi jalannya proyek proyek sehingga dapat mengurangi *idle time* yang terjadi.

Perhitungan efektivitas TC :

- Durasi pemakaian TC = $\frac{\text{durasi waktu total pemakaian TC (hari)}}{\text{faktor management-pekerjaan}}$
- Durasi pemasangan -pembongkaran TC (hari)
- Efektivitas = $\frac{\text{durasi pemakaian TC}}{\text{durasi pemasangan-pembongkaran TC}} \times 100\%$

2.6 Pembongkaran TC

Pembongkaran TC harus direncanakan dengan baik karena tahap ini memiliki tantangan yang berbeda dibandingkan tahapan penggunaan TC yang lainnya karena ruang gerak untuk pembongkaran sangat terbatas akibat bangunan yang telah berdiri di sekitarnya.

2.7 Penjadwalan

Penjadwalan adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dan efektif.

BarChart

Bar chart atau lebih dikenal di Indonesia sebagai diagram batang mula-mula dipakai dan diperkenalkan oleh Hendri Lawrence Gantt pada tahun 1917. Metode tersebut bertujuan mengidentifikasi unsur waktu dan urutan untuk merencanakan suatu kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, waktu selesai dan waktu pelaporan.

Critical Path Method

CPM dapat memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap kegiatan dan dapat memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap kegiatan dan dapat menentukan prioritas kegiatan yang harus mendapat perhatian pengawasan yang cermat agar kegiatan dapat selesai sesuai rencana.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Pada bab ini akan dibahas metodologi penelitian yang akan digunakan untuk mencapai tujuan dari penelitian yang diharapkan. Pembahasan dan penelitian akan dilakukan berdasarkan beberapa tahapan aktivitas.

3.1.1 Pembuatan Program

Pembuatan program dilakukan setelah pengumpulan data alat serta data - data lain yang diperlukan. Pembuatan program menggunakan *Microsoft Excel*, kemudian data aktual akan dimasukkan ke program untuk dicoba dan memvalidasi programnya. Berikut langkah-langkah yang dilakukan:

1. Membuat program yang dapat menentukan efektivitas TC dan penjadwalan TC, program menggunakan data alat, landasan teori TC, biaya alat, dan perhitungan penjadwalan TC
2. Menguji coba atau memvalidasi program dengan menggunakan data aktual dari lapangan yang berupa data alat, biaya alat, dan produktivitas alat. Memeriksa apakah program sudah berjalan dengan baik, benar, dan lancar.

4. PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Site Layout TC

Perencanaan penggunaan TC pada pembangunan proyek Pasar Besar Ngawi yang terletak di jalan Sultan Agung Ngawi. Pada pelaksanaannya menggunakan TC sebagai alat angkut material (*Material Handling Equipment*) yang ada di lapangan. TC yang ada pada proyek ini difungsikan untuk mengangkut dan memindahkan material dari satu tempat ke tempat yang lain.

Keterangan :

Sumber Bahan 1 : Beton cair, Bekisting

Sumber Bahan 2 : Baja WF, Tulangan

4.2 Langkah Pelaksanaan Pemindahan Material Dengan TC

Adapun langkah – langkah metode pelaksanaan pekerjaan disini yang diambil sebagai contoh adalah pekerjaan pengecoran dengan menggunakan TC, sebagai berikut :

1. Proses Muat. Proses memuat material seperti pengikatan.
2. Proses Pengangkatan. Dalam proses pengangkatan terdapat beberapa proses yaitu :
 - a. Proses Hoisting (angkat) yaitu proses pengangkatan material keatas secara horizontal.
 - b. Proses Slewing (putar) yaitu proses perpindahan/perputaran lengan crane (jib), yang mengangkat material ke area tujuan.
 - c. Proses Trolley (jalan) yaitu proses untuk memindahkan material sepanjang lengan Tower crane (jib) secara horizontal atau maju dan mundur.
 - d. Proses Landing (Turun) yaitu proses penurunan material ke area yang dituju.
3. Proses Pembongkaran yaitu proses pembongkaran material.
4. Proses Kembali yaitu proses setelah material turun ke area yang dituju, kemudian kembali untuk mengambil material yang dibutuhkan.

4.5 Pembuatan Program

4.5.1 Input Program

Input berfungsi sebagai data yang akan dimasukkan ke program analisis oleh perencana proyek atau kontraktor. Data input program terdiri atas beberapa komponen, yaitu:

- Data Proyek
Pada data ini berisikan gambaran secara umum mengenai proyek yang akan ditinjau dalam program.
- Data TC
Dalam data ini berisikan tentang semua TC yang akan digunakan dalam proyek yang nantinya akan dimunculkan pada denah gedung.
- Jenis Material yang diangkat
Jenis pekerjaan ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu : Pekerjaan Kolom, pekerjaan plat lantai, pekerjaan balok, pekerjaan dinding.
- Titik Koordinat Sumber Bahan
Titik koordinat sumber bahan dibagi menjadi dua, yaitu sumber bahan satu (0,65) dan sumber bahan 2 (0,-40).
- Zona/Segmen
Zona/segmen ini berfungsi untuk mengetahui dimana letak tujuan dari bahan/material yang diangkut ke lokasi tujuan yang nantinya material yang diangkut akan digunakan untuk pengecoran plat, balok dan kolom beton dan kolom baja.

4.5.2 Proses Program

Proses berfungsi untuk mengolah data yang sudah ada. Proses dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu:

1. Perhitungan Waktu Tempuh (*Fix and Variable Time*) dan Waktu Siklus

A. Perpindahan Secara Horizontal

$$V \text{ Trolley Max Muatan} = \frac{(\text{kec.trolley max} - \text{kec.trolley min})}{(\text{kapasitas maximum beban TC} - 0)} \times \text{berat yang diangkat TC}$$

$$T. \text{Horizontal Angkat (Muat)} = \frac{\text{jarak horisontal}}{\text{kecepatan trolley yang digunakan}}$$

$$T. \text{Horizontal Kembali (Kosong)} = \frac{\text{jarak horisontal}}{\text{kecepatan trolley tercepat}}$$

B. Perpindahan Secara Vertikal

$$V. \text{Hoist Max Muatan} = \frac{(\text{kec.hoist max} - \text{kec.hoist min})}{(\text{kapasitas maximum beban TC} - 0)} \times \text{berat yang diangkat TC}$$

$$T. \text{Vertical Angkat} = \frac{\text{jarak vertikal}}{\text{kecepatan hoist yang digunakan}}$$

$$T. \text{Vertical Kembali} = \frac{\text{jarak vertikal}}{\text{kecepatan trolley tercepat}}$$

C. Perpindahan Secara Rotasi

$$V. \text{Swing Max Muatan} = \frac{(\text{kec.swing max} - \text{kec.swing min})}{(\text{kapasitas maximum beban TC} - 0)} \times \text{berat yang diangkat TC}$$

$$T. \text{Rotasi Angkat} = \frac{\text{jarak rotasi}}{\text{kecepatan swing yang digunakan}}$$

$$T. \text{Rotasi Kembali} = \frac{\text{jarak rotasi}}{\text{kecepatan swing tercepat}}$$

D. Waktu Siklus (s) 1x angkat = Fix Time + Variable Time

$$= (\text{Waktu Ikat} + \text{Waktu Lepas}) + (\text{Waktu Horizontal Angkat} + \text{Waktu Horizontal Kembali} + \text{Waktu Vertikal Angkat} + \text{Waktu Vertikal Kembali} + \text{Waktu Swing Angkat} + \text{Waktu Swing Kembali})$$

E. Waktu Siklus (s) Total = waktu siklus 1x angkat x jumlah angkat

2. Penjadwalan TC

Penjadwalan ini didapatkan setelah waktu siklus selesai dihitung, maka dari itu didapatkan durasi setiap pekerjaan dan dari durasi tersebut dapat ditentukan untuk membuat penjadwalan khusus TC.

Perhitungan Efektivitas

Perhitungan efektivitas ini berfungsi untuk mengetahui seberapa efektif penggunaan TC yang ada di lapangan. Efektivitas TC dapat dihitung dari total hari penggunaan TC dibagi dengan total hari pemasangan sampai pembongkaran TC.

$$\text{Efektivitas TC} = \frac{\text{Durasi Pemakaian TC}}{\text{Durasi Pemasangan TC} - \text{Pembongkaran TC}} \times 100\%$$

4.5.3 Output Program

Output didapat setelah semua proses dihitung dengan baik dan benar. Output dari program ini adalah 1.

Waktu Siklus

Waktu siklus didapatkan dari perhitungan waktu ikat dan waktu lepas sebagai *Fix Time* dan juga waktu tempuh horizontal, waktu tempuh vertikal dan waktu tempuh rotasi sebagai *Variable Time*, setelah semua waktu selesai dihitung maka waktu siklus akan keluar.

2. Waktu Total

Waktu total digunakan untuk menghitung semua total dari waktu siklus setiap pekerjaan.

3. Penjadwalan TC

Penjadwalan TC dapat dibuat setelah hasil dari waktu total dihitung.

4. Efektivitas TC

Efektivitas TC didapat dari perhitungan durasi pemakaian TC dibagi dengan durasi pemasangan hingga pembongkaran TC.

4.6 Penggunaan Program

Program yang akan digunakan untuk menghitung efektivitas TC ini ada 2, yaitu

1. *Microsoft Excel*
2. *Microsoft Project*

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Perhitungan efektivitas TC berdasarkan penjadwalan proyek perlu diperhatikan dengan seksama oleh pihak manajemen proyek.

1. Proyek Bangunan Pasar Besar Sultan Agung Ngawi dinilai tidak efektif dalam menggunakan TC karena perhitungan angka efektivitas TC hanya mampu mencapai 43,4%.
2. Penjadwalan yang didapat dari Proyek Bangunan Pasar Besar Sultan Agung Ngawi dinilai kurang efektif dalam menentukan penggunaan TC.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya mengenai efektivitas penggunaan TC berdasarkan penjadwalan proyek adalah :

1. Diharapkan peneliti selanjutnya mempertimbangkan berapa lama TC akan digunakan dengan menghitung setiap volume dan berat setiap pekerjaan.

6. REFERENSI

Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., & Shapira, A. (2006). *Construction Planning, Equipments, and Methods* (7th ed.). McGraw-Hill.