



JURNAL FORUM MEKANIKA

Volume 5 - Nomor 1

Mei 2016

ISSN : 2356-1491

STUDI PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN
PADA PEMBUATAN BATA BETON PEJAL

INDAH HANDAYASARI; GITA PUSPA ARTIANI; DESI PUTRI

TINJAUAN KUAT TEKAN BETON MUTU TINGGI DENGAN PENAMBAHAN TALI TAM-
BANG PLASTIK

ABDUL ROKHMAN; DYAH PRATIWI KUSUMASTUTI

STUDI PENGGUNAAN LIMBAH SERBUK KACA SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN
PADA PEMBUATAN BATA BETON PEJAL

IRMA SEPRIYANNA; WENDY FRAYOGA DAMANIK

PENERAPAN KONSEP ZERO RUNOFF DALAM MENGURANGI VOLUME LIMPASAN PER-
MUKAAN (PERUMAHAN PURI BALI, DEPOK)

ENDAH LESTARI

PERILAKU KOLOM KOMPOSIT TABUNG BAJA BERISI BETON NORMAL AKIBAT BEBAN
AKSIAL SENTRIS DAN EKSENTRIS

DESI PUTRI

ANALISA PENYEBAB DAN AKIBAT PERUBAHAN KONTRAK PEKERJAAN (CONTRACT
CHANGE ORDER) TERHADAP BIAYA PADA PROYEK TRANSMISI

DIAH MARGARETA; ANI FIRDA; YASMID

STUDI KASUS PERUBAHAN LETAK DAN PONDASI TOWER CRANE STATIC MENJADI
TOWER CRANE CLIMBING PADA PROYEK AT DISTRICT 8 SENOPATI JAKARTA SELATAN

HASTANTO SM; RATU GUDAM FADHEVI



SEKOLAH TINGGI TEKNIK – PLN (STT-PLN)

JURNAL FORUM MEKANIKA

VOL. 5 NO. 1

HAL. 1 - 60

JAKARTA, MEI 2016

ISSN : 2356-1491

STUDI KASUS PERUBAHAN LETAK DAN PONDASI TOWER CRANE STATIC MENJADI TOWER CRANE CLIMBING PADA PROYEK AT DISTRICT 8 SENOPATI JAKARTA SELATAN

HASTANTO Sm.

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Email : hastantosm@yahoo.co.id

RATU GUDAM FADHEVI

Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik – PLN

Abstrak

Keberhasilan suatu proyek dapat diukur dari dua hal, yaitu keuntungan yang didapat serta ketepatan waktu penyelesaian proyek (Soeharto,1977). Keduanya tergantung pada perencanaan yang cermat terhadap metode pelaksanaan, penggunaan alat dan penjadwalan. Untuk itu pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi yang menggunakan peralatan berat diperlukan perencanaan yang akurat agar bias dicapai suatu proyek dengan biaya dan waktu pelaksanaan yang optimal. Oleh karena itu diperlukan suatu analisa terhadap pemakaian alat berat yang akan digunakan, sehingga dapat dihasilkan alternative alat berat yang tepat untuk membangun suatu proyek. Pada proyek pembangunan apartment dan toer office district 8 at Senopati, Jakarta Selatan ditemukan masalah pada salah satu tower static karena dianggap memiliki produktivitas yang kecil dan ketersediaan section yang minim sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk jacking up, tentu saja hal ini menghambat progress dari proyek, untuk mengatasinya, langkah yang paling tepat adalah memindahkan dan mengubah tower crane static menjadi tower crane climbing. Untuk itu akan dibahas dan dianalisa tentang posisi yang paling efektif untuk tower crane climbing, dan akan di analisa balok yang akan menjadi pondasi tower crane climbing tersebut apakah cukup kuat atau harus didesain ulang. Setelah dianalisa, dapat disimpulkan bahwa tower crane static harus diubah menjadi tower crane climbing dan diletakkan pada daerah void bangunan, hasil analisa terhadap balok adalah balok aman untuk menopang tower crane climbing, tidak membutuhkan perkuatan tambahan.

Kata Kunci : Metode Tower Crane, Pondasi, Balok.

Abstract

The success of a project can be measured on two things, namely the benefits and timelines of the project completion (Soeharto,1997). Both depend on careful planning of the implementation method of use and scheduling tool. The implementation of construction is working using heavy equipment required accurate planning in order to achieve a project with costs and optimal execution time. Therefore, an analysis of the usage of heavy equipment used is needed, so it can produce proper alternative heavy equipment for the construction project. On the development project district 8 Senopati apartments and office tower, South Jakarta found a problem on one of the tower crane static productivity because it is considered to have a small and minimal availability section that takes a long time for jacking up, of course, it impedes the progress of the project, to overcome, the most appropriate step is to move and transform these into climbing tower crane. This research will analyze the most effective position for the tower crane climbing, then the beam must be checked if it is must be redesigned. After the analysis concluded that the static tower crane converted into a climbing tower crane void switching positions in buildings area with a beam analysis does not require special reinforcement.

Keywords: Tower Crane, Climbing, Foundation, Beams.

I. Latar Belakang

Penggunaan alat-alat berat seperti *Tower crane* sangat cocok dipakai untuk pelayanan bangunan tingkat tinggi (*high rise building*) untuk melayani daerah yang cukup luas.TC) menjadi alat yang paling utama, karena dalam proyek gedung

bertingkat tinggi transportasi vertikal maupun horisontal yang memegang peranan penting dan menentukan terutama soal kecepatan kerja.

Proyek district8 at senopati Jakarta selatan, memiliki luas lahan 37,956 m² yang diatasnya akan di bangun 5 tower dengan rata-rata ketinggian mencapai lebih dari 200m. Pada proyek ini telah

digunakan 11 *tower crane* dengan jenis *static* dan *climbing*. Namun saat berjalannya proyek, ditemukan beberapa masalah pada salah satu *tower crane static*, *tower crane* ini memiliki nilai produktivitas yang kecil dikarenakan beberapa sebab sehingga mengakibatkan *progress* proyek terhambat diantaranya adalah *tower crane static* harus diganti dengan *tower crane climbing*.

Faktor-faktor yang menyebabkan *tower crane static* harus diganti serta penentuan letak *tower crane climbing* dan apakah desain balok pada struktur bangunan aman untuk menopang beban *tower crane climbing*. Tiga hal inilah yang akan dibahas pada penelitian ini dan tidak membahas tentang akibatnya terhadap jadwal dan biaya.

II. Landasan Teori

Definisi Tower Crane

Menurut Rostiyanti (2002), *tower crane* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengangkat material secara *vertical* dan *horizontal* ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak terbatas. Disebut *tower* karena memiliki rangka *vertical* dengan bentuk standar dan di tancapkan pada perletakan yang tetap. Fungsi utama dari *tower crane* adalah mendistribusikan material dan peralatan yang yang dibutuhkan oleh proyek baik dalam arah *vertical* maupun *horizontal*. *Tower Crane* merupakan peralatan *electro motor*, artinya menggunakan listrik sebagai penggerakannya. Tenaga gerak tersebut di peroleh dari PLN maupun *generator set*.

Jenis-jenis Tower Crane

Ada beberapa jenis *tower crane* yg dapat digunakan untuk membantu pekerjaan konstruksi yaitu :

- **Static Tower Crane.** Ada dua jenis *tower crane static*, yaitu *free standing tower crane* dan *tied in tower crane*. *Free standing tower crane* lebih cocok digunakan pada bangunan dengan ketinggian kurang dari 100 meter. *Tied in crane* diperlukan jika dengan ketinggian diatas 100 m diatas permukaan tanah, maka badan *Tower Crane* harus diikat pada titik ketinggian tertentu ke struktur bangunan.
- **Climbing tower crane.** *Crane* ini di letakan di dalam struktur bangunan yaitu pada *core* atau inti bangunan. *Crane* ini bergerak naik bersamaan dengan struktur naik. Pengangkatan *crane* di mungkinkan dengan adanya dongkrak *hidrolis* atau *hydraulic jacks*. Dengan lahan terbatas dan ketersediaan *section* yang minim, maka *alternative* penggunaan *crane climbing* lebih efisien

- **Mobile Crane.** *Mobile Crane* terbagi menjadi dua jenis yaitu *Truck Crane* dan *crawler crane*. *Truck crane* adalah *crane* yang terdapat langsung pada *mobile (Truck)* sehingga dapat dibawa langsung pada lokasi kerja tanpa harus menggunakan kendaraan (*trailer*). Sedangkan *crawler crane* merupakan pesawat pengangkat material yang biasa digunakan pada lokasi proyek pembangunan dengan jangkauan yang tidak terlalu panjang. *Crane* ini memiliki roda-roda rantai (*crawler*) yang dapat bergerak ketika digunakan dan digunakan pada berbagai medan.
- **Rail Mounted Crane.** Adalah *crane* yang dipasang dengan rel sebagai jalur pergerakannya *hoist*, sehingga jangkauannya terbatas tergantung panjangnya rel.

Produktivitas Tower Crane

Produktivitas standar dari *tower crane* didasarkan pada volume yang dikerjakan persiklus waktu dan jumlah siklus dalam satu jam.

Rumus produksi perjam

$$Q = q \cdot \frac{60}{C_m} \cdot E$$

Dengan :

Q = produksi perjam
q = produksi dalam satu siklus
C_m = waktu siklus
E = Efisiensi Kerja

Perhitungan Produksi Dalam Satu Siklus

Produksi dalam satu siklus adalah volume material yang akan diangkut *tower crane* untuk satu kali pengangkatan. Untuk mendapatkan produksi dalam satu siklus adalah dengan melakukan pengamatan dilapangan. Sebagai contoh untuk pekerjaan pengecoran produksi dalam satu siklusnya adalah kapasitas *bucketnya* pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi Tower Crane Dalam Satu Siklus

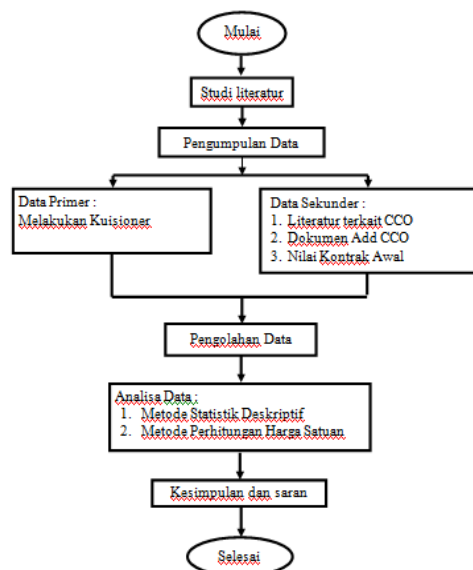
No.	PEKERJAAN	PRODUKSI	SATUAN
1	Pengecoran	0.8	m ³
2	Pengangkatan Material		
	Tulangan	500	kg
	Bekisting	1300	kg
	Scaffolding	1650	kg
	Horbeam	625	kg
	Pipe support	1400	kg

Sumber : data lapangan

III. Metode Penelitian

Pada penelitian akan dilakukan analisa terhadap penempatan *tower crane*, analisa gaya dari *tower crane* dengan menggunakan program

SAP dan menganalisa kekuatan balok yang akan menjadi tumpuan *tower crane* tersebut, tahapan penelitian seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

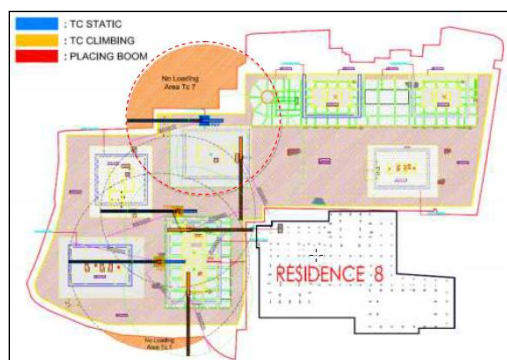
IV. Analisis Dan Pembahasan

Faktor Penyebab *Tower Crane Static* Dipindah

Ada tiga faktor yang menjadi pertimbangan untuk mengubah *Tower crane static*, yaitu :

1. Posisi *tower crane static*

Pada Gambar 2. dapat dilihat bahwa sebagian dari wilayah kerja *tower crane static* tidak berada didalam area proyek, hal ini mengakibatkan daerah jangkau *tower crane* menjadi sempit, *tower crane* tidak dapat melakukan pekerjaan secara maksimal, sehingga waktu kerja tidak efektif dan mempengaruhi nilai produktivitas *tower crane* tersebut.



Gambar 2. Layout Proyek Yang Menunjukkan No Loading Area TC 7

2. *Stock section tower crane static*

Tower crane static membutuhkan banyak *section* untuk bertambah tinggi, semakin tinggi *tower* yang akan di bangun, semakin banyak *section* yang dibutuhkan. Pada proyek

ini digunakan 11 unit *tower crane* untuk melayani pembangunan 5 *tower* yang cukup tinggi dan tentu saja masing-masing membutuhkan banyak *section*. Sementara peralatan *stock section* yang dimiliki akses terbatas dan terdapat kendala ketepatan waktu dalam pengiriman.

Seandainya *stock section* dikirim jauh-jauh hari maka *section* yang belum terpasang membutuhkan tempat di dalam proyek, sedangkan proyek memiliki lahan yang terbatas akansulit membagi tempat antara tempat fabrikasi besi, tempat material, lalu lintas proyek, jalur akses *truck mixer*, bedeng dll.

3. Produktivitas *Tower Crane*

Dikarenakan permasalahan posisi dan *stock section tower crane static* menyebabkan *tower crane static* sering berhenti beroperasi, hal ini menyebabkan produktivitasnya menjadi kecil.

Tower crane static digunakan pada pekerjaan struktur pengecoran, pengangkatan bekisting dan *scaffolding* dilengkapi dengan *concrete bucket* dan *genset*. Berikut ini contoh perhitungan produktivitas *tower crane static* dalam pengecoran kolom.

Data *tower crane static* dari brosur :

- Radius terjauh : 60 m
- Ujung beban maximum : 2200 kg

Kecepatan *tower crane static* pada saat pergi :

- Kecepatan *hoisting* : 80 m / menit
- Kecepatan *slewing* : 0,7 rpm = 252° / menit
- Kecepatan *trolley* : 25 m / menit
- Kecepatan *landing* : 80 m / menit

Kecepatan *tower crane static* saat kembali

- Kecepatan *hoisting* : 120 m / menit
- Kecepatan *slewing* : 0,7 rpm = 252° / menit
- Kecepatan *trolley* : 50 m / menit
- Kecepatan *landing* : 120 m / menit

Dengan menggunakan Autocad pada *layout* bangunan, tarik garis linier didapat hasil sebagai berikut :

- Jarak TC – kolom : 45,269 m
- Jarak TC – TM : 35,252 m
- Jarak Trolley : 10,017 m
- Sudut *slewing* : 38°

Perhitungan menggunakan ketinggian 7 m dan ketinggian kolom 4 m sebagai berikut :

1) Perhitungan waktu pengangkatan

a. *Hoisting* (mekanisme angkat)

Kecepatan (v) : 80 m / menit

Jarak ketinggian : 7 m

- Waktu (t) : $\frac{7m}{80m/menit} = 0,088 \text{ menit}$
- b. *Slewing* (mekanisme putar)
Kecepatan (v) : 2520
Sudut (α) : $\frac{38^\circ}{252^\circ} = 0,15 \text{ menit}$
- c. *Trolley* (mekanisme jalan trolley)
Kecepatan (v) : 25 m / menit
Jarak ketinggian : 10,017 m
Waktu (t) : $\frac{10,07m}{25m/menit} = 0,4 \text{ menit}$
- d. *Landing* (mekanisme turun)
Kecepatan (v) : 80 m / menit
Jarak ketinggian : 3 m
Waktu (t) : $\frac{7m}{80m/menit} = 0,038 \text{ menit}$

Total waktu pengangkatan :
= (0,088 + 0,150 + 0,400 + 0,038) menit
= 0,677 menit

- 2) Perhitungan waktu kembali
- a. *Hoisting* (mekanisme angkat)
Kecepatan (v) : 120 m / menit
Jarak ketinggian : 3 m
Waktu (t) : $\frac{3m}{120m/menit} = 0,025 \text{ menit}$
- b. *Slewing* (mekanisme putar)
Kecepatan (v) : 2520
Sudut α : $\frac{38^\circ}{252^\circ} = 0,15 \text{ menit}$
- c. *Trolley* (mekanisme jalan trolley)
Kecepatan (v) : 50 m / menit
Jarak ketinggian : 10,07 m
Waktu (t) : $\frac{10,07m}{50m/menit} = 0,2 \text{ menit}$
- d. *Landing* (mekanisme turun)
Kecepatan (v) : 120 m / menit
Jarak ketinggian : 7 m
Waktu (t) : $\frac{7m}{120m/menit} = 0,058 \text{ menit}$

Total waktu pengangkatan :
= (0,025 + 0,150 + 0,200 + 0,058) menit
= 0,433 menit

- 3) Waktu Bongkar Muat
Waktu bongkar muat ready mix didapatkan dari pengamatan lapangan, yaitu :
- Waktu bongkar: 7 menit
- Waktu muat: 5 menit
- 4) Perhitungan Waktu Siklus
Waktu siklus = waktu muat + waktu angkat + waktu bongkar + waktukembali
= 5 + 0,677 + 7 + 0,433
= 13,110 menit
- 5) Produksi *tower crane* perjam
Berikut produktivitas *tower crane* yang diasumsikan memiliki nilai efisiensi sempurna.
Produksi per siklus = $0,8 \text{ m}^3$
Waktu siklus = 13,110 menit

$$\text{Produksi perjam} = 0,8 \times (60/13,110) \times 1 \\ = 3,66 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

Karena tower crane tidak bekerja secara maksimal efisiensi waktu kerja efektif diambil sebesar 0,59 (dianggap efisiensi kerja yang lain baik), maka nilai produktivitasnya :

$$\begin{aligned} \text{Produksi per siklus} &= 0,8 \text{ m}^3 \\ \text{Waktu siklus} &= 13,110 \text{ menit} \\ \text{Produksi perjam} &= 0,8 \times (60/13,110) \times 0,59 \\ &= 2,16 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

Analisa Pemilihan *Tower Crane Climbing*

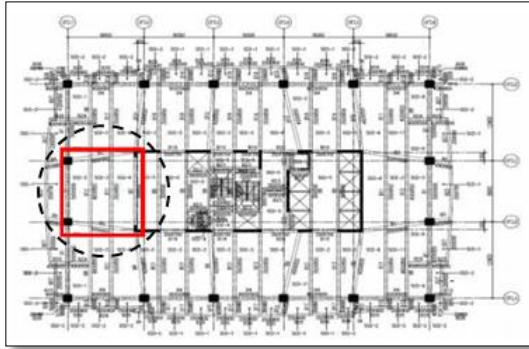
Keuntungan yang diperoleh jika *tower crane* diubah menjadi *climbing*, yaitu :

1. Tidak membutuhkan *section* yang banyak dan juga tidak perlu menunggu penambahan *stock section* dan pengiriman *section*, *tower crane climbing* akan bertambah tinggi bersamaan dengan bangunan.
2. Mempermudah beberapa pekerjaan *finishing* karena *tower crane climbing* berada di dalam bangunan, maka pekerjaan pemasangan kaca, pengecatan dan yang lainnya dapat dilaksanakan tanpa harus menunggu proses pembongkaran *tower crane*.
3. *Tower Crane Climbing* tidak membutuhkan pondasi yang rumit dan mahal, cukup dengan memanfaatkan balok bangunan, *tower crane climbing* sudah dapat berdiri.

Faktor – faktor apa saja yang harus diperhatikan dalam penempatan *tower crane* yang akan dipindah sebagai berikut:

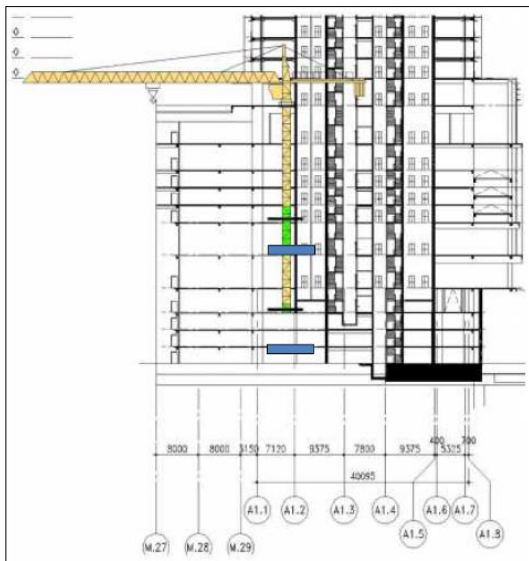
1. *Tower crane climbing* tidak boleh di tempatkan di daerah basah seperti kamar mandi, hal ini akan mengakibatkan kemungkinan terjadinya kebocoran, untuk itu akan direncanakan *tower crane climbing* berada di daerah *void* bangunan agar aman.
2. Strategi optimasi terletak padapenentuan radius kerja *tower crane*. *Tower crane* harus mampu menjangkau seluruh area bangunan yang dikerjakan.
3. Kondisi lokasi sekitar proyek. Misalnya jauh dari sutet, kabel listrik ataupun gedung tinggi lainnya sehingga aman, namun TC 7 berdekatan dengan TC 8, untuk mensiasatinya, dapat diatur ketinggian kedua *tower crane* tersebut agar tidak bertabrakan.
4. Penempatan Material. Akses menuju material diusahakan mudah terjangkau oleh *Tower Crane*.

Menimbang dari faktor-faktor diatas maka direncanakan untuk memindahkan TC 7 menjadi *climbing* di posisi lingkaran pada gambar dibawah ini.

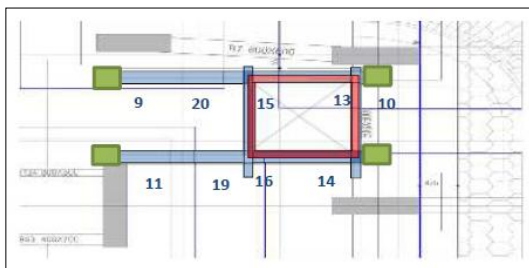


Gambar 3. Rencana Letak Tower Crane Akan Dipindah

Data Beban Pondasi Tower Crane Climbing

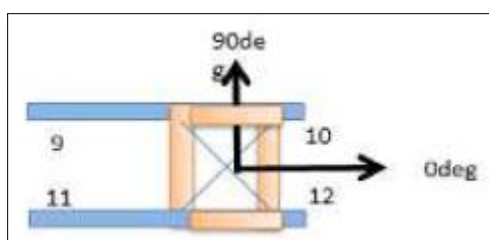


Gambar 4. Rencana Tower Crane Climbing



Gambar 5. Rencana Pondasi Tower Crane Climbing

Loading Legs Tower Crane bekerja berdasarkan orientasi tower.



Gambar 6. Loading Legs Tower Crane

Pada kondisi *base collar* : ukuran *collar* : 2x2 m²

- Kondisi 1 : on working stage

Kerangka *structural* yang akan dianalisis pada *frame* tingkat terendah dimana kekuatan di terapkan adalah :

- Beban vertikal : berat *Tower Crane climbing* dibagi menjadi beban didistribusikan bekerja pada dasar persegi TC:

$$qv = \frac{P}{\text{Base TC Perimeter}} = \frac{76}{4} = 19 \text{ t/m}$$

- Beban horizontal : maksimum horizontal dibagi menjadi beban yang didistribusikan bekerja pada sisi dasar TC yang akan dianalisis pada setiap kondisi sudut.

$$qh = \frac{R}{\text{Base TC Side Lengths}} = \frac{30}{2} = 15 \text{ t/m}$$

- Kondisi 2 : on jacking stage :

- Beban vertikal untuk diterapkan pada balok tunggal 13,14 dan 15, 16.

$$V = 64 \text{ T}$$

Analisis setiap kondisi beban dilakukan dengan menggunakan program SAP2000 perhitungan untuk model dengan koneksi tetap untuk kolom (joint 9, 10, 11, 12).

Beban kombinasi :

Kekuatan control : DSTLS = 1,4 DL

Deflection control : DSTLS = 1 DL

Analisa H-Beam Pondasi Tower Crane Climbing

Karena *sleeper beams* langsung ditopang pada dudukan, maka yang dibutuhkan hanya *shear control*, analisisnya sebagai berikut:

- Perhitungan dasar pada (*Allowable Design Stress/ADS*) metode beban maksimum terjadi diposisi tengah bentang.

$$P = 76 \text{ ton}$$

H-beam yang digunakan

$$= \text{WF } 400 \times 400 \times 13 \times 21$$

$$\text{Length of beam (L)} = 6000 \text{ mm}$$

$$\text{Mod Elastisitas (E)} = 200000 \text{ mPa}$$

$$= 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Yield Stress (fy)} = 240 \text{ mPa}$$

$$Z_x = 3330 \text{ cm}^3$$

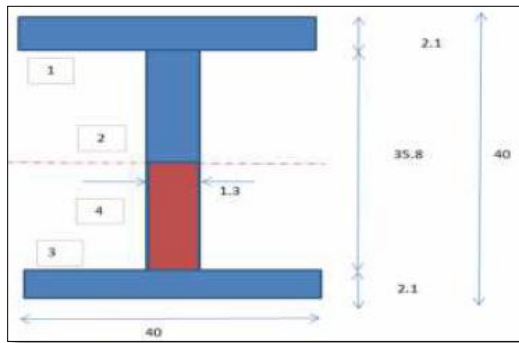
$$\text{Inertia (Ix)} = 66600 \text{ cm}^4$$

$$\text{Flange Width (B)} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Flange Height (H)} = 40 \text{ cm}$$

$$t_w = 1,3 \text{ cm}$$

$$t_f = 2,1 \text{ cm}$$



Gambar 7. H-Beam Rencana

Kontrol tegangan geser

$$\begin{aligned}
 \tau_{ijin} &= 1680 \text{ kg/cm}^2 \\
 \tau &= V \cdot S / (I_x \cdot t_w) \\
 I_1 &= 30,78 \text{ cm}^4 \\
 A_1 &= 84 \text{ cm}^2 \\
 Y_1 &= 18,95 \text{ cm} \\
 I_2 &= 4970,6 \text{ cm}^4 \\
 A_2 &= 46,54 \text{ cm}^2 \\
 Y_2 &= 0 \text{ cm} \\
 I_3 &= 30,87 \text{ cm}^4 \\
 A_3 &= 84 \text{ cm}^2 \\
 Y_3 &= 18,95 \text{ cm} \\
 S &= A_3 \cdot Y_3 + A_4 \cdot Y_4 = 1800,07 \\
 V &= 76000 \text{ kg} \\
 t_w &= 1,3 \text{ cm} \\
 I_x &= 66600 \text{ cm}^4 \\
 \tau < \tau_{ijin} &= 1580,1 < 1680 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka H-beam WF 400x400x13x21 dapat digunakan sebagai dudukan TC. Data beban dan data profil diatas akan diinput dalam permodelan dengan menggunakan aplikasi SAP2000, dari output SAP2000, akan didapatkan beban maksimum dari *tower crane climbing* terhadap balok. Pada aplikasi SAP2000 dibuat beberapa permodelan, yaitu saat *tower crane* berada di diposisi 0°, 90°, 180°, 270°, saat berputar dan saat kondisi *Jacking up*. Dari hasil analisa running SAP setiap kondisi TC akan digabungkan dan diambil nilai maksimumnya. Hasil rekapitulasi data output dari SAP, dapat dilihat pada Tabel 2. – Tabel 5. berikut ini.

Tabel 2. Rekapitulasi Data output of SAP2000
In Service condition

degree	max. displ (-) m	min. displ (+) m	Max Steel Ratio
0	-0.011852	0	0.66731
90	-0.011852	0	0.768941
180	-0.011852	0	0.66731
270	-0.011852	0	0.768941
Jacking	-0.017688	0	0.787614
Torsi	-0.000004257	0.000028	
Max	-0.011852	0	0.787614
Min	-0.017688	0	0.66731

Tabel 3. Vertical Reactions (combo 1 = 1,4 DL)
kN-mtr

degree	V9 (kN)	V10 (kN)	V11 (kN)	V12 (kN)
0	103.541	449.714	103.541	449.714
90	103.541	449.714	103.541	449.714
180	103.541	449.714	103.541	449.714
270	103.541	449.714	103.541	449.714
Jacking	161.553	296.283	161.553	296.283
Max	161.553	449.714	161.553	449.714
Min	103.541	296.283	103.541	296.283

Tabel 4. Moment Reactions (combo 1 = 1,4 DL)
kN-mtr

degree	V9 (kN)	V10 (kN)	V11 (kN)	V12 (kN)
0	0	0	0	0
90	0	0	0	0
180	0	0	0	0
270	0	0	0	0
Jacking	0	0	0	0
Max	0	0	0	0
Min	0	0	0	0

Tabel 5. Horizontal Reactions (combo 1 = 1,4 DL)
kN-mtr

degree	V9 (kN)	V10 (kN)	V11 (kN)	V12 (kN)
0	3.432	202.507	3.432	202.507
90	12.231	228.798	7.187	184.257
180	-3.997	-21.408	3.997	21.408
270	15.443	153.351	-15.443	-153.351
Jacking	0	0	0	0
Torsi	0	136.663	0	136.663
Max	15.443	228.798	7.187	202.507
Min	-3.997	-21.408	-15.443	-153.351

Dari *Output SAP* diatas, dapat dianalisa balok pada struktur bangunan, TC *climbing* akan mulai pada lantai 22, tinggi TC *Climbing* adalah 45,7 meter, jarak maksimum antara *holdingframe* adalah 19m dan jarak minimal 15m, jarak tinggi per lantai (tinggi kolom) adalah 3,8m, *tower crane* naik per 4 lantai, tower terdiri dari 42 lantai termasuk *roof* (tidak ada lantai *refugee* dari lantai 22 sampai dengan *roof*), maka balok yang akan dianalisa adalah lantai 22, 26, 30, 34, dan 38 berikut data-data type balok yang akan menjadi pondasi TC per lantai beserta jumlah dan diameter tulangan dari wiratman.

Tabel 6. Data Tipe Balok Dan Tulangan
Yang Digunakan

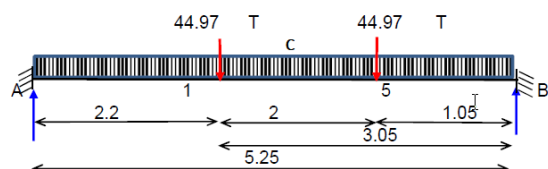
Floor	Type	Forcon Wiratman
22th-29th	B1	8 D 25
	B11	7 D 25
	B3	12 D 25
30th-36th	B2	11 D 25
	B12	7 D 25
37th-38th	B4	12 D 25
	B2	11 D 25
	B12	7 D 25
39th	B4	8 D 25
	B2	12 D 25
	B12	18 D 25
40th-41st	B6	16 D 25
	B2	11 D 25
	B15	8 D 25
Roof	B4	15 D 25
	B8	9 D 25
	B9	4 D 25
	B4	13 D 25

Analisis Balok Pondasi *Tower Crane Climbing*

Pada analisis balok pondasi *tower crane climbing*, akan dilakukan perhitungan terhadap keamanan balok pondasi, apakah dalam menopang toer crane memerlukan perkuatan tambahan atau tidak. Balok pondasi yang akan di analisis adalah balok B1, B2, B3, B11 dan B12. Sebagai contoh perhitungan, berikut ini akan dihitung keamanan Balok B1 :

Data Teknis : (B1 500 900) (LT.22-LT.29)

f'_c = 35Mpa
 Berat beton = 2,4T/m³
 f_y = 400 Mpa
 Lebar balok = 500 mm = 0,5m
 Tinggi balok = 900 mm = 0,9m
 Selimut beton = 30 mm
 d = 870 mm



Data Beban :

q_{bs} : 1,08 T/m'
 V_A = 35,41T cek = 95,61 T (OK)
 V_B = 60,20T
 M_A = 43,43Tm
 M_B = 56,79Tm
 M_C = 41,31Tm
 M_{max} = 56,7856 Tm = 567,856 KNm
 A_s = 8 D = 3926,99mm² (Forcon)
 A_v = D 13 – 150 (2 kaki) = 1,77 mm²/mm (Forcon)

Cek Lentur :

Dalam pengecekan kekuatan lentur syaratnya adalah $M_{kap} \geq M_{max}$.

Jarak dari garis netral ke serat tekan (a)

$$= (A_s \cdot f_y) / (b \cdot f'_c) \\ = 89,7598 \text{ mm}$$

$M_{kap} = M_n$

$$= A_s \cdot f_y \cdot (d - a/2) = 1,3 \times 10^9 \text{ Nmm} \\ = 1296,1 \text{ KNm} > M_{max} \text{ (OK)}$$

Cek Defleksi :

Modulus Elastisitas beton (E) = 27805,6Mpa
 $= 2780557,50 \text{ T/m}^2$

Inertia (I) = 0,03038 m⁴

untuk tumpuan terjepit penuh

$$\delta = \left(\frac{1}{384} \right) \left(\frac{qL^4}{EI} \right) + \left(\frac{2Pa^2b^3}{3EI} \right) (3b + a)^2 + \left(\frac{2Pa^2b^3}{3EI} \right) (3b + a)^2 \\ = 2,334 \times 10^{-8} + 0,0004 + 0,00013 = 5,126 \times 10^{-4} \text{ m} \\ = 0,513 \text{ mm}$$

$$\bar{\delta} = \frac{L}{240} = 21,9 \text{ mm}, \delta < \bar{\delta} \text{ (OK)}$$

Cek terhadap geser:

$$\text{Kapasitas geser beton } V_{kap_1} = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} B \cdot D \\ = 428915,78 \\ N = 428,916 \text{ kN}$$

$$\text{Kapasitas geser tulangan } V_s = A_v \cdot f_y \cdot D \\ = 6158777,8238 \text{ N}$$

$$\text{Kapasitas geser slab : } V_{kap_1} = V_s \\ = 1044793,61 \\ N = 1044,79 \text{ kN}$$

$$V_{max} = 602 \text{ kN} < V_{kap_1} \text{ (OK)}$$

Dari analisa perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa tulangan utama pada balok tidak memerlukan perkuatan khusus.

Dengan cara perhitungan yang sama, di dapat analisa untuk balok B2, B3, B11 dan B12 sebagai berikut :

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Balok

Lantai	Tipe Balok	Jumlah Tulangan	Analisa Perhitungan
22 – 29	B1	8 D 25	Aman
	B11	7 D 25	
	B2	12 D 25	
30 – 36	B2	11 D 25	Aman
	B12	7 D 25	
	B3	12 D 25	
37 – 38	B2	11 D 25	Aman
	B12	7 D 25	
	B3	10 D 25	

Dari perhitungan dapat diketahui bahwa balok yang akan menopang beban *tower crane climbing* aman, sehingga tidak memerlukan perkuatan khusus. Hal ini dikarenakan angka keamanan yang digunakan oleh Forcon Wiratman cukup tinggi, yaitu 2,5%. Hasil dari analisa di atas menjadi acuan langkah berikutnya dalam melakukan tindakan pemindahan *tower crane*.

Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- 1) *Tower crane static office* dua pada proyek *district 8* memiliki produktivitas yang kecil, pada pekerjaan pengecoran kolom yaitu sebesar $\leq 2,16 \text{ m}^3/\text{jam}$. Hal ini karena daerah layan *tower crane* sebagian tidak berada dalam area proyek dan *stock section tower*.
- 2) *Crane* yang ketersediaannya terbatas sehingga mempengaruhi waktu kerja efektif *tower crane*, maka *tower crane static* harus diubah menjadi *climbing*.
- 3) Dari hasil analisa gambar *site layout* proyek *district 8*, didapat letak *tower crane climbing* adalah menumpu pada balok daerah void *tower office* dua.

- 4) Berdasarkan perhitungan analisa balok dapat disimpulkan balok yang menjadi tumpuan pondasi *tower crane* climbing aman dan tidak memerlukan perkuatan khusus.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2012. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002* : Departemen Pekerjaan Umum.
- Elfajar Barus, Alfi dan Hadaitana, Dini. 2010. *Efisiensi Tata Letak Fasilitas dan Penggunaan Alat Berat pada Proyek Gedung Bertingkat*. Undergraduate thesis, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Fatena Rosyanti, Susi., Ir., M.Sc. 2002. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta : PT. Andi Mahakarya
- Giakoumelis, G, Dennis, L., (2004). *Axial Capacity of Katalog XGTT200(6022-12) Installation and Operation Manual for Topless Tower Crane*.
- Gunawan, Rudi. 1987. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Pramono, Handi. 2006. *Buku Latihan 17 Aplikasi Rekayasa Konstruksi Menggunakan SAP2000 versi 9*. Jakarta : Penerbit Gramedia
- Ridha, Muhammad. 2011. *Perbandingan Biaya dan Waktu Pemakaian Alat Berat Tower Crane pada Rumah Sakit Haji Surabaya*. Skripsi ITS : Tidak diterbitkan.
- Sumarno, Alim. 2012. *Studi Tentang Pemilihan Jenis Crane Untuk Proyek Bangunan Industri*. Skripsi UNESA : Tidak diterbitkan.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- BSN, 2013. *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727-2013*
- Wilopo, Djoko. 2009. *Metode Konstruksi dan Alat Berat* : UI-Press