

RANCANGAN CRANE PEMINDAH MATERIAL DI HOT CELL

Djaruddin Hasibuan, Dedi Sunaryadi, Edison Sihombing
Pusat Reaktor Serba Guna - BATAN

ABSTRAK

RANCANGAN CRANE UNTUK PEMINDAH MATERIAL DI *HOT CELL*. Dalam rangka menyempurnakan fasilitas *HOT CELL* telah dilakukan perancangan crane pemindah cuplikan dari ruang 1 sampai ujung ruang 2, dimana proses pelepasan cuplikan dari dalam wadah dilakukan. Dengan instalasi yang direncanakan, maka penggunaan crane dengan kemampuan angkat 500 kg dapat memindahkan beban yang melampaui kemampuan manipulator (maksimum 30 kg). Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa rancangan tersebut layak untuk dipasang.

ABSTRACT

DESIGN OF THE CRANE FOR MATERIAL TRANSPORT IN HOT CELL. Base on the planning to make more completely of *HOT CELL* facility, has been done design of crane material transport from cell 1 until cell 2, where sample dismantling will be done. Accordance to instalation planning, by using travelling crane with 500 kg maximum lifting capacity will available to move loads over than maximum loads by manipulator (maximum 30 kg). From the final design describes on, will concluded that design feasible to install

PENDAHULUAN

Saat ini pemindahan material ataupun cuplikan yang beratnya melebihi 30 kg, masih merupakan kendala yang sulit diatasi, hal ini terjadi akibat keterbatasan kemampuan angkat manipulator maupun kemampuan operator. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut di atas, maka telah dirancang pemasangan crane pemindah material ataupun cuplikan di dalam hot cell, sehingga mampu menangani pemindahan material ataupun cuplikan dengan berat sampai 500 kg. Crane pemindah material ini adalah suatu sistem bantu dari fasilitas *HOT CELL*. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan kemampuan fasilitas *HOT CELL*. Keadaan seperti ini harus segera diatasi, sehingga perancangan crane pemindah material ataupun cuplikan ini perlu diadakan.

TEORI

Parameter yang dibutuhkan dalam perancangan ini adalah karakteristik *HOT CELL* itu sendiri antara lain: Daya angkut maksimum

(N) crane pemasukan material yang sudah tersedia di dekat pintu *HOT CELL*), dengan kecepatan angkat maksimum (v) dan kecepatan melintang (transversal) maksimum (u). Untuk crane pemindah material yang dirancang, pengangkutan material ataupun cuplikan dilakukan dengan gerakan naik turun dan gerakan melintang. Pada kecepatan angkat konstan (v), daya motor listrik penggerak (N_1) yang dibutuhkan untuk mengangkat beban adalah :

$$N_1 = \frac{Q_{tot} \cdot v}{75 \cdot \eta} \quad [1] \quad (1)$$

dengan Q_{tot} = berat beban dan peralatan hook
 η = Efisiensi.

Pemindahan beban ke arah melintang menggunakan mekanisme *trolley* (roda luncur di atas rel), yang dilengkapi dengan motor penggerak. Daya motor penggerak ke arah melintang (N_2) ini dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$N_2 = \frac{W \cdot v}{75 \cdot \eta} \quad (2)$$

$$W = \beta (Q + G_0)_{\text{Ton}} \cdot w \quad (3)$$

dengan:

W = Tahanan gesekan (*Resistance motion*) dalam kg.

β = Koefisien gesek untuk bantalan luncur.

G_0 = Berat peralatan trolley.

w = *Fraction factor*, yaitu faktor gesekan yang tergantung pada diameter poros.

v = Kecepatan bergerak ke arah melintang (*cross travel speed*).

Rel peluncur (*Girder*) tempat meluncurnya mekanisme trolley ini direncanakan menggunakan profil W dengan bahan baja ASTM A36. Untuk baja ASTM A36 tegangan ijin maksimum (S_A) adalah :

$$S_A = 0,60 F_y \quad (4)$$

dimana F_y = Yield force, [5].

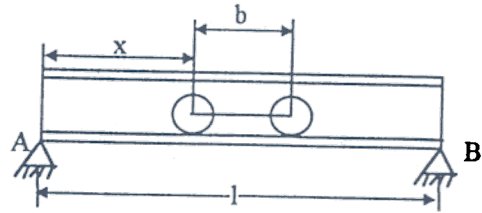
Rel ini dipasang melintang sepanjang ruang 2 hot cell dengan cara mengikatkannya pada langit-langit dengan menggunakan sistem sambungan las dan baut mur. Besarnya tegangan tarik yang timbul (S_t) pada sambungan las dan baut angkur dihitung dengan rumus berikut:

$$S_t = W_{\text{tot}} / A \quad (5)$$

dimana W_{tot} = perjumlahan berat beban, mekanisme trolley dan rel peluncur

A = Luas penampang yang menerima beban.

Momen lentur yang terjadi pada profil peluncur, seperti yang terlihat pada Gambar 1 di bawah ini adalah.



Gambar 1. Bentuk pembebanan lentur rel

$$M_l = \frac{p}{2 \cdot l} \left(l - \frac{b}{2} \right)^2 \quad (\text{TON m atau kips l nchi.}) \quad (6)$$

dengan p adalah beban yang didukung oleh satu roda [5]

Untuk profil W yang mengalami momen lentur (M_l) dan tegangan ijin maksimum (S_A), maka besarnya *section modulus* terhadap sumbu x adalah :

$$S_{x-x} = M_l / S_A \quad [5] \quad (7)$$

Pada prinsipnya, dengan panjang rel (l) dan ketinggian angkat (h), maka dengan menggunakan persamaan 1 s/d 6 akan dapat ditentukan besaran daya motor listrik yang dibutuhkan dan dimensi profil peluncur untuk mengangkat dan memindahkan beban sesuai dengan yang diinginkan.

METODE PERANCANGAN

Metode perancangan crane pemindah material di *HOT CELL* ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Penentuan tata letak instalasi.
2. Perancangan motor penggerak.
3. Perancangan profil rel peluncur.

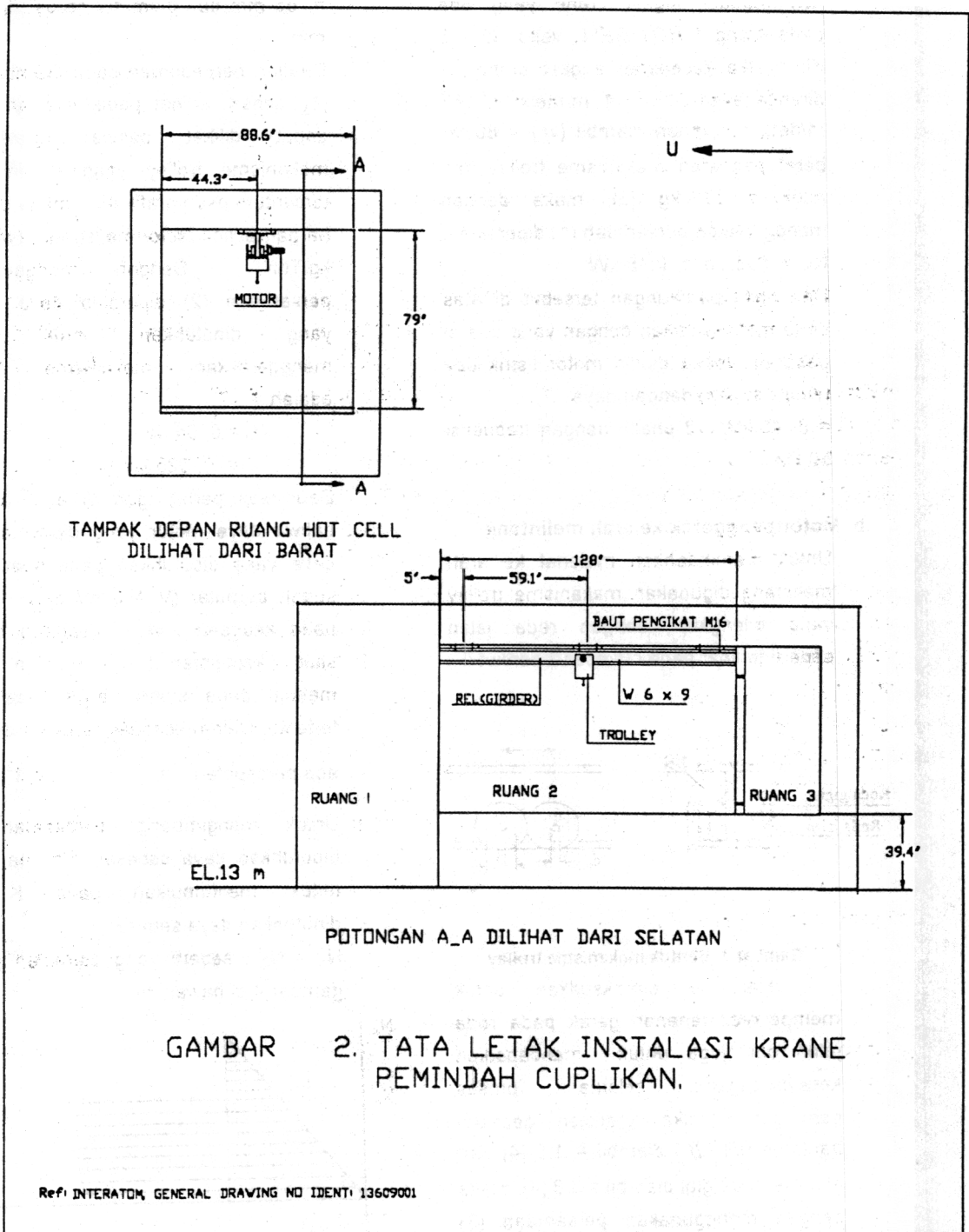
TATA KERJA

1. Penentuan tata letak instalasi

Instalasi crane pemindah cuplikan ini dimulai dari bagian depan ruang 2 *HOT CELL* melintang menuju ujung ruang tersebut di atas, dimana rel peluncur

(girder) dipasang pada bagian tengah plapon. Denah peletakkan profil peluncur

ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut



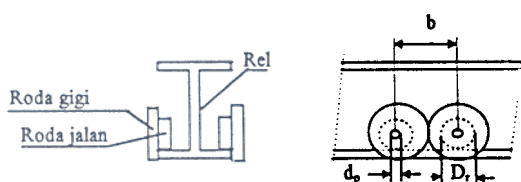
2. PERANCANGAN MOTOR PENGGERAK

a. Motor penggerak naik turun

Dalam perancangan ini berat beban maksimum yang akan dipindahkan disesuaikan dengan kemampuan angkat crane yang ada pada ruang 1 *HOT CELL*, yaitu $G = 5$ KN. Jika kecepatan angkat crane (v) direncanakan = 4 m/menit (0,067 m/det), rendeman diambil (η) = 80 %, berat peralatan mekanisme trolley dan hook = 33 kg [3], maka dengan menggunakan persamaan (1) diperoleh : $N_1 = 0,6$ hp = 0,45 kW
 Dari hasil perhitungan tersebut di atas serta menyesuaikan dengan yang ada di pasaran maka dipilih motor listrik tipe (single speed) dengan daya = 0,45 kW, 3 phase dengan frekuensi 50 Hz.

b. Motor penggerak ke arah melintang

Untuk memindahkan material ke arah melintang digunakan mekanisme trolley yang dilengkapi dengan roda jalan yang seperti terlihat pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Bentuk mekanisme trolley

Hal ini dimaksudkan untuk memperkecil tahanan gerak pada roda jalan dan juga untuk mendapatkan keseimbangan selama proses pemindahan. Jika koefisien gesekan bantalan roll (β) diambil = 1,5 [4] dan efisiensi roda gigi diambil = 0,8 [4], maka dengan menggunakan persamaan (3) diperoleh tahanan gerak pada roda jalan adalah : $W = 11,6$ kg

Dalam perancangan ini direncanakan menggunakan mekanisme trolley tipe ESSP Geared Trolley "TS" [3], maka diperoleh diameter roda jalan (D_r) = 65 mm dan diameter poros (d_p) = 20 mm.

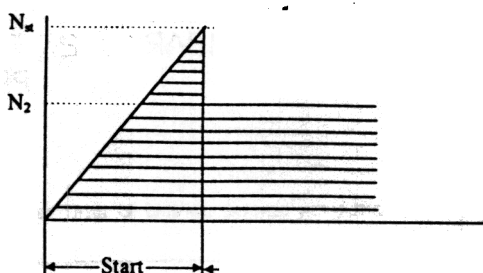
Dengan berpedoman pada Gambar 180 [1], seperti terlihat pada lampiran 1 dapat dilihat bahwa karakteristik mekanisme trolley yang dipilih tidak tercantum pada grafik ini, maka diambil harga *traction factor* maksimum (w) = 35 kg/Ton. Dengan menggunakan persamaan (2) diperoleh daya motor yang dibutuhkan untuk menggerakkan mekanisme trolley adalah :

$$N_2 = 0,04 \text{ hp} \\ = 0,025 \text{ kw}$$

Dari hasil perhitungan di atas terlihat bahwa daya motor yang dipilih adalah daya yang dibutuhkan pada saat roda sudah berputar ($V = 5$ m/det). Maka pada keadaan awal (keadaan start), saat kecepatan (v) = 0, dan akan menuju pada suatu harga kecepatan tertentu. Dalam keadaan tersebut di atas ada percepatan: $a = \frac{dv}{dt}$ (m/det²)

Untuk mengimbangi percepatan ini dibutuhkan gaya sebesar $K = ma$, dan untuk menimbulkan gaya K ini dibutuhkan daya sebesar:

$N_{st} - N_2$, seperti yang diuraikan pada gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4. Kurva kebutuhan daya

dimana: N_{st} = daya start
 $= (1,1 s / d 1,5)$ diambil
 1,5 [1].

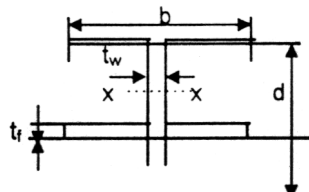
Maka $N_{st} = 0,0375$ kW, dan untuk menyesuaikan dengan yang ada di pasaran dipilih motor listrik 0,4 kW 3 phase, 50 Hz.

3. Perancangan rel peluncur

a. Pemilihan material

Rel peluncur (Girder) merupakan bagian penting pada perancangan crane pemindah material di *HOT CELL* ini, karena pada rel inilah semua beban tergantung. Dalam perancangan ini panjang rel peluncur diambil sama dengan panjang ruang 2 *HOT CELL* (l) = 128 inchi, jika beban maksimum yang timbul pada satu roda jalan = 294 lb dan jarak antara kedua sumbu roda (b) = 3,55 inchi, maka dengan menggunakan rumus (5), diperoleh $M_{l\ maks} = 0,885$ kip inchi.

Dengan cara memasukkan harga $M_{l\ maks}$ pada persamaan (6), diperoleh $S_{x-x} = 0,042$ inchi³. Dengan menggunakan tabel W shape dimension [5] didapat harga S_{x-x} yang terdekat = 5,46 inchi³, maka dipilih penggunaan W 4 x 13 sebagai rel peluncur dengan karakteristik seperti yang terlihat pada Gambar 6 dan tabel 1 berikut :



Gambar 5. Penampang profil peluncur.

Tabel 1. Karakteristik Profil peluncur

b(in)	d(in)	tr(in)	tw(in)	S_{x-x} (in ³)	I (in ⁴)	A (in ²)
4	4 1/8	11/16	1/4	5,46	11,3	3,83

dimana :

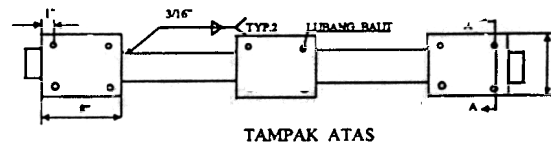
S_{x-x} = section modulus g terhadap sumbu

I = Momen Inersia.

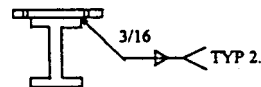
A = Luas penampang metal peluncur.

b. Sistem sambungan

Untuk mengikat profil peluncur (Girder) pada langit-langit *HOT CELL* digunakan sistem sambungan baut mur dan las. Denah sistem sambungan ini dapat dilihat pada Gambar 7 berikut :



TAMPAK ATAS

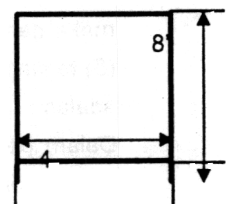


POT. A-A

Gambar 6. Bentuk sistem sambungan.

b.1 Sambungan las

Mengacu pada Gambar 7. di atas, maka bentuk kampuh las sistem sambungan ini adalah seperti terlihat pada Gambar 8 di bawah ini :



Gambar 7. Bentuk kampuh las

Dari Gambar 8 di atas dapat dilihat bahwa panjang kampuh las = 24 inchi untuk setiap dudukan, maka untuk 3 dudukan panjang kampuh las (L) = 72 inchi. Jika bahan kawat las yang digunakan adalah E-60, maka tegangan

ijin maksimum kampuh las = $0,3 \times 60$ ksi = 18 ksi. Beban maksimum yang bekerja pada kampuh las adalah perjumlahan berat dari : beban yang akan dipindah, mekanisme *trolley* dan berat mati profil peluncur itu sendiri (W_{tot}) = 1311,3 lbs, maka dengan menggunakan rumus (5) diperoleh $t = 0,042$ inch. Mengacu pada tabel 5.16.1 [6], untuk jenis kawat las E 60, harga (t) minimum adalah $1/8$ inch $> 0,042$ inch, maka dengan harga (t) = $1/8$ inch konstruksi cukup aman.

b.2 Sambungan baut mur

Untuk mengikat profil peluncur pada plapon *HOT CELL* digunakan baut angkur ukuran M16 ($5/8$) inch, disesuaikan dengan ulir penerima yang tersedia pada plapon. Setiap tumpuan dilengkapi dengan 4 lubang berulir seperti terlihat pada Gambar 6 di atas. Beban maksimum yang timbul pada baut angkur (W_{tot}) = 1311,2 lb, maka beban yang bekerja pada satu baut (W_s) = 164 lb. Jika luas penampang nominal baut angkur

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$
$$= 0,3 \text{ inch}^2$$

maka dengan menggunakan persamaan (5) tegangan tarik yang timbul pada baut adalah : $S_t = 0,55$ kip

Dalam perancangan ini digunakan baut angkur $5/8$ inch, bahan ASTM A325

dengan tegangan ijin maksimum (S_A) = 13,5 ksi [5], maka dengan membandingkan tegangan tarik yang timbul pada tegangan ijin maksimum diperoleh bahwa: $0,55 \text{ ksi} < 13,5 \text{ ksi}$, konstruksi aman terhadap beban yang timbul.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh daya motor yang dibutuhkan untuk memindahkan material pada arah naik turun = 0,45 kW dan untuk gerakan melintang = 0,4 kW cukup mampu untuk beban seberat 500 kg. Pembuatan gambar tata letak dan sistem sambungan, menunjukkan bahwa pemasangan alat ini tidak mengalami kesulitan dan dapat dengan mudah dilakukan. Hal ini berarti bahwa perancangan dapat dilanjutkan ke tingkat fabrikasi dan instalasi.

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan/perancangan diatas dan berdasarkan analisis-analisis yang dikemukakan, maka dapat disimpulkan bahwa

1. Rancangan *crane* pemindah material di *HOT CELL* ini mampu melakukan pemindahan material sampai dengan 500 kg.
2. Rancangan *crane* pemindah material ini dapat dengan mudah difabrikasi dan diinstalasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Rudenko, Material Handling Equipment, MIR Publiser Moscow 1969.
2. Interatom, General Drawing No ident: 13609001, NN, 1984
3. KITO, ES Series Bulletin No: ES 9008.
4. Sularso dan Kiyokatsu Suga, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, PT. Pradnya Paramita, Jakarta 1980.

American Institute Steel Construction, ninth edition ,Chicago 1992.

6. Charles. G. Salmon and John E. Johnson, Steel Structures, Design and Behavior, second edition Harper International.

DISKUSI

1. Pertanyaan : Sri Hariani

- a. Apakah jenis dan cara pengelasan plat=plat pemegang crane di langit-langit hot cell akan berpengaruh pula pada kekuatan/kelancaran crane bergerak ?
- b. Apakah untuk pengelasan tersebut tidak diperlukan perhitungan khusus ?

Jawaban :

- a. Plat pemegang crane di langit-langit hot cell tidak dilas, akan tetapi diikat dengan baut mur.
- b. Karena tidak dilas, maka tidak diperlukan perhitungan

2. Pertanyaan : Tjahjono

Pada percobaan Anda kemampuan angkat crane ± 500 kg yang melampaui kemampuan manipulator. Apakah diperhitungkan Brake System ?

Jawaban :

Sebagaimana biasanya bahwa brake system yang digunakan pada crane adalah electrical brake yang bekerja apabila pasokan daya terputus (otomatis), maka dalam perancangan ini brake tidak diperhitungkan, akan tetapi setiap crane yang diperjual belikan di pasaran brake systemnya sudah dijamin oleh Pabrik pembuatnya.

3. Pertanyaan : Pustandyo

- a. Kemampuan angkat crane yang Bapak rancang 500 kg, sedangkan kemampuan manipulator maksimum 30 kg, apakah hal ini tidak sangat over disain, mohon penjelasan.
- b. Apakah hasil rancangan crane tersebut akan diujudkan/dipasang di RSG ? Apabila ya, tentunya harus direview/diperiksa oleh bid/bag yang berhak. Dalam hal ini bid/bag apa ?

Jawaban :

- a. Kemampuan angkat mencapai 500 kg, tidak over desain, karena diharapkan dimasa-masa yang akan datang kita melayani beban yang lebih besar dari 30 kg, misalnya kalau In Pile Loop dioperasikan, berat test section ± 80 kg, maka untuk mengeluarkan cuplikan dari Test Section digunakan bantuan Hot Cell, maka crane ini sangat berperan.
- b. Jika rancangan crane dipasang, tentunya harus terlebih dahulu direview oleh kelompok jaminan kualitas dan selanjutnya adalah Persetujuan Kepala Pusat Reaktor serba Guna.

4. **Pertanyaan : Abdul Hafid**

- a. Apakah kekuatan dari langit-langit hot cell telah diperhitungkan untuk beban yang baru akan dipasangkan ?
- b. Dengan hasil kampuh las yang diperoleh menurut perhitungan, jenis las apa yang digunakan agar dapat diperoleh lasan sesuai yang diharapkan ?
- c. Penempatan motor, mengikuti roda jalan pada rel ataulkah terpisah ?

Jawaban :

- a. Kekuatan langit-langit Hot Cell, belum diperhitungkan dalam tulisan ini, tapi kalau kita lihat di lokasi sudah tersedia lobang berulir yang sangat cocok pada Instalasi crane ini, tentu ada praduga bahwa pemasangan crane bantu sebenarnya sudah ada rencananya, dan walaupun harus dilakukan perhitungan, maka dengan tebal plat langit-langit Hot Cell = 15 mm, baja SS 304 dengan lebar 88,6 inci, cukup aman.
- b. Jenis las yang digunakan dalam rancangan ini tidak dibahas, yang dibahas adalah jenis kawat las dalam hal ini E 60, namun tidak salah kalau dianjurkan SMAW.
- c. Motor ditempel di kerangka roda jalan, dengan sistem pemindahan daya secara dikoppel langsung dengan poros roda jalan.

5. **Pertanyaan : M.Natsir**

Apakah anda telah menghitung kekuatan dari as beam terhadap lenturan pada titik dimana as beam mengalami tegangan lentur maksimum ?

Jawaban :

Dalam rancangan ini kekuatan dari As beam terhadap lenturan tidak dihitung, karena biasanya menurut AISC (American Institute Structure and Construction) dengan mengetahui kemampuan beam secara utuh terhadap suatu beban, tentunya beam tersebut akan aman dalam konstruksi.

6. **Pertanyaan : Arianto Iskandar**

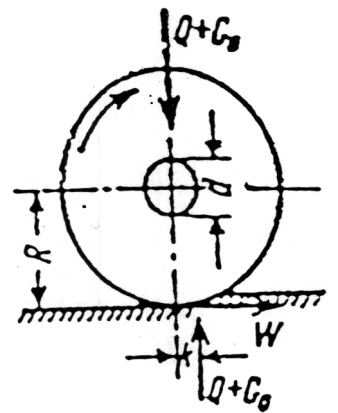
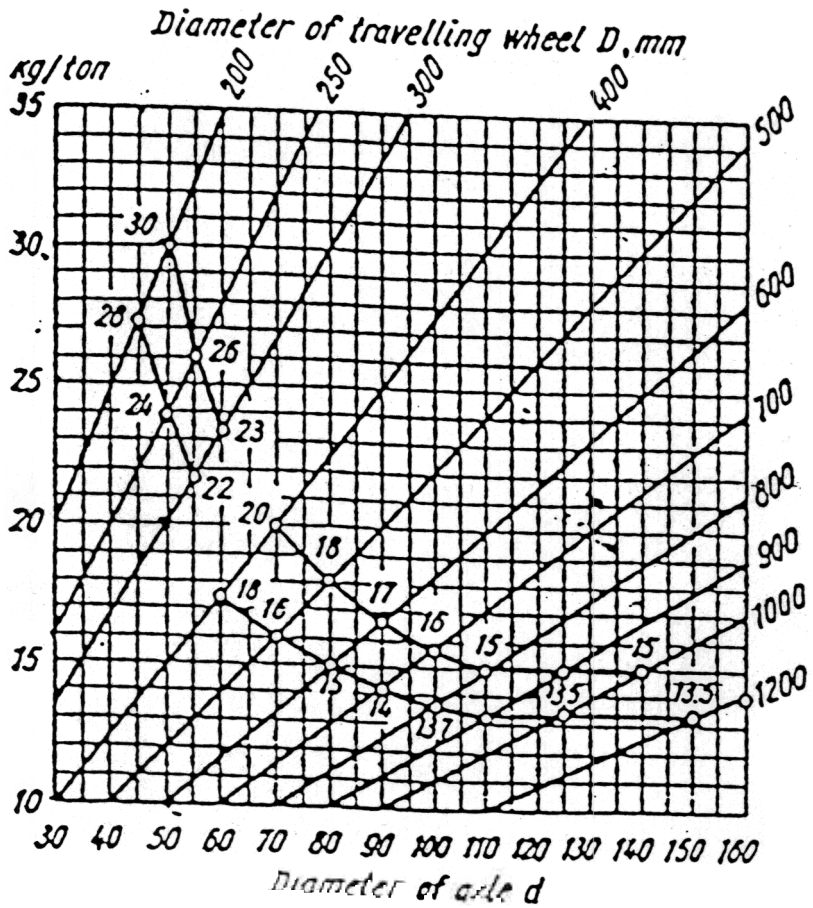
Apakah landungan logam-logam tertentu dari crane di dalam Hot cell sudah diantisipasi ? Misalnya adanya Ni, Co yang dapat menjadi isotop.

Pemesanan crane yang spesifik akan menjadi sangat mahal, terutama untuk Hot cell.

Jawaban :

Fasilitas Hot cell yang ada di reaktor (RSG-GAS) adalah termasuk tipe "clean Hot Cell", artinya dapat dibersihkan setiap saat dengan menggunakan bantuan vacuum cleaner dibantu dengan manipulator dan disimpan di ruang Hot cell yang dapat diisolasi dari ruang 2 dan ruang 1, sehingga pemasangan tidak menjadi masalah.

La



KUR HARG TRACTIO FACTO