

## **VERIFIKASI PERHITUNGAN DRUM DAN PULLEY OVERHEAD TRAVELLING CRANE PADA IRADIATOR GAMMA**

Syamsurrijal Ramdja, Ari Satmoko, Sutomo Budihardjo

PRPN - BATAN, Kawasan Puspipstek Gd. 70, Serpong, 15310

### **ABSTRAK.**

**VERIFIKASI PERHITUNGAN DRUM DAN PULLEY OVERHEAD TRAVELLING CRANE PADA IRADIATOR GAMMA.** Telah diverifikasi perhitungan drum dan pulley yang terdapat pada crane untuk memfasilitasi irradiator gamma. Drum adalah suatu perangkat untuk menggulung tali baja sedangkan pulley adalah suatu kepingan yang bundar yang disebut juga disk, yang terbuat dari logam atau non-logam untuk mentransmisikan gerak dan gaya. Diverifikasi perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada drum, diameter dan panjang drum serta gaya tekan yang terjadi pada drum. Demikian juga dengan pulley, diverifikasi perhitungan diameter pulley, ukuran-ukuran cakera serta kekuatan poros pulley. Dari hasil verifikasi akan didapatkan data-data apakah perangkat drum dan pulley tersebut aman untuk digunakan ataukah tidak aman.

*Kata kunci: drum, pulley, poros, cakera*

### **ABSTRACT**

**VERIFICATION CALCULATION OF DRUM AND PULLEY OVERHEAD TRAVELLING CRANE ON GAMMA IRRADIATORS.** Having verified the calculation of drum and pulleys found on cranes to facilitate the gamma irradiator. Drum is a device for rolling steel ropes while the pulley is a circular piece called disks, which are made from metal or non-metal to transmit motion and force. Having verified calculation of forces acting style on drums, drum diameter and length and style of press that occurred on drums. Likewise, the pulley, pulley diameter verified calculations, measures of disc and shaft power pulleys. From the verification results will be obtained whether the data drums and pulley device is safe or not safe to use.

*Keywords: drums, pulleys, shafts, disc*

**1. PENDAHULUAN**

Dalam kegiatan proses pengoperasiannya, fasilitas iradiator gamma selalu dilengkapi dengan Overhead Travelling Crane. Overhead Travelling Crane digunakan untuk mengangkat dan memindahkan benda yang berat seperti sumber beserta kontainernya dan juga untuk kegiatan dan perawatan sehari-hari pada fasilitas iradiator gamma.

Fakta menunjukkan bahwa kecenderungan jumlah industri pengguna Iradiator Gamma untuk pengawetan terus meningkat dari waktu ke waktu. Di Indonesia, hal ini tidak lepas dari peranan BATAN dalam memperkenalkan teknologi iradiasi ke masyarakat industri dan juga sambutan positif pihak industri dalam memanfaatkan teknologi iradiasi gamma ini. Untuk dapat memberikan layanan iradiasi terhadap berbagai komoditas industri di setiap daerah di Indonesia, karena itu, cara yang paling tepat adalah daerah memiliki paling tidak satu fasilitas iradiasi gamma. Untuk itu, perlu dirancang suatu iradiator gamma yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan memberikan keuntungan bagi para industri.

Disain dasar rancang bangun iradiator gamma untuk pengawetan hasil pertanian menjadi langkah awal dalam usaha untuk membuka "jalan macet" problematika pendistribusian hasil pangan. Dengan mengandalkan pengalaman, pengetahuan dan hasil rekayasa sendiri, diharapkan biaya pembangunan iradiator gamma ini nantinya akan dapat ditekan.

Sangatlah tepat jika salah satu program utama BATAN dalam menunjang program pemerintah di bidang pangan, yaitu dengan menyiapkan pembangunan fasilitas iradiator gamma untuk pengawetan hasil pertanian. Langkah awal dalam proses penyiapan pembangunan tersebut yaitu dengan menyiapkan dokumen disain dasar iradiator gamma. Makalah ini berisi kegiatan Verifikasi Perhitungan Drum dan Pulley Overhead Travelling Crane Iradiator Gamma dengan aktifitas 2x250 kCi.

Drum pada perangkat Overhead Travelling Crane adalah suatu perangkat untuk menggulung tali baja. Pulley dalam hal ini merupakan suatu kepingan yang bundar yang disebut juga disk, yang terbuat dari logam atau non-logam

**2. TEORI**

Drum pada operasional crane digunakan untuk mekanisme pengangkatan dalam hal ini menggulung tali baja. Untuk drum yang digerakkan mesin, maka drum dilengkapi dengan alur spiral (*helical groove*), sehingga tali baja akan tergulung secara merata dan mengurangi gesekan, sehingga gesekan berkurang. Pada perhitungan ini, drum memiliki dua alur, yaitu alur spiral kiri dan alur spiral kanan.

Perhitungan diameter drum dapat di cari dengan menggunakan rumus :

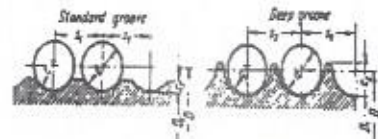
$$D \geq e_1 \cdot e_2 \cdot d \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

- D = diameter drum (tromol)
- e<sub>1</sub> = faktor type pesawat angkat dan kondisi operasi.  
= 20 (lit 2 table 9)
- e<sub>2</sub> = faktor yang tergantung pada konstruksi tali baja  
= 1,00 (lit 2 table 10)
- d = diameter tali baja  
= 1,5 (cm)

Ukuran-ukuran *helical groove* dapat dilihat pada table 1 dibawah ini :

Tabel 1. Dimensi alur pada drum



Ropa dia d	Standard groove		Deep groove		Ropa dia d	Standard groove		Deep groove					
	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>		r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>7</sub>	r <sub>8</sub>				
4 R	3.5	7	2	9	4.5	1.0	19.5	11.5	22	5	27	13.5	2.6
6.2	4.0	8	2	11	5.5	1.5	24.0	13.5	27	6	31	16.0	2.5
8.7	5.0	11	3	13	6.5	1.5	28.0	15.5	31	8	36	18.0	2.5
11.0	7.0	13	3	17	8.5	1.5	34.5	19.0	38	10	41	22.0	3.0
13.0	8.0	15	4	19	9.5	1.5	39.0	21.5	42	12	50	24.5	3.5
15.0	9.0	17	5	22	11.0	2.0							

Jumlah lilitan tali baja untuk sebelah kiri dan kanan :

$$Z = \left( \frac{H \cdot i}{\pi \cdot D} + 2 \right) \times 2 \dots\dots\dots (2)$$



dimana :

$H$  = tinggi angkat

Panjang drum didapatkan dari persamaan sebagai berikut :

$$L = \left( \frac{2.H.i}{\pi.D} + 12 \right) . s_1 + l_1 \dots \dots \dots (3)$$

dimana :

$s_1$  - jarak antar alur

$l_1$  = jarak antar drum

Tegangan tekan yang terjadi pada drum adalah :

$$\sigma_c = \frac{S}{W . s_1} \dots \dots \dots (4)$$

dimana :

$S$  = Gaya tarik pada tiap tali

$W$  = Tebal dinding drum.

Pulley disebut juga kerek (katrol) yaitu cakra yang dipinggir dibuat alur (groove) untuk tempat tali baja atau rantai untuk mentransmisikan gerak dan gaya. Material pulley dapat dibuat dari bahanm logam maupun non-logam. Pulley terdiri dari 2 macam, yaitu :

- Pulley tetap (*fixed pulley*)
- Pulley bergerak (*movable pulley*)

Pulley tetap adalah pulley yang terdiri dari cakra dan rantai atau tali baja yang dilingkarkan pada alur pada bagian atasnya yang salah satunya digantungi beban sedangkan ujung lainnya ditahan atau ditarik.

Tabel 2. Ukuran-ukuran Pulley

Diameter tali (d)	a	b	c	e	h	i	r	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>
4,8	22	15	5	0,5	12,5	8	4,0	2,5	2,0	8	6
6,2	22	15	5	0,5	12,5	8	4,0	2,5	2,0	8	6
8,7	28	20	6	1,0	15,0	8	5,0	3,0	2,5	9	6
11,0	40	30	7	1,0	25,0	10	8,5	4,0	3,0	12	8
13,0	40	30	7	1,0	25,0	10	8,5	4,0	3,0	12	8
15,0	40	30	7	1,0	25,0	10	8,5	4,0	3,0	12	8
19,5	55	40	10	1,5	30,9	15	12,0	5,0	5,0	17	10
21,0	65	50	10	1,5	37,5	18	14,5	5,0	5,0	20	15
28,0	80	60	12	2,0	45,0	20	17,0	6,0	7,0	25	15
34,5	90	70	15	2,0	55,0	22	20,0	7,0	8,0	28	20
39,0	110	85	18	2,0	65,0	22	25,0	9,0	10,0	40	30

Pulley bergerak mempunyai cakra yang bebas pada poros yang bebas pula. Tali baja dilingkarkan pada alur (*groove*) bagian bawah, Salah satu ujung tali baja diikat tetap, sedangkan ujung yang lainnya di tahan atau ditarik pada waktu pengangkatan. Beban

digantung pada kait (*hook*) yang tergantung pada poros.

Kecepatan keliling didapatkan dari persamaan :

$$C = 2.V \dots \dots \dots (5)$$

dimana :

$V$  = kecepatan angkat

Tekanan bidang yang terjadi :

$$p = \frac{Q}{2.l.d} \dots \dots \dots (6)$$

dimana :

$l$  = panjang poros

Momen Lengkung yang terjadi adalah :

$$M_b = \frac{Q}{2} . x - \frac{Q}{2} . (x - 4) \text{ (kg-cm)} \dots \dots (7)$$

Tegangan lengkung yang terjadi adalah :

$$\sigma_b = \frac{M_b}{\left( \frac{\pi}{32} \right) . d^3} \dots \dots \dots (8)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Drum pada pesawat angkat berfungsi untuk menggulung tali baja pada waktu mengangkat atau menurunkan material / beban. Pada umumnya drum dibuat dari besi tuang (*cast-iron*).

Untuk mengatur tali baja pada drum, dibuat alur-alur (*groove*).

Diameter drum (D) didapat dari persamaan :

$$D \geq e_1 . e_2 . d$$

dimana :

$D$  = diameter drum (tromol)

$e_1$  = faktor type pesawat angkat dan kondisi operasi  
= 20 (lit 2 table 9)

$e_2$  = faktor yang tergantung pada konstruksi tali baja  
= 1,00 (lit 2 table 10)

$d$  = diameter tali baja  
= 1,5 (cm)

Sehingga didapatkan :

$$D \geq 20 . 1 . 1,5$$

$$= 300 \text{ mm}$$

Diameter pulley pembawa beban adalah :

$$D.. = 0,6 . D \dots \dots \dots (9)$$

$$= 0,6 . 300 \text{ mm}$$

$$= 180 \text{ mm}$$

Dari table 1, didapatkan ukuran-ukuran dari *groove* (alur) adalah sebagai berikut :

Untuk  $d = 15$  mm jenis standart *groove*, didapatkan data :

$$r_1 = 9 \text{ mm}, s_1 = 17 \text{ mm}, c_1 = 5 \text{ mm}$$

Jumlah lilitan tali baja untuk sebelah kiri dan kanan :

$$Z = \left( \frac{H.i}{\pi.D} + 2 \right) \times 2 \dots\dots\dots(10)$$

dimana :

$$H = \text{tinggi angkat} = 3 \text{ m}$$

$$i = \frac{z}{2} = \frac{4}{2} = 2$$

$$D = 0,3 \text{ m}$$

Sehingga didapatkan :

$$Z = \left( \frac{3.2}{\pi.0,3} + 2 \right) \times 2$$

$$= 17 \text{ buah lilitan}$$

Panjang drum didapatkan dari persamaan sebagai berikut :

$$L = \left( \frac{2.H.i}{\pi.D} + 12 \right) \cdot s_1 + l_1 \dots\dots\dots(11)$$

dimana :

$$s_1 = \text{jarak antar alur} = 17 \text{ mm}$$

$$l_1 = \text{jarak antar drum} = 100 \text{ mm}$$

Sehingga didapatkan =

$$L = \left( \frac{2.3.2}{\pi.0,3} + 12 \right) \cdot 0.017 + 0,1$$

$$= 0,52 \text{ m}$$

Tebal dinding drum di kalkulasi dengan rumus :

$$W = 0,02.D + 0,6 \quad (\text{cm})$$

$$= 0,2 \text{ cm}$$

Bahan drum adalah besi tuang (*cast iron*) dengan tegangan tekan izin

$$\sigma_c = 1000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (lit. 1 halaman 92)}$$

Tegangan tekan yang terjadi adalah

$$\sigma_c = \frac{S}{W.s_1} \dots\dots\dots(12)$$

$$= \frac{1571}{1,2 \times 1,7} = 769,8 \text{ kg/cm}^2$$

Ternyata  $\sigma_c < \sigma_c$ , maka drum adalah aman untuk menggulung tali baja.

Perhitungan pulley.

Pada perhitungan ini terdapat 2 buah pulley pembawa beban dan satu buah pulley tetap. Bahan pulley diambil dari besi tuang kelabu menurut DIN 1691.GG.14 dengan kekuatan tarik  $\sigma_t = 18 \text{ kg/mm}^2$ .

Ukuran pulley diambil berdasarkan dari table 2. Untuk ukuran diameter tali baja 15 mm diperoleh ukuran-ukuran pulley sebagai berikut :

$$a = 40 \text{ mm} \quad h = 25 \text{ mm}$$

$$r = 8,5 \text{ mm} \quad b = 30 \text{ mm}$$

$$l = 10 \text{ mm} \quad r_1 = 4 \text{ mm}$$

$$c = 7 \text{ mm} \quad r_2 = 3 \text{ mm}$$

$$r_3 = 12 \text{ mm}$$

Perhitungan poros pulley

Poros pulley dihitung berdasarkan kecepatan angkat ( $V$ ) dan tekanan bidang antara pulley dan poros ( $p$ ).

Kecepatan keliling didapatkan dari persamaan :

$$C = 2.V \dots\dots\dots(13)$$

dimana :

$$V = \text{kecepatan angkat} \\ = 4,5 \text{ m/menit (ditentukan)}$$

$$\text{Sehingga } C = 2 \cdot 4,5 \text{ m/menit}$$

$$= 9 \text{ m/menit}$$

$$C = 0,15 \text{ m /detik}$$

Untuk harga  $C = 0,15 \text{ m/detik}$ , dari lit. 1 halaman 87 didapatkan besar tekanan bidang yang diizinkan  $p = 72,5 \text{ kg/cm}^2$

Tekanan bidang yang terjadi :

$$p = \frac{Q}{2.l.d} \dots\dots\dots(14)$$

dimana :

$$l = \text{panjang poros} \\ = (1,5 - 1,8) \text{ dp} \\ = 1,55 \text{ (ditentukan)}$$

Sehingga :

$$p = \frac{6000}{2.(1,55).dp}$$

$$dp = 5,12 \text{ cm}$$

Diameter poros pulley diambil = 5 cm



Perhitungan kekuatan poros pulley :  
Bahan poros pulley diambil dari bahan St . 50.11 dengan kekuatan tarik  $\sigma_t = 5000 \text{ kg/cm}^2$  dari DIN 1611

Tegangan tarik izin adalah :

$$\sigma_t = \frac{\sigma_t}{F_s} = \frac{5000}{6} = 833,33 \text{ kg/cm}^2$$

Tegangan lengkung izin untuk beban berulang-ulang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sigma_b &= 0,81x\sigma_t \dots\dots\dots(15) \\ &= 0,81 \cdot 833,33 \\ &= 675 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Momen Lengkung yang terjadi adalah :

$$M_b = \frac{Q}{2} \cdot x - \frac{Q}{2} \cdot (x - 4) \text{ (kg-cm)} \dots\dots\dots(16)$$

Untuk  $x = \frac{l}{2}$ , maka :

$$\begin{aligned} M_b &= \frac{Q}{2} \cdot \frac{l}{2} - \frac{Q}{2} \cdot (\frac{l}{2} - 4) \\ &= \frac{Q}{2} \cdot x4 \\ &= 12000 \text{ kg-cm} \end{aligned}$$

Tegangan lengkung yang terjadi adalah :

$$\begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M_b}{\left(\frac{\pi}{32}\right) \cdot d^3} \dots\dots\dots(17) \\ &= \frac{12000}{\left(\frac{\pi}{32}\right) \cdot (7)^3} = 357,53 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Ternyata  $\sigma_b < \sigma_b$ , maka poros pulley aman digunakan.

#### 4. KESIMPULAN.

Dari hasil verifikasi perhitungan yang telah dilakukan pada drum dan pulley didapatkan bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sistim drum dan pulley masih berada dibawah gaya maksimum yang diizinkan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

1. A, SUNTORO. Desain Dasar Sistim Mekanik, Elektrik, Instrumentasi & Kendali Iradiator Gamma Untuk

- Pengawetan Hasil Pertanian. Proposal Bolck-grant Diknas BATAN. (2009)
2. N. RUDENKO, Materials Handling Equipment, Mir Publisher. Moscow (1964).
3. GUSTAV NEIMANN, Machine Element Design and Calculation in Mechanical Engineering., Volume I and II . Penerbit Springer Verlag. New York (1978).
4. M. MOVNIN, D. GOLTZIKER. Machine Design. Mir Publisher. Moscow. (1975)
5. TIMOSHENKO, S. Strengh of Materials Part I and II. Kreiger Publisher Inc. New York. (1978)
6. SULARSO. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Pradnya Paramitha. Jkt (1985).