

RANCANGAN SISTEM TRANSMISI RAK SUMBER RADIASI IRRADIATOR GAMMA UNTUK STERILISASI HASIL PERTANIAN

Sanda¹

¹Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir
Badan Tenaga Nuklir Nasional

ABSTRAK

RANCANGAN SISTEM TRANSMISI RAK SUMBER IRADIASI UNTUK IRRADIATOR GAMMA ISG-500. Telah dirancang sistem transmisi rak sumber radiasi irradiator gamma ISG-500 yang digunakan untuk sterilisasi hasil pertanian. Rak sumber radiasi adalah salah satu perangkat irradiator gamma yang digunakan untuk meradiasi hasil pertanian yang berada di dalam carrier dengan berat 150 kg. Rak sumber radiasi dari dalam kolam ditarik ke atas permukaan kolam atau diturunkan ke dalam kolam dengan perantara tali sling baja tahan karat. Proses naik dan turunnya rak sumber dikendalikan oleh motor induksi dengan daya 2,5 kW yang dikopel oleh gigi reduksi dan kopling tetap. Sistem transmisi ini juga mempertimbangkan aspek gagal listrik dan gagal UPS ketika gagal listrik solusinya adalah dengan menggerakkan motor induksi secara manual. Sedangkan gerak rak sumber menuju posisi iradiasi dilakukan dengan kecepatan 1,57 m/detik dengan dua pertimbangan, yaitu agar diperoleh gerakan yang halus ketika rak sumber sampai pada teralis dan mencegah terjadinya shutdown akibat terbenturnya teralis dengan rak sumber atau carrier.

Kata kunci : irradiator, rak sumber, sterilisasi

ABSTRACT

A DESIGN OF TRANSMISSION SYSTEM FOR A RACK SOURCE OF IRRADIATION OF ISG-500 GAMMA IRRADIATOR. A transmission system has been designed for a gamma source rack of irradiator ISG-500 for sterilization of agricultural products. Radiation source rack is an equipment used for the gamma irradiator to irradiate agricultural products which reside in a carrier having weight of 150 kg. The rack sources of irradiation will be pulled up or down from the pond by stainless steel sling. The process of the up and down of the sources rack is controlled by a 2.5 kW induction motor which is coupled by a gear reduction and permanent couplings. This transmission system is also considering of any electrical failure, both central electric source and UPS system, by manual system. The speed of the rack toward its position for ready for operation is 1,57 m / second with two considerations, namely in order to obtain a smooth movement when the rack until the bars of the source and to prevent shutdown due to any collision between the bar and the rack or the carrier.

Keywords : irradiator, source rack, sterilisation

1. PENDAHULUAN

Di masyarakat, makanan berupa tahu, tempe, kerupuk, ayam, daging, bakso dan banyak jenis makanan lainnya agar awet dan tahan lama banyak menggunakan boraks dan formalin, padahal kedua bahan tersebut berbahaya bagi kesehatan manusia. Ada pengawetan makanan yang menggunakan bahan alami seperti diasinkan dengan garam untuk ikan atau tahu dengan menggunakan larutan

kunyit, tetapi tetap saja makanan tersebut tidak bisa tahan lama sampai berminggu-minggu, karena makanan tersebut setelah 2-3 hari mengalami fermentasi atau pembusukan yang disebabkan oleh mikroba, kapang, jamur dan organisme pembusuk atau fermentasi lainnya.

Salah satu upaya untuk memperpanjang kesegaran makanan, buah-buahan, sayuran, jamu atau produk kosmetik adalah dengan cara diiradiasi pada dosis yang tepat,

sehingga gen gen strukturalnya dapat mengalami perubahan yang lebih tepat dalam memperpanjang umur kesegaran hasil pertanian, produk kosmetik/jamu, produk produk tersebut selain umurnya lebih lama, kualitasnya pun terjamin dengan rasa yang tidak berubah dan kandungan protein serta mikronutriennya tetap terjaga, juga tidak menimbulkan residu atau ampas kimia. Proses iradiasi terhadap hasil pertanian, produk kosmetik/jamu menggunakan radioaktif Cobalt 60 terjadi didalam ruang iradiasi berjalan secara kontinyu, walaupun carrier yang berisi tote sebagai objek material yang akan diiradiasi bisa juga berhenti dengan sistem kontrol untuk melepas atau memasang tote, tapi rak sumber selama ada material yang akan diiradiasi harus selalu tergantung diatas permukaan kolam.

Sistem transmisi rak sumber jalur gerakanya secara vertikal turun dan naik, yaitu bergerak keatas permukaan kolam ketika proses iradiasi dan disimpan didasar kolam ketika tidak digunakan untuk iradiasi material. Material yang berada didalam tote carrier diiradiasi oleh sumber selama beberapa menit, tergantung jenis materialnya.

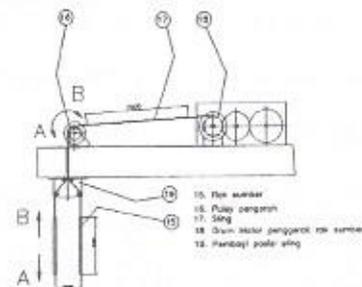
Sistem transmisi rak sumber irradiasi radiator gamma belum dimiliki BATAN dan sistem transmisi ini merupakan *equipment* yang penting karena rak sumber hanya boleh berada dipermukaan lantai ketika proses iradiasi, maka apabila tidak iradiasi rak sumber harus berada didalam dasar kolam, yang menjadi masalah adalah ketika iradiasi, tiba-tiba listrik mati, maka rak sumber tidak dapat digerakan oleh motor listrik, sekalipun ada UPS, oleh karenanya diperlukan sistem mekanik yang dapat menggerakkan rak sumber turun ke dasar kolam.

Sistem transmisi rak sumber radiasi yang terdiri atas beberapa komponen, diantaranya adalah motor listrik penggerak rak, kopleng tetap, sling baja, gigi reduksi, sistem mekanik penggerak manual rak dan rak sumber

yang dianggap sebagai beban akan dihitung menggunakan persamaan elemen mesin. Hasil yang diharapkan adalah terwujudnya ukuran-ukuran *equipment* sistem transmisi rak sumber radiasi.

2. DASAR TEORI

Transmisi rak sumber radiasi terdiri atas beberapa komponen, diantaranya adalah motor listrik penggerak rak sumber. Motor ini menggerakkan beban rak sumber seberat 100 kg dengan perantara sling baja yang dililitkan pada drum, maka ketika motor berputar sling baja tergulung pada drum, secara otomatis rak sumber bergerak keatas menuju posisi iradiasi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Drum motor dengan gerak rak sumber.

Ketika drum motor berputar ke kanan (ke arah B) atau menarik sling, maka rak sumber akan bergerak ke atas (ke arah B), sebaliknya bila motor berputar ke arah kiri (ke arah A) atau melepas sling, maka rak sumber akan bergerak turun ke arah dasar kolam (ke arah A). Adanya gerakan rak sumber keatas atau kebawah disebabkan oleh adanya daya motor sebagai penggerak, besarnya daya motor yang dibutuhkan dapat dihitung dari kecepatan motor yang berputar dengan persamaan :

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{i} \quad (1)$$

Dimana :

- V : Kecepatan linier motor (m/menit)
 - D : Diameter drum pengguling sling (mm)
 - n : Putaran motor (rpm)
 - i : ratio transmisi putaran motor
- Kemudian dapat dihitung daya motor yang dibutuhkan untuk menggerakkan rak sumber turun naik, sebagai berikut :
- $$P = m.V \quad (2)$$

Dimana :

- P : Daya motor (W)
- m : massa (N)

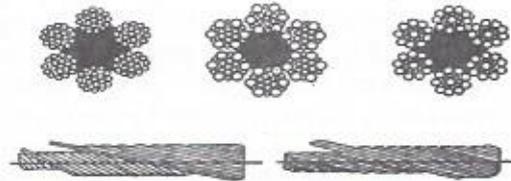
Selanjutnya karena ada rak sumber yang diangkat dari bawah keatas atau sebaliknya menggunakan sling baja, hal tersebut menimbulkan tegangan pada sling baja, karena mendapatkan beban dari rak sumber yang menggantung. Sling baja secara luas banyak digunakan didalam mesin angkat, karena sifatnya fleksibel dan seling baja dibuat oleh pabrik mempunyai standar tegangan bengkok sebesar = 130 sampai dengan 200 kg/mm²¹⁾. Pemakaian sling baja harus mempertimbangkan banyaknya belokan (bending) yang terjadi saat sling berputar. Hal tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan banyak lintasan bending dengan diameter drum

Number of bends	Dmin/d
1	16
2	20
3	23
4	25
5	26.5
6	28
7	30
8	31

Banyaknya bending ditentukan dari ratio Dmin/d (Dmin adalah diameter minimum puley dan d adalah diameter sling) dan Dmin/δ (δ adalah diameter kawat pada sling). Sedangkan besarnya diameter sling ditentukan dengan empat macam standar pilihan perhitungan,

diantaranya adalah 6x19=114+1c, 16x37=222+1c, 6x61=366+1c dan 18x19=342+1c. Pengertian 6 adalah lilitan pada sling sebanyak 6 lilitan, 19 adalah banyaknya kawat dalam satu lilitan 19 buah kawat dan 1c adalah satu core atau sumbu sling 1 buah. Untuk konstruksi sling baja ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Konstruksi sling baja.

Untuk diameter sling dapat dihitung dengan persamaan :

$$d = 1,5\delta i \quad (3)$$

dimana :

- d : diameter sling (mm)
- δ : diameter satu kawat (mm)
- i : banyaknya kawat didalam sling

Tegangan maksimum yang terjadi pada sling merupakan tegangan gabungan antara tegangan tarik dan bending dengan persamaan berikut ;

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{S}{F} + \frac{\delta E}{D_{min}} = \frac{\sigma b}{K} \quad (4)$$

Dimana :

- σ_Σ : Tegangan gabungan (kg/mm²)
- S : Tegangan pada sling (kg)
- F : Luas penampang lintang sling (cm²)
- E : Modulus elastis sling (E ≈ 800.000 gk/cm²)
- σb : Tegangan tarik putus bahan (kg/cm²)
- K : Faktor keselamatan sling (K = 4)¹⁾

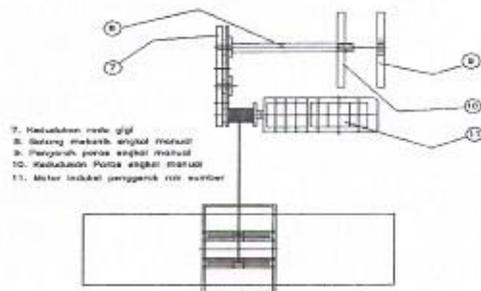
Sedangkan luas penampang lintang sling dapat dihitung dari sling dengan jumlah kawat 114, 222 dan 342, sedangkan untuk perhitungan ini karena beban hanya 100 kg yang digunakan adalah sling 114, dengan persamaan :

$$F_{(114)} = \frac{S}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}}} 50.000 \quad (5)$$

Kemudian tegangan tarik putus sling yang diperbolehkan adalah

$$P_{(114)} = \frac{S\sigma_b}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}}} 50.000$$

Motor, gigi reduksi, drum, sling dan batang mekanik engkol manual mempunyai hubungan yang saling keterkaitan dalam rangka keselamatan kerja rak sumber bergerak naik atau turun, sehingga dibuat suatu konstruksi yang terpadu satu dengan lainnya. Keterpaduan tersebut dimaksudkan agar operasi turun naik rak sumber dapat berjalan sesuai prosedurnya. Hubungan motor, drum dan sling ditunjukkan pada Gambar 3.



7. Kalkulasi roda gigi
8. Batang mekanik engkol manual
9. Pengarah poros engkol manual
10. Kalkulasi Pulsa engkol manual
11. Motor induksi penggerak rak sumber

Gambar 3. Hubungan motor, drum dan sling

Sedangkan untuk tali sling baja yang digunakan untuk mengangkat beban pada rak yang bekerja adalah beban dinamis. Dalam perhitungan ini dicari harga kemampuan tali sling mengangkat rak. Agar tali sling aman digunakan dalam bekerja akibat beban dinamis, maka dalam perhitungan terhadap tegangan tarik bahan, ditentukan dengan dua kali faktor keamanan, yaitu pertama faktor keamanan beban statis sebesar = 2, kemudian faktor keamanan beban dinamis sebesar 2/3 dari tegangan tarik ijin statis, yaitu :

$$F = \bar{\sigma}_t A \quad (3)$$

Dimana :

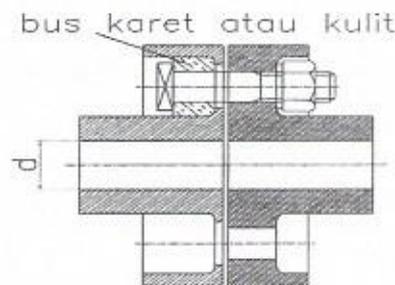
F = Besarnya beban yang dapat diangkat tali sling (kg)

$\bar{\sigma}_t$ = Tegangan tarik ijin dinamis (kg/cm²)

A = Luas penampang tali sling (mm²)

(Bahan kawat yang digunakan adalah kawat baja pegas tahan karat (SUS302 WPA) dengan diameter kawat 0,65 mm)

Sedangkan kopling tetap yang digunakan sebagai perantara antara drum dan reduction gear menggunakan kopling tetap flens luwes sebagaimana ditunjukkan dalam gambar dibawah ini :



Gambar 4. Kopling tetap flens luwes.

Kopling tetap flens luwes ini dipergunakan untuk menghubungkan dua poros yang segaris sumbu dan dipasang pada ujung poros dengan diberi pasak serta diikat dengan baut pada flens dan pada kepala baut diberi karet atau kulit yang fungsinya agar kedua poros dapat bergerak secara eksentrik dalam batas tertentu. Daya motor yang bekerja memutar poros menimbulkan momen puntir sebesar :

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{Pd}{n} \quad (4)$$

Dimana :

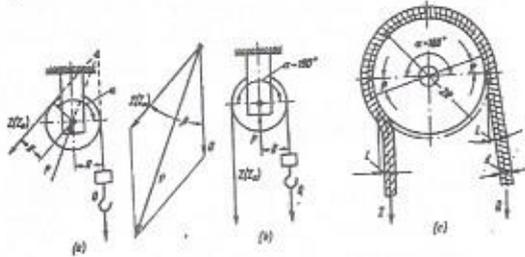
T = Momen rencana (kgmm)

Pd = daya rencana (kW)

n = putaran motor penggerak (rpm)

Sedangkan pada puley pengarah sling yang ditinjau adalah sudut lilit atau sudut kontak α , bila sudut kontak kecil, maka gaya gesekan sling terhadap puley juga

menjadi kecil. Sudut kontak pada puley bisa mencapai 135° sampai dengan lebih dari 180° , sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.

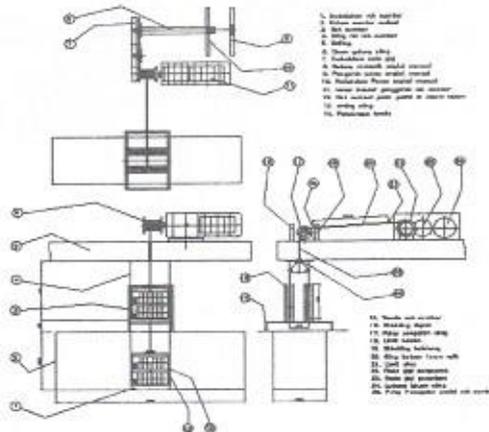


Gambar 5. Puley pengarah sling.

Puley pada pengarah sling sudut kontak yang terbentuk sebesar 90° , sehingga gesekan yang terjadi antara sling dengan puley sangat kecil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan sistem transmisi rak sumber radiasi dengan dengan beban 150 kg ditunjukkan pada Gambar 6. Konstruksi transmisi mekanik rak sumber.



Gambar 6. Konstruksi transmisi mekanik rak sumber.

Pada gambar diatas ditunjukkan bahwa gerak rak sumber turun naik diarahkan oleh sling baja tahan karat yang terbentang dari dasar kolam sampai atap gedung. Selama rak sumber digerakan relatif lambat, maka rak sumber tidak pernah berbenturan

dengan teralis, kecuali bila sling baja kendur, kemungkinan besar rak sumber akan berbenturan dengan teralis, sehingga rak sumber akan mengalami shutdown. Data pada perancangan ini diantaranya adalah :

Tabel 1. Data perancangan.

No	Istilah	Dimensi
1.	Berat rak sumber	150 kg
2.	Daya motor	2,50 kW
3.	Putaran motor	1500 rpm
4.	Gigi reduksi (i)	15
3.	Carrier menyentuh teralis	Shutdown
4.	Rak sumber menyentuh teralis	Shutdown

Sedangkan hasil perhitungan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil perhitungan

No	Istilah	Dimensi
1.	Kecepatan motor	1,57 m/detik
2.	Daya motor yang dibutuhkan	2,355 kW
3.	σ_b standar sling	130 – 200 kg/mm ²
4.	Banyak bidang bending	1
5.	Tegangan gabungan yang terjadi	47,5 kg/mm ²
6.	Diameter sling	10,41 mm
7.	Diameter kawat sling	0,65 mm
8.	Tegangan putus tarik yang terjadi	16,89 kg/mm ²
9.	Beban yang bekerja pada sling baja	171,37 kg
10.	Momen puntir yang terjadi pada motor	1529,18 kgmm
11.	Kemampuan sling menahan beban dinamis dan statis	2339,4 kg

Perhitungan ini diawali dengan menghitung kecepatan motor menggerakkan rak sumber, yaitu :

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{i}$$

$$V = 1,57 \text{ m/detik}$$

Berikutnya dihitung besarnya daya motor yang dibutuhkan untuk menggerakkan rak sumber, yaitu

$$P = m.V$$

$$P = 2,355 \text{ kW}$$

Tegangan gabungan antara tegangan tarik dan bending dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_z = \frac{S}{F} + \frac{\delta E}{D \min} = \frac{\sigma b}{K}$$

$$\sigma_z = 47,5 \text{ kg/mm}^2$$

Selanjutnya dapat dihitung luas penampang lintang kawat, yaitu :

$$F_{(114)} = \frac{S}{\frac{\sigma b}{K} - \frac{d}{D \min}} 50.000$$

$$F_{(114)} = 10.146 \text{ mm}^2$$

Untuk tegangan tarik putus yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{(114)} = \frac{S \sigma_b}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D \min}} 50.000$$

$$P_{(114)} = 16,89 \text{ kg/mm}^2$$

Beban yang bekerja pada sling baja :

$$W = P.F$$

$$W = 171,37 \text{ kg.}$$

Momen puntir yang terjadi pada motor :

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{Pd}{n}$$

$$T = 1529,18 \text{ kgmm}$$

Kemampuan sling menahan beban dinamis dan statis :

$$F = \bar{\sigma}_t A$$

$$F = 2339,4 \text{ kg}$$

4. KESIMPULAN

Ukuran-ukuran equipment sistem transmisi rak sumber radiasi yang dihasilkan, diantaranya daya motor yang dibutuhkan lebih kecil dari daya yang disiapkan, yaitu 2,355 kW dari 2,5 kW dan diameter sling yang dihasilkan 10,41 mm mempunyai kekuatan/kemampuan menahan dinamis/statis sebesar 2339,4 kg, sedangkan beban yang bekerja pada sling 171,37 kg, sehingga kekuatan sling

berlipat 13,65 kali dari beban yang bekerja. Hal ini tentunya dari segi keselamatan bahan akan lebih terjamin walau sling bekerja pada daerah basah, disamping memang bahan sling yang digunakan pun terbuat dari kawat baja pegas tahan karat (SUS302 WPA).

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Rudenko, N., "MATERIALS HANDLING EQUIPMENT", MIR Publisher, Moscow, 1969.
- [2]. Sularos dan Kiyokatsu Suga, "DASAR PERENCANAAN DAN PEMILIHAN ELEMEN MESIN", PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1997.
- [3]. Anwari, Ir dan Mohd. Raffi, Drs, "BAGIAN-BAGIAN MESIN 3". Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta, 1981.
- [4]. Tyler G. Hicks, "STANDARD HANDBOOK OF ENGINEERING CALCULATIONS", McGraw Hill, New York, 2005.
- [5]. Theodore Baumeister, "STANDARD HANDBOOK FOR MECHANICAL ENGINEERS", McGraw Hill Book Company, New York, 1979.
- [6]. Colin Carmichael, "MECHANICAL ENGINEERS' HANDBOOK - DESIGN AND PRODUCTION VOLUME", Wiley Internationa l Edition, New York, 1950.