



DESAIN DASAR SISTEM PENGGERAK SUMBER RADIASI GAMMA ^{60}Co 200 kCi PADA IRADIATOR VULKANISASI LATEK

Edy Karyanta¹, Sutomo², Putut Hery Setiawan³

^{1,2,3}Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Kawasan PUSPIITEK Serpong, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

ABSTRAK

DESAIN DASAR SISTEM PENGGERAK SUMBER RADIASI GAMMA ^{60}Co 200 kCi PADA IRADIATOR VULKANISASI LATEK. Desain dasar sistem penggerak sumber radiasi gamma ^{60}Co 200 kCi pada iradiator vulkanisasi latek telah dilakukan. Sumber radiasi yang digunakan adalah radiasi gamma dari ^{60}Co kapasitas 200 kCi dan dengan penyimpanan basah. Sistem penggerak ini didesain untuk menggerakkan rak perangkat sumber pada lintasan rel vertikal sampai kedalaman 7 meter di bawah permukaan air. Sistem penggerak ini didesain dari bahan yang tahan terhadap paparan radiasi gamma dan anti karat, sehingga bebas perawatan. Bagian utama dari sistem penggerak ini adalah roda, rel, motor listrik, rak perangkat sumber radiasi, rantai dan gear. Rel dan rak perangkat sumber radiasi berada di dalam ruang iradiasi dan berbahan stainless steel. Motor penggerak dan perlengkapannya ditempatkan di luar ruang iradiasi. Motor penggerak yang digunakan adalah motor listrik AC induksi, 3 phase, $\frac{1}{4}$ Hp, 240 V/60Hz, 1800 rpm dan digunakan gear box dengan perbandingan putaran 1:120. Sistem penggerak ini dapat menggerakkan rak perangkat sumber dengan kecepatan 0,01 meter per detik pada lintasan rel 7 meter dibawah permukaan air dan 2 meter di atas permukaan air.

Kata kunci : Iradiator gamma ^{60}Co , iradiasi latek, sistem mekanik penggerak

ABSTRACT

A BASIC DESIGN OF 200 kCi ^{60}Co GAMMA RADIATION SOURCES MOVER SYSTEM IN THE VULCANIZATION OF LATEX IRRADIATOR. A basic design of 200 kCi ^{60}Co gamma radiation sources mover system in the vulcanization of latex irradiator has been carried out. The sources of gamma radiation used are 200 kCi of ^{60}Co with wet storage type of irradiator. The drive system is designed to move the source device rack on the vertical rail track to 7 meters depth of the water surface. The drive system is designed from materials that are resistant to gamma radiation exposure and anti rust, thus maintenance free. The main part of this drive system is wheel, rail, electric motors, radiation source rack, chain and gear. Rails and radiation source rack are placed inside the irradiation room and made of stainless steel. The drive motors and equipments are placed outside the irradiation room. The drive motors used are 3 phase induction motor, $\frac{1}{4}$ hp, 240 V/60Hz, 1800 rpm with a gear box having ratio of 1:120 rounds. This drive system can move with the speed of the source device rack 0.01 meters per second at the track on the vertically rail 7 meters below the water surface and 2 meters above the water surface.

Keywords: ^{60}Co Gamma irradiator, latex irradiation, drive mechanical system

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki perkebunan karet yang luas. Sebagian besar karet alam hasil perkebunan tersebut diekspor dalam bentuk bahan baku setengah jadi. Hal ini disebabkan karena industri barang jadi dengan bahan baku karet di dalam negeri belum mampu mengolah seluruh hasil produksi karet sepanjang tahun. Bila dibandingkan dengan karet sintetis yang terbuat dari minyak bumi, keuntungan proses karet alam adalah lebih ramah lingkungan, baik



dalam hal penyediaan bahan baku maupun proses produksinya. Demikian juga jika ditinjau dari segi pengolahan produksinya terdapat perbedaan yang sangat menonjol pada sifat karet alam setengah jadi. Karet alam yang diproduksi dengan metoda konvensional yang divulkanisasi dengan menggunakan belerang bisa mengandung nitrosamin dan protein alergen yang berbahaya untuk kesehatan. Nitrosamin adalah zat penyebab kanker, sedangkan protein alergen bisa menyebabkan alergi. Latek karet alam iradiasi atau latek alam pekat pra-vulkanisasi adalah latek alam yang divulkanisasi menggunakan sinar gamma ^{60}Co atau berkas elektron (MBE 300 keV/10mA). Latek alam iradiasi ini adalah bahan baku setengah jadi dari karet yang bebas dari nitrosamin dan protein alergen serta memenuhi standar pemakaian dalam bidang kesehatan. Teknologi vulkanisasi radiasi latek alam telah dapat dikuasai BATAN, teknologi ini telah digunakan oleh beberapa industri karet di Indonesia. Penggunaan sarung tangan, penutup kepala, celemek, sepatu karet telah dianjurkan pada berbagai bidang kegiatan untuk kebersihan bersama. Oleh karena itu produk barang karet yang diperlukan tersebut harus bebas dari bahan karsinogen dan alergen, yang berarti vulkanisasinya perlu menggunakan teknologi nuklir yaitu dengan sinar gamma atau berkas elektron. Keunggulan lateks alam iradiasi bila dibandingkan dengan lateks alam proses vulkanisasi belerang adalah sebagai berikut : (1) Hemat bahan kimia, karena hanya 2 macam bahan kimia yang digunakan yaitu KOH dan nBA, hemat energi panas, dan hemat waktu serta dapat disimpan dalam waktu 6 bulan lebih sedangkan lateks alam vulkanisasi belerang hanya dapat disimpan sekitar 3 minggu. (2) Tidak mengandung bahan karsinogen penyebab penyakit kanker, tidak beracun (*toxic*), tidak mengandung protein alergen penyebab alergi pada tubuh manusia, produk karet tidak berbau tajam dan lebih elastis. Apabila produk karet dari lateks alam iradiasi ini dibakar, gas sulfur dioksida hanya 1/20 lebih rendah dari pada karet proses vulkanisasi belerang. (3) Lebih mudah didegradasi oleh alam, karena energi aktivitasnya lebih rendah, sehingga produk karet dari lateks alam iradiasi tidak mencemari dan akrab dengan lingkungan^[1].

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR)-BATAN sejak tahun 1974 telah melakukan penelitian tentang vulkanisasi lateks alam iradiasi. Dengan sumber radiasi berkapasitas 6.000 Curie, yang mampu meradiasi 2 liter setiap 17 jam. Pada tahun 1979 didirikan Irradiator Panoramic Serba Guna (Irpasena) dengan kapasitas sebesar 80.000 Curie dan mampu menghasilkan lateks alam iradiasi 400 kg setiap 30 jam. Seiring dengan peningkatan produksi latek di Indonesia maka perlu diiringi dengan teknologi vulkanisasi yang dapat menghasilkan lateks alam iradiasi dengan volume lebih tinggi dan waktu yang relative lebih cepat. Untuk memenuhi kebutuhan vulkanisasi radiasi latek alam tersebut perlu di buat desain fasilitas irradiator dengan sumber radiasi Gamma ^{60}Co 200kCi yang akan mampu menghasilkan 1,5 ton lateks setiap 20 jam. Irradiator yang akan didesain menggunakan sistem penyimpanan basah, yaitu bila sedang tidak digunakan sumber disimpan di dalam air pada kedalaman 7 meter di bawah permukaan air dan bila sedang digunakan sumber diangkat hingga berada 2 meter di atas permukaan air.

Kelengkapan utama dalam fasilitas irradiator gamma adalah sumber radiasi, perisai radiasi, sistem mekanisme transport produk dan sistem mekanik penggerak perangkat sumber radiasi. Makalah ini bertujuan untuk membuat desain dasar sistem penggerak sumber radiasi gamma ^{60}Co 200 kCi pada fasilitas irradiator untuk vulkanisasi lateks. Bagian utama dari sistem penggerak ini adalah roda, rel, motor listrik, rak perangkat sumber, rantai dan gear. Rel dan rak perangkat sumber berada di dalam ruang iradiasi berbahan stainless steel. Motor penggerak dan perlengkapannya ditempatkan di luar ruang iradiasi.

2. TEORI

Sebagian komponen dari sistem penggerak ini terendam hingga 7 meter di bawah permukaan air sehingga diperlukan bahan konstruksi yang tahan karat. Selain itu sistem penggerak ini berada di dalam ruang yang beresiko radiasi tinggi yaitu 200 kCi dari sumber radiasi gamma ^{60}Co sehingga sistem penggerak ini didesain agar bebas perawatan dan sedikit mungkin adanya aktifitas manusia di dalam ruangan ini. Desain sistem ini dibuat sesederhana mungkin agar mudah dalam pengadaan bahan dan pembuatannya. Sebagai sumber penggerak sistem penggerak ini adalah motor listrik dan ditransmisikan dengan rantai dan roda gigi. Dengan demikian teori-teori yang digunakan dalam penyusunan makalah tentang desain dasar sistem



penggerak ini adalah teori bahan stainless steel yang dikenal sebagai bahan yang anti karat, dasar desain mekanik, motor listrik, rantai dan *gear*.

2.1. Stainless Steel

Stainless steel adalah nama generik dari beberapa jenis baja yang diaplikasikan terutama untuk ketahanan terhadap korosi. Elemen kunci dari Stainless steel adalah persentase minimum kandungan chromium sebesar 10.5 %. Meskipun unsur nikel dan molibdenum ditambahkan untuk meningkatkan ketahanan korosi, namun kandungan kromium adalah factor penentu ketahanan karat dari stainless steel^[2].

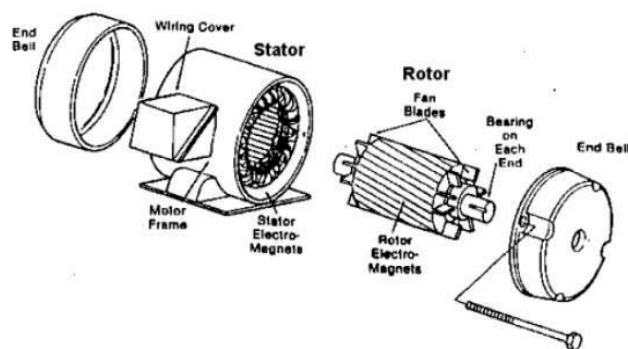
2.2. Dasar Desain Mekanik

Salah satu dasar dalam mendesain sistem mekanik adalah bagaimana membuat suatu produk itu simple dalam pengoperasian maupun dalam pembuatannya. Salah satu teknik untuk membuat suatu desain yang simple adalah menggunakan komponen yang dapat dibeli dipasaran dan menggunakan komponen yang telah distandarkan^[3].

Unjuk kerja dari komponen-komponen rekayasa dibatasi oleh jenis material dan bentuk bahan agar mudah dalam pembuatannya. Pemilihan bahan dapat ditentukan secara baik dengan mempertimbangkan sifat khusus yang dimiliki oleh setiap jenis bahan. Kombinasi dari beberapa sifat bahan dapat diaplikasikan untuk memaksimalkan kinerja dari komponen rekayasa^[4].

2.3. Motor Listrik

Motor listrik arus bolak-balik diklasifikasikan dengan dasar prinsip pengoperasian sebagai motor *asinkron* (induksi) atau motor *sinkron*. Motor induksi adalah jenis motor dimana tidak ada tegangan eksternal yang diberikan pada rotornya, tetapi arus pada stator menginduksikan tegangan pada celah udara dan pada lilitan rotor untuk menghasilkan arus rotor dan medan magnet. Medan magnet stator dan rotor kemudian berinteraksi dan menyebabkan rotor motor berputar. Gambar 1. menunjukkan susunan dari motor induksi.



Gambar 1. Susunan motor induksi

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama, yaitu: (a) Motor induksi satu fasa dan (b) Motor induksi tiga fasa. Pada motor induksi tiga fasa, medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fasa yang seimbang. Motor tiga fasa memiliki kemampuan daya yang tinggi.

Keuntungan motor induksi adalah konstruksi sangat kuat, motor dengan rotor sangkar tupai lebih sederhana, harganya relatif murah, keandalannya tinggi, efisiensi dan factor daya relatif tinggi pada keadaan normal, tidak ada sikat sehingga rugi gesekan kecil, biaya pemeliharaan rendah karena pemeliharaan motor hampir tidak diperlukan. Disamping keuntungan seperti tersebut di atas motor listrik induksi memiliki kerugian yaitu kecepatan tidak mudah dikontrol, power faktor rendah pada beban ringan, arus *start* biasanya 5 sampai 7 kali dari arus *nominal*^[5].



2.4. Rantai dan Gigi Sprocket

Rantai jenis *roller chain* adalah salah satu jenis rantai yang dapat digunakan untuk mentransmisikan daya dari poros-poros yang parallel. *Roller chain* dan gigi *sprocket* dapat dilihat pada Gambar 2. Bagian-bagian utama dari *roller chain* adalah rol dan pin. Rol akan memutar bushing yang ada di dalam plat penghubung dan pin akan mencegah plat penghubung bagian luar ikut berputar. *Roller chain* akan mengait pada gigi *sprocket* dan meneruskan daya tanpa slip^[6].



Gambar 2. *Roller chain* dan Gigi *sprocket*

3. KEBUTUHAN KINERJA SISTEM MEKANIK PENGGERAK SUMBER RADIASI

Sumber radiasi gamma Co-60 200 kCi berbentuk persegi panjang yang di dalamnya terdapat beberapa sumber radiasi Gamma yang berbentuk pensil yang kemudian disebut perangkat sumber. Perangkat sumber radiasi Co-60 200 kCi ini diletakkan di atasudukan sumber yang kemudian disebut rak perangkat sumber. Bila sedang tidak digunakan posisi perangkat sumber berada pada 7 m di bawah permukaan air. Pada saat digunakan perangkat sumber ini diangkat hingga berada di posisi maksimal 2 meter di atas permukaan air dan perangkat sumber dapat ditempatkan tepat di tengah tangki iradiasi latek. Desain sumber penggerak sistem penggerak ini adalah motor listrik. Untuk kelancaran gerak naik atau turun dan sebagai pengarah, perangkat sumber diletakkan pada sebuah rak yang dapat bergerak pada rel yang dipasang di sisi dalam kolam secara vertikal.

Untuk memenuhi kebutuhan unjuk kerja sistem penggerak sumber radiasi seperti tersebut di atas, maka sistem penggerak ini didesain untuk memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Kecepatan gerak sumber radiasi ditentukan sebesar 0,01 meter per detik.
- Sistem penggerak sumber didesain untuk menggerakkan rak perangkat sumber naik maupun turun sepanjang rel vertikal sampai 7 meter di bawah permukaan air dan gerakan tersebut tidak menimbulkan getaran maupun gesekan yang berarti.
- Tempat dan posisi seling penarik didesain untuk tidak mengganggu proses *loading unloading* yaitu kegiatan bongkar-pasang sumber radiasi lama dan baru.
- Sistem penggerak sumber didesain *free maintenance*, karena diusahakan sedikit mungkin adanya aktifitas manusia disekitar sumber radiasi gamma dari Cobalt-60 (Co-60) dengan aktivitas radiasi 200 kCi. Sistem penggerak sumber ini juga didesain dengan tidak ada *grease* atau pelumas karena dengan adanya *grease* dan pelumas akan menimbulkan efek radiasi yang harus dihindari.
- Jika keseluruhan penggerak atau sistem lain mengalami gangguan yang pada keadaan tersebut paparan radiasi harus pada keadaan yang sekecil mungkin maka harus ada mekanisme yang dapat menarik atau memaksa turun perangkat sumber untuk dapat dikembalikan ke posisi aman yaitu 7 meter di bawah permukaan air, untuk selanjutnya dapat dilakukan pemeriksaan dan perbaikan gangguan.
- Sistem mekanik penggerak sumber dioperasikan dengan daya listrik namun harus dapat dioperasikan secara manual apabila listrik padam. Apabila terjadi listrik padam maka secara



- otomatis sistem penggerak berpindah ke sistem mekanik manual. (sistem mekanik ini akan dibahas pada makalah tersendiri)
- g. Motor listrik dan perlengkapannya ditempatkan di atas gedung irradiator agar terhindar dari efek merugikan akibat radiasi.
 - h. Apabila terjadi suatu hal yang dianggap darurat misalnya gempa atau kebakaran maka tombol *emergency* dapat ditekan dan sistem penggerak sumber secara otomatis menggerakkan rak perangkat sumber ke posisi aman yaitu 7 meter di bawah permukaan air kolam sehingga aman dari paparan radiasi.
 - i. Apabila listrik padam dan tombol *emergency* tidak dapat difungsikan maka rak perangkat sumber dapat diturunkan secara manual dengan menarik tuas yang berada di ruang kendali utama.
 - j. Bahan untuk membuat konstruksi sistem mekanik penggerak sumber radiasi didesain dari bahan stainless steel agar terhindar dari korosi sehingga *free maintenance* dan umur pakai lebih panjang.
 - k. Rak perangkat sumber dan motor penggerak dihubungkan dengan *gear* dan rantai dengan *loop* tertutup dan motor dapat dikendalikan dengan putaran dua arah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian utama dari sistem penggerak ini adalah motor, gear, rantai, stopper, rak perangkat sumber, rel dan roda. Sumber penggerak didesain dari motor listrik induksi 3 phase. Jenis motor ini dipilih dengan pertimbangan bahwa konstruksi sangat kuat dan sederhana terutama bila motor dengan rotor sangkar tupai, harganya relatif murah, keandalannya tinggi, efisiensi relatif tinggi pada keadaan normal, tidak ada sikat sehingga rugi gesekan kecil, biaya pemeliharaan rendah karena pemeliharaan motor hampir tidak diperlukan.

Bentuk dan susunan Desain Sistem Mekanik Penggerak Perangkat Sumber Co-60 dapat dilihat pada Gambar 3.

Kecepatan gerak sistem penggerak sumber naik maupun turun ditentukan sebesar 0,01 meter per detik yang tetap maka untuk melayani unjuk kerja ini digunakan *gear box* dengan perbandingan putaran 1:120 untuk mereduksi putaran motor dari putaran 1800 rpm ke putaran 15 rpm dan untuk memperkecil daya motor listrik. Dengan putaran roda gigi *sprocket* 15 rpm dan untuk mendapatkan kecepatan 0,01 meter per detik maka dapat ditentukan diameter nominal roda gigi *sprocket* dengan rumus (1) ^[7].

$$v = 2\pi fr \quad (1)$$

Dimana v : kecepatan, m/s
 f : frekuensi, Hz
 r : jari-jari roda gigi *sprocket*, m

Putaran 15 rpm (*rotation per menit*) sama dengan 0,25 rps (*rotation per second*) dan selanjutnya disebut f (*frequency*) dengan satuan herzt, sehingga:

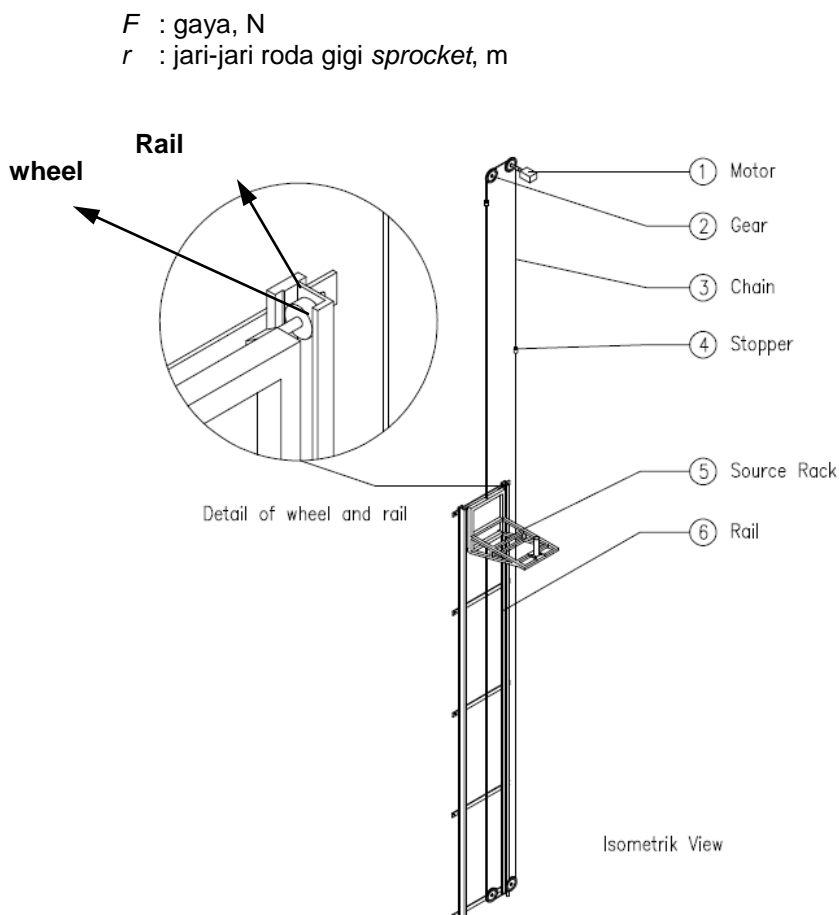
$$\begin{aligned} r &= v / 2\pi f \\ r &= 0.1 / 2 \times 3,14 \times 0,25 \\ r &= 0,063 \text{ m} \\ r &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan jari-jari roda gigi *sprocket* 63 milimeter, dapat ditentukan diameter roda gigi *sprocket* sebesar 126 milimeter.

Untuk menentukan daya motor digunakan rumus (2) dan (3) ^[8] dan momen puntir dihitung dengan rumus:

$$M = F r \quad (2)$$

Dimana M : momen puntir, Nm



Gambar 3. Konstruksi desain dasar sistem mekanik penggerak perangkat sumber radiasi gamma ^{60}Co

Gaya (F) yang bekerja pada sistem penggerak sumber radiasi ini adalah berat perangkat sumber dan rak perangkat sumber. Massa perangkat sumber diasumsikan 50 kg dengan percepatan gravitasi sebesar $9,8 \text{ m/det}^2$ sehingga didapat berat perangkat sumber sebesar 490 N. Pemodelan dengan *software* CATIA V5 R19 didapat massa rak perangkat sumber sebesar 36,71 kg sehingga berat rak perangkat sumber sebesar 359,76 N. Berat total yang akan ditanggung oleh penggerak adalah berat perangkat sumber 490 N dan berat rak perangkat sumber 359,76 N sehingga didapat 849,76 N. Dengan jari-jari roda gigi *sprocket* sebesar 0,063 meter dan gaya F sebesar 849,76 N tersebut maka didapat momen puntir sebesar 53,5 Nm.

Daya (P) motor dapat ditentukan dengan rumus (3) sebagai berikut: ^[8]

$$P = M \omega \quad (3)$$

Dan $\omega = 2 \pi f$

Dimana P : daya motor, watt
 ω : kecepatan sudut, rad/s
 f : frekuensi, Hz



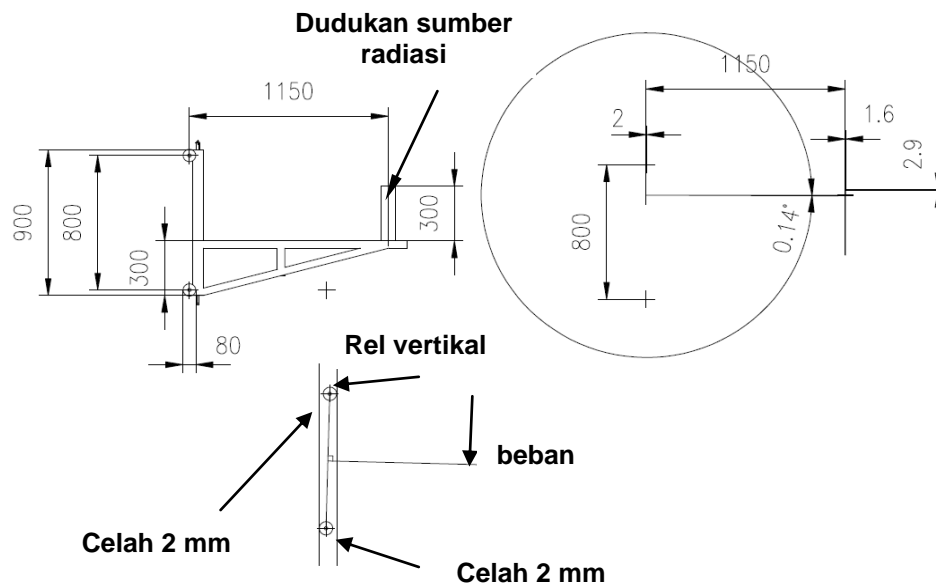
Dengan rumus (3) tersebut maka didapat daya motor sebesar 83,995 watt. Dengan mempertimbangkan friksi mekanik sebesar 1,5 maka dipilih daya motor sebesar 125 watt atau 0,17 Hp dengan konversi 1 Hp sama dengan 745,7 watt. Dengan demikian dapat dipilih motor AC, 3 phase, $\frac{1}{4}$ Hp, 240 V/60Hz, 1800 rpm.

Rel berfungsi untuk mengarahkan gerak rak perangkat sumber agar dapat meluncur naik maupun turun dengan lurus dan tidak menimbulkan getaran maupun gesekan yang berarti. Penampang rel berbentuk “U” didesain untuk dibuat dari bahan *stainless steel* berbentuk profil UNP. Rel yang berbentuk “U” memungkinkan untuk menahan roda agar tidak terlepas dari rel. Rel dirangkai dengan plat *stainless steel* yang memanjang sepanjang rel untuk memberikan tempat penjepit bagi reduksi pemuaian karena panjang rel mencapai 7 meter. Rangkaian *stainless steel* bentuk “U” dan plat tersebut ditempatkan pada landasan plat *stainless steel* yang melintang terhadap rel. Plat landasan tersebut menempel pada dinding beton kolam. Rangkaian rel dapat dilihat pada gambar 3.

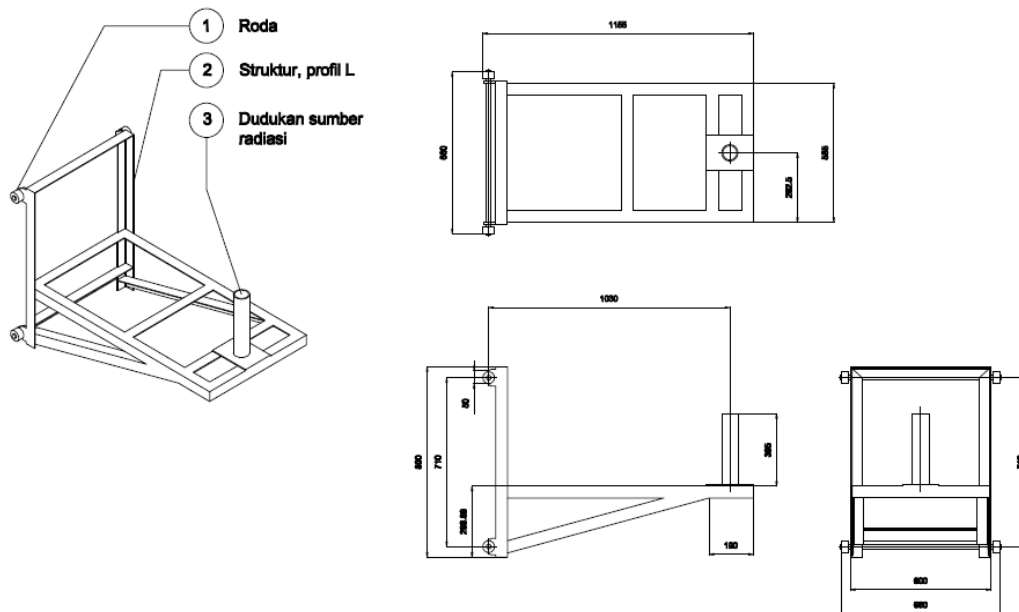
Roda berada di dalam rel agar dapat tertahan pada pembebanan aksial terhadap rel sehingga rak perangkat sumber selalu tetap pada kedudukannya. Roda yang dapat berputar didesain dengan menggunakan *bearing* dari bahan *stainless steel* untuk menghindari korosi sehingga bebas perawatan. Antara roda dan rel terdapat celah seperti terlihat pada Gambar 4.

Celah tersebut didesain dengan jarak 2 mm untuk menghindari kemacetan. Dengan adanya celah sejauh 2 mm tersebut mengakibatkan konstruksi dudukan sumber radiasi tergeser 1,6 mm ke arah horizontal dan 2,9 mm ke arah vertikal. Dengan demikian pada saat pembuatan nantinya posisi dudukan sumber harus di putar $0,14^\circ$ agar posisi sumber radiasi dan dudukannya tetap pada posisi tegak.

Desain rak perangkat sumber dapat dilihat pada Gambar 5. Rak perangkat sumber didesain dari bahan *stainless steel* profil L ukuran 50 x 5 mm. Pada rak perangkat sumber ini terdapat dudukan perangkat sumber radiasi yang didesain agar perangkat sumber tepat berada ditengah-tengah tangki iradiasi.



Gambar 4. Posisi roda, rel dan dudukan sumber saat pembebanan



Gambar 5. Rak perangkat sumber

Dengan menggunakan *software modelling* CATIA V5 R18 dapat ditentukan berat rak perangkat sumber sebesar 359,76 Newton.

Bahan-bahan konstruksi rangkaian rel dan rak perangkat sumber didesain dari bahan *stainless steel* berbentuk profil UNP, L dan plat dengan pertimbangan bahwa bahan tersebut mudah didapat dipasaran dan relatif mudah dalam pengerjaannya.

5. KESIMPULAN

Desain dasar sistem penggerak sumber radiasi gamma pada irradiator vulkanisasi latek adalah sebagai berikut:

1. Sistem tersebut terdiri dari motor penggerak, gigi *sprocket*, *roller chain*, *stopper*, rak perangkat sumber, rel dan roda.
2. Sumber penggerak sistem penggerak sumber radiasi ini adalah motor listrik AC, 3 phase, $\frac{1}{4}$ Hp, 240 V/60Hz, 1800 rpm dengan *gear box* 1:120.
3. Kecepatan gerak sistem ini adalah 0,01 meter per detik atau 10 centimeter per detik.
4. Sistem penggerak dapat menggerakkan sumber radiasi secara vertikal dari 7 meter dibawah permukaan air sampai dengan 2 meter di atas permukaan air.
5. Bahan-bahan konstruksi rangkaian rel dan rak perangkat sumber didesain dari bahan *stainless steel* berbentuk profil UNP, L dan plat dengan pertimbangan bahwa bahan tersebut mudah didapat dipasaran dan relatif mudah dalam pengerjaannya.
6. Konstruksi sistem penggerak ini didesain dari bahan *stainless steel* sehingga *free maintenance* dan umur pakai lebih panjang.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada saudara Dedy Haryanto, PTRKN-BATAN yang telah mengijinkan kami untuk mengoperasikan *software* CATIA V5 R19.



7. DAFTAR PUSTAKA

1. Anonimous, Lateks Alam Iradiasi Sebagai Bahan Baku Industri Rumah Tangga Barang Jadi Karet, Pusat Diseminasi Iptek Nuklir, BATAN,
http://www.warintek.ristek.go.id/nuklir/lateks_alam_iradiasi.pdf,
diunduh tanggal 4 November 2011
2. AISI Stainless Steel Alloy Designations
<http://www.engineershandbook.com/Materials/stainlessteel.htm>, diunduh tanggal 2
November 2011.
3. SKAKOON JAMES G, The Element of Mechanical Design, ASME Pres, New York, 2008
4. ASHBY M.F. and CEBON D, Material Selection in Mechanical Design, Engineering
Department, Trumpington Street, Cambridge CB2 1PZ, UK, 1993.
5. ARISMUNANDAR A., Teknik Tenaga Listrik jilid II, Pradya Paramita, Jakarta, 1973.
6. SULARSO, KIYOKATSU SUGA, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Jakarta,
Pradnya Paramita, 1987.
7. GIANCOLI DOUGLAS C., PHYSICS: Principles with aplications, Prentice-Hall, Inc, USA,
1998.
8. STOLK JACK dan KROS C., Elemen mesin, Erlangga, Jakarta, 1984.