

RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIK PEMBATAS PENGGERAK SELING PADA PERANGKAT BRAKITERAPI DOSIS SEDANG UNTUK KANKER SERVIK

Nur Khasan, Tri Harjanto, Ari Satmoko
Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir (PRPN) – BATAN
E-mail : hasanur@batan.go.id

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM MEKANIK PEMBATAS PENGGERAK SELING PADA PERANGKAT BRAKITERAPI DOSIS SEDANG UNTUK KANKER SERVIK. Rancang bangun sistem mekanik pembatas penggerak seling pada perangkat brakiterapi dosis sedang untuk kanker servik telah dilakukan sebagai kelengkapan sistem keamanan baik secara mekanik maupun secara elektrik pada saat beroperasinya perangkat secara keseluruhan. Rancang bangun ini dilakukan dengan memperhatikan dimensi panjang seling, diameter drum penggulung seling, proses penggulangan seling dan panjang lintasan penghantaran sumber radioaktif maupun checker. Dimensi panjang seling atau panjang lintasan penghantaran seling dikonversi dengan diameter drum penggulung menjadi ukuran lintasan lingkaran 2 buah pembatas pada sistem roda gigi yang terintegrasi dengan sistem limit switch/pembatas elektrik. Dengan menggunakan sistem pembatas ini dapat dijamin keamanan dan kepastian proses penggulangan dan penghantaran seling, baik itu seling sumber radioaktif maupun seling checker. Adapun bahan atau komponen yang digunakan adalah aluminium untuk sistem roda gigi dan limit switch untuk sistem elektrik. Dari pembuatan ini dihasilkan 1 set perangkat sistem pembatas yang digunakan untuk melengkapi fasilitas pengaman operasi pada modul penggerak seling perangkat brakiterapi dosis sedang untuk kanker servik.

Kata kunci : Pembatas, penggerak seling, brakiterapi, kanker servik

ABSTRACT

A DESIGN AND CONSTRUCTION OF WIRE DRIVE MECHANICAL BARRIER SYSTEM ON THE MEDIUM DOSE BRACHYTHERAPY FOR CERVICAL CANCER. A design and construction of wire drive mechanical barrier system on the medium dose brachytherapy for cervical cancer has been done as a complete system for security of both mechanically and electrically during the operation of the device as a whole. The design and construction were carried out by paying attention to the length of wire dimensions, the diameter of the roller drum for wire, the process of wire rolling and delivery path length of the radioactive source or also the checker. The length dimension of wire or delivery path length with a diameter of drum rollers which is converted into 2 pieces of limiting the size of the circular line on the gear system is integrated with the limit switch/divider electrically. By using this barrier the security and certainty of the wire rolling and delivery process are assured, either wire of radioactive sources or also wire of checker. The materials or components used are aluminum for gear system and limit switches for electrical systems. The result of the construction is a set of equipment that is used to complete a safety facility operating on the wire drive module of medium dose brachytherapy for cervical cancer.

Key words: Barrier, wire driving, brachytherapy, cervical cancer

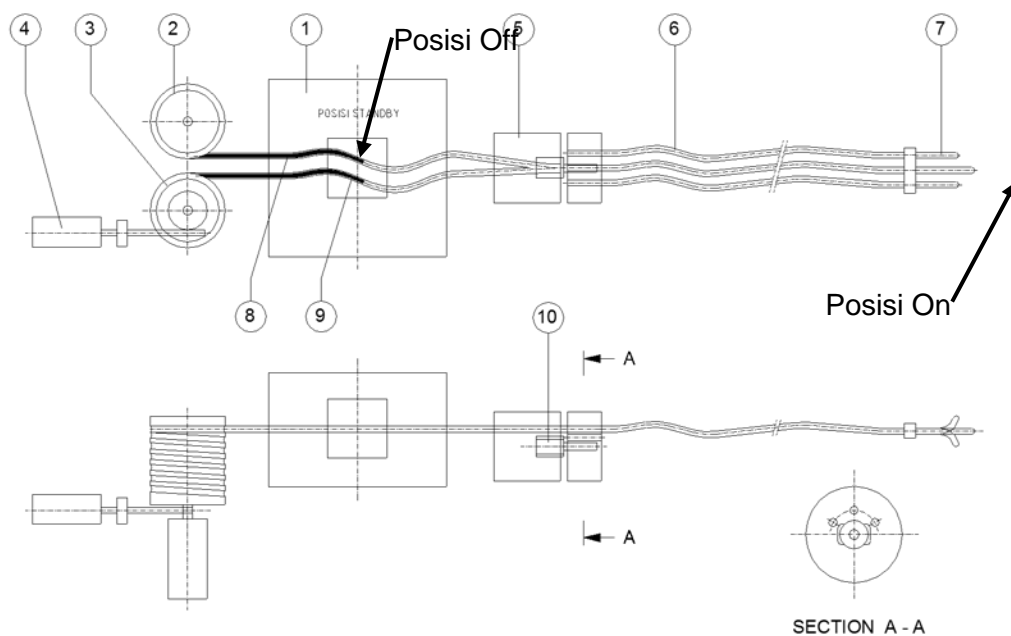
1. PENDAHULUAN

Kasus penyakit kanker servik di Indonesia sangat tinggi dan semakin meningkat, oleh karena itu dikembangkan terapi dengan metoda Brakiterapi. Prinsip kerja brakiterapi adalah mematikan sel-sel kanker dengan cara menyinari langsung sel-sel kanker secara lokal dengan isotop radioaktif yang memancarkan radiasi gamma (γ) dengan aktivitas tertentu. Penggunaan aktivitas sumber radiasi untuk terapi brakiterapi menurut *International Commisien on Radiation Unit Measurement (ICRU)* terbagi menjadi 3 jenis yaitu LDR 10 Gy/d ; MDR 10 Gy/h ; HDR 10 Gy/min^[1] . Ada beberapa isotop yang lazim

digunakan untuk terapi ini, dan salah satunya adalah isotop Ir-192. Dalam rancang bangun juga menggunakan Ir-92 jenis MDR dengan aktivitas 5 - 10 Ci.

Brakiterapi untuk kanker servik terdiri dari isotop, sistem mekanik, sistem kontrol dan *software* pengendali serta *software* terapi. Isotop merupakan komponen pokok pemancar radiasi yang kemudian dilengkapi dengan beberapa perangkat tersebut. Seperti ditunjukkan pada Gambar 1 perangkat mekanik brakiterapi terdiri dari beberapa modul diantaranya modul penggerak seling sumber (nomor 2 dan 3), modul kontainer sumber (nomor 1), modul transfer tube (nomor 6), modul distributor channel (nomor 5), modul aplikator (nomor 7), modul penyangga dan modul kontainer eksternal. Adapun penjelasan tiap modul adalah sebagai berikut :

- 1) Modul penggerak seling sumber berfungsi untuk menggerakkan posisi isotop sumber radiasi, dimana pada saat tidak digunakan maka sumber radiasi berada pada kontainer tetap yang menyatu dengan sistem mekanik.
- 2) Modul kontainer sumber berfungsi sebagai perisai radiasi dimana saat digunakan untuk terapi sumber keluar dari kontainer menuju ke aplikator dan berada dalam aplikator dengan waktu tertentu, sedangkan aplikator berada di tengah-tengah rahim.
- 3) Modul distributor channel terdiri dari tubing *stainless steel*, mekanik pengatur posisi chanel dan motor penggerak, adapun fungsinya adalah sebagai saluran pemilihan channel.
- 4) Modul transfer tube terdiri dari nipel dari *stainless steel* dan tubing selang dari bahan *teflon* yang dirangkai sedemikian untuk menghubungkan modul kontainer dengan modul aplikator.
- 5) Modul aplikator terdiri dari tubing *stainless steel* yang dibentuk sedemikian sehingga sesuai dengan tekstur kanker. Aplikator ini masuk pada tengah-tengah rahim di dalam tubuh pasien.
- 6) Modul penyangga berfungsi sebagai penopang perangkat brakiterapi secara keseluruhan.
- 7) Modul kontainer eksternal berfungsi sebagai alat transportasi sumber isotop untuk penggantian sumber lama dengan sumber baru. Kontainer eksternal juga berfungsi untuk membawa sumber bekas yang selanjutnya diproses ke tempat penyimpanan tetap.



Gambar 1. Skema sistem desain brakiterapi MDR untuk kanker servik^[1]

Modul penggerak seling seperti ditunjukkan pada nomor 2 dan 3 pada Gambar 1 berfungsi sebagai perangkat penghantar dan penggulung seling baik sumber radioaktif maupun *checker* saat terapi dengan jarak hantaran seling operasi dari posisi *off* (tidak terapi) sampai dengan posisi *on* (terapi).

Proses penghantaran dan penggulangan seling memerlukan keamanan dan kepastian proses baik dari sisi mekanik maupun elektrik. Oleh karena itu maka dilakukan revisi desain terhadap modul penggerak seling dengan menambahkan perangkat sistem pembatas seiring adanya kegiatan penyempurnaan dan pengujian perangkat brakiterapi dosis sedang untuk kanker servik di tahun 2012. Pada makalah ini dibahas mengenai rancang bangun sistem mekanik pembatas penggerak seling dalam rancangan yang sudah direvisi.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Modul Penggerak Seling

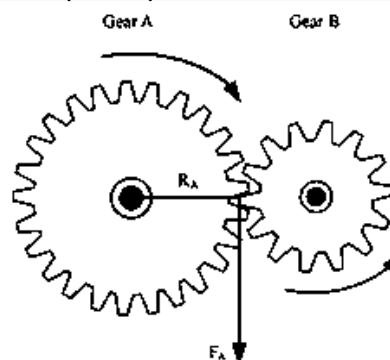
Modul penggerak seling merupakan modul yang berfungsi untuk menggerakkan sumber isotop Iridium-192 secara maju-mundur. Sumber ini dibungkus dalam kapsul SS 316L dengan diameter luar 1,10 mm. Kapsul ini dirangkai dengan kawat seling *stainless steel* berdiameter 1,04 mm dan panjang 2004 mm. Komponen utama modul penggerak seling ini adalah motor stepper.

Modul penggerak seling dilengkapi dengan *checker* seling (*dummy*) yang berguna untuk memeriksa apakah pergerakan sumber seperti yang telah diprogram. Pemeriksaan ini dilakukan sebelum terapi dengan sumber Iridium dilakukan. Dimensi seling *dummy* sama dengan seling sumber dan juga dilengkapi dengan motor stepper yang sama dengan seling sumber. Perbedaannya hanya terletak pada tidak adanya sumber radioaktif pada ujung seling *dummy*^[1]. Pada modul penggerak seling terdapat komponen utama penggerak/penggulung seling yaitu berupa drum penggulung seling yang terbuat dari bahan dan dengan dimensi/ukuran yang ditentukan pada desain sebelumnya.

2.2. Sistem Roda Gigi^[2]

Roda gigi adalah bagian dari mesin yang berputar yang berguna untuk mentransmisikan daya. Roda gigi memiliki gigi-gigi yang saling bersinggungan dengan gigi dari roda gigi yang lain. Dua atau lebih roda gigi yang bersinggungan dan bekerja bersama-sama disebut sebagai transmisi roda gigi, dan bisa menghasilkan keuntungan mekanis melalui rasio jumlah gigi. Roda gigi mampu mengubah kecepatan putar, torsi, dan arah daya terhadap sumber daya. Tidak semua roda gigi berhubungan dengan roda gigi yang lain; salah satu kasusnya adalah pasangan roda gigi dan pinion yang bersumber dari atau menghasilkan gaya translasi, bukan gaya rotasi.

Dua roda gigi yang bersinggungan mentransmisikan gerakan rotasi seperti terlihat pada gambar 2. Roda gigi yang lebih kecil bergerak lebih cepat, namun memiliki torsi yang lebih rendah. Roda gigi yang besar berputar lebih rendah, namun memiliki torsi yang lebih tinggi. Adapun besar kecepatan putar dan torsi keduanya proporsional.



Gambar 2. Dua roda gigi bersinggungan^[3]

3. METODOLOGI

3.1. Perhitungan Konversi Putaran

Pembuatan perhitungan awal harus dilakukan karena menjadi acuan dalam membuat desain sistem mekanik pembatas baik itu gambar sket maupun sampai kepada gambar detail berupa gambar rinci yang akan siap digunakan dalam pekerjaan pembuatan sistem pembatas modul penggerak seling. Dalam hal ini diperhatikan dimensi panjang seling dan diameter drum penggulung seling sebagai perhitungan awal untuk konversi dari panjang lintasan seling menjadi jumlah putaran penggulangan seling oleh drum. Adapun sesuai dengan prototipe yang ada maka panjang seling adalah $l = 2004$ mm dan diameter drum penggulung adalah $d = 115$ mm. Dari diameter drum penggulung dihitung keliling drum sebagai parameter dasar dengan rumus keliling lingkaran sebagai berikut :

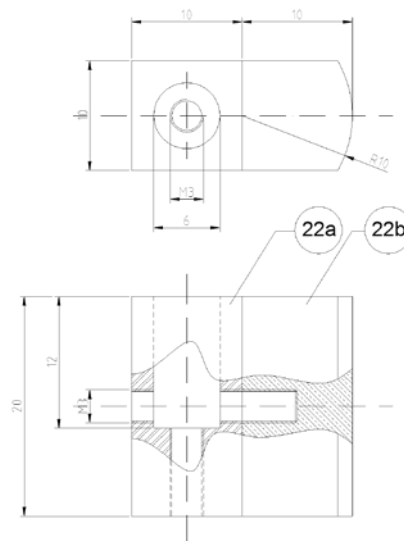
$$\text{Keliling lingkaran drum} = \Pi \times d = 3,14 \times 115 \text{ mm} = 361,1 \text{ mm}$$

Selanjutnya dihitung konversi putaran penggulangan seling dari panjang seling terhadap keliling lingkaran drum penggulung seling sebagai berikut :

$$\text{Konversi putaran penggulangan} = \frac{l}{361,1\text{mm}} = \frac{2004\text{mm}}{361,1\text{mm}} = 5,549 \text{ dibulatkan} = 6$$

3.2. Pembuatan Desain Sistem Pembatas

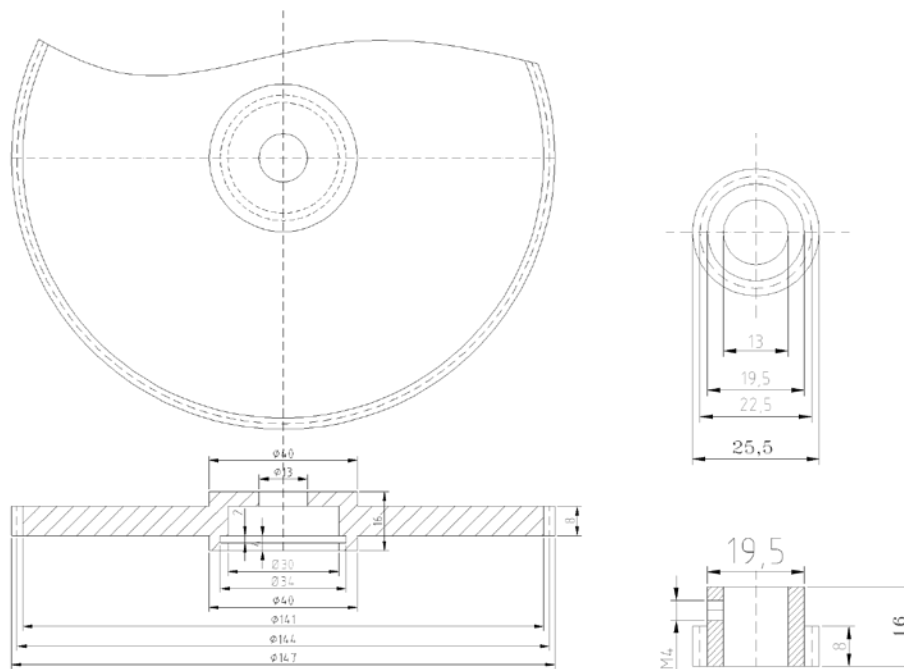
Pembuatan desain sistem dilakukan dengan mengacu pada hasil perhitungan konversi putaran dan konsep transmisi gerakan putar dengan roda gigi. Berdasarkan hasil perhitungan awal maka didapatkan konversi 6 putaran drum penggulung untuk seling sepanjang 2004 mm. Oleh karena itu maka selanjutnya ditetapkan perkiraan awal perbandingan putaran 1 : 6 dengan 2 buah roda gigi bersinggungan sebagai transmisi gerak putaran penggulangan seling kepada sistem pembatas mekanis yang diintegrasikan dengan *limit switch* secara elektrik. Sistem elektrik yang berkaitan dengan sistem pembatas telah dipersiapkan oleh tim elektrik dan kontrol. Bahan kerja untuk roda gigi yang dipilih adalah aluminium dengan pertimbangan bahwa akan mudah dalam fabrikasinya. Desain sistem pembatas yang telah dibuat, ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Pembatas Mekanik

3.3. Pembuatan Desain Roda Gigi

Roda gigi yang dibuat (Gambar 4) adalah 1 buah roda gigi kecil bermodul 3 dengan diameter $d_1 = 25,5$ mm ($n = 15$ gigi) dan 1 buah roda gigi besar bermodul 3 dengan diameter $d_2 = 147$ mm ($n = 96$ gigi). Dua buah roda gigi tersebut menghasilkan perbandingan putaran $1 : 6,4$ dan dibuat dari bahan aluminium. Pada roda gigi besar akan dipasangkan dua buah pembatas mekanik seperti terlihat pada Gambar 5 dengan jarak ukuran lintasan lingkaran tertentu dari hasil perhitungan yang terintegrasi dengan sistem elektrik berupa 2 buah *limit switch*. Pembatas mekanik terdiri dari dudukannya (22a) yang terbuat dari aluminium dan pembatas (22b) yang terbuat dari *teflon*. Adapun gambar desain roda gigi terlihat pada Gambar 4. Fabrikasi roda gigi dilakukan di bengkel kerja luar instansi.



Gambar 4. Desain Roda Gigi

3.4. Pengukuran Panjang Hantaran Seling

Pengukuran panjang hantaran seling dilakukan untuk mendapatkan besaran lintasan lingkaran yang dibatasi oleh 2 buah pembatas dalam sistem mekanis pembatas pengguling seling. Selanjutnya diperlukan kepastian ukuran panjang hantaran seling terhadap sumber dari posisi aman di tengah kontainer sampai dengan ujung aplikator. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan prototipe maka didapatkan ukuran panjang hantaran seling $L = 1846$ mm.

3.5. Perhitungan Lintasan Lingkaran Pembatas

Perhitungan lintasan lingkaran pembatas dilakukan dengan memperhatikan diameter drum pengguling seling $d = 115$ mm dan panjang hantaran seling $L = 1846$ mm melalui langkah perhitungan sebagai berikut :

$$L = \Pi d \times N, \text{ dimana } N \text{ adalah putaran roda gigi terkait dengan hantaran seling,}$$

$$\text{maka } N = \frac{L}{\Pi d} = \frac{1846 \text{ mm}}{3,14 \times 115 \text{ mm}} = 5,1;$$

Jika ditransmisikan kepada putaran roda gigi besar dengan perbandingan 1 : 6,4 maka $N = \frac{5,1}{6,4} = 0,7968$; dibulatkan = 0,8

Kemudian $N = 0,8$ dikonversikan menjadi ukuran lintasan lingkaran $b = \frac{0,8}{1} \times 360^\circ = 288^\circ$

Besarnya lintasan lingkaran tersebut menjadi parameter penting untuk integrasi sistem mekanik pembatas beserta sistem elektriknya.

3.6. Perakitan Sistem Pembatas

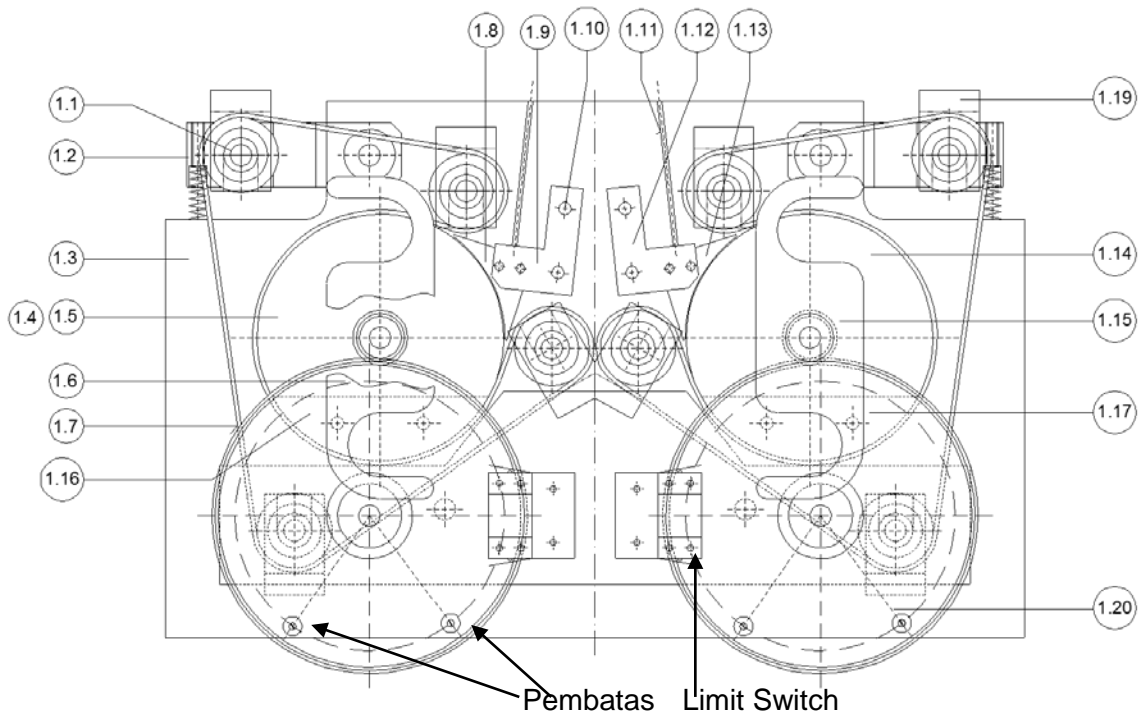
Perakitan komponen-komponen sistem pembatas merupakan pekerjaan akhir dari rancang bangun yang dilakukan. Pekerjaan dilaksanakan oleh tim teknisi mekanik dan dipandu oleh *leader* mekanik dengan merakit komponen-komponen mekanik seperti roda gigi dan mekanik pembatas menjadi kesatuan sistem pembatas penggerak seling lengkap dengan sistem elektriknya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang bangun sistem pembatas penggerak seling pada perangkat brakiterapi MDR telah dilakukan dengan melalui tahapan-tahapan yang sudah disebutkan sebelumnya. Tahap pertama adalah membuat perhitungan konversi putaran. Perhitungan konversi putaran dilakukan agar mempermudah dalam tahapan desain sistemnya, dimana hasil konversi dari panjang seling total $l = 2004$ mm dan diameter komponen utama drum penggulung seling $d = 115$ mm didapatkan perkiraan awal putaran penggulangan seling sebanyak 6 kali putaran. Selanjutnya dalam desain sistem dapat diperkirakan secara awal berupa transmisi gerak putar 2 buah roda gigi dengan ratio 1 : 6 sebagai sistem dasar dari sistem pembatas modul penggerak seling.

Tahapan berikutnya adalah pengukuran kepastian hantaran seling dari posisi aman di tengah kontainer sampai dengan ujung aplikator. Setelah dilakukan pengukuran langsung terhadap prototipe yang ada, didapatkan ukuran panjang hantaran seling sebagai penghantar kepala sumber radioaktif sepanjang $L = 1846$ mm. Ukuran inilah yang menjadi parameter penting untuk perhitungan besaran busur derajat pembatas dalam pemasangan mekanik pembatas penggulangan dan penghantaran seling. Tahap selanjutnya adalah membuat 2 buah roda gigi bermodul 3 sebagai sistem utama transmisi gerak putaran penggulangan dan penghantaran seling. Roda gigi yang dibuat terdiri dari roda gigi kecil dengan jumlah gigi 15 buah dan roda gigi besar dengan jumlah gigi 96 buah. Dengan demikian didapatkan ratio secara detail sebesar 1 : 6,4. Ratio inilah yang menjadi bagian dari perhitungan rinci untuk besaran busur derajat sistem pembatas.

Selanjutnya adalah perhitungan besaran busur derajat pembatas berdasarkan detail ratio roda gigi. Dari perhitungan diperoleh besaran lintasan lingkaran pembatas $b = 288^\circ$. Setelah rancangan desain baik perhitungan maupun pembuatan komponen mekanik dilakukan maka dihasilkan satu set sistem pembatas penggerak seling seperti ditunjukkan melalui Gambar 5 di bawah ini sebagai hasil akhir rancang bangun ini.



Gambar 5. Desain Modul Penggerak Seling Hasil Revisi

Satu set sistem pembatas penggerak seling yang terdiri dari komponen dasar berupa drum penggulung/pendorong seling (1.14) dan sistem transmisi roda gigi (1.20) dimana terpasang 2 buah pembatas mekanik yang terintegrasi dengan sistem elektrik melalui *limit switch*. Adapun nomor-nomor gambar bagian yang lain pada Gambar 5 di atas tidak perlu dibahas lebih lanjut karena tidak terkait langsung dengan kegiatan rancang bangun ini. Hasil konstruksi dari modul penggerak seling dengan penambahan sistem pembatas dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Foto Modul Penggerak Seling Hasil Revisi

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Rancang bangun sistem pembatas penggerak seling pada modul penggerak seling perangkat brakiterapi MDR telah dilakukan dengan mengacu terhadap tahapan-tahapan kerja yang dibuat. Hasil dari kegiatan ini berupa satu set perangkat sistem pembatas penggerak seling pada perangkat prototipe brakiterapi MDR untuk kanker servik.

5.2. Saran

Perangkat sistem pembatas penggerak seling yang dihasilkan masih perlu sedikit penyempurnaan dari segi kerapihan dan kepresisian integrasi pada modul penggerak seling dalam prototipe brakiterapi MDR.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Peneliti Utama beserta tim PI-PKPP Brakiterapi MDR 2012, atas ide, saran dan kerja samanya dalam kegiatan ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ARI SATMOKO, *Laporan Akhir Tahun Perekayasaan Perangkat Loading Unloading Isotop Brakiterapi Untuk Penyembuhan Kanker Servik*, PRPN-BATAN, 2011
- [2]. Anonymous, *Roda Gigi*, http://id.wikipedia.org/wiki/Roda_gigi, 2012
- [3]. AGUNG RIBOWO, *Perawatan Differential*, agungribowo-otomotif.blogspot.com, 2012
- [4]. ARI SATMOKO dkk, *Rancang Bangun Modul Mekanik Penggerak Sumber Radioisotop Pada Prototip Awal Perangkat Brakiterapi Kanker Servik Dosis Sedang*, PRPN-BATAN, 2012