

## PEREKAYASAAN BRACHYTHERAPY MEDIUM DOSERATE

Atang Susila<sup>1</sup>, Ari Satmoko<sup>1</sup>, Ahmad Rifai<sup>1</sup>, dan Kristiyanti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PRPN-BATAN, Gedung 71, Lantai 2, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan, 15310

### ABSTRAK.

*PEREKAYASAAN BRACHYTHERAPY MEDIUM DOSERATE. Brachytherapy telah menjadi suatu pengobatan yang efektif dari berbagai jenis kanker dan merupakan suatu modalitas pengobatan yang umum pada kebanyakan kilinik-klinik radiotherapi. PRPN telah memiliki pengalaman dalam pengembangan brachytherapy tipe Low Dose Rate (LDR) untuk terapi kanker servik (leher rahim). Namun proses penyinaran menggunakan tipe LDR dibutuhkan waktu lebih dari 5 jam sehingga kurang nyaman bagi pasien. Oleh karena itu PRPN mengembangkan brachytherapy tipe Medium Dose rate (MDR) dengan aktivitas sumber tidak lebih dari 5 Currie. Dengan sistem ini, diharapkan waktu penyinaran menjadi lebih pendek. Kegiatan ini dibagi menjadi dua tahun. Tahun 2010 terdiri dari pengadaan perangkat lunak TPS dan desain Treatment Delivery System (TDS) dan konstruksi tahun 2011.*

**Kata kunci:** brachytherapy, medium doserate, TPS, servik

### ABSTRACT.

*DEVELOPMENT OF BRACHYTHERAPY MEDIUM DOSERATE . Brachytherapy has proven to be an effective treatment for different types of cancers and it become a common treatment modality in most radiotherapy clinics. PRPN has had experience in development of Low Dose Rate Brachytherapy for cervic cancer treatment. However the treatment process using LDR device needs 5 hours which makes the patient feel uncomfort. Therefore PRPN develops Medium Dose Rate Brachytherapy with radiation activity not more than 5 Currie. By using this system the expsure time will be shorter. The project is divided into two stages. Purchasing of TPS software and TDS design are held in 2010, and the construction will be in 2011.*

**Keywords:** brachytherapy, medium doserate, TPS, cervic

### 1. PENDAHULUAN

Kanker leher rahim atau kanker servik (cervic cancer) termasuk salah satu dari sepuluh penyakit top dunia yang banyak merenggut nyawa manusia. Berdasarkan laporan[3], sekitar 11.000 kasus kanker leher rahim setiap tahun didiagnosa di Amerika Serikat.

Di Indonesia, jenis penyakit ini banyak terjadi pada kaum wanita yang berusia di atas setengah baya tetapi juga ditemukan pada wanita usia muda. Hal ini tentu saja menimbulkan kekhawatiran karena proses penyembuhannya tidak seperti penyakit-penyakit ringan lainnya, Proses penyembuhannya dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti operasi atau

iradiasi menggunakan sinar gamma. Penyembuhan melalui iradiasi (brachytherapy) merupakan teknik yang banyak dilakukan untuk penyembuhan kanker servik yang sudah parah. Namun Rumah Sakit yang memiliki fasilitas ini tidak banyak karena peralatannya masih harus diimpor dan harga peralatan yang sangat mahal.

Beberapa sumber yang digunakan pada pengobatan kanker melalui proses iradiasi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Sumber radiasi yang digunakan pada brachytherapy

Radionuclide	Type	Half-life	Energy
Cobalt-137 ( $^{137}\text{Co}$ )	γ-rays	30.7 years	0.662 MeV
Cobalt-60 ( $^{60}\text{Co}$ )	γ-rays	5.26 years	1.17, 1.33 MeV
Iridium-192 ( $^{192}\text{Ir}$ )	γ-rays	74.0 days	0.38 MeV (mean)
Iodine-125 ( $^{125}\text{I}$ )	X-rays	69.6 days	27.4, 31.4 and 35.5 keV
Palladium-103 ( $^{103}\text{Pd}$ )	X-rays	17.0 days	21 keV (mean)
Radium-226 ( $^{226}\text{Ra}$ )	β particles	1.02 years	0.54 MeV

Proses pengobatan kanker menggunakan perangkat brachytherapy secara garis besar diuraikan pada gambar berikut



Gambar 1. Proses pengobatan kanker dengan brachytherapy

PRPN merupakan salah satu unit yang ada di BATAN yang salah satu tugasnya adalah mengembangkan peralatan kedokteran nuklir. PRPN telah mengembangkan perangkat Brachytherapy Low Doserate untuk terapi kanker

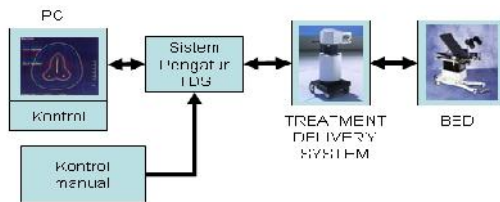
servik. Namun perangkat ini memberikan efek kurang nyaman terhadap pasien karena waktu yang diperlukan untuk proses iradiasi lebih dari 5 jam. Dari pengalaman yang telah dimiliki maka PRPN merasa mampu untuk mengembangkan peralatan serupa yang dapat memberikan efek lebih nyaman terhadap pasien yaitu dengan mengembangkan Brachytherapy Medium Doserate.

Ruang lingkup kegiatan yang dilaksanakan terdiri dari pembelian perangkat lunak Treatment Planning System dan Desain Treatment Delivery System. Secara keseluruhan sistem ini akan dikembangkan menjadi telemedika untuk terapi menggunakan perangkat brachytherapy yang dikembangkan BATAN. Setiap sentra terapi hanya memerlukan perangkat brachytherapy dengan petunjuk pelaksanaan terapi diperoleh dari TPS pada pusat rujukan. Dengan telemedika diharapkan akan lebih banyak sentra-sentra terapi yang dapat memberikan pelayanan brachytherapy.

## 2. RANCANGAN

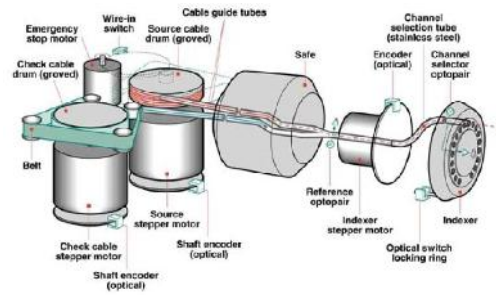
Secara garis besar perangkat brachytherapy untuk terapi kanker servik terdiri dari 4 komponen utama, yaitu sumber radiasi, perangkat penggerak sumber (*treatment delivery system*), perangkat lunak *treatment planning system*, dan perangkat kalibrasi. Dari keempat komponen tersebut, penyediaan sumber radiasi ditangani oleh satker lain dan sisanya merupakan tugas PRPN. Perangkat kalibrasi sudah dibuat pada tahun sebelumnya. Pelaksanaan kegiatan ini dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama berupa desain perangkat penggerak sumber beserta sistem pengaturannya dan pengadaan perangkat

lunak TPS. Secara garis besar sistem yang akan dikembangkan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Blok Diagram Brakiterapi MDR

- a. Perangkat lunak TPS  
Perangkat lunak TPS merupakan salah satu komponen yang sangat penting untuk perencanaan penyinaran. Perangkat lunak yang diperlukan harus memiliki fitur-fitur antara lain:
  - Beroperasi pada PC dengan OS Windows
  - 2D planning based on reconstructed films (Isocentric, reconstruction box, variable angle)
  - 3D planning based on CT, MRI or US images (film scanner or DICOM-3 compatible)
  - Applicator database, user editable
  - 3D dose evaluation
  - dan fitur-fitur standar yang ada pada program TPS pada umumnya
- b. Desain perangkat penggerak sumber (*treatment delivery system*).  
Desain perangkat penggerak sumber akan mengacu pada perangkat yang sudah ada yaitu perangkat buatan microSelectron.



Gambar 3. Sistem TDS microSelectron

Dalam rangka mengembangkan desain awal mekanik, kegiatan yang direncanakan meliputi:

- Pengembangan gambar desain konsep menjadi desain awal
  - Pendataan komponen-komponen yang dibutuhkan dalam peralatan brakiterapi
  - Melakukan perhitungan global dalam rangka menentukan spesifikasi komponen-komponen yang dibutuhkan
  - Penentuan model dan tipe komponen-komponen utama
- Berdasarkan kegiatan sebelumnya desain konsep brakiterapi telah berhasil dikembangkan dengan prinsip kerja sbb:

- Sesuai dengan hasil evaluasi medis, brakiterapi diprogram untuk mengendalikan gerakan sumber radioaktif
- Sebelum dilakukan terapi, kabel checker dijalankan untuk mensimulasi gerakan sumber. Apabila dalam simulasi tersebut kabel checker bergerak sebagaimana yang telah diinginkan, maka terapi bisa mulai dilakukan.
- Ketika terapi mulai dilakukan, sumber digerakan hingga sampai ujung aplikator pertama. Selanjutnya sumber ditarik dan dihentikan di beberapa titik sehingga sinar gamma dapat mengiradiasi penyakit. Lama penyinaran tergantung dari evaluasi medis.

- Selanjutnya kabel sumber kembali ditarik sehingga sumber kembali pada posisi di kontainer.
  - Distributor diputar sehingga jalur yang aktif adalah jalur aplikator kedua.
  - Dengan cara yang sama, sumber digerakkan maju sehingga mengikuti jalur aplikator kedua.
  - Dengan cara yang sama, sumber digerakkan ke jalur aplikator ketiga.
  - Dengan terapi menggunakan aplikator tiga jalur, diharapkan terapi yang dilakukan menghasilkan penyinaran atau irradiasi sesuai dengan penyakit yang diderita pasien.
- c. Sistem Pengatur TDS
- Rancangan instrumentasi pengatur TDS secara konseptual terdiri dari
- Motor penggerak  
Dua motor penggerak tipe servo dipakai untuk masing-masing menggerakkan seling kabel checker dan sumber radiasi. Motor ini akan menggerakkan drum seling kabel checker dan seling kabel sumber, di mana pada drum tersebut akan tergulung seling kabel. Jadi motor penggerak sling kabel ini akan membuka gulungan ataupun menggulung kabel tersebut. Satu motor stepper digunakan untuk mengatur gerakan indexer, agar tepat memilih aplikator target.
  - Sensor posisi  
Dipasang pada sisi motor penggerak sehingga dapat mengetahui jarak pergerakan seling kabel checker dan seling kabel sumber radiasi. Sensor ini berupa shaft encoder optis yang memberikan pulsa-pulsa sesuai dengan gerak putaran maju atau mundur motor dan akan dikonversi ke dalam posisi pergerakan linier seling kabel. Sensor ini sudah terintegrasi pada motor servo. Demikian juga pada indexer akan dilengkapi satu sensor posisi agar posisi aplikator target dapat diketahui dengan pasti. Sensor ini bertipe absolute encoder.
  - Reference opto pair  
Digunakan sebagai acuan posisi awal sumber saat ditransfer ke aplikator.
  - Proximity sensor atau contact switch  
Digunakan untuk mengetahui posisi indexer yang memilih satu dari 3 kanal aplikator yang tersedia
  - Mikrokontroler  
Digunakan sebagai pengatur seluruh gerakan motor. Dilengkapi juga dengan fasilitas emergency jika terjadi gangguan pada pergerakan sumber.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

- a. Pengadaan perangkat lunak TPS
- Telah dilakukan evaluasi terhadap beberapa perangkat lunak TPS yang ada di pasaran. Evaluasi yang dilakukan meliputi harga, spesifikasi yang ditawarkan, dan kemudahan memperoleh informasi /data yang berkaitan dengan perangkat lunak tersebut. Dari hasil evaluasi terpilih *Flexiplan 3D Brachytherapy Planning System* dari perusahaan Isodose Control. Spesifikasi perangkat lunak tersebut antara lain :
- Flexiplan 3D user license offering an image based brachytherapy treatment planning

- Hardware: PC, Windows XP, 2 x 19" monitor, contouring tablet
  - Import of DICOM RT struct and DICOM-3 compatible images to reduce treatment planning time
  - Export of treatment data via DICOM RT Plan to communicate with any DICOM RT compatible system and DICOM RT Dose export for performing dose comparison or dose addition.
  - Fast & easy to use brachytherapy planning system
  - 2D planning based on reconstructed films (Isocentric, reconstruction box, variable angle)
  - 3D planning based on CT, MRI or US images (film scanner or DICOM-3 compatible)
  - Semi automatic fusion MR, CT, US images
  - Applicator database, user editable
  - Optimization based on (multiple) dose points or on geometry
  - Intensity modulated brachytherapy (IMBT) fulfilling multiple dose constraints
  - Dose volume histograms
  - Manual dose contour editing (dose shaper)
  - Extensive, user customizable treatment plan printout
  - 3D dose evaluation
  - Action Undo possibility
  - Automatic dwell position & time activation within a volume
- b. Desain perangkat TDS
- Rangkuman hasil penentuan spesifikasi komponen adalah sebagai berikut.
- Seling sumber radioaktif  
Sumber radioaktif berfungsi sebagai pemancar sinar gamma untuk ditembakkan pada kanker. Sumber ini dilengkapi dengan seling SS yang berfungsi sebagai alat transportasi gerakan sumber. Sumber  $^{195}\text{Ir}$  berukuran diameter 0,65 mm dan panjang 3,60 mm. Sumber ini dibungkus dalam kapsul SS 316L berdiameter luar 1,10 mm. Kapsul ini dirangkai dengan kawat seling stainless steel berdiameter 1,04 mm dan panjang 1800 mm
  - Seling checker  
Seling checker berguna untuk memeriksa apakah gerakan sumber akan bergerak seperti yang telah diprogram. Pemeriksaan ini dilakukan sebelum terapi dengan sumber Ir dilakukan. Dimensi seling checking sama dengan seling sumber. Perbedaan hanya terletak pada tiadanya sumber radioaktif pada ujung seling checker.
  - Tube fleksibel  
Tube ini berfungsi untuk mengarahkan gerakan sumber. Dengan demikian, diameternya harus lebih besar dari seling atau sumber. Dengan merujuk keberadaan di pasar, maka diputuskan untuk menggunakan tube berbahan teflon dengan diameter dalam 2 mm atau sekitar 0.0787 inchi. Dengan menggunakan tube standar maka diperoleh tube teflon standar AWG12 dengan diameter dalam 0.085 inchi (2.159 mm) dan ketebalan 0.016 inchi (0.4 mm).
  - Container  
Container berfungsi sebagai perisai sehingga pada waktu belum atau tidak digunakan, paparan radioaktif dari sumber dapat dilokalisir. Material utama berupa timbal (Pb) berbentuk silinder. Sesuai dengan hasil perhitungan dari Subkelompok proses, diameter timbal adalah 10 cm. Silindier timbal dibungkus dengan selongsong aluminium tipis.

- Sistem penggerak sumber  
Sistem penggerak sumber: system inilah yang mengatur pergerakan posisi sumber sejak dari container hingga aplikator dan kembali ke container. Komponen utama sistem penggerak sumber ini adalah motor servo. Berdasarkan perhitungan torsi minimum motor servo yang dibutuhkan adalah 0,375 Nm. Merujuk pada ketersediaan di pasar, maka diputuskan menggunakan motor servo tipe APM-SB02A (lihat Tabel 1). Motor tipe ini memiliki kekuatan torsi sebesar 0,637 Nm dan berdaya 200 Watt.
- Distributor jalur  
Distributor berfungsi untuk memilih pada jalur aplikator yang mana sumber akan digerakkan. Seling sumber terdiri dari satu buah, sementara aplikator terdiri dari tiga jalur. Dengan demikian sumber harus dapat digerakkan dan diarahkan sesuai dengan jalur aplikator tersebut. Di sinilah fungsi dari distributor jalur. Dengan demikian motor yang digunakan harus memiliki kekuatan torsi minimum sebesar 0,147 Nm
- c. Kegiatan pendukung  
Disamping kegiatan pengadaan software dan desain TDS, kegiatan lain yang merupakan pendukung yang telah dilakukan adalah karakterisasi sumber Ir-192. Kegiatan ini merupakan uji coba komponen-komponen perangkat kalibrasi yang sudah dibuat pada kegiatan sebelumnya. Hasil pengukuran distribusi aktivitas sumber Ir-192 sebagai berikut :



Gambar 4. Distribusi dosis Ir-192

#### 4. KESIMPULAN.

Dari kegiatan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan dimilikinya TPS yang berlisensi maka dapat digunakan sebagai referensi untuk pengembangan TPS, sarana pendidikan bagi staf BATAN maupun rumah sakit, dan pengembangan sistem telemedika nuklir. Dengan adanya desain konsep TDS yang telah dibuat dapat dijadikan dasar untuk menyusun desain rinci yang untuk selanjutnya dapat dilakukan pembuatannya. Dari percobaan pembuatan sumber diperoleh distribusi dosis yang simetris.

#### 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Kami menyadari bahwa kegiatan ini tidak akan berhasil baik tanpa dukungan berbagai pihak. Untuk itu kami ucapkan terima kasih kepada seluruh jajaran struktural di PRPN yang telah memfasilitasi kegiatan ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada para peneliti yang telah meluangkan waktu dan pikirannya. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Bapak Drs. Muridun dkk dari PRR, Bapak Heru Prasetyo, MSi dari PTKMR, dan mahasiswa kerja praktek dari Fisika Medis UI yang telah membantu hingga terlaksananya kegiatan ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Flexiplan datasheet,  
[www.isodosecontrol.com](http://www.isodosecontrol.com)
2. ESTRO, A Practical Guide to Quality Control of Brachytherapy Equipment, ESQUIRE Project – Grant Agreements No. S12300039(2000CVG2-021) & SPC 2002480 – Technical Report – Part V
3. Jennifer S. Smith, PhD, MPH, Ethnic Disparities in Cervical Cancer Illness Burden and Subsequent Care: A Prospective View in Managed Care, THE AMERICAN JOURNAL OF MANAGED CARE, VOL. 14, NO. 6, 2008.
4. -----, General Catalogue 2004/2005, Oriental Motor, Japan, June 2005
5. -----, AWG Tubing Sizes, diunduh dari [www.professionalplastics.com](http://www.professionalplastics.com), tanggal 27 September 2010,
6. -----, Metronix Datasheet, diunduh dari [www.metronix.co.kr](http://www.metronix.co.kr), tanggal 28 September 2010,