



PENYEMPURNAAN DAN UJI FUNGSI PROTOTIP AWAL PERALATAN BRAKITERAPI DOSIS SEDANG

Ari Satmoko, Tri Harjanto, Indarzah Masbatin Putra, Nur Khasan, Atang Susila,

PRPN BATAN, Kawasan PUSPIPEK, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

ABSTRAK.

PENYEMPURNAAN DAN UJI FUNGSI PROTOTIP AWAL PERALATAN BRAKITERAPI DOSIS SEDANG. Hingga tahun 2011, PRPN telah menghasilkan prototip awal perangkat brakiterapi dosis sedang yang didesain untuk sumber isotop Iridium-192 berkekuatan antara 5 hingga 10 Curie. Pada tahun 2012, kegiatan dilanjutkan dengan penyempurnaan prototip awal ini. Laporan ini membahas berbagai kegiatan yang telah dilakukan dalam rangka memperbaiki kinerja prototip. Kegiatan meliputi modifikasi dan perbaikan komponen mekanik, pengembangan desain rinci dan fabrikasi sistem instrumentasi, dan pengujian. Modifikasi dan perbaikan mekanik meliputi penambahan stopper mekanik, pembuatan ulang beberapa komponen mekanik, perbaikan bentuk tube pada three ways, perbaikan pemasangan posisi tabung putar, dsb. Sistem instrumentasi dan kontrol menggunakan desain dan konstruksi yang baru yang terdiri dari modul-modul seperti modul mikrokontroler, modul motor, modul sensor, modul signal conditioning, modul indikator, modul key switch & emergency stop, modul power supply, modul komputer, dan modul komunikasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seling dapat diprogram untuk melalui channel-channel yang diinginkan. Posisi sumber di ujung seling dapat dikendalikan dengan ketelitian tinggi berkat motor stepper melalui mekanisme dorong dan tarik pada seling. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketelitian posisi sumber di ujung seling adalah $\pm 0,1$ mm. Dengan kondisi beban riil berupa belt, motor masih mampu bergerak dengan kecepatan 2 putaran per detik atau setara dengan 700 mm/detik.

Kata kunci: brakiterapi, prototip, modifikasi, perbaikan, uji fungsi

ABSTRACT.

IMPROVEMENT AND FUNCTIONAL TEST OF THE PRELIMINARY PROTOTYPE OF MEDIUM DOSE RATE BRACHYTHERAPY EQUIPMENT. In 2011, PRPN has produced preliminary prototype of the medium dose rate brachytherapy equipment designed for Iridium-192 isotope source of 5 to 10 Curies. In 2012, the prototype is improved. This report discusses activities that have been carried out in order to improve the performance of the prototype. These include modification and repair of mechanical components, development of detailed design for instrumentation system followed its fabrication and testing. Mechanical modifications include the addition of a mechanical stopper, a re-fabrication of some mechanical components, correction of three ways tube, re-assembly of the rotary tube position, etc.. Instrumentation and control system is using a new design and construction. It consists of a microcontroller module, a motor module, a sensor module, a signal conditioning module, an indicator module, a key switch and emergency stop module, a power supply module, a computer, and a communication module. The test results showed that the wire transporting isotope source can be programmed through the desired channels. The position of the wire tip can be controlled with high precision using a stepper motor by pushing and pulling mechanisms. The test results show that the accuracy of the source position at the tip of wire is ± 0.1 mm. With real load conditions such as belt, the motor is still able to move with a speed of 2 revolutions per second, or equivalent to 700 mm / sec.

Keywords: brachytherapy, prototype, modification, improvement, functional test



1. PENDAHULUAN

Salah satu metode pengobatan kanker servik adalah dengan teknik brakiterapi dengan penyinaran radioaktif untuk mematikan sel-sel kanker. Namun karena biaya mahal, belum banyak pasien yang tersentuh dengan teknologi ini. Dalam rangka memecahkan masalah inilah, maka dilakukan pengembangan peralatan brakiterapi yang berbasis pada kandungan lokal dalam negeri. Di sisi lain, Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy di Serpong mampu memproduksi Iridium-192 yang dapat digunakan sebagai sumber penyinaran kanker servik. Dengan kehadiran peralatan brakiterapi produk dalam negeri yang dipastikan lebih murah, maka diharapkan teknik brakiterapi dapat terjangkau secara luas oleh masyarakat.

Hingga tahun 2011, PRPN telah menghasilkan prototip awal perangkat brakiterapi dosis sedang dengan sumber isotop Iridium-192 berkekuatan antara 5 hingga 10 Curie^[1]. Pada tahun 2012, kegiatan dilanjutkan dengan penyempurnaan dan uji fungsi prototip awal ini. Di akhir kegiatan, diharapkan diperoleh prototip awal yang siap digunakan untuk uji klinis. Laporan ini membahas kegiatan yang telah dilaksanakan terkait dengan penyempurnaan dan uji fungsi prototip awal perangkat brakiterapi dosis sedang.

2. TATAKERJA (BAHAN DAN METODE)

Kegiatan penyempurnaan dimulai dengan evaluasi secara menyeluruh terhadap prototip lama hasil kegiatan 2011. Atas dasar evaluasi ini, penambahan desain baru, revisi desain, dan modifikasi, ataupun sekedar perbaikan dilakukan dalam rangka menyempurnakan kinerja perangkat brakiterapi. Setelah semua kendala teknis diselesaikan, kegiatan berikutnya adalah uji fungsi. Uji fungsi dilakukan baik secara per modul maupun secara menyeluruh dengan mengintegrasikan semua sistem mekanik dan instrumentasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum prototip awal perangkat brakiterapi terdiri dari sistem mekanik dan sistem instrumentasi. Sistem mekanik terdiri dari beberapa modul: modul penggerak



sumber, modul kontainer sumber, modul distributor *channel*, modul transfer tube, modul aplikator, dan modul penyangga. Sebuah kontainer eksternal yang berfungsi sebagai alat transportasi sumber isotop melengkapi prototip ini. Sistem instrumentasi mencakup modul-modul yang berfungsi untuk menggerakkan sistem mekanik. Sistem ini mencakup kontrol motor, *interlock*, catu daya, dan pemrograman.

Kegiatan perbaikan dan uji fungsi perangkat brakiterapi dosis sedang meliputi evaluasi ulang prototip 2011, modifikasi / perbaikan / penambahan komponen pada prototip awal perangkat brakiterapi, pengembangan desain rinci dan fabrikasi sistem instrumentasi dan kontrol, pengembangan software interface TDS-TPS dan pengujian.

3.1 MODIFIKASI DAN PERBAIKAN SISTEM MEKANIK

Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan secara detil, berbagai perbaikan dan modifikasi telah dilakukan pada sistem mekanik prototip awal brakiterapi. Berbagai gambar desain juga telah dihasilkan^[2].

- penambahanudukan stopper mekanik dan switch limit elektronik

Pada saat tidak digunakan atau pada saat posisi *stand by*, sinar radioaktif dari sumber harus dapat dilokalisasi. Oleh karena itu, posisi sumber harus berada tepat di tengah-tengah kontainer pengaman. Posisi sumber dideteksi dengan mikro limit switch. Switch ini bekerja secara elektronik. Ketika sumber masih berada di luar kontainer, switch bersifat terbuka dan ketika sumber berada dalam jarak aman, switch segera menutup. Informasi ini dikirimkan ke sistem instrumentasi. Stopper mekanik juga disediakan untuk mencegah penarikan posisi sumber secara berlebihan. Dalam keadaan darurat, operator harus menarik sumber secara manual hingga menyentuh stopper mekanik. Penambahan switch dan stopper mekanik membutuhkan penambahan gear roda gigi dan kedudukan untuk komponen tersebut..

- pengarah tube seling tidak bergerak mengikuti alur drum pemutar

Seling dililitkan pada drum pemutar. Drum inilah yang berputar menarik atau mendorong seling. Lilitan seling pada drum berbentuk spiral. Untuk mengikuti gerakan spiral, seling diarahkan oleh tube pengarah. Namun ternyata tube ini tidak mengikuti gerakan alur pada drum. Untuk memecahkan masalah ini, penuntun tube pengarah dimodifikasi yang tadinya terdiri dari dua buah as diganti dengan satu buah as. Stopper pada as penuntun juga disediakan untuk menghindari lepasnya penuntun ini. Tube



pengarah yang tadinya berbahan stainless steel diganti dengan tube teflon dengan diameter luar 4 mm dan tebal 1 mm.

- permasalahan pada drum pemutar

Dalam beberapa kejadian, pemutaran drum pemutar tidak berjalan mulus karena adanya fenomena gesekan akibat dari posisi poros drum pemutar tidak sentris. Kesalahan timbul pada proses fabrikasi yang tidak sesuai dengan desain. Untuk memecahkan masalah ini, fabrikasi drum pemutar diulangi. Di samping itu revisi adapter drum juga turut memperbaiki masalah ini. Permasalahan lain juga sering muncul karena seling menempel pada drum. Fenomena ini disebabkan oleh alur seling pada drum pemutar berbentuk “V” dan cenderung kasar. Akibatnya ketika ditekan oleh belt, gerakan seling tidak bebas dan cenderung menempel atau tertanam ke dalam alur drum. Untuk mengatasi masalah ini, drum pemutar dibuat baru dengan alur untuk seling berbentuk “U”. Alur juga dibuat dengan tingkat kehalusan tinggi.

- penambahan pembatas pada belt

Belt berfungsi untuk menjepit seling pada drum pemutar. Gerakan *belt* dibimbing oleh empat *roller*. Namun ternyata fabrikasi untuk pemasangan *roller* tidak presisi, sehingga poros *roller* tidak tegak lurus. Fabrikasi pemasangan diulang. *Belt* juga diganti dengan bahan lain yang lebih lentur. Untuk menghindari *belt* terlepas dari *cam follower*, sebuah pembatas *belt* ditambahkan.

- seling tidak mulus bergerak pada three ways

Komponen *three ways* merupakan pertemuan antara jalur seling sumber dan jalur seling *checker*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seling terkadang macet di sekitar komponen ini. Sebagai solusinya, modul kontainer sumber dibongkar. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penyebab kemacetan seling adalah adanya bagian tube yang tidak lurus. Karena tidak lurus ini, maka ujung seling menjadi terperangkap dalam celah di dalam *three ways*. Terbukti setelah tube diluruskan, kemacetan seling tidak lagi terjadi.

- plat indeks tidak match dengan kesesuaian lubang channel

Plat indeks berfungsi sebagai alat bantu untuk menunjukkan bahwa saluran tube telah sesuai dengan lubang channel. Namun ternyata meski kondisi tersebut sudah terpenuhi, lubang pada plat indeks tidak pas dengan sistem sensor. Sebagai



solusinya, plat indeks dibongkar. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa lubang pada plat indeks perlu diperbesar. Sedangkan posisi sensor dibongkar dan dipasang ulang menyesuaikan lubang plat indeks.

- *tabung pemindah channel sulit diputar*

Dalam beberapa kondisi, tabung pemutar (yang di dalamnya terdapat saluran tube berbentuk S) sulit untuk diputar. Hasil evaluasi menunjukkan adanya gesekan antara tabung tersebut dengan bodi motor. Sebagai solusinya, perlu adanya celah antara motor dengan tabung pemindah channel.

- *konektor transfer tube tidak dapat dikunci pada distributor channel*

Konektor transfer tube berfungsi sebagai interface antara modul distributor *channel* dan modul transfer tube. Ketika konektor transfer tube dipasang, maka nipel ini harus dapat dikunci supaya tidak dapat lepas. Setelah dilakukan evaluasi, maka piringan pengunci direvisi dengan menambah bentuk lubang oval.

- *Perlunyaudukan optocoupler*

Untuk mendukung fungsi sensor optocoupler, maka dudukan ditambahkan pada modul distributor *channel*.

- *Penambahan nok pada piringan putar*

Untuk meyakinkan bahwa lubang saluran tube berbentuk S bersesuaian dengan lubang channel, maka perlu penambahan sistem mekanik untuk memberikan informasi kesesuaian kedua lubang jalur tersebut. Hal ini dilakukan dengan menambahkan sistem nok baik pada piringan tetap maupun piringan putar.

- *Nipel aplikator mudah lolos dari pengunci*

Nipel aplikator berfungsi sebagai interface antara aplikator dan modul transfer tube. Aplikator tidak boleh mudah lepas dari nipel ini. Dari evaluasi akhirnya diperoleh revisi desain melalui beberapa perubahan seperti adanya perubahan diameter dalam yang ditambahkan untuk berfungsi sebagai batasan, penambahan panjang lubang dan pengoreksian besaran lubang dalam.

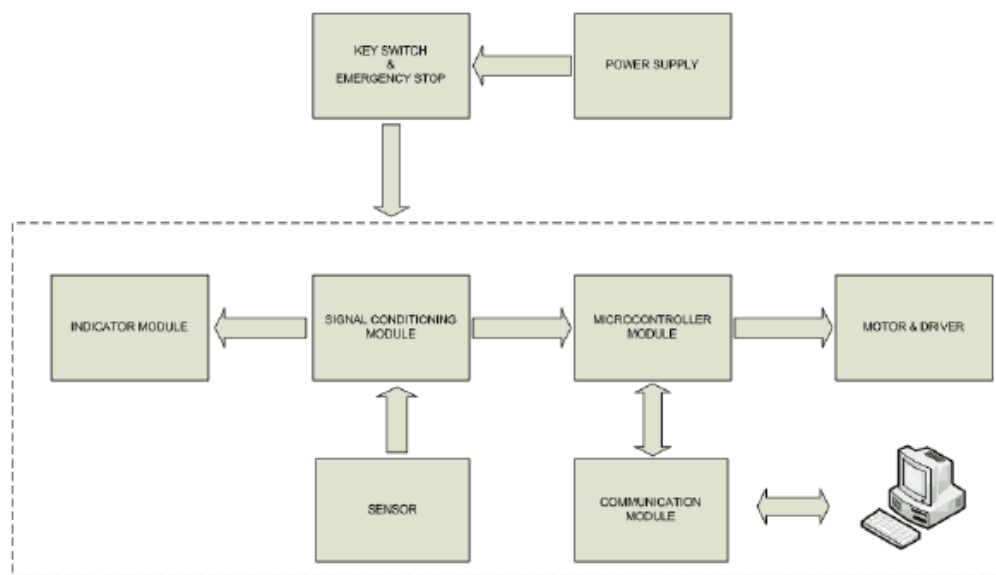
- *Modifikasi modul penyangga*



Sistem instrumentasi ditempatkan di dalam penyangga dan tertutup rapat. Kondisi udara di sekitar modul instrumentasi menjadi panas. Untuk menghindari hal ini, maka lubang angin perlu ditambahkan. Modifikasi lain juga dilakukan. Pada prototip lama, perangkat brakiterapi sulit dipindahkan karena arah gerakan roda dibatasi. Desain telah diperbaiki sehingga roda bebas bergerak dan prototip brakiterapi menjadi lebih mudah dipindahkan.

3.2 SISTEM INSTRUMENTASI DAN KONTROL

Sistem instrumentasi dan kontrol menggunakan desain dan konstruksi yang baru. Prinsip kerja sistem instrumentasi dan kontrol perangkat brakiterapi dosis sedang ditunjukkan dalam Gambar 1. Secara umum sistem instrumentasi dan kontrol memiliki beberapa modul yaitu modul mikrokontroler, modul motor, modul sensor, modul *signal conditioning*, modul indikator, modul *key switch & emergency stop*, modul *power supply*, modul komputer, dan modul komunikasi. Gambar detail modul-modul tersebut dibahas dalam Laporan Teknis^[2].



Gambar 1. Prinsip kerja sistem instrumentasi dan kontrol

- Modul mikrokontroler

Modul ini merupakan pusat kontrol untuk menggerakkan motor dan berkomunikasi dengan komputer. Mikrokontroler memiliki 4 port. Satu Port (Port0) didesain khusus untuk menggerakkan motor. Port ini akan menerima 6 buah sinyal



untuk menggerakkan 3 buah motor. Masing-masing motor akan menerima 1 sinyal untuk bergerak maju dan 1 sinyal untuk bergerak mundur. Sebagian jalur atau pin dari Port3 digunakan untuk menerima data trigger kondisi darurat. Mikrokontroler juga menerima 13 sinyal dari Signal Conditioning Module. Port1 menerima sebanyak 4 sinyal, Port2 menerima 6 buah sinyal, dan Port3 menerima 3 buah sinyal sedangkan. Penyebaran 13 buah sinyal ke 3 buah port karena jumlah sinyal yang diterima tiap port terbatas sebanyak 8 buah.

Port 3 selain untuk menerima data trigger kondisi darurat juga berfungsi untuk sarana komunikasi dengan komputer. Standar komunikasi yang digunakan adalah RS232 dan bisa diperluas menjadi RS485. Untuk komunikasi ini diperlukan 2 buah sinyal yang berfungsi sebagai transmitter (TX) dan receiver (RX). Komunikasi dengan komputer diperlukan sebagai sarana untuk mengirimkan data terapi dan untuk memantau proses terapi yang sedang dijalankan.

Mikrokontroler memiliki jumlah RAM sebanyak 256 byte. Apabila digunakan 128 upper byte memory untuk menyimpan data maka akan ada maksimum 10 buah data terapi yang mampu disimpan untuk tiap channel dengan total channel 3 buah. Satu buah data terapi akan membutuhkan memory sebanyak 4 byte. Apabila dimaksimalkan penggunaan memory, microcontroller akan mampu melakukan terapi sebanyak 60 buah titik tiap channel.

- Modul motor

Modul motor merupakan sistem penggerak utama untuk menggerakkan seling dan pemilihan *channel*. Ada 3 buah motor yang dipergunakan. Untuk penggerak seling *checker* dan seling sumber digunakan jenis motor yang sama, yaitu motor stepper dengan resolusi maksimum 5000 pulsa tiap 1 putaran menggunakan *gear box* dengan perbandingan 1:10. Sedangkan motor pemilihan channel menggunakan motor stepper dengan resolusi maksimum 500 pulsa tiap 1 putaran tanpa menggunakan *gear box*.

Rangkaian driver motor untuk pemilihan channel menggunakan driver dengan *power supply* +24VDC dengan pertimbangan tidak diperlukan kecepatan putar yang tinggi. Sedangkan driver motor untuk penggerak seling sumber dan *checker* menggunakan driver dengan power supply 220VAC dengan kemampuan kecepatan 3 putaran per detik.



Motor penggerak channel bisa berputar kiri kanan sesuai posisi channel yang diinginkan. Motor penggerak seling checker akan bergerak ke kiri (CCW) untuk menggulung seling dan bergerak ke kanan (CW) untuk mengeluarkan seling. Motor penggerak seling sumber akan bergerak ke kiri (CCW) untuk mengeluarkan seling dan bergerak ke kanan (CW) untuk menggulung seling.

- Modul sensor

Modul sensor berfungsi untuk membaca kondisi dari beberapa komponen yang digunakan. Ada 10 buah sensor yang akan digunakan, yang bila dikelompokkan menjadi 3 jenis berdasarkan karakteristik sinyal yang dihasilkan, sehingga akan diperlukan 3 jenis rangkaian pengkondisi sinyal.

- Modul Signal Conditioning

Modul *Signal Conditioning* berfungsi untuk menyesuaikan level sinyal dari sensor sebelum diterima oleh modul indikator maupun oleh sistem mikrokontroler. *Signal Conditioning Module* menerima sinyal dari *Power Supply* dan sensor. Setelah melalui serangkaian penyesuaian akan memberikan sinyal ke *Indicator Module* dan *Microcontroller Module*. Ada 3 jenis model pengkondisian sinyal untuk sensor:

- pengkondisi 1: untuk sensor opto1 dan opto2
- pengkondisi 2: untuk kondisi door (pintu) dan emergency
- pengkondisi 3: untuk posisi limit switch seling sumber dan checker

- Modul indikator

Modul ini berfungsi untuk menampilkan secara visual kondisi perangkat brakiterapi, yang diberikan oleh komponen sensor yang ditempatkan pada posisi-posisi tertentu. Lampu LED digunakan untuk menampilkan kondisi dari beberapa parameter penting. Sehingga operator akan mengetahui secara cepat apakah perangkat brakiterapi masih bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

- Modul Key switch & Emergency stop

Modul ini terkait dengan mekanisme pengaman yang tersedia untuk mengoperasikan perangkat brakiterapi. Apabila *key switch* belum diaktifkan, maka perangkat brakiterapi belum bisa beroperasi. Apabila *emergency stop* diaktifkan, maka



perangkat brakiterapi akan menjalankan suatu mekanisme pengamanan sumber sehingga tidak membahayakan pengguna.

- Modul power supply

Modul ini menyediakan sumber tegangan DC maupun AC. Tegangan DC yang dihasilkan adalah +5VDC, +12VDC, +24VDC. Sedangkan tegangan AC yang tersedia adalah 220VAC.

- Komputer

Komputer berfungsi sebagai sumber pusat data untuk menjalankan perangkat brakiterapi dan pemantau proses terapi yang dijalankan oleh modul mikrokontroler.

- Modul komunikasi

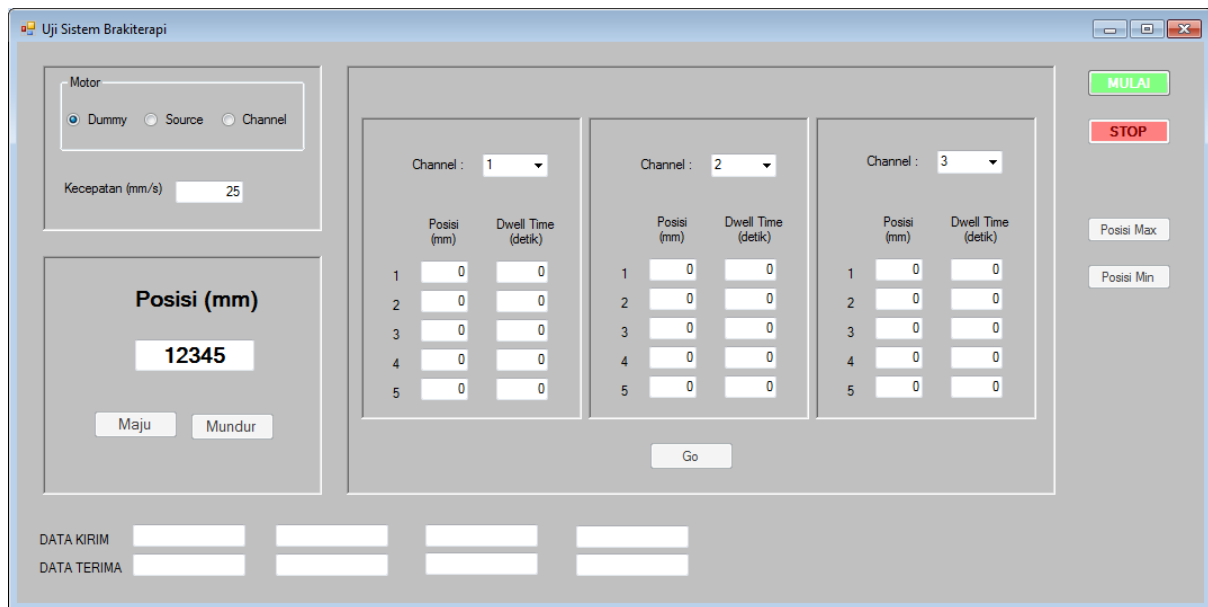
Merupakan modul yang menyesuaikan level sinyal antara *microcontroller module* dengan komputer menurut standar RS232 maupun RS485.

3.3 INTERFACE TPS-TDS

Data untuk pengoperasian perangkat brakiterapi (TDS) bergantung pada piranti lunak TPS yang merupakan hasil diagnosa terhadap kondisi dan penyakit pasien. Untuk sementara ini, software TPS yang digunakan adalah BrachyPlan 2.6. Piranti lunak untuk membaca data keluaran dari TPS ini telah disiapkan. Program dikembangkan dengan Vbasic 5. Program inti berupa subprogram yang dapat membaca file keluaran TPS. Program lengkap dan contoh eksekusi dapat dilihat pada Laporan Teknis^[2].

3.4 PENGUJIAN

Setelah masing-masing modul menjalani pengujian secara terpisah dan berhasil dengan baik, tahap berikutnya adalah pengujian menyeluruh dengan mengintegrasikan sistem mekanik dan sistem instrumentasi. Pengujian dilakukan dengan mengisi form tampilan (hasil pemrograman) seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian pengendalian putaran motor

Terdapat tiga jenis pengujian yang dilakukan yaitu pemilihan *channel*, kepresisian dan kecepatan. Untuk pemilihan *channel*, pengujian dilakukan dengan memindahkan jalur seling sesuai *channel* yang diinginkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua *channel* dapat dipilih dan dilalui oleh seling. Untuk kepresisian, sesuai dengan perhitungan desain dengan mempertimbangkan karakteristik motor dan dimensi penggerak, untuk menggerakkan 1 mm dibutuhkan 14 pulsa. Dengan demikian, satu pulsa bersesuaian dengan 1/14 mm. Namun demikian pengukuran kepresisian di lapangan menjumpai kendala. Pemberian satu pulsa pada motor, pergerakan ujung seling sulit untuk diamati karena hanya bergerak 0,1 mm. Namun setelah pemberian 14 kali pulsa, ujung seling telah bergeser 1 mm. Ini menunjukkan bahwa ketelitian sumber adalah $\pm 0,1$ mm. Terkait kecepatan, kekuatan torsi motor diindikasikan menurun seiring dengan kecepatan. Dengan konfigurasi yang ada di mana beban utama berupa belt dipasang, motor masih berputar hingga kecepatan 2 putaran per detik atau setara dengan kecepatan seling lebih dari 700 mm/detik.

5. KESIMPULAN.

Telah dilakukan kegiatan penyempurnaan dan uji fungsi perangkat brakiterapi dosis sedang. Kegiatan diawali dengan evaluasi prototip awal yang dilakukan dengan



menganalisis kinerja prototip hasil kegiatan 2011. Berawal dari evaluasi ini, berbagai revisi desain, perbaikan konstruksi, penambahan komponen dan perakitan ke dalam modul-modul dilakukan untuk meningkatkan kinerja prototip awal. Pengujian dilakukan secara menyeluruh di mana modul-modul mekanik dan modul-modul instrumentasi diuji secara bersamaan. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, prototip awal perangkat brakiterapi dosis sedang telah berfungsi dengan baik. Seling pembawa sumber isotop dapat diprogram untuk melalui channel-channel yang diinginkan. Posisi sumber di ujung seling dapat dikendalikan dengan ketelitian tinggi $\pm 0,1$ mm berkat kinerja motor stepper melalui mekanisme dorong dan tarik pada seling. Dengan kondisi beban riil berupa belt, motor masih mampu bergerak dengan kecepatan 2 putaran per detik atau setara dengan 700 mm/detik.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih diucapkan kepada seluruh "Tim Brakiterapi" yang telah turut berpartisipasi dalam menuntaskan kegiatan perekayasa perangkat brakiterapi dosis sedang. Ucapan terima kasih juga diarahkan pada Kementerian Riset dan Teknologi yang telah menyetujui dilaksanakannya kegiatan ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

1. SATMOKO A., Perekayasa Perangkat Loading-unloading Isotop Brakiterapi untuk Penyembuhan Kanker Servik, Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Batan-RPN-L-2011-010072, 24 Oktober 2011
2. SATMOKO A., HARJANTO T., MASBATIN PUTRA I., WAHYUNI Z. I., DAN NURKHASAN , Penyempurnaan dan Uji Fungsi Perangkat Brakiterapi Dosis Sedang Kanker Servik, Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Batan-RPN-TR-2012-05, 15 Oktober 2012

TANYA JAWAB

Pertanyaan

1. Sebelum disempurnakan hasilnya bagaimana setelah dilakukan hasilnya seperti apa? (GUNARWAN PRAYITNO)



2. Prototipe apa yang sedang diuji? (GUNARWAN PRAYITNO)
3. Persyaratan prototipe bagaimana, apakah ada tabel sebelumnya?
(GUNARWAN PRAYITNO)
4. Kendala apa dalam pengerjaan kegiatan ini sarana dan prasarana?
(GUNARWAN PRAYITNO)
5. Apakah dalam pengujian sudah dilkaukan travelling sling sampai keujung aplikator? Kecepatan travelling berapa? BANDI PARAPAK

Jawaban

1. Terjadi gerakan sling sering mengalami kemacetan, setelah diperbaiki menjadi mulus gerakannya
2. Prototipe awal hasil 2011 yang telah diperbaiki ditahun 2012.
3. Persyaratan dsain gerakan posisi 1 mm dan kecepatan 450 m/s. Ditahun pertama dan kedua ada evaluasi detail yang menghasilkan sejumlah permasalahan
4. Prototipe membutuhkan presisi tinggi, idealnya difabrikasi dengan mesin CNC.
5. Kecepatan travelling bisa 700 mm/s. Namun jarak yang ditemuh belum dari posisi standby ke aplikator hal ini disebabkan karena selingnya yang digunakan sudah tidak mulus sepanjang 1800 mm.