

UJI FUNGSI PROTOTIP PERANGKAT MEKANIK BRAKITERAPI MDR-Ir192-IB10

Tri Harjanto, Indarzah M, Ari Satmoko

Pusat Perangkat Nuklir Dan Rekayasa-BATAN
Kawasan Puspiptek Gedung 71 Serpong, Tangerang Selatan 15310,
Indonesia, Telp. (021) 7560562 ext. 2093. (021)7560896 Fax. : (021)756092
E-mail untuk korespondensi : harjanto5999@yahoo.com

ABSTRAK

UJI FUNGSI PROTOTIP PERANGKAT MEKANIK BRAKITERAPI MDR-Ir192-IB10. Telah dilakukan uji fungsi prototip sistem mekanik perangkat brakiterapi MDR-Ir-192-IB10, untuk mendapatkan data kesesuaian antara persyaratan disain dengan hasil prototip yang telah dibuat. Perangkat ini merupakan prototip hasil rancang bangun PRPN-Batan yang bertujuan untuk terapi kanker. Serangkaian uji perangkat brakiterapi harus dilakukan untuk memperoleh data unjuk kerja. Perangkat brakiterapi merupakan integrasi dari sistem yang terdiri dari komponen sumber radiasi, sistem mekanik dan software kontrol serta treatment planning system (TPS). Pada uji fungsi ini yang diamati adalah unjuk kerja integrasi sumber radiasi dengan sistem mekanik dengan tolok ukur ketepatan perintah software pada distribusi channel, kecepatan sumber diharapkan 35 mm/detik dan ketepatan posisi simpangan diharapkan maksimum 1 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketepatan perpindahan distributor channel sesuai rancangan, kecepatan sumber hasil pengamatan antara 15 mm/dt sampai 20 mm/detik masih dibawah kecepatan yang diharapkan, sedangkan ketepatan posisi cukup baik kurang dari 1 mm.

Kata kunci : Uji fungsi, Prototip, Brakiterapi, Perangkat mekanik, Ir-192

ABSTRACT

FUNCTION TEST OF MDR-Ir192-IB10 BRACHITERAPY MECHANICAL DEVICE. *Function Test of MDR-Ir192-IB10 Brachytherapy Mechanical Device has been done to obtain data compatibility between design requirements with prototypes that have been made. This device is a prototype design result of PRPN-Batan aimed for cancer therapy. Test series must be made to obtain performance data of Brachytherapy device. Brachytherapy device is an integration system consisting of a radiation source components, mechanical systems and control software as well as treatment planning system (TPS). Radiation source mechanical system with precision benchmark software commands in the distribution channel integration performance at this function tests were observed, 35 mm/sec expected source velocity and 1 mm maximum expected deviation position accuracy. The results show that accuracy of the displacement is corresponding with channel distributor design, 15mm/sec to 20mm/sec source velocity observed is still below the expected rate, while less than 1mm position accuracy is quite good.*

Key word : function test, Prototype, Brachiterapy, Mechanical device, Ir-192.

PENDAHULUAN

Salah satu pemanfaatan teknologi nuklir di bidang kedokteran adalah pemanfaatan sumber radiasi (isotop) untuk terapi kanker yang disebut dengan brakiterapi. Brakiterapi menggunakan sumber radiasi tertutup dengan aktivitas tinggi yang digunakan untuk menyinari langsung focus ditengah jaringan kanker dengan dosis tinggi

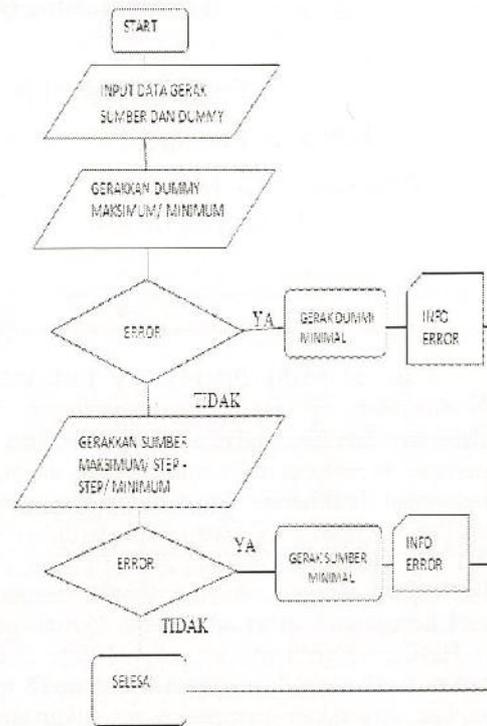
dan pada jaringan normal dan sekelilingnya dosis rendah. Penggunaan dosis tinggi dimaksudkan untuk mematikan sel kanker tetapi jaringan normal diharapkan tidak rusak. Brakiterapi merupakan sistem yang dirancang untuk dapat membentuk konfigurasi penyinaran yang sesuai dengan bentuk dan volume yang diinginkan oleh dokter. Sistem tersebut dinamakan sistem remote after loading

therapy yang memungkinkan pemberian laju dosis tinggi pada volume target sebesar 30 - 40 Gy/hari (1.2 - 1.8 Gy/jam) pada MDR (*medium dose rate*), dan 1 - 5 Gy/min (60 - 300 Gy/jam) pada HDR (*high dose rate*)⁽¹⁾.

Dalam rangka kemandirian di bidang kedokteran nuklir khususnya brakiterapi, maka PRPN-Batan di Puspipetek Serpong telah melakukan perekayasa perangkat nuklir brakiterapi jenis MDR tipe MDR-Ir-192-IB10. Secara umum perangkat brakiterapi tersebut terdiri dari sistem mekanik dengan sistem kontrolnya, software isodosi serta fasilitas perlindungan radiasi. Isotop Ir-192 sebagai sumber radiasi telah dibuat sendiri di PRR-Batan dengan menggunakan fasilitas irradiasi di RSG-GA Siwabessy. Perangkat brakiterapi ini dirancang dan di buat sendiri dengan material dan komponen yang terdapat di dalam negeri. Agar supaya sebuah prototip perangkat nuklir dapat digunakan ke masyarakat secara luas diperlukan tahapan-tahapan pengujian yang masing-masing tahapan perlu diuji fungsi dan dievaluasi kekurangan-kekurangannya untuk penyempurnaan kemudian.

Prinsip kerja sistem brakiterapi secara umum adalah pengendalian gerakan seling *dummy* dan sumber secara bergantian. Sebelum sumber dioperasikan maka *dummy* dioperasikan terlebih dahulu untuk memastikan bahwa sistem mekanik maupun sistem kontrol tidak ada masalah. Pergerakan seling dilakukan oleh modul komponen penggerak seling. Satu ujung seling digulung pada modul ini, sedang ujung yang lain dipasang sumber radiasi atau *dummy* berada pada tengah-tengah kontainer. Di depan kontainer dipasang sistem pemilih *channel* yang dilakukan oleh modul *distributor channel*. Pada modul ini sumber atau *dummy* diarahkan posisinya pada *channel* yang dituju. Penggerak pemilih *channel* dilakukan oleh motor *stepper* dengan *hollow shaft* yang dikontrol oleh program yang telah dibuat khusus untuk pengendalian posisi dan nomor *channel* yang akan dilalui sumber. Pada *distributor channel* disambung dengan beberapa *transfer tube*, yang jumlahnya sesuai kebutuhan dan maksimum didisain 12 *channel*. Pada *transfer tube* ini seling disalurkan menuju *aplikator*. *Aplikator* merupakan ujung saluran yang berfungsi untuk memposisikan sumber radiasi sesuai bentuk kanker yang diterapi⁽²⁾.
Diagram alir sistem pengendali

Pengendalian pergerakan sumber radiasi dilakukan oleh modul kontrol yang mengeksekusi data dari komputer. Diagram alir program ini ditunjukkan pada Gambar 1.

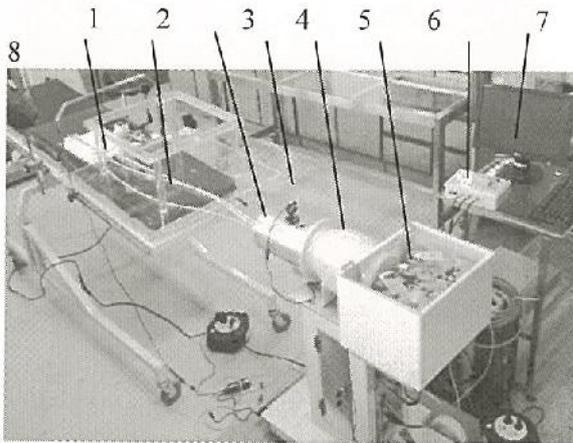


Gambar. 1. Diagram alir sistem kontrol

Program dimulai dengan memasukkan *input* data saluran (*channel*) yang dituju, kemudian *input* kecepatan, *input* jarak maksimum, *input* jarak yang diatur *step-step* dan waktu berhenti sesuai dengan perhitungan *treatment planning system* (TPS). Perhitungan TPS dapat dilakukan dengan komputer tersendiri atau dapat pula terintegrasi dengan perangkat mekaniknya. Pada sistem ini TPS belum dibuat terintegrasi. *Input* program untuk *dummy* terdiri dari posisi jarak maksimum, posisi minimum dan posisi *channel*. *Dummy* difungsikan sebagai *checker*, yaitu mengecek saluran apakah ada hambatan atau tidak. Jika tidak ada hambatan maka sistem langsung melaksanakan gerakan sumber sesuai program. Jika terjadi hambatan maka sistem memberikan informasi *error* dan *dummy* kembali ke posisi minimum dan selesai. Jika terjadi *error* pada gerakan sumber maka dimungkinkan untuk kembali ke posisi minimum dan memberikan informasi kesalahan.

Uji Fungsi

Bentuk fisik prototipe perangkat mekanik brakiterapi dalam posisi uji ditunjukkan pada Gambar 2.



- Keterangan:
- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 1. Posisi pengukuran | 5. Kontainer |
| 2. Transfer tube | 6. Modul penggerak sumber |
| 3. Distributor channel | 7. Kontrol manual |
| 4. Kamera | 8. PC perangkat kontrol |

Gambar 2. Perangkat Brakiterapi Posisi uji

Spesifikasi prototip perangkat mekanik brakiterapi adalah sebagai berikut:

Spesifikasi umum :

- | | |
|------------------------------|----------------|
| Panjang (tanpa tranfer tube) | : 900 mm |
| Panjang dengan tranfer tube | : 2030 mm |
| Panjang dengan tranfer tube | : 460 mm |
| Panjang dengan tranfer tube | : 900 mm |
| Lebar | : 100,8 kg |
| Tinggi | : 150 kg |
| Berat kontainer | : 2012 |
| Berat total | |
| Tahun pembuatan | : 100 Watt, |
| Power suply : | : 220 Volt, 50 |
| Daya listrik | Hz |
| Tegangan Input | |
| Spesifikasi sumber : | : Ir-192 |
| Jenis sumber | : 10 Ci |
| Aktivitas | : 2035 mm |
| Panjang sling dan sumber | : 1.00 mm |
| Diameter sumber | |

Diskripsi alat :

Nama alat : Sistem Mekanik Brakiterapi Medi
Dosc Rate Tipe MDR-2010

Dibuat Oleh : Pusat Rekayasa Perangkat nuklir

Alamat : Kawasan Puspipstek Gedung 71 Serpong, Tangerang selatan 15310, Indonesia, Telp. (021) 7560562 ext. 2093. (021)7560896 Fax. : (021)756092,

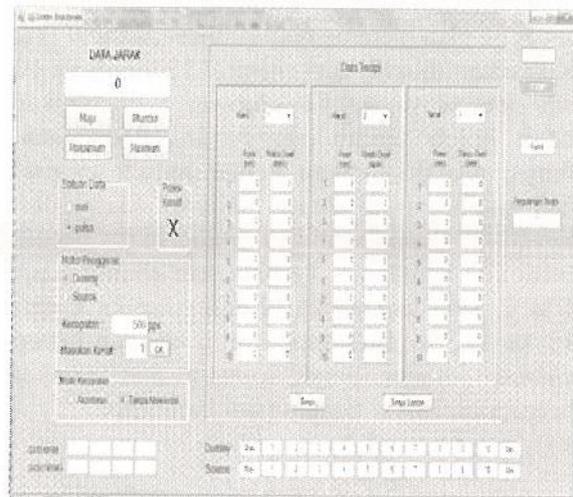
Tahun pembuatan : 2012

Persyaratan fungsi umum

1. Distributor channel dapat memposisikan channel sesuai dengan input program.
2. Modul penggerak sumber berfungsi untuk mendorong sumber dari container pengaman menuju aplikator dan menarik sumber dari aplikator kembali ke container pengaman.
3. Seling checker berfungsi untuk memastikan bahwa pergerakan sumber pada saat proses terapi dapat berlangsung tanpa hambatan.
4. Modul penggerak sumber harus dapat mengirimkan sumber ke aplikator dengan kecepatan 35 mm/detik.

TATA KERJA

Operasional perangkat berdasarkan perintah di dalam program PC yang sudah di integrasikan dengan *microprosesor* pengendali motor. Pengoperasian mengisi program sesuai perintah yaitu sesuai pengamatan yang diinginkan (Gambar 3). Tampilan program pengendali brakiterapi.



Gambar 3. Tampilan program pengendali brakiterapi.

Alat dan bahan yang digunakan

- | | |
|---|---------------------|
| 1. Unit brakiterapi | 5. Penggaris 300 mm |
| 2. Seling dummy | 6. Kertas milimeter |
| 3. Seling sumber | 7. Kamera |
| 4. Tubing kaca diameter 2 mm, panjang 30 mm | 8. Stop watt |

1. Pengujian distributor channel

Untuk pengujian distributor channel, data diisikan sesuai menu program pengendali (Gambar 3). Di dalam modul *distributor channel* ada bagian mekanik yang berputar dan bagian yang tidak berputar. Bagian yang berputar mempunyai fungsi membimbing gerakan seling sumber yang dikontrol oleh *indekser*. Gerakan putar dilakukan oleh motor *stepper yang prinsip kerjanya berdasarkan electromagnet*. Ketika electromagnet pertama diberi *power*, membuat gigi gear secara magnetis tertarik. Kemudian ketika elektromagnet yang kedua diberikan *power*, maka gear juga akan tertarik ke electromagnet yang kedua. Proses ini berulang untuk seluruh electromagnet pada motor. Tiap rotasi kecil tersebut disebut dengan *step*. Dengan mengetahui jumlah *clock*, dan jumlah *step* yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali putaran kita dapat mengontrol motor dengan tepat⁽³⁾. Bagian tak berputar memiliki komponen yang terdiri *channel-channel* keluaran. Dengan memasukkan program yang terintegrasi dengan *distributor channel* dan *indekser* maka setiap kali mesin on maka saluran akan selalu pada *channel* no 1 dan dengan otomatis di uji untuk pindah ke *channel* 2, 3, 4 dan seterusnya sampai *channel* 12. Kemudian dibalik dari *channel* 12 ke 11 ke 10 dan seterusnya sampai *channel* 1 diharapkan tidak boleh terjadi pergeseran. Persyaratan fungsi adalah gerakan keluar masuk *dummy* dan sumber pada setiap *channel* mulai dari kontainer tetap sampai aplikator harus lancar tidak ada hambatan. Perpindahan *channel* dari 1 ke 2, ke 3 sampai ke 12 dan sebaliknya dari 12 ke 11, ke 10 sampai ke 1, dengan setiap *channel* dilalui gerak *dummy* dan sumber bergantian lancar tidak terjadi hambatan.



Gambar 4. Head Distributor Channel

2. Pengujian kelancaran saluran dan ketepatan kecepatan antara input dan output.

Pengujian kelancaran dengan saluran dilakukan sekaligus pengukuran ketepatan antara input program dengan kecepatan sebenarnya. Pada pengukuran tersebut penataan perangkat dilakukan sebagaimana ditunjukkan pada gambar no.2. Pengukuran kecepatan dilakukan sepanjang *transfer tube* yang tampak transparan. Proses perjalanan *dummy* dan sumber menuju aplikator adalah sebagai berikut: *Dummy* dan sumber berupa seling stainless steel yang ujungnya dilas dengan kapsul yang berisi sumber radiasi untuk sumber sedang untuk *dummy* tidak diisi. *Dummy* dan sumber ujung ekornya seling diikat pada roller penggerak. Mula-mula *dummy* dan sumber tersimpan dalam modul kontainer sumber (nomor 5), kemudian *dummy* didorong oleh penggerak (no. 6) dengan motor stepper menuju distributor channel (no. 3) yang akan diarahkan ke- arah *channel* sesuai nomor yang ditentukan. Spesifikasi motor stepper adalah merk *autonics tipe A50K-S566(W)-G10* yang mempunyai $step\ 0,072^{\circ}$, artinya setiap pulsa menghasilkan gerakkan putar sebesar $0,072^{\circ}$ sehingga satu putaran dibutuhkan $360^{\circ} : 0,072^{\circ} = 5000$ pulsa⁽⁶⁾. Selanjutnya perubahan kecepatan putar menjadi translasi dilakukan oleh drum roller pengguling seling, dengan ujung seling yang terdapat sumber radiasi dituntun ke-arah tangensial oleh *tubing* menuju aplikator (no1). Aplikator no. 1 (digantikan tubing kaca dengan skala mm). Sebagai pengendali digunakan box kontrol no. 7 dan perangkat komputer no. 8. Selesai pengukuran dengan *dummy* kemudian secara otomatis bergantian dengan sumber.

Kecepatan perjalanan sumber diatur dengan variabel jumlah input pulsa, mulai dari

kecepatan rendah sampai maksimum dengan mengatur frekuensi pulsa pada motor. Pengukuran kecepatan sebenarnya dilakukan dengan mengukur waktu tempuh dari posisi awal pada titik yang ditentukan sampai titik posisi akhir sehingga kecepatan dapat ditentukan yaitu⁽⁴⁾:

$$t = S/V \quad (1)$$

dengan

t = Waktu penghantaran sumber (dt)
 S = Jarak yang ditempuh sumber (mm)
 V = Kecepatan sumber dalam satuan mm/detik.

Selanjutnya kecepatan divariasikan dengan input pulsa mulai dari 500 sampai 2700 pulsa, dengan penambahan 100 pulsa setiap pengukuran. Jarak yang ditempuh sumber secara teoritis adalah sebagai berikut:

$$S = \pi D n \quad (2)$$

dengan

S = Jarak yang ditempuh sumber (mm)
 D = Diameter drum roller mm,
 n = putaran motor *stepper*
 Kecepatan sumber teoritis

$$V = SS/t \quad (3)$$

dengan

V = Kecepatan sumber dalam satuan mm/detik.
 S = Jarak yang ditempuh sumber (mm)
 t = Waktu tempuh (detik)

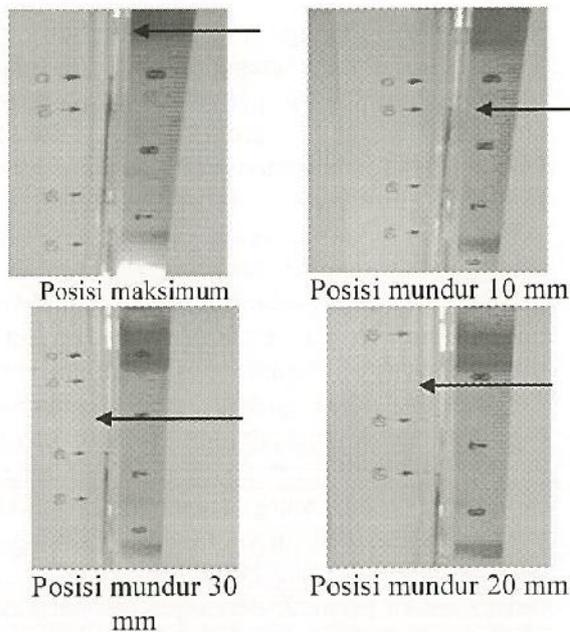
Berdasarkan data disain, kedalaman alur seling adalah 1 mm, diameter luar drum roller 113 mm, sehingga diameter drum adalah diameter luar drum dikurangi ½ kali diameter sling. Diameter luar drum 113 mm, diameter sling 1 mm sehingga diameter *pith* adalah $113 - 2 \times 0,5 \text{ mm} = 112 \text{ mm}$. jadi misalnya untuk 500 pulsa perdetik maka kecepatan = $(500 / 5000) (3,14 \cdot 112 \text{ mm}) = 35,16 \text{ mm/dt}$, selanjutnya setiap perubahan *input* pulsa ditabelkan. Dimungkinkan adanya perbedaan pada kedua data ini maka diperlukan koreksi sehingga perbedaan dapat diminimalkan.

3. Pengukuran ketepatan posisi sumber

Pengukuran ketepatan posisi dilakukan untuk meminimalkan perbedaan jarak posisi sumber yang diprogramkan dengan kenyataannya. Pengukuran posisi yang dimaksud adalah jarak yang di perintahkan/*input* kedalam sistem *software* dibandingkan dengan jarak sebenarnya hasil pengukuran. Jarak secara teoritis ditunjukkan pada Persamaan (2). Pada program komputer diberikan *input* berupa posisi jarak yang diinginkan dari posisi yang ditentukan misalnya posisi maksimum. Dalam proses eksekusinya input jarak tersebut diterjemahkan ke dalam pulsa yang menentukan jumlah putaran motor oleh microprosesor, sehingga perlu dicek seberapa besar perbedaan yang terjadi antara perintah dari input dengan hasil pengukuran. Langkah pengukuran dilakukan sebagai berikut:

- a. Seting posisi ujung channel 1 yang akan dilakukan pengukuran
- b. Memasukkan data ke software diantaranya:
 - i. Panjang langkah maksimum dan kecepatan
 - ii. Lama berhenti pada posisi maksimum (detik)
 - iii. Langkah mundur 10 mm, lama berhenti 5 detik
 - iv. Langkah mundur 30 mm, lama berhenti 5 detik
 - v. Langkah mundur 20 mm, lama berhenti 5 detik
 - vi. Kembali posisi simpan
- c. Pengukuran panjang langkah maksimum dummy dan sumber
 - i. Pengukuran langkah mundur 10 mm
 - ii. Pengukuran langkah mundur 30 mm
 - iii. Pengukuran langkah mundur 20 mm
- d. Diulang sampai 10 kali
- e. Dengan cara yang sama dengan langkah 1-4 dilakukan untuk channel 2 dan 3.

Pengukuran dilakukan pada ujung transfer tube posisi sumber maksimum, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengukuran posisi sumber

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan keandalan perpindahan channel.

Sebagai tolok ukur keandalan perpindahan channel diamati secara fisik saat operasional dengan mengamati proses operasional apakah ada hambatan atau tidak (lihat Tabel 1).

Tabel 1. Uji keandalan perpindahan posisi

No Channel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Unjuk kerja	oke											
No Channel	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Unjuk kerja	oke											

Hasil pengamatan operasional semua sistem kontrol dan kendali telah berjalan dengan baik pada kecepatan maksimum 200 mm/detik. Hal ini ditandai dengan kinerja transfer channel dioperasikan terus menerus dengan perpindahan channel 1, 2 dan 3 maupun perjalanan seling dummy dan sumber sebanyak masing-masing 10 kali atau total perjalanan seling 60 kali bolak balik dengan kecepatan kurang lebih 200 mm/dt tidak mengalami gangguan. Pada kecepatan melebihi kecepatan tersebut kemampuan motor menurun sehingga terjadi getaran dan penurunan kecepatan.

Pengujian ketepatan posisi
 Hasil pengamatan dapat diringkas sebagai berikut:

Tabel 2. Pengukuran Ketepatan posisi lintasan channel 1,2 dan 3 pada kecepatan 150 mm/detik

SUMBER								
CHANNEL 1			CHANNEL 2			CHANNEL 3		
INPUT	PENGUKURAN	SELISIH	INPUT	PENGUKURAN	SELISIH	INPUT	PENGUKURAN	SELISIH
10	10,0	0,0	10	10,0	0,0	10	10,0	0,0
30	29,5	0,5	30	29,5	0,5	30	29,5	0,5
20	19,5	0,5	20	19,5	0,5	20	19,0	1,0

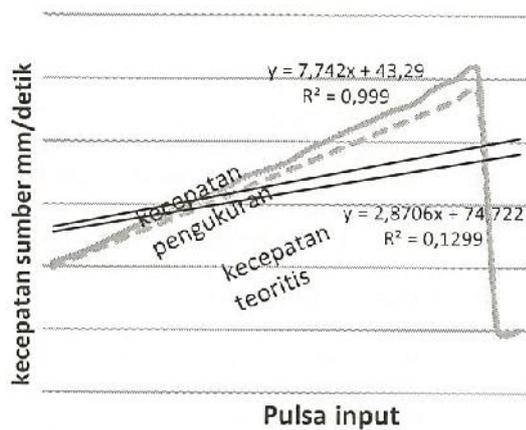
Pada pengukuran akurasi posisi pada sumber terjadi selisih jarak antara perintah inputan dengan pengukuran langsung pada channel 1 Untuk jarak inputan 10 mm hasil pengukuran menunjukkan 10 mm berarti tepat sama. Pada jarak input 30 mm hasil pengukuran 29,5 mm ada perbedaan sebesar 0,5 mm. Pada jarak input 20 mm hasil pengukuran 19,5 mm, terjadi perbedaan sebesar 0,5 mm. Pengukuran pada channel 2 hasilnya sama dengan channel 1. Pada pengukuran channel 3 selisih pada pergerakan 30 mm 0,5 mm dan pada pergerakan jarak 20 mm selisihnya 1,0 mm. Jadi pada percobaan ini selisih terbesar pada pergerakan channel 3 sebesar 1 mm.

Uji kecepatan gerakan seling sumber

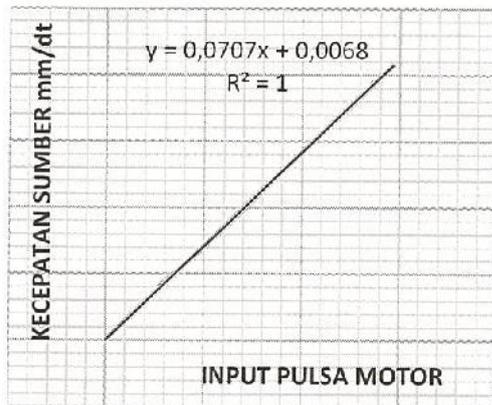
Pengukuran kecepatan dilakukan dengan mengukur waktu tempuh sumber pada jarak tertentu. Selanjutnya kecepatan dihitung berdasarkan formula no. 1. Selanjutnya kecepatan dibandingkan dengan kecepatan secara teoritis melalui perhitungan. Hasil pengukuran kecepatan dan hasil perhitungan dibuat grafik gambar no. 6. Dari grafik tersebut terlihat bahwa kecepatan teoritis lebih kecil dari pada kecepatan hasil pengukuran. Perbedaan cenderung linier dan semakin besar kecepatan perbedaan semakin besar. Oleh karena itu pada program inputan didalam software komputer perlu dikoreksi dengan menambahkan input pulsa sesuai selisih tersebut.

Berdasarkan spesifikasi motor stepper yang digunakan bahwa setiap steep pergerakan putaran sebesar $0,072^{\circ}$, sehingga satu putaran dibutuhkan $360^{\circ} : 0,072^{\circ} = 5000$

pulsa. Selanjutnya perubahan kecepatan putar menjadi translasi dilakukan oleh drum roller dengan diameter 113 mm. Adanya alur seling sedalam 1 mm maka diameter diambil $113 - 2 \times 0,5 \text{ mm} = 112 \text{ mm}$. Misal untuk 500 pulsa perdetik maka kecepatan = $(500 / 5000) (3,14 \cdot 112 \text{ mm}) = 35,16 \text{ mm/dt}$. Koreksi dibuat langsung dari grafik gambar no 7. sehingga dalam program software operator sudah mengikuti input sesuai dengan yang diinginkan^[5].



Gambar 6. Grafik kecepatan teoritis dan kecepatan pengukuran



Gambar 7. Grafik hubungan input pulsa VS kecepatan teoritis yang telah dikoreksi

KESIMPULAN

Kincir distributor *channel* cukup baik, tidak terjadi kesalahan dari rangkaian pengujian, sesuai dengan persyaratan disain. Pada pengujian ketepatan posisi sumber antara input program dengan pengukuran berkisar antara 0 mm sampai 1 mm, perlu dilakukan koreksi inputan program. Pada uji kecepatan input program dengan hasil pengukuran terdapat selisih cukup kecil dan cenderung

linier, maka inputan kecepatan program dikoreksi dengan menambahkan pulsa sesuai gambar grafik no.7. Dari segi kecepatan sumber perangkat ini belum memenuhi kriteria disain yang diharapkan yaitu kecepatan sekitar 370 mm/detik, sedangkan pada perangkat ini kecepatan maksimum sebesar 20 mm/detik sehingga masih perlu ditingkatkan kecepatan dan keandalan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

1. Al In Gerbault DKK, -The GEC Estro Handbook of Brachytherapy, ISBN-90-804532-6, (2002)
2. Arisatmoko. dkk, Rancang Bangun Modul Mekanik Penggerak Sumber Radioisotop Pada Prototip Awal Perangkat Brakiterapi Kanker Servik Dosis Sedang, Laporan Akhir Blog Grand, PRPN-BATAN. (2012)
3. Masbatin I. P, Technical note TN04-WP02-WBS0-RPN-2010-440202. (2011)
4. Harjanto T., Masbatin I. P. dan Satmoko A., dkk., -Penentuan Nilai Koreksi Kecepatan Teoritis Pada Sistem Mekanik Brakiterapi MDR Ir-192 IB-10", Prosiding Seminar Penelitian Dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan Yogyakarta.(2013)
5. Autonics Manual, Geared Type 5 Phase Stepping Motor, tipe A50K-S566(W)-G10, Autonics. (2012)
6. Aminanto, Dasar Motor Stepper, Posted on 3/18/2011, diakses Pebruari (2012).