

## **SIMULASI KENDALI POSISI SAMPEL DAN TAMPILAN PADA ALAT RIA BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S8252**

**SURAKHMAN\*; NUGROHO TRI SANJOTO, PERMADI WW\*\***

*\*Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-BATAN*

*Jl. Babarsari Kotak Pos 1008,DIY 55010*

*Telp. 0274.489716, Faks.489715*

*\*\*Mahasiswa STTN – BATAN Jl. Babarsari Yogyakarta*

*email : surahman@sttn-batan.ac.id*

### ***Abstrak***

**SIMULASI KENDALI POSISI SAMPEL DAN TAMPILAN PADA ALAT RIA BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S8252.** Telah dirancang dan dibuat suatu alat kendali posisi sampel dan tampilan pada alat RIA berbasis mikrokontroler AT89S8252. Alat ini dirancang dengan motor stepper yang dapat diatur dari keypad dengan tujuan untuk memudahkan operator dalam meletakkan serta mencacah sampel tanpa harus mencacah hasil. RIA adalah alat pencacah suatu sampel yang telah diberi radiofarmaka, dengan menggunakan metode invitro yang kemudian hasil cacah tersebut dibandingkan dengan standar dari hasil perbandingan tersebut akan diperoleh suatu informasi tertentu. Pada penelitian ini dibuat pengendali putaran motor stepper dan pencacah menggunakan mikrokontroler AT89S8252 yang terdiri dari minimum sistem, keypad untuk memasukkan input dan kemudian diubah menjadi sinyal untuk mencacah dan memutar motor stepper, dan LCD sebagai penampil. Motor stepper yang digunakan mempunyai sudut putaran  $1.8^{\circ}$  tiap satu step. Dari hasil pengujian linearitas pencacahan diperoleh nilai regresi sebesar 0,999. Untuk pengujian penyimpanan diperoleh hasil bahwa data yang disimpan sama dengan yang dibaca. Dilakukan juga pengujian perhitungan data error untuk membandingkan perhitungan manual dengan perhitungan dari mikrokontroler. Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian putaran motor stepper, dari hasil pengujian didapat penyimpangan putaran motor stepper sebesar 2,8%.

*Kata kunci: Simulasi kendali posisi, Mikrokontroler*

### ***Abstract***

**SAMPLE POSITION CONTROL AND DISPLAY AT RIA DEVICE BASED ON MIKROKONTROLER AT89S8252 SIMULATION.** Have been designed and made by appearance an sample positioning control at RIA device base on microcontroller AT89S8252. RIA is sample counter device which have been given by radiofarmaca, by using method invitro which then the count result compared with standard value from the comparison result will be obtained an certain information. At this research constructed controller sample of motor stepper and counter apply microcontroller. AT89S8252 consisting of a minimum of system, key pad for entering input and then turned into by signal for count and turn around motor stepper, and LCD as display. Motor stepper which applied have angle of revolution of 1.8 degree every one step. From result of assaying of counter linearity obtained by regression value equal to 0,999. For assaying for storage obtained by result that same Save data with read. Done also assaying of calculation errors data for comparing calculation manual with calculation from microcontroller.. Assaying of performance of microcontroller is done to know performance of counter maximum from microcontroller. At this research also done assaying of revolution of motor stepper, from assaying result got aberration of revolution of motor stepper is 2,8%

*Keywords: Position control, Microcontroller.*

## PENDAHULUAN

Teknologi nuklir sekarang ini semakin berkembang seiring dengan meningkatnya pemanfaatan teknologi nuklir dalam berbagai bidang. Hal ini juga didukung dengan semakin berkembangnya teknologi. Pemanfaatan teknik nuklir terutama adalah yang bertujuan untuk kedamaian dan kesejahteraan telah banyak digunakan dan diaplikasikan. Salah satu contohnya adalah pemanfaatan teknik nuklir dalam bidang peternakan dan pertanian. Beberapa diantara hasil litbang dengan pemanfaatan teknik nuklir antara lain: pemanfaatan suplemen pakan yang dalam pembentukan formulasinya menggunakan teknik nuklir, dan pemanfaatan teknik perunutan dengan radio-isotop untuk pengukuran laju pencernaan pakan, komposisi daging, dan deteksi konsentrasi suatu hormon dengan cara pelabelan hormon radio-isotop spesifik yang akan menjadi topik utama bahasan dalam makalah ini.

Aplikasi teknik nuklir dengan teknik Radioimmuno Assay (RIA), khususnya RIA untuk mendeteksi hormon progesteron, merupakan satu cara untuk memberi dukungan dalam rangka peningkatan efisiensi reproduksi ternak, terutama yang berkaitan dengan adanya kelainan saluran reproduksi, dan dilakukan melalui deteksi konsentrasi hormon progesteron dalam susu atau serum. (totti ciptosumirat).

Saat ini, alat yang ada menggunakan sistem manual, artinya penempatan sampel dilakukan dengan manual satu persatu, kemudian dilakukan pencacahan serta tidak ada fasilitas memori sebagai penyimpan data. Agar operasi pada RIA ini berjalan dengan lancar maka diperlukan sistem otomatisasi. Pada dasarnya kendali yang bersifat *fleksibel* dan *portable* dan *programmable* dibutuhkan untuk teknologi nuklir. Hal ini mendorong untuk dilakukan penelitian menggunakan mikrokontroler sebagai alat kendali posisi sampel, serta LCD sebagai penampil pada pencacah RIA (Radio Immuno Assay). Untuk dapat membangun sistem kendali posisi sampel dan tampilan pada alat RIA dibuat suatu perangkat yang terdiri dari komponen-komponen mekanik, penyedia daya dengan tegangan rendah DC, rangkaian driver stepper motor, stepper motor, mikrokontroler, tombol keypad; dengan dibuat alat tersebut diharapkan

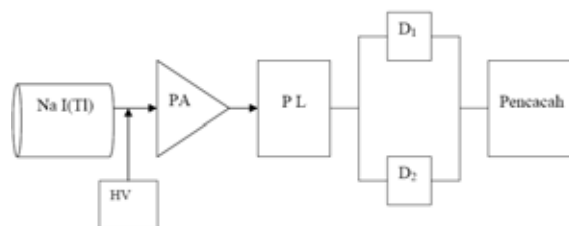
dapat membantu operator RIA dalam mencacah sampel tersebut.

## DASAR TEORI

Menurut WHO, kedokteran nuklir adalah cabang ilmu kedokteran yang menggunakan sumber radiasi terbuka dari radioisotop buatan untuk mempelajari perubahan fisiologik dan biokimia sehingga dapat digunakan untuk tujuan diagnostik yang dibagi dalam dua bagian yaitu secara *invitro* dan *invivo*. (www.detik.com).

Teknik RIA adalah termasuk studi *invitro*, pertama kali ditemukan pada tahun 1960 oleh Yallow dan Berson. Teknik ini digunakan untuk mengetahui kandungan zat biologik tertentu dalam tubuh yang jumlahnya sangat kecil, misalnya hormon insulin, tiroksin, enzim dan lain-lain. Prinsip pemeriksaan RIA adalah kompetisi antara antigen (bahan biologi yang diperiksa) dengan antigen radioaktif dalam memperebutkan antibodi yang jumlahnya sangat terbatas. Saat ini juga dikenal teknik lain yang serupa dengan RIA yang disebut *immunoradiometric assay* (IRMA). Dalam teknik ini yang ditandai dengan radioaktif bukan antigen, tetapi antibodinya (muklis akhadi). Radioisotop yang digunakan dalam teknik kedokteran nuklir berumur paro ( $T_{1/2}$ ) sangat pendek, mulai dari beberapa menit sampai beberapa hari saja. Di samping berwaktu paro pendek, juga berenergi rendah dan diberikan dalam dosis yang kecil, mengingat ada efek samping dari radiasi yang merugikan terhadap tubuh apabila radioisotop tersebut tinggal terlalu lama di dalam tubuh. Sistem pencacah RIA terdiri dari Detektor Scintilasi NaI(Tl), tegangan tinggi, penguat awal, penguat linier, Penganalisa saluran tunggal dan pencacah.

Blok diagram Pencacah RIA seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram RIA

### Detektor NaI(Tl)

Di dalam bahan kristal *sintilator* (NaI(Tl)) terdapat pita-pita yang dinamakan sebagai pita valensi dan pita konduksi yang dipisahkan dengan tingkat energi tertentu. Pada keadaan dasar *ground state*, seluruh elektron berada pada pita valensi, ketika kristal NaI(Tl) terkena radiasi terdapat kemungkinan bahwa energinya akan terserap oleh beberapa elektron di pita valensi sehingga meloncat ke pita konduksi. Beberapa saat kemudian elektron-elektron tersebut akan kembali ke pita valensi melalui pita energi bahan aktivator sambil memancarkan percikan cahaya. Jumlah percikan cahaya sebanding dengan energi radiasi yang diserap dan dipengaruhi oleh jenis bahan *sintilatornya*. (diktat petugas proteksi radiasi)

### Photo Multiplier Tube (PMT)

Tabung *photomultiplier* terbuat dari tabung hampa yang kedap cahaya dengan *photokatoda* yang berfungsi sebagai sensor cahaya pada salah satu ujungnya. *Photokatoda* yang ditempelkan pada bahan *sintilator*, akan memancarkan elektron bila dikenai percikan cahaya. Elektron yang dihasilkan akan diarahkan, dengan perbedaan potensial, menuju dinode pertama. Dinode tersebut akan memancarkan beberapa elektron sekunder bila dikenai oleh elektron.

Elektron-elektron sekunder yang dihasilkan dinode pertama akan menuju dinode kedua dan dilipatgandakan kemudian ke dinode ke tiga dan seterusnya sehingga elektron yang terkumpul pada dinode terakhir berjumlah sangat banyak. Dengan sebuah kapasitor kumpulan elektron tersebut akan diubah menjadi pulsa listrik. (diktat petugas proteksi radiasi)

### Catu Daya

Sumber tegangan yang digunakan dalam sistem ini ada dua macam yaitu tegangan untuk detektor dan tegangan rendah untuk rangkaian elektroniknya. Tegangan untuk detektor NaI(Tl) dirancang sedemikian rupa sehingga tegangan keluaran yang dihasilkan sesuai dengan tegangan kerja dari detektor NaI(Tl).

### Penguat Awal

Penguat awal untuk melakukan pembentukan pulsa pendahuluan, mencocokkan impedansi keluaran detektor dengan kabel signal masuk ke penguat (wisnu susetyo)

### Penguat Linier

Untuk memperkuat pulsa sampai amplitudo yang dapat dianalisis dengan alat pengalisi tinggi pulsa. kemampuan suatu penguat untuk memperkuat pulsa disebut dengan gain (Wisnu susetyo).

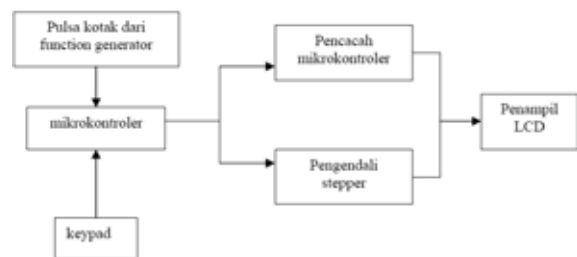
### Penganalisa Saluran Tunggal

Penganalisa salur tunggal mempunyai satu salur pencacahan yang dibatasi oleh suatu ambang (*threshold*) dan celah yang lebarnya dapat diatur, yang disebut jendela (*window*). Hanya pulsa-pulsa yang mempunyai tinggi amplitudo lebih besar dari pada harga ambang dan lebih kecil dari batas atas jendela yang dapat diteruskan menuju alat cacah.

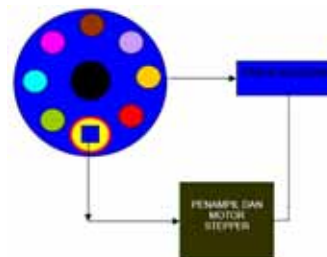
### TATA KERJA

#### Rancang Bangun dan Pembuatan Alat

Perancangan dan pembuatan pencacah RIA berbasis mikokontroler terdiri dari dua jenis, yaitu perancangan dan pembuatan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (program kendali mikrokontroler). Berikut ini adalah blok diagram perancangan pencacah RIA berbasis mikorokontroler :



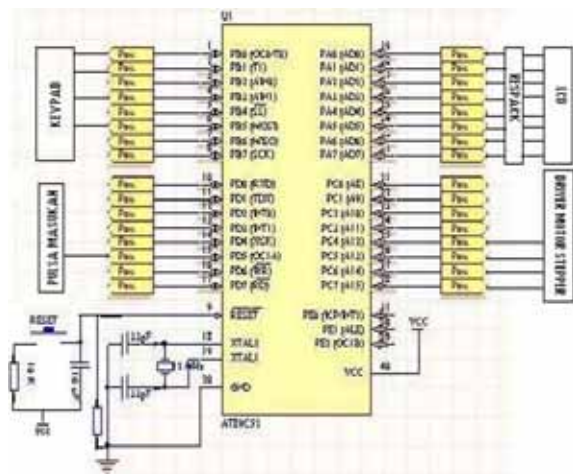
Gambar 2. Blok Diagram Perangkat Keras



Gambar 3. Perangkat Motor Stepper dan Tempat Sampel

## RANGKAIAN MIKROKONTROLER

Sistem minimum dilengkapi dengan komponen sebagai sumber clock dan rangkaian reset. Sumber clock merupakan penghasil detak berupa kristal dan dua buah kapasitor. Kristal yang digunakan adalah sebesar 12 MHz. Kristal tersebut kemudian dirangkai dengan kapasitor 30pF yang dihubungkan dengan pin XTAL1 dan XTAL2 mikrokontroler. Dengan frekuensi tersebut diharapkan dapat mengeluarkan pulsa sebanyak 12 M Hz per detik, yang berarti dalam 1 detik ada  $1 \times 10^6$  ( $12 \times 10^6 / 12$ ) *machine cycle*. Rangkaian reset berfungsi untuk mereset program, yaitu dengan menghubungkan pin reset dengan logika 1 atau 5 volt. Untuk memberikan reset awal pada mikrokontroler saat dinyalakan maka sebelum dihubungkan dengan 5 volt, tombol reset ditambah dengan kapasitor. Dan agar pengguna dapat mereset secara manual maka rangkaian reset diberi tombol push button switch. Pada system minimum ini, port 0 digunakan untuk LCD, Port 1 digunakan sebagai keypad, Port 2 digunakan untuk rangkaian driver pada motor stepper. Sedangkan port 3 sebagai counter yang berguna sebagai masukan untuk mikrokontroler.



Gambar 4. Rangkaian Mikrokontroler

## Rangkaian LCD

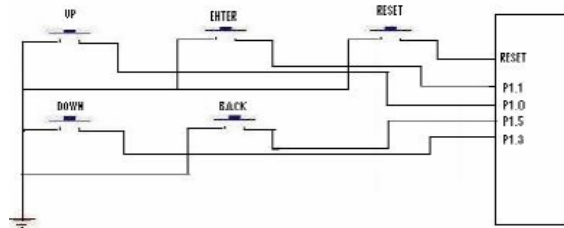
Dengan menghubungkan pin DB0 sampai DB7 pada Port 0.0 sampai Port 0.7 maka sinyal dari mikrokontroler dapat tertampil pada LCD. Proses ini diawali dengan inialisasi LCD yang dituliskan pada program. Dengan inialisasi tersebut data dapat terkirim dari Port 0.0 - Port 0.7 ke DB0-DB7,

pengiriman data ini dapat terjadi jika pin R/W terhubung ke *ground* dengan demikian LCD siap untuk menerima data.

Rangkaian LCD ini juga dilengkapi dengan fasilitas kontras, kontras diatur dengan potensiometer 5 KOhm sedangkan untuk membatasi tegangan yang melebihi batas yang diperlukan oleh LCD maka pada rangkaian dipasang dioda.

## Rangkaian Keypad

Cara kerja dari tombol keypad tersebut pada dasarnya adalah menghubungkan Port yang telah ditentukan pada program logika 0 atau *ground*. Tombol 1 sampai dengan tombol 4 adalah sebagai masukan pada Port 1. Jika port 1.0 diberi masukan logika 0 maka tombol tersebut berfungsi untuk naik, sedangkan port 1.3 jika diberi logika 0 berfungsi sebagai tombol turun, untuk port 1.1 sebagai enter dan port 1.5 berfungsi untuk kembali ke program sebelumnya.



Gambar 5. Rangkaian Keypad

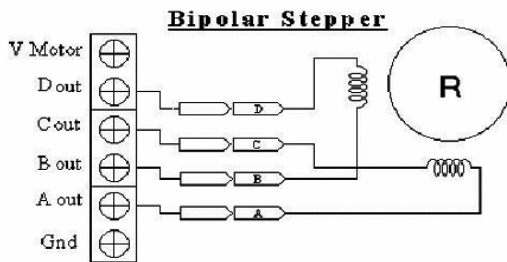
## Motor Stepper

Motor stepper merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk menentukan posisi yang dapat disesuaikan dengan perputaran motor stepper tersebut. Ada dua jenis motor stepper yang telah dikenal yaitu : motor stepper *bipolar* dan motor stepper *unipolar*. Motor stepper tersebut bekerja dengan cara berputar 1 step apabila terjadi perubahan arus pada koilnya, yang mengubah *pole* magnetik disekitar *pole stator*.

Motor stepper terdiri dari magnet permanen, *rotor* dan kumparan *stator*.

Magnet permanen yang terdapat dalam *rotor*, akan berputar mengikuti medan magnet yang ditimbulkan dari arus kumparan *stator*. Setiap pengalihan arus ke kumparan berikutnya akan menyebabkan magnet berputar menurut suatu sudut tertentu dimana sudut tersebut tergantung pada desain motor itu sendiri. *Rotor* akan berhenti jika aliran arus dihentikan. Yang

perlu diperhatikan adalah kecepatan pengalihan arus pada kumparan rotor tidak boleh terlalu cepat karena akan mengakibatkan terjadinya slip. Maka perlu adanya penundaan waktu dalam pengiriman data pada kumparan *rotor*. Motor stepper yang digunakan adalah motor stepper jenis *bipolar*, agar sampel dapat diputar dua arah yaitu ke kanan dan ke kiri.



Gambar 6. Rangkaian Motor Stepper Bipolar

## HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Linieritas Cacahan

Pengujian linieritas pencacahan dilakukan dengan cara memberikan masukan pulsa TTL kepada mikrokontroler AT89S8252. Pulsa masukan dengan tinggi 3 volt dianggap sama keluaran dari penganalisa salur tunggal. Pulsa tersebut selanjutnya diproses pada rangkaian selanjutnya sehingga diperoleh cacah yang dapat ditampilkan pada penampil. Pulsa dari function generator pada frekuensi dirubah dari 2 Hz sampai 10 KHz dengan waktu pencacahan selama 1 detik untuk mengetahui kemampuan cacah. Sebagai pembanding hasil cacahan mikrokontroler AT89S8252 adalah frekuensi counter merek LEADER buatan Jepang. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

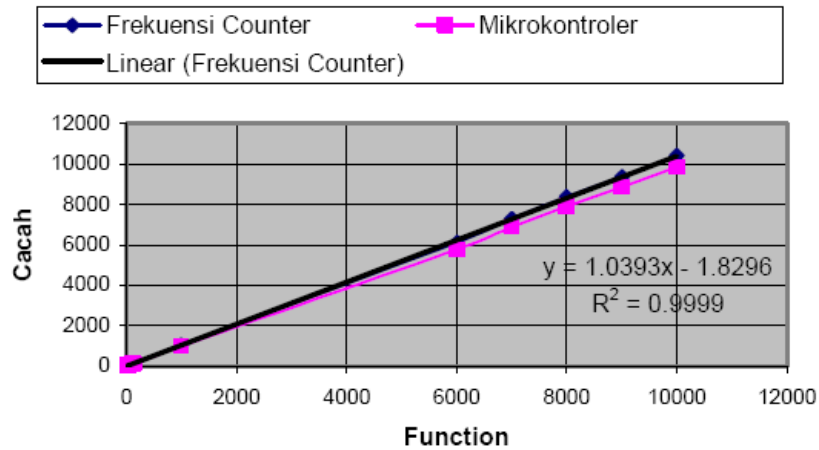
Tabel 1. Pengujian Linieritas Pencacahan

No	INPUT(FUNCTION)	FREKUENSI COUNTER	MIKROKONTROLER	PENYIMPANGAN (%)
1	2 Hz	2	2	0
2	3 Hz	3	3	0
3	4 Hz	4	4	0
4	10 Hz	10	10	0
5	20 Hz	20	18	0,1
6	30 Hz	30	28	0,06
7	40 Hz	41	38	0,07
8	110 Hz	117	109	0,068
9	120 Hz	127	120	0,055
10	130 Hz	137	129	0,058
11	1 KHz	1049	990	0,056
12	6 KHz	6120	5777	0,056
13	7 KHz	7285	6877	0,056
14	8 KHz	8360	7894	0,056
15	9 KHz	9360	8840	0,055
16	10 KHz	10406	9825	0,0558

Penyimpangan untuk data pertama diperoleh penyimpangan  $\Delta X$  dengan perhitungan sebagai berikut ini:

$$\Delta X = \left| \frac{(2 - 2)}{2} \right| \times 100\% = 0\% = 0\%$$

Dari pengujian linieritas pencacahan mikrokontroler terhadap perubahan frekuensi, diperoleh nilai regresi ( $r$ ) = 0,9999, yang berarti alat tersebut mempunyai linieritas yang baik karena nilai regresinya hampir sama dengan 1 dan hasil pencacahan linier terhadap perubahan frekuensi masukan dari *frekuensi counter*. Dari Tabel.1 dapat dibuat grafik sebagai berikut:



Gambar 7. Linieritas Pencacahan

### Pengujian Penyimpanan Data

Pengujian ini dilakukan dengan cara mencacah frekuensi dari function generator dan kemudian menyimpan hasil cacah tersebut ke alamat yang telah ditentukan pada program.

Pengujian dilakukan dengan masukan frekuensi dari 2 Hz sampai 130 Hz dengan waktu 1 detik.

Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa data yang disimpan sesuai dengan hasil pencacahan dan juga urutan pengalaman penyimpanannya.

Tabel 2. Pengujian Penyimpanan Data

Data Ke	Masukan	Tampilan cacah	Tampilan Baca Data
1	2 Hz	2	2
2	3 Hz	3	3
3	4 Hz	4	4
4	10 Hz	10	10
5	20 Hz	18	18
6	30 Hz	28	28
7	40 Hz	38	38
8	110 Hz	109	109
9	127 Hz	120	120
10	130 Hz	129	129

### Pengujian Perhitungan Data Error

Yang dimaksud data error disini adalah selisih antara sampel standar dengan sampel cuplikan dibagi sampel standar dikalikan 100%, dapat diperoleh dari perhitungan secara manual sebagai berikut:

$$\frac{(\text{std} - \text{cuplik})}{\text{std}} \times 100\%$$

dengan:

std = cacah sampel standar

cuplik = cacah sampel cuplikan

Tabel .3 Percobaan Perhitungan Data Error

No	Input (Function)	Sampel Standar	Sampel Cuplikan	Penyimpangan (%)
1.	1 KHz	5011	4536	9,5
		5009	4535	9,5
		5008	4534	9,5
		5006	4533	9,5
		5006	4532	9,5
		5005	4532	9,5
2.	2 KHz	9851	9380	4,8
		9848	9378	4,8
		9846	9377	4,8
		9843	9375	4,8
		9841	9373	4,8
		9840	9372	4,8
3.	3 KHz	14021	13920	0,7
		14016	13917	0,7
		14011	13915	0,7
		14007	13912	0,7
		14004	13871	0,7
		14000	13908	0,7
4.	4 KHz	19006	18605	2,1
		19000	18601	2,1
		18955	18598	2,1
		18990	18594	2,1
		18987	18591	2,1
		18984	18588	2,1
5.	5 KHz	24255	23554	2,9
		24250	23549	2,9
		24246	23546	2,9
		24093	23546	2,9
		24240	23540	2,9
		24237	23535	2,9
6.	6 KHz	29110	28389	2,5
		29103	28388	2,5
		29097	28384	2,5
		29094	28382	2,5
		29091	28377	2,5
		29098	28377	2,5
7.	10 KHz	49868	48880	2
		49845	48868	2
		49831	48855	2
		49819	48846	2
		49810	48837	2
		49799	48831	2
8.	20 KHz	31394	31099	2,1
		31368	30699	2,1
		31349	30689	2,1
		31334	30679	2,1
		31315	30699	2,1
		31310	30655	2,1
9.	40 KHz	61102	56852	7
		61063	56819	7
		61015	56802	7
		61023	56789	7
		61003	56776	7
		60991	56767	7

Dengan demikian maka bisa dikatakan bahwa alat tersebut telah dapat menghitung error data secara otomatis dengan benar karena hasil perhitungan secara manual sama dengan hasil perhitungan mikrokontroler yang ditampilkan pada menu baca data eror. Dengan hasil tersebut maka dapat diambil kesimpulan bahwa alat yang telah dibuat mampu berfungsi

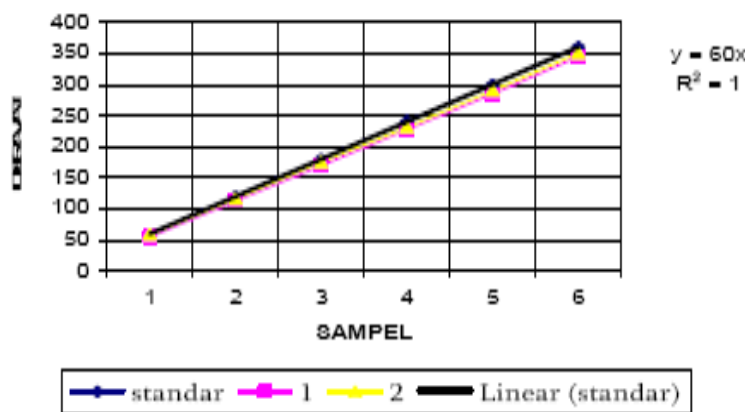
dengan baik pada frekuensi 2 KHz sampai 20 KHz.

### Pengujian Motor Stepper

Putaran motor diset menyesuaikan jumlah sampel, untuk 6 sampel maka putaran yang diperlukan adalah 600. Dari pengambilan data diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel .4 Pengujian Putaran Motor Stepper

No	Putaran ke	Sudut putaran	Percobaan1	Percobaan 2
1.	1	60 <sup>0</sup>	55 <sup>0</sup>	59 <sup>0</sup>
2.	2	120 <sup>0</sup>	113 <sup>0</sup>	116 <sup>0</sup>
3.	3	180 <sup>0</sup>	170 <sup>0</sup>	175 <sup>0</sup>
4.	4	240 <sup>0</sup>	228 <sup>0</sup>	231 <sup>0</sup>
5.	5	300 <sup>0</sup>	285 <sup>0</sup>	290 <sup>0</sup>
6.	6	360 <sup>0</sup>	345 <sup>0</sup>	350 <sup>0</sup>



Gambar 8. Grafik Penyimpangan Motor Stepper

Penyimpangan sudut putaran motor stepper dikarenakan pada program tidak dapat diatur untuk memberi masukan driver motor berupa bilangan pecahan, karena motor stepper bergerak 1,8<sup>0</sup> tiap step. Sehingga motor stepper tersebut akan bergerak dengan sudut yang tepat pada nilai dengan kelipatan 1,8<sup>0</sup>

### KESIMPULAN

1. Telah dapat diwujudkan sebuah sistem kendali posisi sampel dan tampilan pada pencacah RIA secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler AT89S8252.
2. Alat pencacah sampel ini mempunyai linieritas pencacahan 99% dan kesalahan sebesar 1%.
3. Akurasi kendali posisi sampel adalah 97,2% dan kesalahan sebesar 2,8%

### DAFTAR PUSTAKA

1. TJIPTOSUMIRAT, TOTTI; "Pengenalan dan Pemanfaatan Tekonologi radio Immuno Assy (RIA) di Bidang Peternakan", Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi. Jakarta
2. PUTRA, A.E. 2002, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi*, Penerbit Gava Media, Yogyakarta
3. AKHADI, MUKHLIS, 2007, "Pemanfaatan Radio Isotop Dalam teknik Nuklir", <http://www.Tempo.co.id/medika/arsip/082002/sek-1.htm>, 19 Juni.
4. SUSETYO WISNU, 1988 *Spektrometri Gama dan Penerapannya dalam Analisis Pengaktifan Neutron*, Gadjah mada University Press
5. <http://www.atmel.com>

## **TANYA JAWAB**

### **Pertanyaan**

1. Pada pengujian linearitas pencacahan, input hanya mencapai 10 kHz, apakah artinya? (Sukarman-STTN)
2. Apakah sudah diimplementasikan untuk mencacah sumber radiasi, sampai berapa aktivitas yang dapat diukur? (Sukarman-STTN)
3. Pada alat ini menggunakan motor stepper sebagai mekanik pemindah sampel apa sebabnya?(Yadi Yunus-STTN)
4. Mungkinkah motor stepper diganti dengan motor DC atau servo motor? (Yadi Yunus-STTN)

### **Jawaban**

1. Pengujian hanya dilakukan sampai dengan 10 kHz dengan hasil yang linear.
2. Belum baru sampai taraf simulasi dan uji coba/di uji sampai 10 kHz (atau bisa disetarakan dengan 10 kBq)
3. Sistem tersebut lebih tepat karena pergeseran motor berdasarkan sudut.
4. Mungkin, tapi perlu diperhitungkan tempatnya.

