

# APLIKASI ARDUINO UNO R3-GEIGER COUNTER UNTUK SURVEY METER RADIOTERAPI BERORIENTASI PADA VISUAL DI KOMPUTER

Satrio Wijaksono<sup>1</sup>, Muhammad Andang Novianta<sup>2</sup>, dan Samuel Kristyana<sup>3</sup>

Teknik Elektro, Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi Akprind Yogyakarta

Kompleks Balapan Yogyakarta, Jalan Kalisahak No. 28, Klitren, Gondokusuman, Klitren, Gondokusuman, Yogyakarta, Indonesia

Satrio.wijaksono22@gmail.com<sup>1</sup>, m\_andang@akprind.ac.id<sup>2</sup>, yanaista@akprind.ac.id<sup>3</sup>

## ABSTRACT

*Modern radiotherapy equipment used in cancer treatment is Linear Accelerator (Linac). This radiotherapy device can produce electrons from X-rays, this is one advantage Linac compared to other radiotherapy equipment such as cobalt-60. Until now there is no application to create a dose radiation exposure measurement system that can work automatically and in real time. Therefore, this tool is made with software capable of running Arduino program. Establishment of this radiation exposure dosing system uses the Arduino Uno and LCD (Liquid Crystal Display) modules to display the amount of radiation detected in the radiotherapy patient room in real time. This tool is also able to display data dose radiation exposure on Personal Computer that has been integrated previously using USB 2.0 Type A / B cable. So that medical personnel can take further action if the dose of radiation exposure exceeds the limit set by BAPETEN. The result of measurement value of F test of both survey meter is 6,083394801. Using interpolation, the value of x is 2,171. The difference in the chi squares value is significant, which is equal to 35,5855513. The percentage of the relative error value of the survey meter made and the survey of the meter inspector is 1.15%. The value is still entered into the limit value of tolerance.*

**Keywords:** *Linear Accelerator (Linac), real time, meter survey.*

## INTISARI

*Alat radioterapi modern yang digunakan dalam pengobatan kanker adalah Linear Accelerator (Linac). Alat radioterapi ini dapat menghasilkan elektron dari sinar-X, hal ini merupakan salah satu keunggulan Linac dibandingkan dengan alat radioterapi lainnya seperti cobalt-60. Hingga saat ini belum tersedia aplikasi untuk membuat suatu sistem pengukur dosis paparan radiasi yang dapat bekerja secara otomatis dan real time. Oleh sebab itu, alat ini dibuat dengan perangkat lunak yang mampu menjalankan program Arduino. Pembuatan sistem pengukur dosis paparan radiasi ini menggunakan modul Arduino Uno dan LCD (Liquid Crystal Display) untuk menampilkan jumlah radiasi yang terdeteksi di ruangan pasien radioterapi secara real time. Alat ini juga mampu menampilkan data dosis paparan radiasi pada Personal Computer yang telah diintegrasikan sebelumnya menggunakan kabel USB 2.0 Type A/B. Sehingga tenaga medis dapat mengambil tindakan lanjut apabila dosis paparan radiasi melebihi batas yang telah ditetapkan oleh BAPETEN. Hasil pengukuran nilai F test kedua survey meter sebesar 6,083394801. Menggunakan interpolasi didapatkan nilai x sebesar 2,171. Perbedaan nilai chi squarenya signifikan yaitu sebesar 35,5855513. Prosentase nilai eror relatif dari survey meter yang dibuat dan survey meter inspector sebesar 1,15%. Nilai tersebut masih masuk kedalam nilai batas toleransi.*

**Kata Kunci:** *Linear Accelerator (Linac), real time, survey meter.*

## I. PENDAHULUAN

Alat radioterapi modern yang digunakan dalam pengobatan kanker adalah *Linear*

*Accelerator (Linac)*. *Linac* adalah salah satu alat radioterapi modern yang digunakan dalam pengobatan kanker. Alat radioterapi ini dapat menghasilkan elektron dari sinar-X, hal ini

merupakan salah satu keunggulan *Linac* dibandingkan dengan alat radioterapi lainnya seperti cobalt-60. *Linac* ini dapat menghasilkan dosis paparan radiasi terhadap pasien dalam jumlah tertentu sehingga bisa diukur oleh instrumen pengukur dosis paparan radiasi. Apabila dosis di ruang pasien melebihi batas aman, maka perlu dilakukan tindakan oleh tenaga medis.

Alat ini digunakan tenaga medis untuk menganalisis dosis paparan radiasi di ruangan pasien radioterapi secara *real time* sampai waktu yang ditentukan. Dosis radiasi adalah jumlah radiasi yang terdapat dalam medan radiasi atau jumlah energi radiasi yang diserap atau diterima oleh materi yang dilaluinya, sedangkan nilai batas dosis adalah dosis terbesar yang diizinkan oleh BAPETEN (Badan Pengawas Tenaga Nuklir) sesuai peraturan kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 3 Tahun 2013 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Penggunaan Radioterapi yaitu sebesar 20 mSv (dua puluh milisievert) per tahun rata-rata selama 5 (lima) tahun berturut-turut yang dapat diterima oleh pekerja radiasi dan sebesar 1 mSv (satu milisievert) dalam 1 (satu) tahun untuk anggota masyarakat dalam jangka waktu tertentu tanpa menimbulkan efek genetik (berhubungan dengan keturunan atau gen) dan somatis (berkaitan dengan fisik) yang berarti akibat pemanfaatan tenaga nuklir. Nilai Batas Dosis tersebut tidak berlaku untuk Pasien.

Oleh sebab itu, alat ini dibuat dengan perangkat lunak yang mampu menjalankan program *Arduino*. Program tersebut diaplikasikan untuk membuat suatu sistem pengukur dosis paparan radiasi yang dapat bekerja secara otomatis dan *real time*. Pembuatan sistem pengukur dosis paparan radiasi ini menggunakan modul *Arduino Uno* dan LCD (*Liquid Crystal Display*) untuk menampilkan jumlah radiasi yang terdeteksi di ruangan pasien radioterapi secara *real time*. Alat ini juga mampu menampilkan data dosis paparan radiasi pada *Personal Computer* yang telah diintegrasikan sebelumnya menggunakan kabel USB 2.0 Type A/B. Sehingga tenaga medis dapat mengambil tindakan lanjut apabila dosis paparan radiasi melebihi batas yang telah ditetapkan oleh BAPETEN.

## II. METODOLOGI

Metodologi menjelaskan urutan proses-proses metode penelitian yang digunakan meliputi:

### A. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

#### - Tool Set

Digunakan untuk proses *maintenance Main PCB* dan modul *PCB* pendukung. *Tool set* juga digunakan untuk *finishing* rangkaian *survey meter* sampai dengan proses *packaging*.

Bahan yang digunakan selama penelitian *survey meter* radioterapi berorientasi pada visual di komputer ini secara umum tertera pada Tabel 1:

Tabel 1. Daftar Bahan dalam Penelitian

No	Nama Item	Spesifikasi	Jumlah
1	LCD	Berukuran 2 x 16	1
2	<i>Geiger Counter</i>	<i>Radiation</i> D- v1.1(CAJOE)	1
3	<i>Arduino Uno</i>	Type R3/ATmega328P	1
4	Baterai	5 volt	1
5	Kabel Jumper	<i>Male to male</i>	20
6	Kabel USB 2.0	USB untuk <i>Arduino</i>	1
7	<i>Power Supply</i>	12 volt 3 Ampere	1
8	Lem G	Lem perekat kuat	1
9	<i>Box acrylic</i> putih	0,5 mm	1

Perangkat keras yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari:

#### - Personal Computer/Laptop

Komputer/laptop dengan spesifikasi (minimum *Prosesor Intel Core i3*, RAM 4 GB DDR3, Harddisk 500 GB) untuk menjalankan *software Arduino IDE*.

#### - Universal ISP Downloader ver USB 1.03

*Universal ISP Downloader ver USB 1.03* digunakan untuk mengisikan program yang telah dibuat pada *Software Arduino Uno IDE* ke dalam *Arduino Uno*.

#### - LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) digunakan untuk menampilkan data berupa jumlah radiasi perdetik atau CPS (*Count Per Second*) dari *Arduino Uno*.

#### - Geiger Counter

*Geiger Counter* merupakan sebuah sensor yang digunakan untuk mendeteksi adanya radiasi pada ruangan radioterapi pasien.

#### - Arduino Uno R3

*Arduino Uno R3* digunakan untuk memproses data yang berasal dari *geiger counter* untuk

selanjutnya ditampilkan pada LCD maupun *Personal Computer*.

- *Power Supply*

*Power Supply* digunakan untuk memberikan suplai daya yang berasal dari sumber PLN 220 volt ke survey meter.

Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari:

- *Arduino Uno IDE*

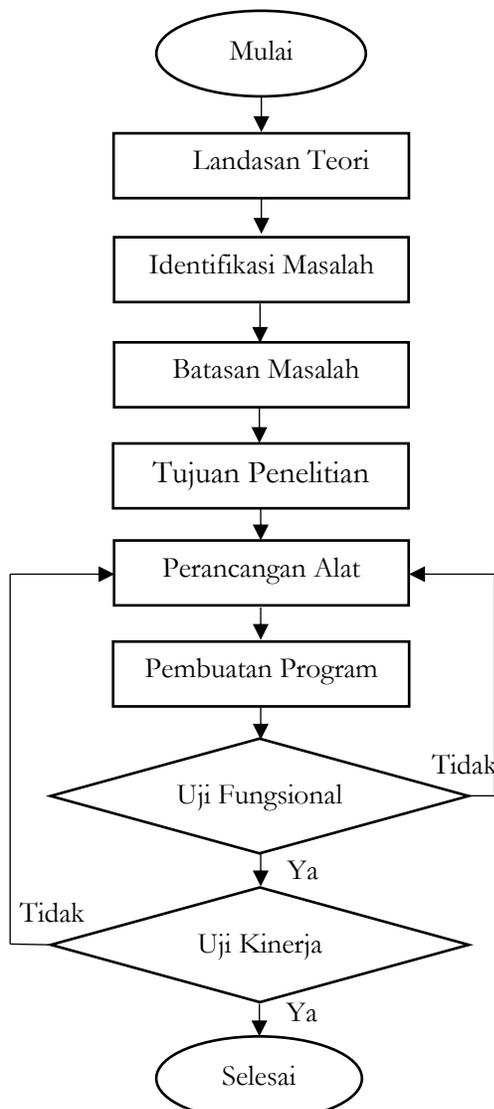
Digunakan untuk membuat program yang akan ditanamkan pada *Arduino Uno*.

- *Software SPSS*

Digunakan untuk menghitung data berupa pencarian nilai *chi square* dan presentase kepercayaan.

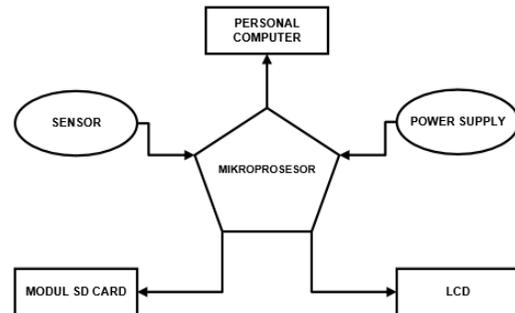
**B. Perancangan Sistem**

Dalam pelaksanaan/rancangan ini penulis menggunakan metode diagram alir agar mempermudah dalam penelitian, dengan urutan sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Jalannya Penelitian

Diagram sistem instrumentasi *survey meter* menggunakan *Geiger Counter-Arduino Uno* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Paparan radiasi nuklir yang berasal dari *Linier Accelerator* dideteksi oleh sensor *Geiger Counter* tipe *Radiation D-v1.1 (CAJOE)* yang kemudian diubah menjadi sinyal listrik berupa tegangan listrik dalam orde millivolt dengan *range* antara 0,2-0,5 millivolt. Sinyal analog ini menjadi *input* bagi mikrokontroler *Arduino Uno R3* yang diproses menjadi sinyal digital dengan memfungsikan mikrokontroler sebagai *ADC (Analog to Digital Converter)*. Sinyal input yang sudah diubah menjadi sinyal digital diinisialisasi menjadi beberapa variable yaitu cacah, eror dan dosis. Perhitungan yang meliputi satuan yaitu CPS, CPM, dan nSv/jam. Pada cacah dengan formulasi (1.1):

$$\text{cacah} + \text{counts} \dots\dots\dots 1.1$$

Eror dengan formulasi (1.2):

$$\frac{\sqrt{\text{cacah}}}{151} \dots\dots\dots 1.2$$

Sedangkan dosis dengan formulasi (1.3):

$$\frac{\text{cacah} \times 1000}{151} \dots\dots\dots 1.3$$

Proses inialisasi modul *SD Card* yang menandai bahwa *SD Card* telah siap digunakan, data hasil proses perhitungan dikirim ke LCD, *SD Card* dan *Personal Computer* secara bergantian. Mikrokontroler bersifat sekuensial, maka proses pengiriman data tidak

terlihat secara bergantian karena prosesnya yang cepat dengan waktu 1/1000 detik.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, kalibrasi yang dilakukan adalah kalibrasi sekunder. Prosedur kalibrasi menggunakan metode standar sekunder yaitu membandingkan *survey meter* yang telah dibuat dengan sebuah *survey meter* yang telah tervalidasi. Adapun parameter yang diukur adalah sebagai berikut:

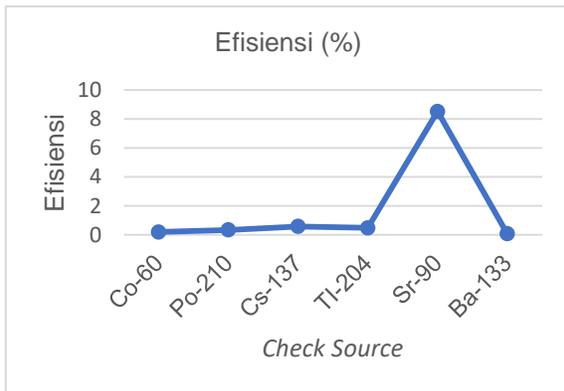
#### a) Efisiensi *Survey Meter* Yang Dibuat

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui nilai presentase efisiensi *survey meter* yang dibuat. Adapun hasil pengukurannya terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Pengukuran nilai efisiensi

Nama Check Source	Efisiensi (%)
Co-60	0,192773829
Po-210	0,337848558
Cs-137	0,57891914
TI-204	0,48162467
Sr-90	8,518484722
Ba-133	0,072391988

Hasil pengukuran tersebut ditampilkan dalam sebuah grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Efisiensi

Dari grafik tersebut terlihat bahwa nilai efisiensi dari *check source* Sr-90 paling tinggi yaitu sebesar 8,518484722 %.

#### b) *Dead Time*

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui nilai *dead time* (waktu mati *survey meter* dalam mencacah nilai radiasi). (E.Turner James, 2007). Adapun hasil pengukuran yang

dilakukan menghasilkan nilai rerata pada tabel dibawah ini:

Tabel 3. Pengukuran nilai *dead time*

R1 (cps)	R2 (cps)	R12 (cps)	Rb (cps)	Dead Time (sekon)
26,3	39,3	47,3	2	0,156130268

Dengan :

- R1 = Co-60 (1  $\mu$  Ci. 5,27 yrs. Gamma. Sept 2017),
- Gamma Energi : 1173.2 keV and another at 1332.5 KeV
- R2 = dan Cs-137 / 0,25  $\mu$ Ci / 30,1 yrs (September 2017),
- Beta/Gamma 661,64 keV
- Rb = Nilai cacahan *background*.

Selanjutnya, hasil tersebut dihitung dengan rumus:

$$\tau = \frac{R_1 + R_2 - R_{12} - R_b}{R_{12}^2 - R_1^2 - R_2^2} \dots\dots\dots 1.4$$

Nilai *dead time* yang dihasilkan sebesar 0,156130268 sekon.

#### c) Range Energi

Range energi yang dapat dicacah oleh *survey meter* ini dihasilkan dengan menguji nilai *chi square* terhadap nilai pengukuran beberapa *check source* yang memiliki nilai energi puncak tertentu seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. Nilai energi pada setiap *check source*

Nama Check Source	Energi (keV)
Co-60	1332,5
Po-210	803,1
TI-204	763,76
Cs-137	661,64
Sr-90	546
Ba-133	356

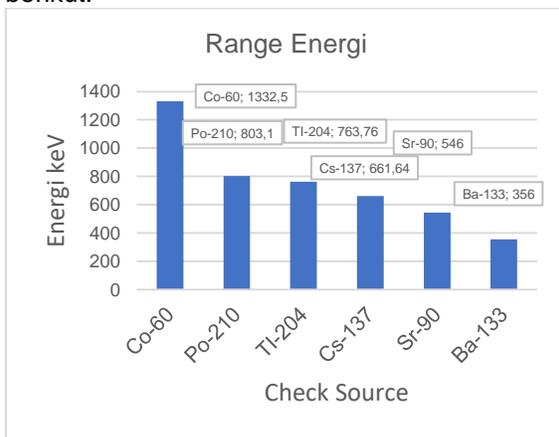
Jika uji *chi square* diterima, maka detektor memiliki performa yang baik pada pengukuran dengan *range energi* yang dimiliki *check source*. Uji *chi square* menggunakan 55 data dengan tingkat kepercayaan 90% dan 95%. Menghasilkan rentang 35,586%-76,192% untuk tingkat kepercayaan 95% dan 38,116%-72,153% untuk tingkat kepercayaan 90%.

Tabel 5. Uji *chi square* pada setiap *check source*

<i>check source</i>	Nilai <i>chi square</i>	Keterangan
---------------------	-------------------------	------------

Co-60	39,478555	Diterima
Po-210	71,13592233	Diterima
Cs-137	35,95449845	Diterima
Tl-204	25,28612717	Diterima
Sr-90	24,63259685	Diterima
Ba-133	55,64656381	Diterima

Berdasarkan hasil diatas, dapat disimpulkan bahwa pada setiap pengujian check source memiliki nilai *chi square* yang diterima pada rentang kepercayaan 90% dan 95%. Sehingga *survey meter* tervalidasi peformanya pada *range energi* sesuai pada diagram batang berikut:



Gambar 4. Diagram batang range energi

d) Limit Deteksi

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui nilai limit deteksi (batas pengukuran *survey meter* dalam mencacah nilai radiasi). (E Knoll Glenn, 1999). Dari pengukuran yang didapatkan dari data sebanyak 20 dihasilkan nilai standar deviasi sebesar 0,794719414 dengan menggunakan rumus:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots 1.5$$

Selanjutnya nilai limit deteksi minimum didapatkan dengan 3 kali nilai standar deviasinya yaitu sebesar 2,384158243 cps.

- Perbandingan Uji *Chi square* dengan Uji F

Pengukuran nilai *chi square* dan standar deviasi (David Harvey, 2000) dari 2 *survey meter* yaitu *survey meter* yang dibuat dan *survey meter Inspector* dibandingkan seperti pada tabel berikut:

Tabel 6. Pengukuran nilai *chi square* dan standar deviasi kedua *survey meter*

<i>Survey meter</i>	<i>Chi square</i>	Standar deviasi (cps)
<i>Survey meter</i> yang dibuat	36,5855513	7,116326669
<i>Survey meter Inspector</i>	1	1,169795304

Dari hasil pengukuran standar deviasi kedua *survey meter*, selanjutnya mencari nilai *F test* dengan cara membagi nilai standar deviasi yang lebih besar dengan nilai standar deviasi lainnya didapatkan hasil *F test* sebesar 6,083394801. Menggunakan interpolasi didapatkan nilai x sebesar 2,171. Setelah nilai *F test* ditemukan, dapat disimpulkan bahwa nilai perbedaannya signifikan, maka diperlukannya kalibrasi primer.

3.1 Uji Kinerja

Pengujian alat dilakukan jika semua sistem sudah terbentuk dan selesai dirancang, dan pengujian ini bertujuan antara lain:

- a) Mengetahui nilai eror setelah dilakukan proses kalibrasi menggunakan sumber radiasi standar dan menggunakan alat ukur standar.
- b) Mengetahui kesalahan-kesalahan yang terjadi pada sistem, dengan harapan dapat segera diperbaiki.

Pengukuran nilai eror (nilai selisih) dan eror relatif dari 2 *survey meter* yaitu *survey meter* yang dibuat dan *survey meter Inspector* dibandingkan seperti pada tabel berikut:

Tabel 7. Pengukuran nilai eror dan eror relatif kedua *survey meter*

<i>Survey meter</i> yang dibuat (rata-rata)	26,3 cps
<i>Survey meter inspector</i> (rata-rata)	26 cps
Eror	0,3 cps
Eror Relatif	1,15%

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa nilai eror dari kedua *survey meter* sebesar 0,3 cps dan nilai eror relatif sebesar 1,15%. Nilai tersebut masih masuk kedalam nilai batas toleransi.

IV. KESIMPULAN

Dari perancangan, percobaan dan pengamatan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan:

- 1. Telah berhasil dirancbangun sistem pengukuran dosis radiasi pada ruang pasien radioterapi dengan memanfaatkan tampilan *grafik user interface* (GUI) pada *personal computer* (PC).

2. Modul monitor radiasi yang dirancangbangun cukup handal untuk mencacah besaran laju paparan radiasi yang bersifat random.
3. Hasil pengukuran nilai *F test* kedua *survey meter* sebesar 6,083394801. Menggunakan interpolasi didapatkan nilai *x* sebesar 2,171. Perbedaan nilai *chi square*nya signifikan yaitu sebesar 35,5855513.
4. Prosentase nilai eror relatif dari *survey meter* yang dibuat dan *survey meter inspector* sebesar 1,15%. Nilai tersebut masih masuk kedalam nilai batas toleransi.

#### V. UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dilaksanakan oleh penulis yang bekerjasama dengan Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir BATAN Yogyakarta khususnya bagian Laboratorium Radioaktif.

#### VI. DAFTAR PUSTAKA

- PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR NOMOR 3 TAHUN 2013 TENTANG KESELAMATAN RADIASI DALAM PENGGUNAAN RADIOTERAPI
- E. Turner James. (2007). *Atoms, Radiation, and Radiation Protection*. USA. WILEY VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Retrived From <http://www.nuclear.dababneh.com/Radiation-Undergrad/2/Atoms,%20Radiation,%20and%20Radiation%20Protection.pdf>
- David Harvey. (2000). *Modern Analytical Chemistry*. USA. The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. Retrived From [http://nigc.ir/portal/Images/Images\\_Training/files/files/chemist%20book%20cd1/Modern%20Analytic%20Chemistry/Modern%20Analytic%20Chemistry.pdf](http://nigc.ir/portal/Images/Images_Training/files/files/chemist%20book%20cd1/Modern%20Analytic%20Chemistry/Modern%20Analytic%20Chemistry.pdf)
- E Knoll Glenn. (1999). *Radiation Detection and Measurement*. USA. John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved. Retrived From [https://cds.cern.ch/record/1300754/files/9780470131480\\_TOC.pdf](https://cds.cern.ch/record/1300754/files/9780470131480_TOC.pdf)