

Studi Intensitas Radiasi Menggunakan *Survey Meter* Berbasis Tabung Geiger M4011 dan Mikrokontroler Arduino Uno

Duwi Hariyanto^{1,a)} dan Sidik Permana^{1,2,b)}

¹Program Studi Fisika

²Program Studi Sains dan Rekayasa Nuklir

Laboratorium Fisika Nuklir, Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir dan Biofisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,

Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)}duwi_hariyanto@students.itb.ac.id

^{b)}psidik@fi.itb.ac.id (corresponding author)

Abstrak

Informasi intensitas radiasi yang diterima seseorang di suatu lokasi selama waktu tertentu dapat diketahui dengan menggunakan survey meter. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari intensitas radiasi di suatu lokasi menggunakan survey meter berbasis tabung Geiger M4011 dan mikrokontroler Arduino Uno. Modul tabung Geiger M4011 yang digunakan dapat mendeteksi radiasi gama dan beta. Mikrokontroler Arduino Uno yang diintegrasikan dengan perangkat lunak Parallax Data Acquisition (PLX-DAQ) digunakan untuk akuisisi data hasil pengukuran intensitas radiasi. Pada penelitian ini, hasil pengukuran intensitas radiasi menggunakan skala kuantitas yaitu cacah per menit (CPM). Lokasi pengukuran intensitas radiasi dalam penelitian ini meliputi kamar tidur, area sekitar batubara, dan dalam pesawat (ketinggian di atas 40.000 kaki). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa intensitas radiasi di dalam pesawat pada ketinggian di atas 40.000 kaki yaitu 10 kali lipat intensitas radiasi di kamar tidur. Studi ini diharapkan menjadi salah satu referensi tentang pengukuran intensitas radiasi menggunakan survey meter berbasis tabung Geiger M4011 dan mikrokontroler Arduino Uno.

Kata-kata kunci: Survey meter, proteksi radiasi, tabung Geiger, mikrokontroler, Parallax Data Acquisition (PLX-DAQ), cacah per menit (CPM), GMC-320

PENDAHULUAN

Dalam kaitannya dengan radioaktivitas, radiasi merupakan energi yang dipancarkan dalam bentuk partikel atau gelombang dari suatu sumber radioaktif. Disadari atau tidak bahwa penduduk di dunia selalu mendapat radiasi yang berasal dari berbagai sumber radiasi, baik yang berasal dari sumber radiasi alam maupun sumber radiasi buatan [1]. Sumber radiasi alam dapat

berasal dari dalam bumi dan ruang angkasa (kosmik) [2]. Dalam hal ini, radiasi kosmik diproduksi di atmosfer dan sangat bervariasi terhadap ketinggian di atas permukaan bumi [3]. Radiasi buatan berasal dari kegiatan manusia dalam bidang medik, industri, dan percobaan-percobaan nuklir [2]. Namun, pada prinsipnya, radiasi buatan terkurung dan terkendali di lokasi tertentu [4].

Pemantauan radiasi dimaksudkan untuk mengetahui secara langsung aktivitas radiasi pada suatu daerah kerja, sedangkan pemantauan radioaktivitas lingkungan dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kontaminasi radioaktif baik di daerah kerja maupun lingkungan di sekitar kawasan instalasi nuklir [5]. Alat ukur radiasi merupakan peralatan yang sangat penting dalam kegiatan pemantauan radiasi karena berguna untuk mengukur besar intensitas radiasi yang ada di lingkungan kerja [6]. Contoh alat ukur radiasi adalah *survey meter* yang digunakan untuk mengukur tingkat paparan radiasi dan biasanya memberikan data hasil pengukuran dalam cacah per menit (CPM) atau mR/jam [7]. *Survey meter* dapat digunakan untuk mengukur intensitas radiasi sinar gama, sinar-X dan neutron dalam bentuk paparan atau dosis radiasi di lokasi pengukuran secara langsung [8].

Di era kemajuan teknologi ini, banyak peneliti yang mulai mengembangkan *survey meter* ke arah yang lebih maju (*advanced*) untuk memudahkan dalam pengaplikasian. Makalah [9] mengembangkan prototipe perangkat pemantau radiasi gama berbasis detektor NaI(Tl) dan mikrokontroler Arduino yang pengujian prototipenya menggunakan sumber Sesium-137 (Cs-137). Kemudian, makalah [10] mengembangkan instrumen sistem *monitoring* radiasi sinar gama berbasis sensor tabung Geiger M4011 dan mikrokontroler Atmega 328 yang pengujian instrumennya menggunakan sumber radiasi Sesium-137 (Cs-137) dan Kobalt-60 (Co-60). Kedua makalah tersebut menunjukkan bahwa detektor NaI(Tl) maupun sensor tabung Geiger M4011 memiliki sensitivitas yang bergantung pada jarak terhadap sumber. Dalam hal ini, jika jarak antara detektor dengan sumber radiasi bertambah maka nilai cacah per detik (CPS) yang dideteksi berkurang. Dari sisi pengaplikasian, sensor tabung Geiger M4011 merupakan alat yang lebih sederhana serta dapat mendeteksi dan mengukur radiasi gama dan beta [11].

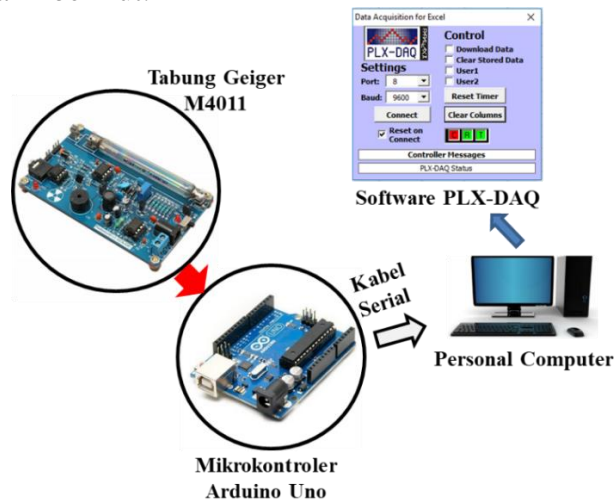
Makalah [12] mengungkapkan bahwa pengaplikasian sensor tabung Geiger yang diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino dan sistem akuisisi data direkomendasikan untuk pengajaran dan pendidikan menengah karena biaya yang rendah dan pengoperasian yang sederhana. Termotivasi dari uraian tersebut, dilakukan studi intensitas radiasi menggunakan *survey meter* berbasis tabung Geiger M4011 dan mikrokontroler Arduino Uno. Studi ini bertujuan untuk mempelajari intensitas radiasi di suatu lokasi menggunakan *survey meter* berbasis tabung Geiger M4011 yang diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino Uno dan perangkat lunak (*software*) Parallax Data Acquisition (PLX-DAQ). Dalam hal ini, perangkat lunak PLX-DAQ merupakan perangkat lunak gratis untuk memadukan mikrokontroler Arduino dengan Microsoft Excel sehingga data dari mikrokontroler dapat langsung disimpan dan ditampilkan pada Microsoft Excel [13]. Studi ini diharapkan menjadi salah satu referensi tentang pengukuran intensitas radiasi menggunakan *survey meter* berbasis tabung Geiger M4011 dan mikrokontroler Arduino Uno.

RANCANGAN SURVEY METER

Rancangan Perangkat Keras

Rancangan *survey meter* dalam penelitian ini memanfaatkan detektor isian gas Geiger-Muller yang secara singkat, prinsip kerjanya yaitu dimulai dari radiasi (sinar gama atau partikel beta) memasuki detektor, kemudian radiasi tersebut mengionisasi gas dalam tabung dan menghasilkan ion-ion positif dan ion-ion negatif (elektron) yang sebanding dengan intensitas

radiasi. Selanjutnya, ion-ion tersebut bergerak menuju elektroda yang sesuai (katoda atau anoda) dan menimbulkan pulsa tegangan listrik [14]. Pada penelitian ini, digunakan modul tabung Geiger M4011 yang terdiri dari detektor isian gas Geiger-Muller sebagai pendeteksi radiasi gama dan beta, perangkat *voltage multiplier* sebagai sumber tegangan detektor, dan perangkat pengkondisi sinyal sebagai pengolah sinyal pulsa keluaran detektor serta penghubung ke masukan mikrokontroler. Skematik rangkaian *survey meter* dalam penelitian ini ditunjukkan gambar 1 berikut.

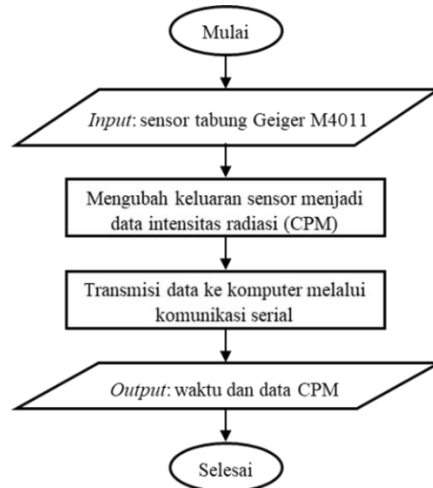


Gambar 1. Skematik rangkaian *survey meter* (sumber: image.google.com)

Mikrokontroler Arduino Uno digunakan untuk menghitung sinyal pulsa keluaran modul tabung Geiger M4011 dan mengakumulasiannya sehingga diperoleh hasil pengukuran intensitas radiasi dalam skala kuantitas yaitu cacah per menit (CPM). Data hasil pengukuran intensitas radiasi ditransmisikan ke *personal computer* (PC) melalui komunikasi serial. Kemudian, perangkat lunak Parallax Data Acquisition (PLX-DAQ) yang diinstal pada PC mengolah, menyimpan, dan menampilkan data pada Microsoft Excel.

Rancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pemrograman mikrokontroler Arduino Uno yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Arduino Software (Integrated Development Environment/IDE)* versi 1.8.9. Perangkat lunak IDE berfungsi sebagai *text editor* untuk membuat, membuka, mengedit, dan memvalidasi kode serta untuk mengunggah program ke *board* mikrokontroler Arduino Uno [15]. Pemrograman mikrokontroler dibuat berdasarkan diagram *flowchart* yang ditunjukkan gambar 2. Dalam hal ini, mikrokontroler diprogram untuk mengolah sinyal keluaran modul tabung Geiger M4011 menjadi data intensitas radiasi, kemudian mentransmisikan data ke PC melalui komunikasi serial dan menampilkan keluaran berupa data waktu dan CPM.

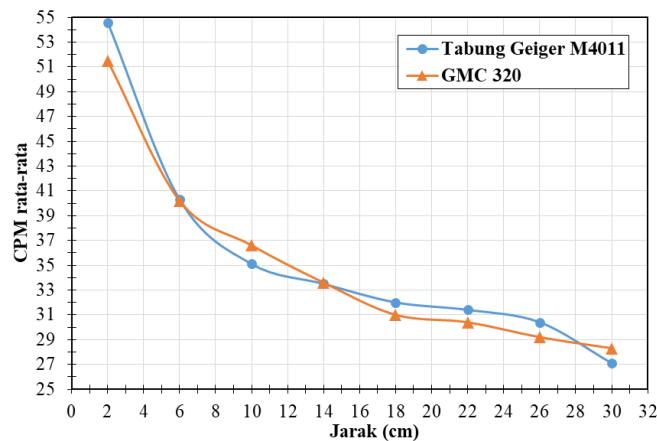


Gambar 2. Diagram *flowchart* program pengukuran intensitas radiasi

Hasil PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

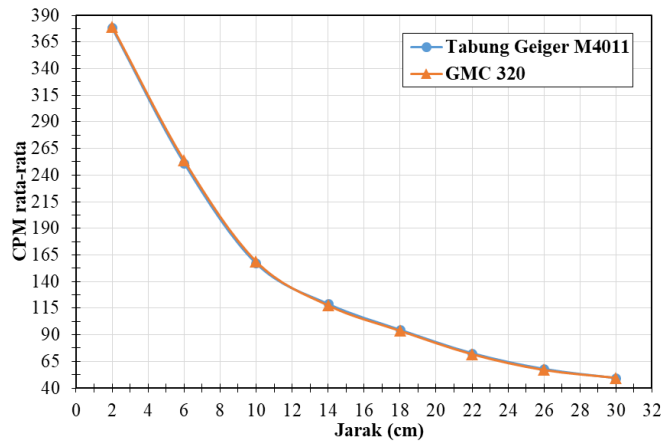
Pengujian Rancangan *Survey Meter* Menggunakan Sumber Radioaktif

Rancangan *survey meter* berbasis tabung Geiger M4011 dan mikrokontroler Arduino Uno diuji untuk mengukur intensitas radiasi sumber radioaktif yaitu Kobalt-60 (Co-60) sebesar 1.0 μCi yang diproduksi November 2002 dan Iodin-131 (I-131) sebesar 108 μCi yang diproduksi November 1982. Hasil pengukuran rancangan *survey meter* dibandingkan dengan GMC-320 produk GQ Electronics. Gambar 3 berikut menunjukkan hasil pengukuran intensitas radiasi Co-60 oleh tabung Geiger M4011 dan GMC-320 terhadap variasi jarak antara detektor dan sumber.



Gambar 3. Hasil pengukuran tabung Geiger M4011 dan GMC-320 terhadap jarak dengan Co-60

Hasil pada gambar 3 merupakan rata-rata pengukuran intensitas radiasi Co-60 selama 10 menit setiap variasi jarak antara detektor dan sumber. Selisih cacahan per menit rata-rata terbesar yang diukur tabung Geiger M4011 dan GMC-320 adalah 3 CPM yaitu pada jarak 2 cm dari sumber. Selain daripada itu, selisih cacahan per menit rata-rata yaitu dibawah 1,5 CPM. *Trend line* pada gambar 3 menunjukkan bahwa setiap nilai jarak antara detektor dan sumber Co-60 naik, nilai CPM rata-rata mengalami penurunan. Persentase penurunan CPM rata-rata dari jarak 2 cm ke 30 cm yang dideteksi tabung Geiger M4011 adalah sebesar 50% sedangkan yang dideteksi GMC-320 adalah sebesar 45%.

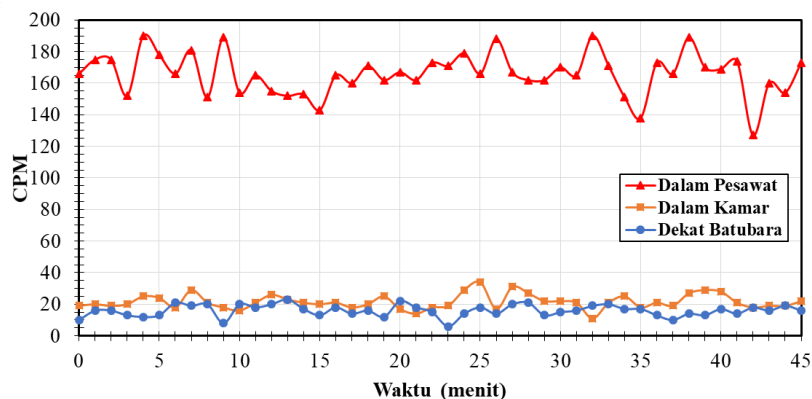


Gambar 4. Hasil pengukuran tabung Geiger M4011 dan GMC-320 terhadap jarak dengan I-131

Gambar 4 menunjukkan rata-rata pengukuran intensitas radiasi I-131 oleh tabung Geiger M4011 dan GMC-320 selama 5 menit terhadap variasi jarak antara detektor dan sumber. *Trend line* pada gambar 4 menunjukkan hasil pengukuran tabung Geiger M4011 berhimpit dengan hasil pengukuran GMC-320. Dalam hal ini, selisih cacahan per menit rata-rata terbesar antara yang diukur tabung Geiger M4011 dan GMC-320 adalah 2,6 CPM yaitu pada jarak 6 cm dari sumber. Berdasarkan hasil pengukuran pada sumber Kobalt-60 dan Iodin-131 tersebut, rancangan *survey meter* dalam penelitian ini memiliki *error* pengukuran $\pm 5\%$ dari hasil pengukuran GMC-320 produk GQ Electronics. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengukuran intensitas radiasi dengan menggunakan rancangan *survey meter* hampir sama dengan pengukuran menggunakan GMC-320. *Trend line* grafik pada gambar 4 juga mengungkapkan bahwa jika nilai jarak antara detektor dan sumber I-131 bertambah maka nilai CPM rata-rata berkurang. Persentase penurunan CPM rata-rata yang dideteksi tabung Geiger M4011 dan GMC-320 dari jarak 2 cm ke 30 cm sama besar yaitu 86%.

Pengukuran Intensitas Radiasi di Beberapa Lokasi

Rancangan *survey meter* dalam penelitian ini digunakan untuk mengukur intensitas radiasi di beberapa lokasi yaitu kamar tidur dan area sekitar batubara. Kamar tidur dimaksud yaitu sebuah ruangan dengan panjang 3 meter, lebar 2,5 meter, dan tinggi 3 meter serta dilengkapi sebuah ventilasi udara. Area sekitar batubara dimaksud yaitu area di dekat gerbong kereta pengangkut tumpukan batubara yang akan digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Dalam hal ini, jarak antara rancangan *survey meter* dan batubara adalah 4 meter. Kemudian, GMC-320 digunakan untuk mengukur intensitas radiasi di dalam pesawat pada ketinggian di atas 40.000 kaki. GMC-320 diletakkan di dalam tas yang diletakkan di dalam bagasi pesawat.



Gambar 5. Hasil pengukuran intensitas radiasi di beberapa lokasi

Hasil penelitian pada gambar 5 menunjukkan bahwa intensitas radiasi area sekitar batubara lebih rendah 27% dibandingkan intensitas radiasi di dalam kamar. Hasil ini dapat disebabkan karena jarak antara detektor dan tumpukan batubara adalah 4 meter saat pengukuran intensitas radiasi. Dalam hal ini, sensitivitas *survey meter* yang dirancang dipengaruhi jarak antara detektor dan sumber sehingga intensitas radiasi yang diukur di area sekitar batubara merupakan radiasi di alam terbuka. Dengan demikian, radiasi di alam terbuka lebih rendah dibandingkan radiasi di dalam kamar. Hal tersebut dapat disebabkan karena radiasi (sinar gama atau partikel beta) di dalam kamar lebih terkonsentrasi dibandingkan radiasi di alam terbuka. Selain itu, hasil pada gambar 5 menunjukkan bahwa intensitas radiasi di dalam pesawat pada ketinggian di atas 40.000 kaki yaitu 10 kali lipat intensitas radiasi di kamar. Hal ini disebabkan karena pada ketinggian di atas 40.000 kaki, intensitas radiasi kosmik cenderung tinggi.

KESIMPULAN

Telah dilakukan perancangan alat *survey meter* berbasis tabung Geiger M4011 dan mikrokontroler Arduino Uno untuk mengetahui intensitas radiasi di suatu lokasi. Hasil pengukuran pada sumber Kobalt-60 dan Iodin-131 menunjukkan rancangan *survey meter* dalam penelitian ini memiliki *error* pengukuran $\pm 5\%$ dari hasil pengukuran GMC-320 produk GQ Electronics. Persentase penurunan CPM rata-rata yang dideteksi rancangan *survey meter* dari jarak 2 cm ke 30 cm dari sumber Kobalt-60 dan Iodin-131 berturut-turut adalah 50% dan 86%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas radiasi pada jarak 4 meter dari tumpukan batubara di alam terbuka lebih rendah 27% dibandingkan intensitas radiasi di dalam kamar. Selain itu, intensitas radiasi di dalam pesawat pada ketinggian di atas 40.000 kaki yaitu 10 kali lipat intensitas radiasi di dalam kamar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Penelitian Desentralisasi Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas dukungannya dan kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan Republik Indonesia yang telah mendukung finansial penulis melalui pemberian beasiswa pendidikan.

REFERENSI

1. A. Supriyanto, *Pengukuran Radioaktivitas dan Radiasi-Gama Lingkungan di Provinsi Lampung*, Jurnal Sains Teknologi, **11**, 194-200 (2005).
2. G. Suhariyono, Buchori, dan D. Iskandar, *Laju Dosis Radiasi Gama Lingkungan di Pulau Jawa*, Prosiding PPI-PDIPTN, 27-35 (2007).
3. L. P. Babich, E. I. Bochkov, I. M. Kutsyk, dan H. K. Rassoul, *Analysis of Fundamental Interactions Capable of Producing Neutrons in Thunderstorms*, Physical Review, **89**(9) (2014).
4. I. M. Martin, J. S. E. Germano, dan T. M. Takaki, *ITA-DATALOGGER: Continuous Monitoring of Pressure, Relative Humidity, Temperature, Rainfall Intensity and Dose of Ionizing Radiation near the Surface of the Earth in São José dos Campos, SP, Brazil*, Annual Meeting of Brazilian Science for Progress Society (SBPC) (2013).
5. N. T. Santoyo, M. Romli, dan T. Trikasjono, *Rancang Bangun Surveymeter Digital Menggunakan Pancake Detector*, Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir, 151-160 (2009).

6. A. Wijayanto, A. Budianti, P. Kwin, C. Cepi, dan Mahmudin, *Perakitan Sistem Telemonitor Radiasi Gama pada Tempat Penyimpanan Sementara Limbah Radioaktif Menggunakan Rangkaian Kendali Logika Terprogram*, Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan (2009).
7. J. Sunardi, D. Harsono, dan A. B. Alauddin, *Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data untuk Pencarian Sumber Radiasi Nuklir Menggunakan Robot Hexapod*, Jurnal Forum Nuklir (JFN), **7**(2), 196-207 (2013).
8. D. R. Martem, D. Milvita, H. Yuliati, dan D. D. Kusumawati, *Pengukuran Dosis Radiasi Ruangan Radiologi II Rumah Sakit Gigi dan Mulut (RSGM) Baiturrahmah Padang Menggunakan Surveymeter Unfors-XI*, Jurnal Fisika Unand, **4**(4), 414-418 (2015).
9. I. P. Susila, Istofa, dan Sukandar, *Pengembangan Prototip Perangkat Pemantau Radiasi Gama, Suhu dan Kelembaban secara Kontinyu pada Fasilitas Penyimpanan Limbah Radioaktif*, Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XII (2014).
10. H. S. Rosyidi, J. E. Suseno, dan Z. Arifin, *Sistem Monitoring Jarak Jauh Radiasi Gama secara Realtime Berbasis Web Server*, Youngster Physics Journal, **5**(4), 365-372 (2016).
11. N. M. Remon, C. Hassan, M. Hassan, M. Zakir, *Build Very Simple Design and Cost Effective Geiger-Muller Counter*, Journal of Recent Advances in Applied Sciences, **1**(1), 1-10 (2018).
12. I. M. Martin, M. P. Gomes, R. R. F. de Carvalho dan R. Gomes, *Study of a Portable Experimental Set for the Monitoring of Ionizing Radiation in the Tropical Region of Brazil*, Journal of Environmental Science and Engineering, **6**, 144-148 (2017).
13. D. Nichols, *Arduino-Based Data Acquisition into Excel, LabVIEW, and MATLAB*, The Physics Teacher, **55**, 226-227 (2017).
14. Sayono, Suprpto, dan Irianto, *Pembuatan Detektor Geiger Muller Tipe Jendela Samping dengan Isian Gas Argon, Alkohol, dan Bromine*, Prosiding PPI – PDIPTN, 53-61 (2009).
15. T. D. Hendrawati, Y. D. Wicaksono, dan E. Andika, *Internet of Things: Sistem Kontrol-Monitoring Daya Perangkat Elektronika*, Jurnal Teknologi Rekayasa, **3**, 177-184 (2018).