

Pemanfaatan Modul Geiger-Muller untuk Mendeteksi Radiasi pada Pengolahan Limbah B3 Rumah Sakit

Muhammad Syaeful Fajar¹, Kumala Mahda Habsari²
e-mail: syaefulfajar@pnm.ac.id, kumalamahda@pnm.ac.id
^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Madiun, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 26 September 2022

Direvisi 20 Oktober 2022

Diterbitkan 28 Oktober 2022

Kata kunci:

Geiger-Muller tube

Mikrokontroler

Arduino Uno

Radiasi

Limbah B3

ABSTRAK

Secara alami radiasi hadir di lingkungan kita. Dalam kehidupan manusia, berdasarkan evolusi lingkungan, terdapat tingkat radiasi *ionizing* yang signifikan. Radiasi alfa dan beta merupakan jenis radiasi yang banyak ditemukan di sekitar. Manusia yang terpapar radiasi jenis beta mungkin memberikan beberapa risiko kesehatan eksternal untuk tubuhnya. Pengolahan limbah B3 pada rumah sakit sebagai peningkatan limbah berbahaya infeksius yang disebabkan oleh pandemi dikaitkan dengan risiko penularan virus. Pengembangan alat yang dapat menghitung tingkat radiasi dalam suatu ruangan pengelolaan limbah B3 bisa menjadi inovasi yang memungkinkan pengguna dapat mengawasi tingkat radiasi untuk menekan dampak radiasi bagi manusia. Untuk menjembatani kendala yang ada, maka penelitian ini merancang sebuah alat ukur radiasi menggunakan *Geiger-Muller Counter* berbantuan mikrokontroler Arduino untuk mengatasi masalah B3 yang ada di rumah sakit. Modul ini dirancang untuk membantu petugas pengolah limbah agar dapat melindungi diri dari paparan radiasi yang melebihi dosis radiasi. Modul geiger-muller terdiri dari Arduino uno sebagai peralatan kontrol dan LCD Nokia 5110 sebagai display hasil pengukuran. Modul Geiger-muller terdapat tabung Geiger M4011, mikrokontroler Arduino uno dan LCD Nokia 5110. Modul Geiger-Muller berhasil diujikan dengan *ion chamber* yang mengandung material radioaktif. Modul Geiger-Muller memberikan respon berupa suara/alarm dan tanda LED menyala berkedip Ketika mendeteksi peningkatan intensitas radiasi di sekitar tabung Geiger M4011.

ABSTRACT

Radiation is naturally present in our environment. In human life, based on the evolution of the environment, there is a significant level of ionizing radiation. Alpha and beta radiation are types of radiation that are commonly found around. Humans who are exposed to beta-type radiation may present some external health risks to their bodies. B3 waste treatment in hospitals as an increase in infectious hazardous waste caused by a pandemic is associated with the risk of virus transmission. The development of a tool that can calculate radiation levels in a B3 waste management room can be an innovation that allows users to monitor radiation levels to reduce the impact of radiation on humans. To bridge the existing obstacles, this study designed a radiation measuring instrument using the Geiger-Muller Counter assisted by an Arduino microcontroller to overcome the B3 problem in the hospital. The design of this module is designed to help waste treatment workers to protect themselves from radiation

Keywords:

Geiger-Muller Tube

Micocontroller

Arduino Uno

Radiation

Hazardous Toxic Waste

exposure that exceeds the radiation dose. The geiger-muller module consists of an Arduino uno as a control device and a Nokia 5110 LCD as a display of measurement results. The Geiger-Muller module contains a Geiger M4011 tube, an Arduino uno microcontroller and a Nokia 5110 LCD. The Geiger-Muller module has been successfully tested with an ion chamber containing radioactive material. The Geiger-Muller module responds in the form of sound/alarm and the LED flashes when it detects an increase in radiation intensity around the Geiger M4011 tube.

Penulis Korespondensi:

Kumala Mahda Habsari,
Jurusan Teknik,
Politeknik Negeri Madiun,
Jl. Serayu No. 84, Kota Madiun, Jawa Timur, Indonesia.
Email: kumalamahda@pnm.ac.id
Nomor HP/WA aktif: +62 85336083158

1. PENDAHULUAN

Secara alami radiasi hadir di lingkungan kita. Dalam kehidupan manusia, berdasarkan evolusi lingkungan, terdapat tingkat radiasi *ionizing* yang signifikan. Umumnya, ia muncul di luar angkasa (kosmik), tanah (terrestrial), dan bahkan dari dalam tubuh kita sendiri (internal). Ia hadir di sekitar udara yang kita hirup, makanan yang kita makan, air yang kita minum, dan dalam bahan bangunan yang digunakan untuk membangun rumah kita. Tingkat radiasi alami atau latar belakang dapat sangat bervariasi dari satu daerah dengan daerah yang lain.[1]. Radiasi *ionizing* yang paling umum adalah radiasi alfa. Radiasi ini merupakan partikel yang ada pada inti atom. Radiasi alfa terjadi ketika sebuah atom mengalami peluruhan radioaktif, ia melepaskan partikel yang disebut alfa yang terdiri dari dua proton dan dua neutron. Partikel alfa sangat berat. Saat berinteraksi dengan materi, ia hanya dapat bergerak beberapa sentimeter. Sifat radiasi alfa adalah tidak dapat menembus lapisan terluar sel kulit mati karena dapat dihentikan dengan menggunakan selembar kertas. Sementara itu, radiasi terjadi berbentuk electron atau positron. Positron memiliki ukuran dan massa yang sama sebagai elektron tetapi dengan muatan positif. Partikel ini juga merupakan partikel yang dipancarkan dari atom ketika berinteraksi dengan energi tinggi. Partikel beta memiliki massa yang sedikit lebih rendah daripada alfa sehingga dapat bergerak lebih jauh ke dalam udara dan bahkan dapat menembus kulit. Oleh karena itu, memberikan sedikit bahaya bagi manusia. Namun, tetap saja dapat dihentikan dengan menggunakan plastik atau aluminium yang tebal. Jika seseorang terpapar radiasi beta, mungkin memberikan beberapa risiko kesehatan eksternal untuk tubuhnya. [2].

Radiasi dapat diartikan sebagai energi yang terpancar dalam bentuk partikel atau gelombang. Radiasi tidak dapat dirasakan secara langsung oleh panca indera manusia. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan radiasi, salah satunya dengan menggunakan *survey meter*. Pemantauan radiasi bertujuan untuk mengetahui secara langsung tingkat paparan radiasi di suatu area kerja untuk memastikan keselamatan dan kesehatan pekerja yang akan bekerja di area pemancar radiasi sesuai dengan prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*). [3][4].

Peningkatan limbah berbahaya infeksius yang disebabkan oleh pandemi menyebabkan risiko penularan virus. Rumah sakit merupakan penghasil limbah medis terbesar, maka pengelolaan limbah medis rumah sakit bersifat khusus karena mengandung bahan berbahaya, beracun, infeksius dan radioaktif. [5]. Limbah medis rumah sakit dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) sebagaimana disebutkan dalam Lampiran I PP No. 101 Tahun 2014 bahwa limbah medis memiliki karakteristik infeksius. Limbah B3 dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan juga dampak terhadap Kesehatan masyarakat serta makhluk hidup lainnya jika dibuang langsung ke lingkungan. Selain itu, limbah B3 memiliki karakteristik dan sifat tidak sama dengan limbah secara umum karena memiliki sifat tidak stabil, reaktif, eksplosif, mudah terbakar dan bersifat racun. [6]. Limbah bahan berbahaya beracun (B3) termasuk limbah infeksius yang dihasilkan baik oleh individu maupun oleh rumah sakit selama masa pandemi Covid-19. Pengelolaan limbah B3 yang kurang tepat akan berpotensi menimbulkan penularan virus melalui limbah terkontaminasi. [7]

Pengelolaan limbah radioaktif merupakan program yang dilakukan rumah sakit yang memanfaatkan radioaktif untuk tujuan diagnostic dan terapi. Program tersebut harus memastikan pengelola limbah rumah sakit melakukan kegiatan secara efektif dan memastikan seluruh kegiatan berjalan sesuai dengan prosedur. Adanya prosedur internal pengolahan limbah radioaktif untuk memastikan kepatuhan penuh terhadap persyaratan proteksi radiasi. [8]

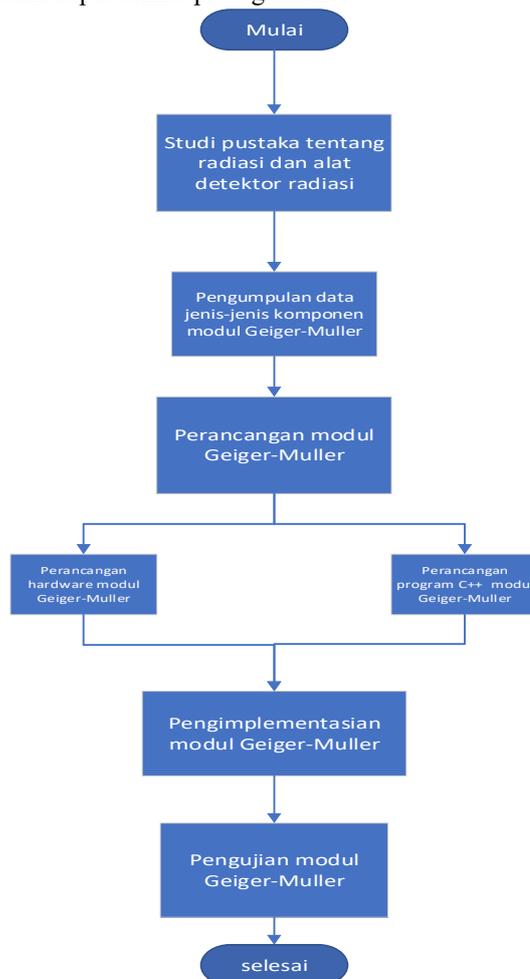
Geiger-Muller counter merupakan detektor radiasi *ionizing* paling sederhana. Peralatan ini juga merupakan alat detektor tertua tetapi masih sering digunakan untuk banyak aplikasi industri. Akhir-akhir ini, minat untuk memperluas lingkup bidang pengaplikasian detektor ini banyak dikembangkan. [9]. Terdapat beberapa jenis detektor radiasi umum yang ada pada pasaran, akan tetapi hanya Geiger-muller counter yang dapat mendeteksi sinar alfa. [10]. *Geiger-Muller counter* memiliki tabung logam silinder yang merupakan katoda dan pusat elektroda sebagai anoda. Gas non-aktif yang ada pada tabung disegel dengan tekanan rendah menggunakan kaca tipis. Tegangan beberapa kV diberikan antara pusat elektroda dan tabung logam. Ketika sinar radioaktif mengenai molekul gas non-aktif, molekul gas terionisasi dan tertarik ke anoda. Sinar radioaktif dapat dideteksi dengan mengukur arus yang dihasilkan oleh molekul gas terionisasi. Dosis radiasi per waktu didapatkan dengan menghitung pulsa. [11][12].

Pengembangan alat yang dapat menghitung tingkat radiasi dalam suatu ruangan pengelolaan limbah B3 bisa menjadi inovasi yang memungkinkan pengguna dapat mengawasi tingkat radiasi untuk menekan dampak buruk radiasi bagi manusia. Untuk menjembatani kendala yang ada, maka penelitian ini merancang sebuah alat ukur radiasi menggunakan *Geiger-Muller Counter* berbantuan mikrokontroler Arduino untuk mengatasi masalah yang ada pada ruang pengolah limbah B3 yang ada di rumah sakit.

2. METODE PENELITIAN

Rancang bangun modul Geiger-Muller berupa *prototype* yang akan ditempatkan pada ruang pengolahan limbah B3 di rumah sakit. Modul ini akan dilengkapi LCD untuk menampilkan hasil pengukuran. Sumber tegangan yang digunakan pada modul ini bersumber dari sumber DC.

Bahasa pemrograman C++ yang diunggah pada mikrokontroler Arduino Uno merupakan perangkat lunak yang dirancang untuk mengontrol komponen elektronik yang ada pada modul Geiger-Muller. Secara jelas diagram alur penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Studi Pustaka didapatkan dari jurnal penelitian, karya ilmiah dan kajian tentang radiasi, teknologi tepat guna untuk mendeteksi radiasi. Hasil eksplorasi dituangkan dalam latar belakang sebagai rumusan

masalah yang akan diangkat oleh peneliti. Pengumpulan data bertujuan untuk melihat urgensi penelitian yang diangkat berdasarkan data yang tersedia pada hasil penelitian sebelumnya tentang komponen yang dibutuhkan dalam merancang modul Geiger-Muller untuk mendukung penelitian ini. Selain itu, pengumpulan data tentang perancangan bangun dalam mengimplementasi rangkaian Geiger-Muller dijelaskan pada tahap ini. Pemilihan dan perancangan komponen, skematik rangkaian dan metode pengujian telah dilakukan dalam merancang modul Geiger-Muller sebagai alat pengukur radiasi untuk implementasi pada ruang pengolahan limbah bahan berbahaya beracun di rumah sakit.

2.1. Desain Modul Geiger-Muller

Perancangan modul Geiger-Muller digambarkan pada diagram blok gambar 2 di bawah.



Gambar 2. Diagram Blok Alat

a. Sumber daya

Sumber daya berfungsi untuk memberikan suplai pada rangkaian regulator *step-up*. Regulator *step-up* yang ada pada modul juga termasuk pada bagian sumber daya. Tegangan tinggi yang dibutuhkan untuk mensuplai rangkaian HVDC diberikan oleh regulator *step-up*.

b. Osilator

Osilator berfungsi sebagai pembangkit sinyal pulsa (*square wave*) yang akan membangkitkan rangkaian tegangan tinggi DC (HVDC).

c. Tegangan Tinggi DC (HVDC)

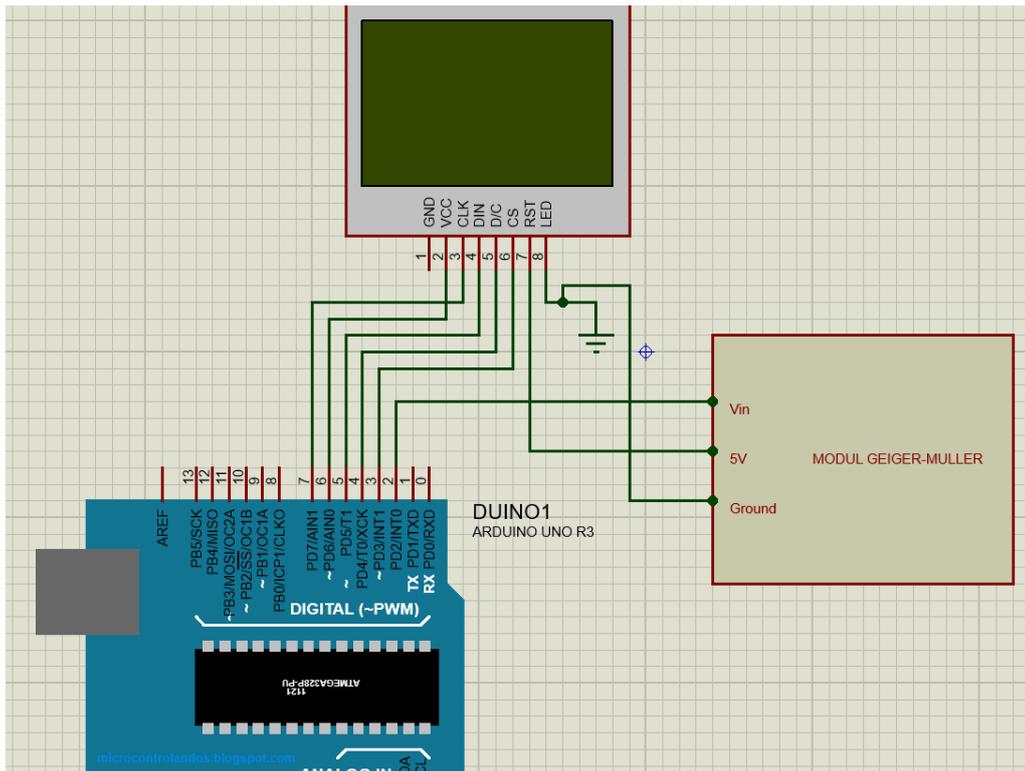
Rangkaian HVDC yang terdapat pada modul Geiger-Muller merupakan rangkaian *boost converter*. Rangkaian *boost converter* memiliki prinsip kerja menaikkan tegangan DC

d. Modul Geiger-Muller

Modul Geiger-Muller memiliki prinsip kerja mendeteksi radiasi (sinar gama atau partikel beta) yang memasuki detektor. Radiasi yang ditangkap kemudian mengionisasi gas yang ada di dalam tabung. Ionisasi gas yang terjadi akan menghasilkan ion-ion positif dan ion-ion negatif yang sebanding dengan intensitas radiasi. [13]. Kemudian, ion-ion akan bergerak menuju elektroda yang sesuai (katoda atau anoda) dan menimbulkan pulsa tegangan listrik. [14]

2.1.1. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras dirancang berdasarkan diagram blok alat yang telah dirancang terlebih dahulu. Komponen-komponen yang ada pada diagram blok alat dirangkai menjadi satu pada modul Geiger-Muller. Dengan perangkat keras mikrokontroler Arduino Uno sebagai komponen kontrol dan LCD Nokia 5110 sebagai display/penampil hasil pengukuran, rangkaian rancang bangun modul Geiger-Muller dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. *Layout* Perancangan Rangkaian Modul Geiger-Muller

a. Modul Geiger Muller

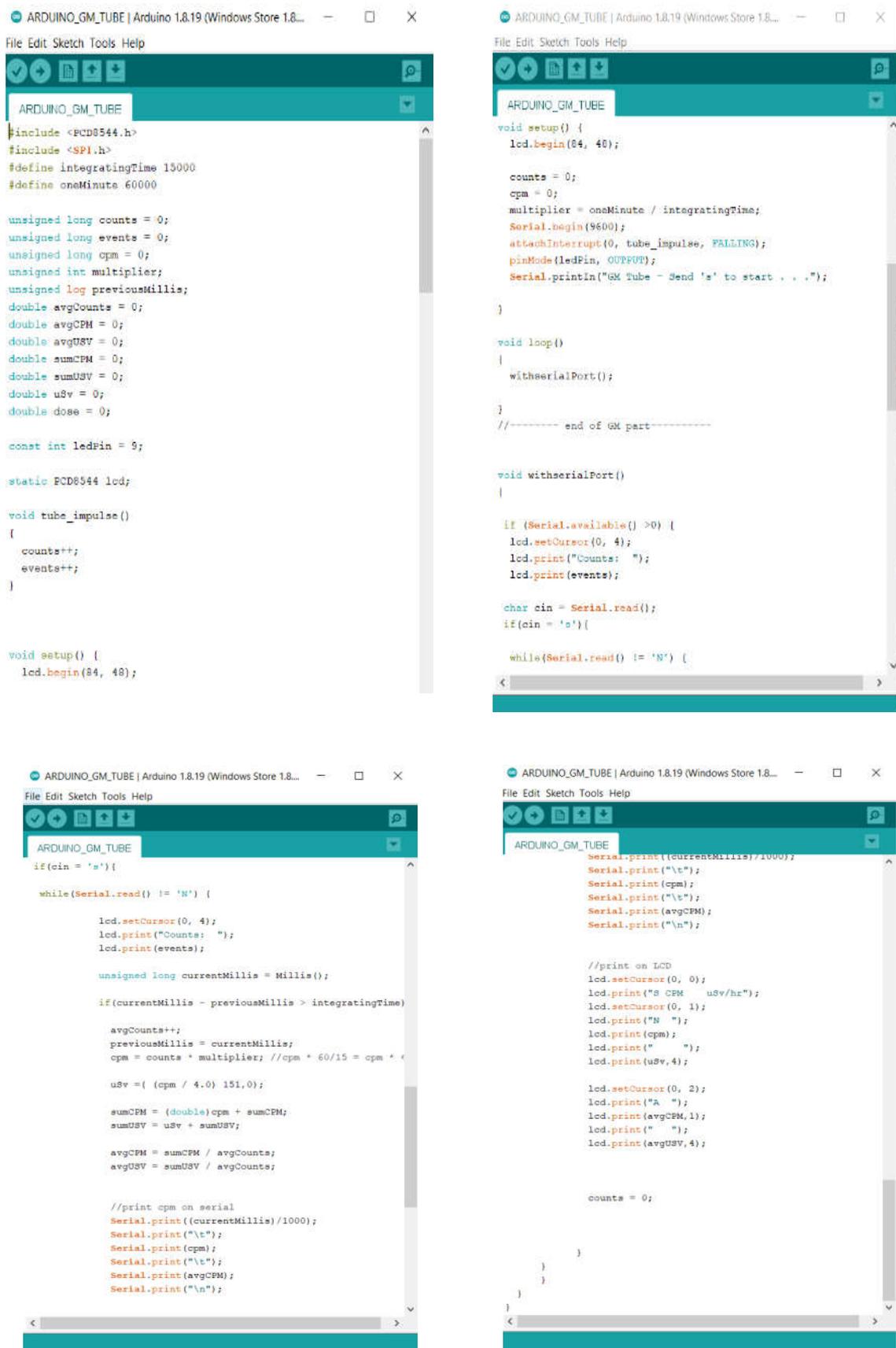
Modul Geiger-Muller yang dirancang menggunakan tabung Geiger M4011. Tabung Geiger 4011 memiliki detektor isian gas Geiger-Muller untuk mendeteksi radiasi gama dan beta. Pada modul Geiger-Muller juga terdapat perangkat *voltage multiplier* untuk sumber tegangan pada detektor. Selain itu, terdapat perangkat pengondisian sinyal sebagai pengolah sinyal pulsa *output* detektor. Mikrokontroler Arduino Uno berperan sebagai penghitung sinyal pulsa keluaran modul Geiger-Muller dan pengolahnya sebagai hasil pengukuran intensitas radiasi. Pengukuran intensitas radiasi terukur dalam skala kuantitas yaitu *CPM (counts per minutes)*.

b. LCD Nokia 5110

Merupakan modul *display layer* LCD yang banyak digunakan untuk berbagai aplikasi. LCD Nokia 5110 memiliki dimensi 84 baris x 48 kolom. Layar LCD ini menggunakan *PDC8544 controller* yang merupakan *low power driver* CMOS. Semua fungsi yang diperlukan untuk tampilan disediakan dalam satu chip. Perangkat ini mengonsumsi daya rendah dan termasuk *on-chip generation*. Antarmuka *PCD8544* yang ada pada LCD Nokia 5110 ke mikrokontroler melalui antarmuka serial bus.

2.1.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pada modul Geiger-Muller dirancang pada saat pemrograman Arduino uno menggunakan *Arduino IDE software*. Perangkat lunak Arduino IDE berfungsi untuk membuat, membuka, mengedit dan memvalidasi kode program yang dirancang serta untuk mengunggah program ke *board* Arduino uno. Sampel pemrograman mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 4.



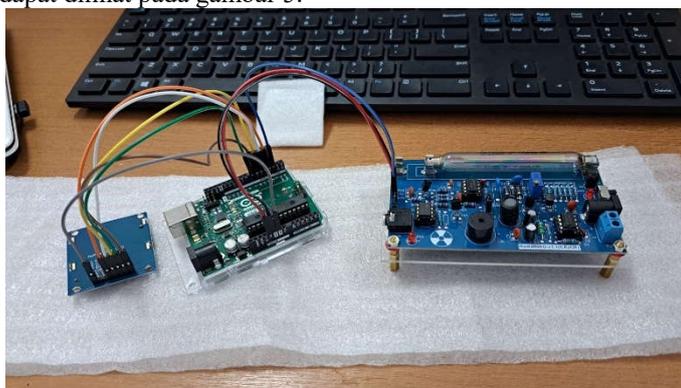
Gambar 4. Sampel Program Pengolahan Sinyal Radiasi pada Mikrokontroler

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Modul Geiger-Muller telah berhasil dirangkai dengan menggunakan Arduino Uno sebagai peralatan kontrol dan LCD Nokia 5110 sebagai display hasil pengukuran. Modul Geiger-Muller berisi tabung Geiger M4011, mikrokontroler Arduino Uno dan LCD Nokia 5110. Modul ini berfungsi untuk mengukur intensitas radiasi yang diuji menggunakan *ion chamber*. *Ion chamber* yang digunakan mengandung material radioaktif. Pada modul Geiger-Muller terdapat dua jenis konektor sumber/suplai daya yang berupa *jack plug* dan pin. Komponen-komponen penting yang ada pada modul diantaranya adalah tabung Geiger, *loudspeaker* dan LED sebagai feedback kerja dari modul Geiger-Muller.

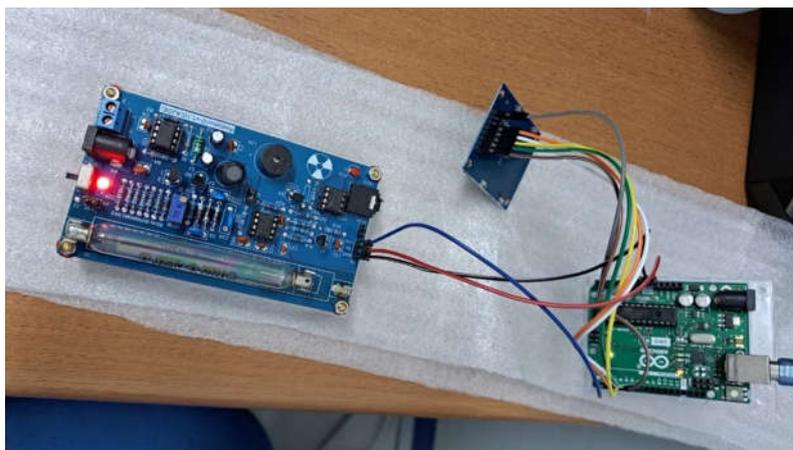
Tegangan yang dibutuhkan sebagai suplai modul Geiger-Muller adalah sebesar 5 volt. Radiasi akan dideteksi oleh modul melalui pin sinyal pada modul yang terhubung dengan pin no.2 pada Arduino uno. Sinyal yang diterima oleh Arduino akan diolah dan dikirimkan ke LCD untuk ditampilkan pada layar.

Perhitungan nilai radiasi yang dikonversikan dalam satuan CPM diolah pada Arduino dengan kurun waktu satu siklus selama lima belas detik. Ketika sumber radioaktif dekat dengan tabung dan terdeteksi oleh modul Geiger-Muller, perhitungan nilai radiasi yang dilakukan oleh Arduino uno akan meningkat secara cepat. Modul Geiger-Muller dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Modul Geiger-Muller

Pada percobaan ini, *ion chamber* digunakan sebagai alat uji modul Geiger-Muller bekerja. Ketika *ion chamber* didekatkan pada tabung Geiger M4011, speaker akan berbunyi sebagai alarm/pertanda bahwa intensitas radiasi yang ada di sekitar modul meningkat. Pada layar LCD juga akan menunjukkan hasil perhitungan nilai radiasi yang meningkat dengan cepat. LED yang ada pada modul juga akan menyala sebagai tanda. Gambar 6 di bawah ini menunjukkan ketika modul Geiger-Muller bekerja dan mendeteksi intensitas radiasi yang ada di sekitar area ukur.



Gambar 6. Rangkaian Modul Geiger-Muller pada saat mendeteksi radiasi

4. KESIMPULAN

Rancang bangun modul Geiger-Muller sebagai pemanfaatan modul untuk mendeteksi radiasi pada pengolahan limbah B3 di rumah sakit telah berhasil dilakukan. Perangkat keras dan perangkat lunak yang dirancang berhasil dirangkai dan diuji cobakan. Perangkat keras pada Modul Geiger-Muller terdiri dari rangkaian Geiger-Muller dengan tabung Geiger M4011, mikrokontroler Arduino Uno sebagai peralatan kontrol dan pengolah sinyal, serta LCD Nokia 5110 sebagai display hasil pengukuran. Perangkat lunak pada Modul

Geiger-Muller berupa rancangan program bahasa C++ yang dibuat pada Arduino IDE. Perhitungan nilai radiasi yang dikonversikan dalam satuan CPM diolah pada Arduino Uno dengan kurun waktu satu siklus selama lima belas detik. Ketika sumber radioaktif dekat dengan tabung dan terdeteksi oleh modul Geiger-muller, perhitungan nilai radiasi yang dilakukan oleh Arduino Uno akan meningkat secara cepat. Modul Geiger-Muller berhasil diujikan dengan *ion chamber* yang mengandung material radioaktif. Modul Geiger-Muller memberikan respon berupa suara/alarm dan tanda LED menyala berkedip Ketika mendeteksi peningkatan intensitas radiasi di sekitar tabung Geiger M4011.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi atas kesempatan dan pendanaan yang diberikan kepada penulis melalui Program Penelitian Dosen Pemula untuk mengembangkan kemampuan penulis sebagai dosen dalam melaksanakan kegiatan Tri Dharma perguruan tinggi. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Madin atas dukungan secara moril yang berikan dalam melaksanakan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Chaturvedi and V. Jain, "Effect of Ionizing Radiation on Human Health," *Int. J. Plant Environ.*, vol. 5, no. 03, pp. 200–205, 2019, doi: 10.18811/ijpen.v5i03.8.
- [2] N. F. Abu Bakar, S. Amira Othman, N. F. Amirah Nor Azman, and N. Saqinah Jasrin, "Effect of ionizing radiation towards human health: A review," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 268, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/268/1/012005.
- [3] S. V. Musolino, J. DeFranco, and R. Schlueck, "The ALARA principle in the context of a radiological or nuclear emergency," *Health Phys.*, vol. 94, no. 2, pp. 109–111, 2008, doi: 10.1097/01.HP.0000285801.87304.3f.
- [4] B. Utomo *et al.*, "Analysis of Tube Leakage of X-Ray Radiation Using Geiger Muller Sensor Equipped with Data Storage," *Indones. J. Electron. Electromed. Eng. Med. Informatics*, vol. 4, no. 2, pp. 78–84, 2022, doi: 10.35882/ijeemi.v4i2.5.
- [5] V. Tuka, I. N. Finahari, and Djumadi, "Teknologi Pengelolaan Limbah Radioaktif di RSCM," *Semin. Tah. Pengawas. Pemanfaat. Tenaga Nukl.*, pp. 194–206, 2003.
- [6] A. A. Purwanti, "Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Rumah Sakit Di RSUD Dr.Soetomo Surabaya," *J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 10, No.3, pp. 291–298, 2018.
- [7] J. Valizadeh, A. Hafezalkotob, S. M. Seyed Alizadeh, and P. Mozafari, "Hazardous infectious waste collection and government aid distribution during COVID-19: A robust mathematical leader-follower model approach," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 69, no. February, 2021, doi: 10.1016/j.scs.2021.102814.
- [8] A. P. Stefanoyiannis, E. Sagia, X. Geronikola-Trapali, I. Armeniakos, A. Prentakis, and S. N. Chatziioannou, "132 Predisposal Management of Medical Solid Radioactive Waste: the University General Hospital of Athens 'Attikon' Experience," *Radiother. Oncol.*, vol. 102, pp. S58–S59, 2012, doi: 10.1016/s0167-8140(12)70104-4.
- [9] I. Meric, G. A. Johansen, M. B. Holstad, A. F. Calderon, and R. P. Gardner, "Enhancement of the intrinsic gamma-ray stopping efficiency of Geiger-Müller counters," *Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. A Accel. Spectrometers, Detect. Assoc. Equip.*, vol. 696, pp. 46–54, 2012, doi: 10.1016/j.nima.2012.08.086.
- [10] A. Miyamoto, T. Hashimoto, K. Makimura, K. Kanda, T. Fujita, and K. Maenaka, "Wafer level packaging for MEMS Geiger counter," *Int. Conf. Emerg. Trends Eng. Technol. ICETET*, pp. 66–69, 2012, doi: 10.1109/ICETET.2012.20.
- [11] D. H. Wilkinson, "The Geiger discharge revisited Part I. The charge generated," *Nucl. Inst. Methods Phys. Res. A*, vol. 321, no. 1–2, pp. 195–210, 1992, doi: 10.1016/0168-9002(92)90388-K.
- [12] William James Price, *Nuclear Radiation Detection*. McGraw-Hill, 1958.
- [13] D. Hariyanto and S. Permana, "Studi Intensitas Radiasi Menggunakan Survey Meter Berbasis Tabung Geiger M4011 dan Mikrokontroler Arduino Uno," *Pros. Simp. Nas. Inov. dan Pembelajaran Sains*, no. June 2020, pp. 192–198, 2019.
- [14] P. Dan *et al.*, "Pembuatan tabung detektor geiger muller tipe jendela samping," 2011.