

PENGEMBANGAN SISTEM TIMBANGAN DIGITAL BERBASIS IOT UNTUK MONITORING DEWAR NITROGEN PADA SPEKTROMETER GAMMA HPGE

¹Leni Devera Asrar, ²Cahyono Kurniawan Hidayat, ³Vira Nadiya Khairun Nisa
¹²³Program Studi Teknik Elektro, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta
leniasrar@gmail.com

Abstrak

Penggunaan detektor semikonduktor HPGe pada sistem perangkat spektrometer gamma membutuhkan nitrogen cair yang berfungsi sebagai pendingin detektor. Jumlah cairan pendingin yang ada dalam tabung dewar perlu diketahui karena mempengaruhi kinerja detektor dalam melakukan pengukuran tingkat radioaktifitas suatu sumber radioaktif. Saat ini pada perangkat spektrometer gamma masih menggunakan timbangan manual untuk mengontrol jumlah cairan pendingin dalam dewar. Penggunaan timbangan manual pada dewar nitrogen memiliki beberapa kekurangan, diantaranya yaitu operator diharuskan untuk memantau secara berkala ke laboratorium untuk memantau berat dewar nitrogen, tidak adanya sistem yang memperingatkan operator jika berat dewar nitrogen sudah dibawah batas minimum, dan spektrometer gamma yang tetap dapat beroperasi meskipun nitrogen cair pada dewar tidak berada pada batas minimum yang berpotensi dapat merusak spektrometer gamma tersebut. Tujuan penelitian ini yaitu membuat sistem yang dapat mengetahui berat dewar nitrogen secara real time dan tidak terbatas jarak dan membuat sistem yang dapat memutuskan catu daya pada alat spektrometer gamma jika berat dewar nitrogen dibawah nilai yang telah ditentukan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian *Research and Development*. Sistem ini diharapkan dapat mencegah salah satu potensi kerusakan yang dapat terjadi pada spektrometer gamma dengan cara memastikan sistem tidak beroperasi jika berat dewar nitrogen dibawah minimum, memberikan peringatan jika dewar nitrogen sudah harus diisi ulang, dan mempermudah pekerjaan operator spektrometer gamma yang perlu melakukan monitoring berat dewar nitrogen secara berkala. Berdasarkan uji coba sistem yang telah dilakukan, sistem dapat berfungsi dengan baik pada *set point* kondisi "Bahaya", "Waspada", dan "Aman". Adapun terdapat perbedaan 1% bacaan berat pada sensor *load cell* dibandingkan dengan anak timbangan, tetapi data yang diperoleh menunjukkan presisi yang optimal. Sistem juga dapat memastikan sistem spektrometer gamma tidak dapat dihidupkan pada saat berat dewar nitrogen ≤ 25 kg.

Kata Kunci: Detektor semikonduktor HPGe, Spektrometer gamma, Monitoring berat dewar, Load cell sensor, Pengukuran radioaktivitas

1. PENDAHULUAN

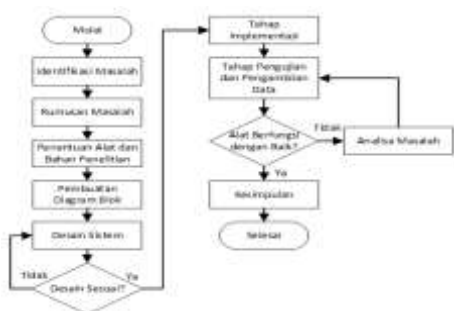
Metrologi radiasi merupakan ilmu pengetahuan dalam bidang pengukuran radiasi, yang meliputi: radioaktivitas, dosis, intensitas radiasi, waktu paruh dan sifat-sifat lain dari radionuklida pada penggunaan radiasi pengion. Sistem pencacah spektrometer gamma merupakan salah satu alat ukur radioaktivitas dengan metode pengukuran secara relatif (Hermawan, 2018; Omar, 2022). Pengoperasian sistem spektrometer gamma dimulai dengan memeriksa kondisi nitrogen cair dalam dewar untuk memastikan kondisi aman detektor (Agus, 2013). Penggunaan timbangan manual pada dewar nitrogen memiliki beberapa kekurangan, diantaranya yaitu operator diharuskan untuk memantau secara berkala ke laboratorium untuk memantau berat dewar nitrogen, tidak adanya sistem yang memperingatkan operator jika

berat dewar nitrogen sudah dibawah batas minimum, dan spektrometer gamma yang tetap dapat beroperasi meskipun nitrogen cair pada dewar tidak berada pada batas minimum. Oleh sebab itu, penting untuk membuat suatu sistem yang dapat memastikan berat dewar nitrogen saat spektrometer gamma beroperasi berada diatas batas berat minimum yang telah ditentukan dan spektrometer gamma tidak akan dapat beroperasi jika berat dewar nitrogen berada dibawah berat minimum. Timbangan pada spektrometer gamma digunakan untuk mengetahui berat nitrogen pada dewar nitrogen. Kondisi nitrogen cair dalam keadaan aman jika berat nitrogen cair dan dewar lebih dari 25 kg. Apabila kurang dari 25 kg, operator diharuskan mengisi nitrogen cair terlebih dahulu sebelum melakukan pengoperasian (Agus, 2013). Saat foton berinteraksi dengan seluruh material detektor, akan dihasilkan

pembawa muatan (berupa holes dan elektron), selanjutnya pembawa muatan ini akan terbawa oleh medan listrik menuju elektroda P dan N. Detektor dipasang pada ruang vakum yang disediakan atau dimasukkan ke dalam LN2 Dewar (Lidstroem, 2000). Penelitian ini mencakup serangkaian percobaan untuk menguji sensor *load cell* dan aktuator relay guna mendapatkan data pengukuran yang dianalisis untuk menguji keefektifan produk yang akan dihasilkan. Pada penggunaannya, sensor *load cell* berfungsi untuk mengkonversi berat menjadi sinyal listrik (Fahmi, 2018). Keluaran sensor *load cell* merupakan beda potensial dari lengan-lengan jembatan wheatstone yang mengalami ketidakseimbangan (Yusuf, 2023). Sistem ini telah terintegrasi dengan *internet of things* sehingga operator dapat mengetahui berat nitrogen secara *real-time* melalui aplikasi BLYNK (Wagya, 2019). Hal ini memberikan kemudahan bagi operator untuk memonitor berat dari jarak jauh dan mendapatkan notifikasi otomatis.

METODOLOGI

Jenis penelitian yang digunakan yaitu *Research and Development*. Sistem yang dibuat bertujuan memantau dan memberikan peringatan terkait berat dewar nitrogen dengan batasan berat minimum yang terhubung dengan jaringan IoT. Batasan berat dibagi menjadi 3 kategori: daerah aman, waspada, dan berbahaya. Ketika berat dewar nitrogen mencapai batas kategori waspada, sistem memberikan notifikasi agar operator mengisi cairan nitrogen. Jika berat mencapai batas kategori berbahaya, sistem memutuskan catu daya alat spektrometer gamma. Selain itu, operator juga dapat memantau berat dewar nitrogen melalui aplikasi yang dibuat.

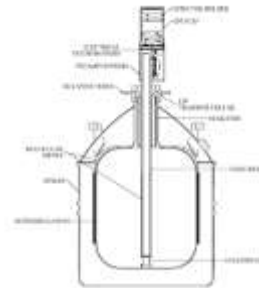


Gambar 1. Diagram Alir

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Skematik detektor HPGe ditunjukkan pada gambar 2.

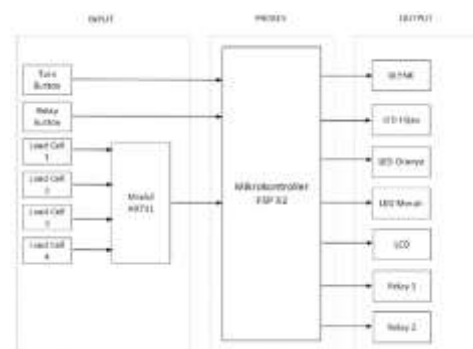


Gambar 2. Skematik Detektor HPGe (Lidstroem, 2000)

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Cara kerja detektor HPGe yaitu saat foton berinteraksi dengan seluruh material detektor, akan dihasilkan pembawa muatan (berupa holes dan elektron), selanjutnya pembawa muatan ini akan terbawa oleh medan listrik menuju elektroda P dan N. Muatan ini, jumlahnya sebanding dengan energi yang tersimpan dalam detektor dikarenakan adanya foton yang masuk, selanjutnya diubah menjadi pulsa tegangan oleh preamplifier integral yang sensitif terhadap muatan.

Diagram blok sistem ditunjukkan pada gambar 2 yang merupakan gambaran keseluruhan sistem yang saling terhubung satu sama lain.

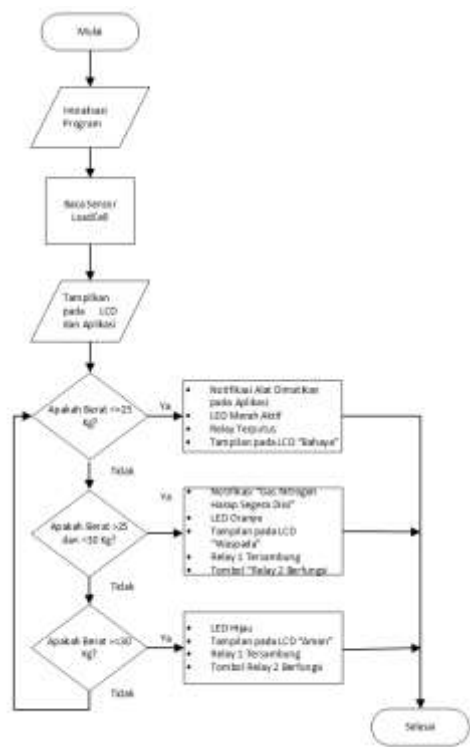


Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Cara kerja sistem timbangan digital dapat dilihat pada gambar 3 yang dimulai dari inisialisasi program, proses pengolahan data,

dan keluaran dari sistem berdasarkan indikator-indikator yang telah ditentukan.



Gambar 3. Diagram Alir Cara Kerja Sistem Timbangan
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 4. Proses Pengujian Sensor Load Cell
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Pengujian sensor *load cell* dilakukan dengan variasi berat menggunakan anak timbangan. Variasi berat yang dilakukan yaitu 500 gram, 700 gram, 800 gram, 900 gram, 950 gram, dan 990 gram.

Pengujian lampu indikator ditandai dengan aktifnya warna lampu sesuai dengan konfigurasi yang telah ditentukan. Jika kondisi "Aman" maka pembacaan sensor yang ditampilkan pada LCD diatas *set point* 30 kg dan lampu hijau akan menyala serta lampu

merah dan lampu kuning kondisi mati, jika kondisi "Waspada" maka pembacaan sensor yang ditampilkan pada LCD diatas *set point* 25 kg dan dibawah *set point* 30 kg dan lampu kuning dan lampu hijau kondisi mati, dan jika kondisi "Bahaya" maka pembacaan sensor yang ditampilkan pada LCD dibawah *set point* 25 kg dan lampu merah akan menyala serta lampu hijau dan kuning kondisi mati.

Tabel 1. Pengujian Sensor Load Cell
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Berat Anak Timbangan (Kg)	Bacaan ke - 1 (Kg)	Bacaan ke -2 (Kg)	Bacaan ke-3 (Kg)	Bacaan ke-4 (Kg)	Bacaan ke-5 (Kg)	Rata-Rata (Kg)
0,500	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
0,700	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
0,800	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
0,900	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
0,950	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
0,990	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



Gambar 5. LCD dan LED Kondisi "Aman"
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 6. LCD dan LED Kondisi "Waspada"
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 7. LCD dan LED Kondisi "Bahaya"
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Untuk pengujian sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 8 dimana hasil pembacaan sensor yang telah diproses oleh ESP32 yang terhubung dengan wifi akan dikomunikasikan dengan aplikasi Blynk, dan aplikasi Blynk akan menampilkan data yang diterima dari ESP32 untuk monitoring pembacaan sensor *load cell* dan mengetahui kondisi pada dewar nitrogen.



Gambar 8. Pengujian Sistem
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Pada aplikasi Blynk yang telah dibuat, terdapat tampilan 3 indikator dan tampilan berat pada timbangan digital. Jika berat yang terukur pada sensor *load cell* berada pada *set point* kondisi "Aman", maka indikator yang menyala berwarna hijau. Sedangkan jika berat yang terukur pada sensor *load cell* berada pada *set point* kondisi "Waspada", maka indikator yang menyala berwarna kuning dan terdapat notifikasi "Waspada Nitrogen Segera Diisi". Jika berat yang terukur pada sensor *load cell* berada pada *set point* kondisi "Bahaya", maka indikator yang menyala berwarna merah dan terdapat notifikasi "Bahaya Nitrogen

hampir habis, Spektrometer gamma dimatikan".

3. KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisis yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Sistem timbangan digital pada dewar nitrogen spektrometer gamma detektor high purity germanium (HPGe) menggunakan sensor *load cell* berbasis internet of things telah berjalan dengan baik pada kondisi standby, kondisi "Aman", kondisi "Waspada", dan kondisi "Bahaya".
2. Sistem dapat mendeteksi perubahan berat pada dewar nitrogen, memberikan notifikasi jika kondisi berat dewar nitrogen berada pada kondisi "Waspada" atau kondisi "Bahaya"
3. Sistem telah terintegrasi dengan *internet of things* sehingga operator dapat mengetahui berat nitrogen secara *real-time* melalui aplikasi BLYNK. Hal ini memberikan kemudahan bagi operator untuk memonitor berat dari jarak jauh dan mendapatkan notifikasi otomatis.
4. Sistem yang dibuat menunjukkan akurasi dan presisi optimal dalam pengukuran berat. Dari beberapa kali pengujian, perbedaan hasil antara anak timbangan yang tertelusur dan bacaan berat pada sistem konsisten sebesar 1%
5. Sistem dapat memastikan sistem spektrometer gamma tidak dapat dihidupkan pada saat berat dewar nitrogen ≤ 25 kg

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, T. P. , & E. N. (2013). *Optimizing of gamma spectrometer parameter by using HpGe detector*.
- Fahmi, R. Z. (2018). *Penerapan Alat Pembaca Sensor Load Cell Pada Universal Testing Machine (Utm)*.

- Hermawan, C. , & G. W. (2018). *Making standard source mixture of ^{137}Cs - ^{60}Co for calibration of gamma spectrometer.*
- Lidstroem, K. , N. C. , & A. G. (2000). *Dose measurements with a HPGe detector-a technical manual.*
- Omar, O. A. B. , & E. S. A. (2022). Study Matrix Densities Variation on Assay of ^{137}Cs & ^{60}Co using Gamma Spectrometric Analysis and Correction Equation. *In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2305, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.*
- Wagyana, A. (2019). Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT). *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 8(2), 238-247.
- Yusuf, M. , S. S. , & R. S. D. (2023). Sistem Pengukuran Berat dan Dimensi Paket Otomatis Menggunakan Sensor Loadcell dan Sensor Ultrasonic Berbasis Mikrokontroller esp. *In Prosiding Seminar Nasional Wijayakusuma National Conference (Vol. 4, No. 1, Pp. 128-140).*