

**PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK AKUISISI DATA
SPEKTROMETRI ALPHA DAN DETEKTOR BETA BERBASIS
SENSOR SEMIKONDUKTOR**

M Ghifari Al Mashir¹, Kiswanta²

Universitas Pamulang

E-mail: m.ghifarialmashir@gmail.com¹,

dosen00787@unpam.ac.id²

Abstrak

Teknologi ketenaga nukliran pada saat ini menjadi salah satu teknologi yang di saat sekarang ini sering di kembangkan karena untuk kebutuhan energinya. Namun dalam perkembangannya masih banyak kendala dalam pemanfaatannya terutama dalam bidang keselamatan dan pengawasannya, di dalam ilmu ketenaga nukliran ada sebuah istilah zat radioaktif bernama partikel alpha dan juga partikel beta yang dimana kedua partikel tersebut tidak boleh tersentuh langsung oleh tangan manusia. Namun upaya terhadap pengawasan sudah di lakukan pastilah ada resiko-resiko yang dapat saja terjadi terutama dari instalasi nuklir seperti lepasan radioaktif ke udara. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dibuatkan alat detektor alpha dan juga detektor beta yang mudah di bawa kemana saja untuk mengetahui apakah ada radiasi dari partikel alpha dan juga partikel beta. Alat yang di gunakan pada penelitian kali ini adalah menggunakan sensor Bpw 34 dan sensor Bpx 61 untuk medeteksi radiasi dari partikel alpha ataupun partikel beta dan juga menggunakan aplikasi matlab untuk mengetahui hasil gelombang yang di dihasilkan oleh pendeteksian sensor dan juga untuk mengetahui titik puncak dari gelombang tersebut. dan hasil dari penelitian kali ini dimana sumber partikel alpha yang di gunakan adalah Amerisium-241 memiliki titik puncak sebesar 0.00002002 dB berada di posisi 16 kHz dan untuk sumber partikel beta menggunakan Stronsium-90 memiliki titik puncak 0.00003033 dB dan berada di posisi 3711 Hz.

Kata Kunci — Partikel Alpha, Partikel Beta, Radiasi, Nuklir, Bpw 34, Bpx 61.

Abstrack

Nuclear technology has become one of the technologies often developed today due to its energy needs. However, its development still faces many challenges, especially in terms of safety and monitoring. In nuclear science, there are terms called alpha particles and beta particles, which must not be directly touched by human hands. Despite the supervision efforts that have been made, there are always risks, particularly from nuclear installations, such as the release of radioactive substances into the air. Based on these problems, portable alpha and beta detectors were developed to detect the presence of alpha and beta particle radiation easily. In this study, BPW 34 and BPX 61 sensors are used to detect radiation from alpha and beta particles. MATLAB is utilized to analyze the resulting waveforms from the sensor detections and to identify the peak points of these waveforms. The findings indicate that the alpha particle source Americium-241 shows a peak at 0.00002002 dB at 16 kHz, while the beta particle source Strontium-90 has a peak at 0.00003033 dB at 3711 Hz.

Keywords— Alpha Particles, Beta Particles, Radiation, Nuclear, BPW 34, BPX 61.

PENDAHULUAN

Senjata militer disaat sekarang ini sudah berkembang dengan sangat pesatnya terutama senjata militer yang memanfaatkan tenaga nuklir, pemanfaatan tenaga nuklir memang banyak menginspirasi negara-negara untuk membuatnya (Nurtyandini, 2022). Fenomena globalisasi menjadi salah satu factor pengaruh yang sangat sering sekali diperbincangkan di lingkungan hidup manusia, karena fenomena globalisasi banyak sekali menyebabkan pengrusakan di lingkungan hidup manusia baik di udara maupun di daratan (Suntoro et al., 2019). Namun fenomena globalisasi disaat sekarang ini bisa saja menjadi suatu kemajuan bagi peradaban manusia khususnya bagi negara-negara maju, namun disisi sebaliknya fenomena globalisasi ini dibenturkan dengan keseimbangan dan kelestarian lingkungan hidup manusia. (Lia Wulandari, 2022).

Teknologi nuklir merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan untuk kebutuhan akan energi (Yusabiran et al., 2020). Tujuan dari pengawasan ketenaganukliran sebagaimana tercantum dalam Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran adalah terjaminnya kesejahteraan, keamanan, dan ketenteraman masyarakat, keselamatan dan kesehatan pekerja dan anggota masyarakat, serta perlindungan terhadap lingkungan hidup (Heni et al., n.d.). Namun upaya terhadap pengawasan ketenaga nukliran yang sudah dilakukan pastilah ada risiko-risiko yang dapat saja terjadi dari pemanfaatan tenaga nuklir, terutama yang berasal dari instalasi nuklir, di antaranya adalah lepasan radioaktif ke udara yang dengan pengaruh meteorologis akan terjadi dispersi ke wilayah yang lebih luas, termasuk pula lepasan radioaktif dari negara lain yang masuk ke wilayah Indonesia (Akhmad et al., 2021).

Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) mempunyai tugas yaitu melakukan pelayanan dibidang radioekologi (Retno Astarti et al., 2015). Hal itu juga sudah tercantum sesuai dengan TUSI Sub bidang Keselamatan Lingkungan adalah melakukan pelayanan analisis pemantauan keselamatan lingkungan tingkat nasional dan sertifikasi tingkat kontaminasi radionuklida diberbagai jenis bahan bakar (Nirwani et al., 2019).

Dalam ilmu ketenaganukliran ada sebuah istilah zat radioaktif bernama partikel alpha dan zat radioaktif partikel beta. Dimana dua partikel tersebut memiliki perbandingan zat radioaktif yang tinggi, partikel alpha lebih besar masa elektronnya. Partikel alpha dan beta merupakan zat radioaktif yang tidak boleh tersentuh oleh tangan manusia langsung karena bahan radioaktif partikel alpha dan beta dapat menjadi sumber resiko (Nirwani et al., 2019).

LANDASAN TEORI

Matrix Laboratory (Matlab)

Perangkat lunak yang dikenal sebagai Matrix Laboratory, atau Matlab, berbasis pada matriks. Matlab mudah digunakan karena struktur matriksnya yang sangat sederhana (Atina, 2019). Matlab awalnya dibuat untuk menyelesaikan masalah persamaan aljabar linear. Sistem Matlab telah mengalami evolusi yang luar biasa dalam hal kinerja komputasi dan fungsionalitas seiring waktu



Gambar 1 Logo Aplikasi MATLAB

Pembelajaran pemrograman matematika terbantu dengan aplikasi MATLAB dalam bidang matematika. MATLAB digunakan untuk perhitungan, analisis matematika, dan pengembangan penelitian dalam berbagai domain. Untuk aplikasi khusus seperti logika fuzzy, simulasi, optimasi, pengolahan citra digital, dan teknologi lainnya, MATLAB menawarkan kotak peralatan (toolbox) (Febrianti & Harahap, 2021)

Soundcard



Gambar 2 Soundcard

Soundcard adalah suatu perangkat atau komponen yang memungkinkan computer mengirim data audio ke perangkat lain seperti headphone, speaker dan lain-lain ataupun soundcard juga bisa sebagai media perakam suara dimana soundcard juga mampu untuk mengirim data audio ke komputer ataupun laptop yang dikirim dari microphone dan lain sebagainya. Secara fisik, soundcard atau dalam Bahasa Indonesia dikenal sebagai kartu suara juga dilengkapi dengan beberapa port pada bagian samping ataupun di depannya sebagai konektor perangkat audio berupa speaker, headphone, microphone dan lain sebagainya (Kustiawan et al., 2023).

Spektrometri

Spektrometri adalah metode yang menggunakan spektroskopi untuk menentukan jumlah (atau konsentrasi) suatu zat. Alat yang digunakan disebut spektrometer. Akibatnya, spektroskopi, spektrometri, dan spektrometer adalah tiga terminologi yang berbeda. Spektrometer adalah instrumen yang digunakan dalam proses spektrometri. Spektroskopi adalah subjek ilmiah, sedangkan spektrometri adalah pendekatan aplikasi yang didasarkan pada spektroskopi. (Yudono, n.d.).

Fast Fourier Transform (FFT)

Fast Fourier Transform (FFT) adalah pengembangan dari Fourier Transform (FT) yang ditemukan oleh J. Fourier pada tahun 1822. Ft membagi sebuah sinyal menjadi berbagai frekuensi eksponensial kompleks yang berbeda.

Fast Fourier Transform (FFT) adalah metode yang sangat efisien untuk menghitung koefisien Fourier diskrit dari suatu sekuen data yang kompleks. Metode ini lebih efisien dalam hal waktu dibandingkan dengan metode konvensional. FFT memiliki aplikasi penting dalam berbagai bidang seperti analisis spektrum, pemrosesan sinyal suara dan optik, serta desain filter digital. Algoritma FFT didasarkan pada prinsip dekomposisi perhitungan Discrete Fourier Transform (DFT) dari suatu sekuen sepanjang N menjadi transformasi Fourier diskrit yang lebih kecil secara berturut-turut. (Yohanes Sipasulta et al., 2014).

METODE PENELITIAN

Perancangan sistem ini merupakan suatu hal yang sangat penting dalam metodologi penelitian kali ini, dimana penelitian kali ini menggunakan metodologi menggunakan metode Observasi dan Analisa dimana data yang diambil pada penelitian kali ini diperoleh langsung dengan penelitian di laboratorium dibawah bimbingan seorang peneliti dari Brin. Kemudian ada jenis penelitian studi pustaka, dimana dalam metode penelitian kali ini, peneliti mengambil atau mencari data-data dari beberapa jurnal referensi. Dalam melakukan observasi dan analisa teknik tahapan yang perlu diperhatikan yakni tahap perancangan, tahap pembuatan perangkat lunak, dan juga tahap uji coba perangkat lunaknya. Selanjutnya adalah pengambilan data yang telah ditentukan dengan sampel yang sudah ada di tempat penelitian dilaksanakan.

Penelitian dimulai dari pembuatan program awal yang dimulai dari mempersiapkan perangkat keras maupun perangkat lunak yang mendukung untuk melakukan penelitian. selanjutnya membuat program diaplikasi matlab untuk membaca hasil sinyal dari data yang dikirimkan melalui soundcard ke aplikasi matlab lalu data tersebut disimpan dalam format

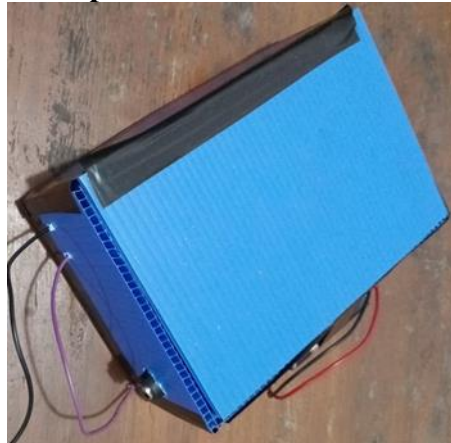
WAV. Setelah data tersebut tersimpan dalam format WAV selanjutnya dibuatkan program diaplikasikan matlab untuk bisa menampilkan grafik dari data dan juga dibuatkan program dengan menggunakan metode Fast Fourier Transform (FFT) untuk melihat hasil spektrum data data sinyal tersebut, sehingga dari hasil FFT tersebut bisa dilihat titik puncak dari gelombang hasil pembacaan sensor detektor beta ataupun detektor alpha.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini penulis ingin menjelaskan mengenai hasil dari penelitian yang telah dilakukan mulai tahap pengambilan data yang dilakukan dengan 3 kali pengambilan data di setiap alat detektor alpha maupun beta, 3 kali percobaan tersebut meliputi : tahap pengambilan background alam sekitar tanpa diberikan sumber alpha maupun sumber beta, tahap pengujian ke sumber alpha maupun sumber beta selama 2 menit, dan tahap pengujian ke sumber alpha maupun sumber beta selama 5 menit, Serta melakukan analisa dari hasil pengujian alat detektor alpha maupun alat detektor beta untuk dapat melihat sejauh mana tujuan penelitian pada kali ini tercapai dan juga untuk dapat melihat seberapa sensitivitas dari alat detektor alpha dan juga alat detektor beta.

Hasil Foto Alat Detektor Alpha

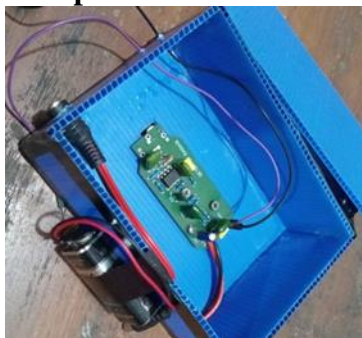
Tampilan Atas Alat Detektor Alpha



Gambar 2 Gambar tampilan bawah dari alat detektor alpha

Pada gambar 2 menunjukkan tampilan tampak dari bawah alat dari detektor alpha, dimana terdapat sensor bpx 61 yang berfungsi untuk mendeteksi dari pancaran radiasi alpha.

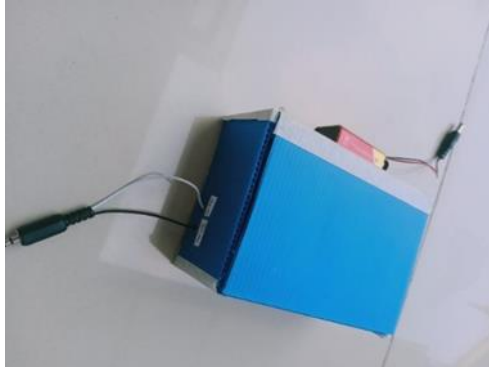
Tampilan Dalam Alat Detektor Alpha



Gambar 3 Gambar tampilan tampak bagian dalam dari alat detektor alpha

Pada Gambar 3 menunjukkan bagian dalam atau bagian isi dari alat detektor alpha yang dimana di dalamnya terdapat sebuah rangkaian yang komponennya sudah tersusun dengan rapih dan pada bagian samping dari alat ini terdapat sebuah baterai 9V yang berfungsi sebagai sumber power untuk alat detektor alpha tersebut.

Hasil Foto Alat Detektor Beta Tampilan Atas Alat Detektor Beta



Gambar 4 Tampilan Atas Alat Detektor Beta

Pada gambar 4 merupakan tampilan dari alat detektor beta yang menggunakan sensor bpw 34 yang sudah selesai di rakit dan sudah diberi cover atau case pelindung. Cover atau case pelindung ini berfungsi untuk melindungi rangkaian dari debu atau terkena air secara langsung dan juga dapat melindungi rangkaian dari sentuhan fisik secara langsung.

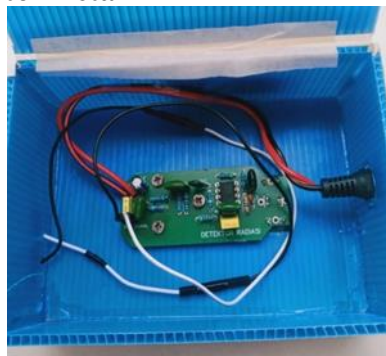
Tampilan Bawah Alat Detektor Beta



Gambar 5 Gambar tampilan bawah alat detektor beta

Pada gambar 5 ini merupakan tampilan dari alat detektor beta dari bagian tampak bawah dimana terdapat 4 buah sensor bpw 34 yang berfungsi sebagai sensor deteksi dari sumber radiasi beta.

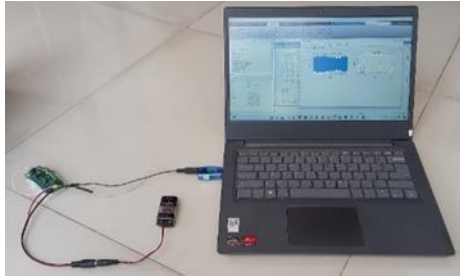
Tampilan Dalam Alat Detektor Beta



Gambar 6 Gambar tampilan dalam dari alat detektor beta

Pada gambar 6 merupakan tampilan dari bagaian dalam atau isi dari alat detektor beta, yang dimana di dalamnya terdapat sebuah rangkaian detektor beta yang komponennya sudah tersusun secara rapih.

Percobaan alat detektor alpha dan beta



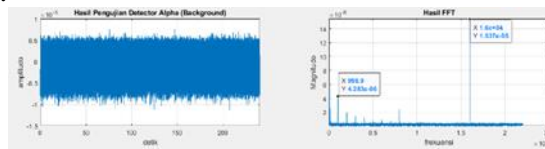
Gambar 7 Gambar percobaan alat detektor

Pada gambar 7 merupakan tampilan pada saat percobaan alat yang berfungsi untuk mengetahui apakah alat detektor dapat mendeteksi radiasi dari partikel alpha dan beta dan juga apakah program di aplikasi matlab dapat berjalan dengan baik atau tidak untuk bisa menampilkan grafik dari sinyal yang dihasilkan dari pembacaan sensor.

Pengujian Alat Detektor Alpha

Pengujian Pertama (Background)

Pada percobaan di bawah ini peneliti mencoba untuk melakukan pengujian dari alat detektor Alpha dengan mengambil sampel dari alam sekitar (background). Pengambilan data alam sekitar atau background ini adalah agar peneliti mengetahui keadaan sekitar dan bisa membandingkannya dengan ketika melakukan pengambilan data menggunakan sumber alpha apakah ada perbedaan atau tidak pada saat belum diberi sumber alpha dan ketika sudah diberikan sumber alpha.



Gambar 8 Hasil pengujian detektor alpha alam sekitar (Background)

Pada gambar 4.8 tersebut dapat dilihat bahwa pada tahap pengujian alat detektor alpha pada alam sekitar menunjukkan bahwa hasil spectrum pada sumbu X menunjukkan frekuensi dalam Hz, sementara untuk sumbu Y menunjukkan magnitudo dari masing-masing frekuensinya. Pada grafik tersebut terlihat 2 titik puncak dominan yaitu pada frekuensi 998.9 Hz dengan magnitudo pada frekuensi tersebut sebesar 0.000004283 dB dan juga di 16 kHz dengan magnitudo pada frekuensi tersebut sebesar 0.00001537 dB. jadi dapat kita lihat bahwa titik puncak pada grafik tersebut berada frekuensi 16 kHz karena memiliki nilai magnitudo yang paling tinggi.

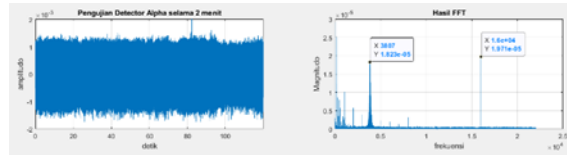
Pengujian kedua sumber Alpha selama 2 menit

Pada percobaan di bawah ini peneliti mencoba untuk melakukan pengujian dari alat detektor alpha dengan menggunakan sumber dari partikel alpha yaitu 241Am atau Amerisium-241. Pengambilan data dilakukan kurang lebih selama sekitar 2 menit.



Gambar 9 pengambilan data detektor alpha dengan sumber selama 2 menit

Pada gambar 9 tersebut merupakan proses pengambilan data dengan sumber 241Am dengan durasi kurang lebih sekitar 2 menit

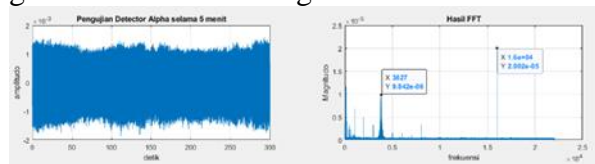


Gambar 10 hasil dari pengambilan data detektor alpha dengan sumber selama 2 menit

Pada gambar 10 tersebut dapat dilihat bahwa pada tahap pengujian alat detektor alpha pada sumber ^{241}Am atau Amerisium-241 menunjukkan bahwa hasil spectrum pada sumbu X menunjukkan frekuensi dalam Hz, sementara untuk sumbu Y menunjukkan magnitudo dari masing-masing frekuensinya. Terlihat 2 titik puncak dominan yaitu pada frekuensi 3807 Hz dengan magnitudonya pada grafik tersebut sebesar 0.00001823 dB dan juga di 16 kHz dengan magnitudonya pada grafik tersebut sebesar 0.00001971 dB. jadi kalau dilihat pada 2 titik puncak yang posisinya berada pada 3807 Hz dan 16 kHz titik puncak tertinggi dalam pengujian kedua kali ini adalah berada pada posisi 16 kHz dengan magnitude sebesar 0.00001971 dB berarti hasil pengujian kedua kali ini yang menggunakan sumber alpha selama 2 menit memiliki perbedaan dengan pengujian tanpa diberikan sumber alpha.

Pengujian Ketiga sumber Alpha selama 5 menit

Pada percobaan di bawah ini peneliti mencoba untuk melakukan pengujian dari alat detektor alpha dengan menggunakan sumber dari partikel alpha yaitu ^{241}Am atau Amerisium-241. Namun pengambilan data pada kali ini berbeda dengan yang sebelumnya dimana penelitian ketiga ini dilakukan kurang lebih selama 5 menit.



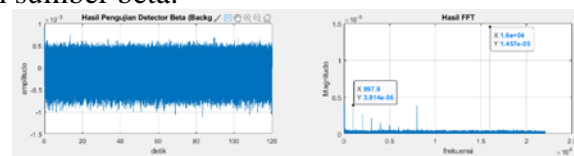
Gambar 11 hasil dari pengambilan data detektor alpha dengan sumber selama 5 menit

Pada gambar 4.11 tersebut dapat dilihat bahwa pada tahap pengujian alat detektor alpha pada sumber ^{241}Am menunjukkan bahwa hasil spectrum yang di dihasilkan dari detektor alpha dapat dilihat dalam grafik tersebut dimana pada sumbu X menunjukkan frekuensi dalam satuan Hz, sementara untuk sumbu Y menunjukkan magnitudo dari masing-masing frekuensinya. Terlihat 2 titik puncak dominan yaitu pada frekuensi 3827 Hz dengan magnitudonya sebesar 0.000009842 dB dan juga di 16 Hz dengan magnitudonya sebesar 0.00002002 dB. jadi kalau dilihat dari 2 titik puncak dominan tersebut maka titik puncak yang tertinggi itu berada pada posisi 16 Hz karena memiliki nilai magnitudonya sebesar 0.00002002 dB.

Pengujian Alat Detektor Beta

Pengujian Pertama (Background)

Pada percobaan di bawah ini peneliti mencoba untuk melakukan pengujian dari alat detektor beta dengan mengambil sampel dari alam sekitar (background). Pengambilan data alam sekitar atau background ini adalah agar peneliti mengetahui keadaan sekitar dan bisa membandingkan dengan ketika melakukan pengambilan data menggunakan sumber alpha apakah ada perbedaan atau tidak pada saat belum diberi sumber beta dan ketika sudah diberikan sumber beta.



Gambar 12 Hasil pengujian detektor beta alam sekitar (Background).

Pada gambar 12 tersebut dapat dilihat bahwa pada tahap pengujian alat detektor beta

pada alam sekitar menunjukkan bahwa hasil spectrum pada sumbu X menunjukkan frekuensi dalam Hz, sementara untuk sumbu Y menunjukkan magnitude dari masing-masing frekuensinya. Terlihat 2 titik puncak dominan yaitu pada frekuensi 997.9 Hz yang dengan magnitudonya yaitu sebesar 0.00003914 dB dan juga di 16 kHz dengan magnitudonya sebesar 0.00001457 dB. sehingga dapat diketahui bahwa titik puncak tertinggi dari grafik tersebut berada pada posisi di 16 kHz dan dengan nilai magnitudonya **sebesar 0.00001457 dB.**

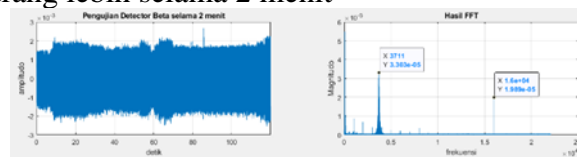
Pengujian Kedua sumber Beta selama 2 menit

Pada percobaan kali ini peneliti ingin menguji alat detektor beta dengan menggunakan sumber partikel beta yaitu Stronsium-90 (90Sr) yang dilakukan selama kurang lebih 2 menit



Gambar 13 pengambilan data detektor beta dengan sumber selama 2 menit.

Pada gambar 4.13 tersebut menampilkan pada saat peneliti melakukan pengujian alat dan juga pengambilan data dengan menggunakan sumber dari partikel beta yaitu Stronsium-90 yang di lakukan kurang lebih selama 2 menit

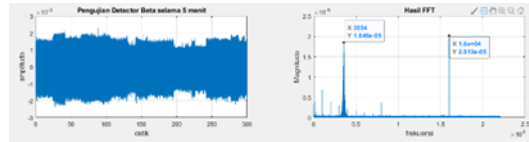


Gambar 14 hasil dari pengambilan data detektor beta dengan sumber selama 2 menit

Pada gambar 14 tersebut dapat dilihat bahwa pada tahap pengujian alat detektor beta dengan menggunakan sumber beta Stronsium-90 menunjukkan bahwa hasil spectrum yang terdapat pada grafik tersebut dimana pada sumbu X menunjukkan frekuensi dalam Hz, sementara untuk sumbu Y menunjukkan magnitudo dari masing-masing frekuensinya. Dan terdapat juga 2 titik puncak dominan dari sinyal tersebut yang dimana terdapat pada posisi 3711 Hz dengan magnitudonya pada grafik tersebut sebesar 0.00003303 dB dan juga terdapat pada posisi 16 kHz dengan nilai magnitudonya sebesar 0.00001989 dB. sehingga kalau dilihat dari 2 puncak dominan tersebut dapat kita ketahui bahwa titik puncak tertinggi berada pada posisi 3711 Hz dan dengan nilai magnitudonya sebesar 0.00003303 dB. dari hasil ini maka dapat dilihat sebuah perbedaan ketika sebelum adanya diberikan sumber beta pada saat pengujian dan ketika sudah diberikan sumber beta pada saat melakukan pengujian.

Pengujian Keempat sumber Beta selama 5 menit

Pada tahap pengujian kali ini peneliti melakukan pengujian terakhir yang dimana di lakukan berbeda untuk masalah waktu pada saat pengambilan datanya dimana pada pengujian alat kali ini menggunakan waktu selama kurang lebih 5 menit dan juga masih menggunakan sumber beta yang sama yaitu Stronsium-90.



Gambar 16 hasil dari pengambilan data detektor beta dengan sumber selama 5 menit.

Pada gambar 4.16 tersebut dapat dilihat bahwa pada tahap pengujian alat detektor beta yang menggunakan sumber dari partikel beta yaitu Stronsium-90 menunjukkan bahwa hasil spectrum pada sumbu X menunjukkan frekuensi dalam Hz, sementara untuk sumbu Y menunjukkan magnitudo dari masing-masing frekuensinya. Terlihat 2 titik puncak dominan yaitu pada frekuensi 3554 Hz dengan magnitudonya sebesar 0.00001846 dB dan juga di 16 kHz dengan magnitudonya sebesar 0.00002013 dB. kalau kita lihat dari perbandingan 2 titik puncak dominan tersebut maka kita bisa tahu bahwa titik puncak yang paling tinggi pada pengujian keempat kali ini yang menggunakan sumber beta selama 5 menit berada pada posisi 16 kHz dan dengan nilai magnitudonya sebesar 0.00002013 dB. Dan hasil ini juga kalau kita bandingkan pada pengujian pertama yang tanpa menggunakan sumber beta memiliki sebuah perbedaan pada besar dari titik puncak yang dihasilkan pada grafik tersebut.

KESIMPULAN

Dari hasil perancangan perangkat lunak untuk membaca hasil deteksi alat detektor beta dan alpha hingga pengujian dan juga pembahasan di atas, maka penulis dapat menarik kesimpulan antara lain:

Dari hasil pengujian alat yang dilakukan maka program atau perancangan perangkat lunak dapat berjalan dengan baik karena mampu menampilkan gelombang yang dihasilkan oleh hasil pembacaan sensor dan pada saat pengujian alat hasilnya memiliki perbedaan ketika belum di berikan sumber dan ketika sudah di berikan sumber alpha maupun sumber beta.

Puncak gelombang tertinggi yang di hasilkan dari radiasi partikel alpha adalah sebesar 0.00002002 dB berada di posisi 16 kHz dan puncak gelombang tertinggi yang di hasilkan dari radiasi beta adalah sebesar 0.00003303 dB berada di posisi 3711 Hz.

SARAN

Berdasarkan hasil perancangan perangkat lunak untuk grafik dan titik puncak gelombang dari hasil pembacaan alat detektor alpha maupun detektor beta. Maka dapat diberikan saran yang di perlukan dalam pengembangan dan penyempurnaannya seperti untuk penelitian berikutnya di harapkan bisa mengolah atau membuat data ini sampai kepada energi sehingga bisa mengetahui seberapa besar energi yang di hasilkan dari pembacaan alat detektor alpha maupun detektor beta terhadap radiasi partikel alpha dan beta.

DAFTAR PUSTAKA

- 4.+JBMWS_VOL_1_2022_Lia+Wulandari. (n.d.).
5731-18116-2-PB. (n.d.).
Akhmad, Y. R., Kautsar, A., Handayani, T., Pramono, J., & Anamta, A. (2021). Pengembangan spesifikasi teknis sistem pemantau radiasi lingkungan berbasis spektrometer gama untuk pengawasan ketenaganukliran di Indonesia. *Jurnal Pengawasan Tenaga Nuklir*, 1(2), 1–10. <https://doi.org/10.53862/jupeten.v1i2.013>
Atina, A. (2019). Aplikasi Matlab pada Teknologi Pencitraan Medis. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER)*, 1(1), 28. <https://doi.org/10.31851/jupiter.v1i1.3123>

- Febrianti, T., & Harahap, E. (2021). Penggunaan Aplikasi MATLAB Dalam Pembelajaran Program Linear The Use of MATLAB Applications in Linear Programming Learning. *Jurnal Matematika*, 20(1).
- Heni, Y., Hermawan, D., Suprianto, S., Heroe, R., Pengawas, P.-B., Nuklir, T., Tenaga, P.-B., Nasional, N., & Tenaga, P.-B. (n.d.). Lingkungan Pada Reaktor Nuklir.
- Kustiawan, W., Azmi Fauzizah, N., Amro Br Sinaga, H., Oktavia, I., Hafizah, F., Adrian Pangestu, S., & Aulia Siregar, R. (2023). Rekaman Audio Dalam Penyiaran Radio. *Rusydi Aulia Siregar INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 3, 13313–13321.
- Nirwani, L., Buchari, R., Azka Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi -BATAN JILebak Bulus Raya No, E. F., & Selatan, J. (2019). TINGKAT RADIOAKTIVITAS GROSS ALPHA DAN GROSS BETA DALAM SAMPEL AIR LAYANAN UJI SELAMA SEMESTER I TAHUN 2019. *Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir*.
- Nugroho, A., Kriswarini, R., Br Ginting Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir -BATAN Kawasan PUSPIPTEK Serpong Gd, A., & Selatan, T. (n.d.). OPTIMASI PROSES ELEKTRODEPOSISI UNTUK PENGUKURAN ISOTOP ^{242}Pu DENGAN SPEKTROMETER ALPHA.
- Nurtyandini, R. T. (2022). ANALISIS KEBIJAKAN LUAR NEGERI AMERIKA SERIKAT ERA JOE BIDEN TERHADAP PROGRAM PENGEMBANGAN NUKLIR IRAN ANALYSIS OF FOREIGN POLICY OF THE UNITED STATES OF THE JOE BIDEN ERA ON PROGRAM DEVELOPMENT NUCLEAR IRAN. In *Jurnal PIR* (Vol. 6, Issue 2).
- Pancoko, M., Manaf, A., Lissa Nuri, H., Riset Teknologi Deteksi Radiasi dan Analisis Nuklir, P., -brin, O., & Puspipstek Gd, K. (n.d.). TINJAUAN TEKNOLOGI SINTILATOR PLASTIK UNTUK DETEKTOR NUKLIR. In *Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir Bulletin of Nuclear Reactor Management: Vol. XIX* (Issue 2). <http://jurnal.batan.go.id/idex/php/bprn>
- Retno Astari, T., Pramana, A., Syaifudin, M., Biologi Sel dan Molekuler, L., Biologi, J., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., Brawijaya Malang, U., Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, P., Tenaga Nuklir Nasional, B., & Lebakbulus Raya No, J. (2015). Efek Paparan Sinar-X Terhadap Frekuensi Mikronukleus Sel Limfosit Dan Pemanfaatannya Untuk Pengembangan Dosimeter Biologi. In *Jurnal Biotropika* | (Vol. 3, Issue 2).
- Suntoro, A., Shobari, I., & Subchan, M. (2019). ANALISIS PENYIMPANGAN NILAI KONDISI AWAL FLUX NETRON HASIL BACA KANAL DAYA NLW2 PADA SIK REAKTOR NUKLIR KARTINI. *PRIMA*, 16(1).
- Yohanes Sipasulta, R., Lumenta, A. S., & RUA Sompie, S. (2014). Simulasi Sistem Pengacak Sinyal Dengan Metode FFT (Fast Fourier Transform).
- Yudono, B. (n.d.). SPEKTROMETRI.
- Yusabiran, Y., Rumambi, F. J., & Wirdana, I. K. (2020). Evaluasi Kesiapsiagaan Batan Menghadapi Kegagalan Teknologi Nuklir Melalui Penerapan Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS) 18001. *JURNAL SAINS TEKNOLOGI & LINGKUNGAN*, 6(1), 10–21. <https://doi.org/10.29303/jstl.v6i1.139>.