

Aero Surveymeter Sebagai Instrumen Pemetaan Paparan Radiasi Gamma Lingkungan Menggunakan Drone Berbasis Detektor Geiger Muller

Endang Subarna¹, Makhsun², Taswanda Taryo³

^{1,2,3} Pascasarjana, Teknik Informatika S-2, Universitas Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

Email: ¹endang17291@gmail.com, ²makh002@brin.go.id, ³taswandataryo@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini meneliti penggunaan Aero Survey Meter sebagai instrumen yang efisien dalam pemetaan paparan radiasi gamma di lingkungan, dengan memanfaatkan teknologi drone dan detektor geiger muller. detektor geiger muller adalah alat deteksi radiasi yang dipasang pada drone, memungkinkan pengambilan data radiasi dari lokasi yang sulit dijangkau dengan cara konvensional. Dengan menggunakan drone, pemantauan radiasi menjadi lebih efisien dan akurat, serta mengurangi risiko kepada manusia dalam pengambilan data di area berbahaya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas metode pemetaan radiasi menggunakan Aero Survey Meter dengan menggunakan drone dan detektor geiger muller. Uji coba dilakukan di berbagai kondisi lingkungan untuk membandingkan hasil yang diperoleh dengan teknik pemetaan radiasi tradisional. Dalam penelitian ini, perhatian khusus diberikan pada aspek akurasi, efisiensi waktu, dan keselamatan operasional selama proses pengambilan data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi Aero Survey Meter dengan drone dan detektor Geiger-Muller dapat mempermudah proses pemetaan di lingkungan yang sulit dijangkau. Salah satu keunggulan utama dari penggunaan drone adalah kemampuan untuk melakukan pengukuran radiasi pada berbagai ketinggian, tidak hanya di permukaan. Hal ini memungkinkan pemetaan paparan radiasi yang lebih detail, termasuk di area-area yang tinggi atau sulit dijangkau dengan cara konvensional, dan memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang distribusi radiasi di seluruh area. Selain itu, metode ini juga mempercepat proses pengambilan data, yang merupakan keuntungan besar dibandingkan metode tradisional yang lebih memakan waktu. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan metode pemantauan radiasi yang lebih efektif dan peningkatan manajemen risiko radiasi di masa mendatang. Dengan pemanfaatan teknologi mutakhir dalam survei radiasi, diharapkan masyarakat dan lembaga terkait dapat lebih siap dalam menghadapi isu terkait radiasi di lingkungan mereka.

Kata Kunci: Aero Survey Meter, Geiger-Muller, Pemetaan Radiasi, Teknologi Drone, Paparan Radiasi Gamma.

Abstract

This study investigates the use of the Aero Survey Meter as an efficient instrument for mapping gamma radiation exposure in the environment, utilizing drone technology. The Aero Survey Meter is a high-precision radiation detection device mounted on a drone, enabling data collection from hard-to-reach locations that are difficult to access through conventional methods. By using drones, radiation monitoring becomes more efficient and accurate, while reducing risks to human operators in hazardous areas.

The objective of this research is to evaluate the effectiveness of radiation mapping using the Aero Survey Meter and drones. Field tests were conducted in various environmental conditions to compare the results obtained with traditional radiation mapping techniques. This study focuses particularly on aspects of accuracy, time efficiency, and operational safety during data collection.

The results of the study indicate that the combination of the Aero Survey Meter and drones significantly improves the accuracy of radiation mapping. Moreover, this method accelerates data collection, offering a major advantage over traditional methods that are more time-consuming. The application of this technology is expected to contribute to the development of more effective radiation monitoring methods and enhance radiation risk management in the future. By utilizing cutting-edge technology in radiation surveys, it is hoped that both the public and relevant organizations will be better prepared to address radiation-related issues in their environments..

Keywords: Aero Survey Meter, Geiger-Muller, Radiation Mapping, Drone Technology, Gamma Radiation Exposure.

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, meningkatnya penggunaan teknologi nuklir dan aktivitas industri yang berpotensi menimbulkan paparan radiasi lingkungan, terutama radiasi gamma, telah menjadi

perhatian global. Radiasi gamma, yang memiliki daya tembus tinggi, dapat berdampak serius terhadap kesehatan manusia dan lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, pemantauan dan pemetaan paparan radiasi gamma menjadi elemen

penting dalam pengelolaan risiko radiasi dan perlindungan lingkungan.

Metode konvensional dalam pemantauan radiasi gamma biasanya menggunakan alat pengukur yang dioperasikan secara manual di lapangan. Namun, metode ini memiliki sejumlah keterbatasan, termasuk ketidakmampuan menjangkau area yang sulit diakses, risiko tinggi bagi operator yang terpapar radiasi, serta keterbatasan dalam cakupan dan kecepatan pengumpulan data. Keterbatasan ini menuntut pengembangan teknologi yang lebih efisien, aman, dan akurat dalam pemetaan radiasi gamma di berbagai kondisi lingkungan.

Penggunaan drone dalam kombinasi dengan Aero Survey Meter berbasis detektor Geiger-Muller menawarkan solusi inovatif untuk masalah ini. Detektor Geiger-Muller yang digunakan pada Aero Survey Meter adalah salah satu instrumen deteksi radiasi yang andal dan berpresisi tinggi, yang dapat diintegrasikan dengan drone untuk mengukur dan memetakan paparan radiasi di area yang sulit dijangkau secara manual. Teknologi drone memungkinkan pemantauan yang lebih luas, cepat, dan aman, mengurangi keterlibatan langsung manusia di area yang berpotensi berbahaya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan Aero Survey Meter berbasis detektor Geiger-Muller sebagai instrumen pemetaan paparan radiasi gamma lingkungan dengan memanfaatkan teknologi drone. Serangkaian uji coba dilakukan untuk membandingkan hasil pemetaan radiasi menggunakan drone ini dengan metode pemantauan konvensional. Diharapkan, penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi pemantauan radiasi yang lebih efisien dan meningkatkan keselamatan serta akurasi dalam pengelolaan risiko radiasi di masa depan.

Penggunaan drone yang dilengkapi dengan detektor Geiger-Muller untuk memantau dan memetakan radiasi gamma di kawasan tambang. Teknologi ini memungkinkan pengukuran radiasi yang lebih cepat, efisien, dan aman dibandingkan metode manual, terutama di area yang sulit dijangkau atau berisiko tinggi. Penelitian ini memperlihatkan peningkatan akurasi dan efisiensi dalam pengumpulan data radiasi di lingkungan tambang (Aditya, 2019).

Penggunaan drone yang dilengkapi dengan detektor Geiger-Muller untuk memetakan radiasi gamma di area rawan radiasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan drone memungkinkan pengumpulan data radiasi yang lebih cepat, aman, dan efisien dibandingkan metode konvensional, terutama di daerah yang sulit dijangkau atau berbahaya bagi pekerja manusia. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa data yang diperoleh memiliki tingkat akurasi yang baik (Yudha, 2020).

Studi ini menguji integrasi drone dengan detektor radiasi untuk meningkatkan keselamatan di pembangkit listrik tenaga nuklir. Metodologi penelitian melibatkan penggunaan drone yang dilengkapi detektor Geiger-Muller untuk mendeteksi kebocoran radiasi dan memantau area-area yang sulit diakses secara manual. Penerbangan drone dilakukan di dalam dan di sekitar pembangkit nuklir. Nilai radiasi yang diukur selama uji coba berkisar antara 0,3 hingga 10 mSv/jam, dengan hasil deteksi yang lebih cepat dibandingkan metode tradisional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi drone dengan sensor radiasi meningkatkan efisiensi dan keselamatan dalam memantau tingkat radiasi di pembangkit listrik tenaga nuklir. Teknologi ini memungkinkan deteksi kebocoran secara real-time dan meminimalkan risiko paparan radiasi bagi pekerja. Penggunaan drone juga membantu meningkatkan respons terhadap potensi insiden di fasilitas nuklir, menjadikannya solusi penting untuk manajemen keselamatan di lingkungan yang berisiko tinggi (Stevens, 2021).

Metodologi mencakup penerbangan drone yang dilengkapi dengan detektor Geiger-Muller di berbagai lokasi di sekitar fasilitas nuklir untuk mengukur tingkat radiasi pada ketinggian dan jalur penerbangan yang berbeda. Nilai radiasi yang terdeteksi berkisar antara 0,05 hingga 1,5 mSv/jam, dengan variasi berdasarkan jarak dari situs dan karakteristik geologis area. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan drone efektif untuk pemantauan radiasi lingkungan di sekitar situs nuklir. Data yang dikumpulkan memberikan informasi yang berharga tentang distribusi radiasi, serta memungkinkan deteksi dini terhadap potensi kebocoran atau peningkatan tingkat radiasi. Penggunaan drone dalam pemantauan ini meningkatkan efisiensi dan keamanan, karena mengurangi eksposur radiasi bagi personel yang terlibat dalam inspeksi. Teknologi ini dapat menjadi bagian penting dalam manajemen risiko dan keselamatan di fasilitas nuklir (Williams, 2019).

Penelitian oleh (Kurniawan, 2020) dalam artikel "Aplikasi Drone untuk Pemetaan Radiasi di Daerah Bekas Tambang Uranium" yang diterbitkan di Jurnal Lingkungan Tambang mengeksplorasi penggunaan drone untuk memetakan radiasi gamma di lokasi bekas tambang uranium. Studi ini menunjukkan bahwa drone dapat efektif dalam melakukan pemantauan radiasi di area yang mungkin berbahaya atau sulit diakses. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa teknologi ini memungkinkan pemetaan yang lebih menyeluruh dan akurat, serta membantu dalam penilaian dan mitigasi risiko lingkungan di bekas tambang..

Penelitian oleh (Lestari, 2019) dalam artikel "Keakuratan Pengukuran Radiasi Gamma Menggunakan Drone di Perkotaan dan Pedesaan"

yang diterbitkan di Jurnal Pembangunan Wilayah menggunakan drone yang dilengkapi dengan detektor Geiger-Muller untuk mengukur radiasi gamma di dua lokasi berbeda: perkotaan dan pedesaan. Metodologi penelitian meliputi pemrograman rute penerbangan drone, pengambilan data radiasi pada berbagai ketinggian dan lokasi, serta analisis perbandingan hasil pengukuran antara kedua lingkungan tersebut. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan drone untuk mengukur radiasi gamma memberikan hasil yang akurat baik di lingkungan perkotaan maupun pedesaan. Namun, keakuratan pengukuran dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kepadatan bangunan dan medan.

Penelitian oleh (Sari, 2020) dalam artikel "Penggunaan Drone untuk Deteksi Kebocoran Radiasi di Fasilitas Nuklir" yang diterbitkan di Jurnal Teknologi Radiasi mengevaluasi penerapan drone yang dilengkapi dengan detektor Geiger-Muller untuk mendeteksi kebocoran radiasi di fasilitas nuklir. Metodologi yang digunakan mencakup penempatan drone di berbagai lokasi di fasilitas nuklir, pemrograman rute penerbangan untuk mencakup area yang potensial mengalami kebocoran, serta analisis data radiasi yang dikumpulkan untuk mengidentifikasi sumber dan tingkat kebocoran radiasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini dapat meningkatkan respons terhadap kebocoran radiasi dan mengurangi risiko paparan radiasi bagi tenaga kerja serta meningkatkan keselamatan di fasilitas nuklir.

Penelitian oleh (Pratama, 2021) dalam artikel "Algoritma untuk Pemrosesan Data Radiasi Gamma yang Dikumpulkan oleh Drone" yang diterbitkan di Jurnal Informatika & Sistem Komputer fokus pada pengembangan algoritma untuk memproses data radiasi gamma yang dikumpulkan oleh drone. Metodologi penelitian meliputi pengembangan dan penerapan algoritma pemrosesan data, uji coba algoritma dengan data radiasi yang diambil dari berbagai penerbangan drone, serta analisis performa algoritma dalam mengolah dan menyajikan data secara akurat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma ini dapat diintegrasikan dengan sistem drone untuk memberikan informasi radiasi yang lebih cepat dan akurat, mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan radiasi.

2. METODE PENELITIAN

Analisa kebutuhan penelitian menjadi tahapan pertama dalam kegiatan penelitian ini. Tahapan ini diperlukan guna mendukung jalannya kegiatan penelitian dengan mendefinisikan kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan seperti, kebutuhan

perangkat keras (*hardware*) dan kebutuhan perangkat lunak (*software*).

Dalam proses pemantauan radiasi gamma selama penelitian berlangsung spesifikasi perangkat keras (*hardware*) yang digunakan dalam penelitian dapat terlihat pada tabel sebagai berikut

Tabel 1. Perangkat Keras (*Hardware*)

No	Komponen	Fungsi
1	ESP 32	Mengontrol sistem dan memproses data
2	Detektor Geiger Muller	Mengukur tingkat paparan radiasi gamma
3	Sensor GPS NEO-6	Mencatat koordinat lokasi pengukuran
4	Modul Micro SD	Menyimpan data pengukuran dan lokasi
5	LCD TFT ILI9488	Menampilkan tingkat radiasi dan lokasi
6	Step-Up Tegangan 5V TP4056	Meningkatkan tegangan 3.7V dari baterai Li-Po menjadi 5V untuk mendukung komponen elektronik seperti ESP32 dan GPS
7	Drone	Mengangkut dan mendistribusikan sistem pemantauan

Berikut adalah perangkat lunak yang terpasang pada unit komputer yang digunakan sebagai input data atau perintah kerja.

Tabel 1. Perangkat Lunak (*Software*)

No.	Perangkat Lunak	Spesifikasi/Fungsi
1	Platform.io	Platform pengembangan perangkat lunak berbasis web untuk pemrograman mikrokontroler seperti ESP32 dan Arduino. Menyediakan integrasi dengan berbagai alat pemrograman dan pustaka.
2	Library Geiger Muller	Library khusus untuk interfacing detektor Geiger Muller dengan Arduino, mengolah data radiasi
3	Library GPS	Library untuk mengintegrasikan sensor GPS NEO-6 dengan Arduino, memudahkan pengambilan data lokasi

4	Library SD	Library untuk mengakses dan menyimpan data pada modul micro SD, mengelola penyimpanan data pengukuran
5	Lopaka	Perangkat lunak untuk analisis data dan pemrosesan citra, khususnya dalam pengolahan data citra dan konversi gambar menjadi array yang bisa diproses oleh mikrokontroler.
6	Software pemrograman LCD	Library untuk mengontrol tampilan pada LCD OLED, menampilkan data radiasi dan informasi lokasi secara real-time
7	Image to Array	Alat untuk mengkonversi gambar (image) menjadi array data yang bisa digunakan dalam program untuk visualisasi atau pemrosesan citra dalam mikrokontroler.
8	Eagle	Perangkat lunak desain PCB (Printed Circuit Board) untuk merancang skematik dan layout papan sirkuit elektronik, digunakan untuk merancang sirkuit yang menghubungkan semua komponen sistem.
9	Fritzing	Perangkat lunak desain sirkuit elektronik yang digunakan untuk membuat diagram sirkuit dan merancang prototipe PCB secara visual. Berguna untuk desain dan simulasi sirkuit elektronik.
10	Visual Studio Code	Digunakan untuk pengembangan dan debugging kode program dalam bahasa pemrograman Python dan C++ (untuk integrasi perangkat keras).

Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik, sebagai berikut :

1. Perancangan Sistem

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dimulai dengan perancangan sistem yang terdiri dari drone yang dilengkapi dengan detektor Geiger Muller dan sensor GPS NEO-6. Detektor ini berfungsi untuk

mengukur tingkat radiasi gamma, sementara sensor GPS mencatat lokasi pengukuran secara real-time.

2. Proses Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menerbangkan drone di area yang telah ditentukan. Selama penerbangan, detektor radiasi secara aktif mengukur paparan radiasi gamma. Sensor GPS merekam koordinat lokasi setiap pengukuran, dan data dari kedua perangkat ini disimpan bersamaan di modul micro SD yang terpasang pada drone.

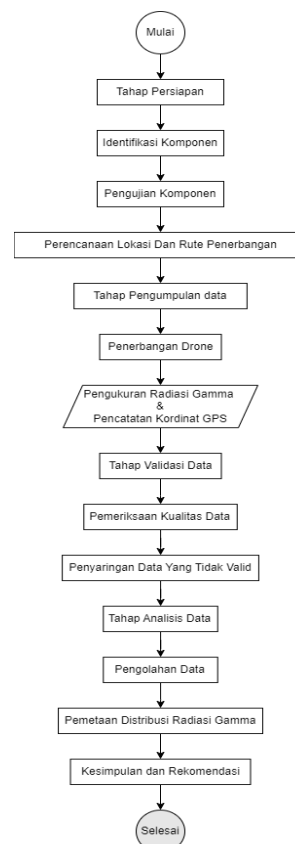
3. Sesi Pengukuran

Pengumpulan data dilakukan dalam beberapa sesi untuk memastikan representativitas hasil. Berbagai kondisi lingkungan dan waktu yang berbeda dipertimbangkan untuk mendapatkan data yang lebih akurat.

4. Validasi dan Analisis

Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah memvalidasi informasi yang telah disimpan. Data yang valid kemudian dianalisis untuk memberikan wawasan tentang distribusi dan dampak radiasi gamma di lingkungan yang diteliti.

Dengan pendekatan ini, pengumpulan data tidak hanya efisien, tetapi juga meningkatkan akurasi dalam pemantauan radiasi gamma. Hasil dari proses ini akan menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut mengenai kondisi radiasi di lokasi yang diteliti.



Gambar 1. Perancangan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian terkait pemetaan paparan radiasi gamma lingkungan menggunakan Aero Surveymeter berbasis drone dengan detektor Geiger Muller. Data yang diperoleh dianalisis untuk menentukan distribusi spasial radiasi gamma di area survei. Parameter utama yang diamati meliputi laju paparan radiasi dalam counts per minute (cpm) dan sievert per hour ($\mu\text{Sv/h}$), serta posisi geografis (latitude, longitude), ketinggian (altitude)

3.1 Pengujian penerbangan Aero Surveymeter

Dalam tahapan pengujian alat Aero Surveymeter, alat ini dipadukan dengan drone untuk mengukur radiasi lingkungan di berbagai medan yang sulit dijangkau. Penggunaan drone memungkinkan pengambilan data radiasi dari ketinggian yang bervariasi, memberikan perspektif yang lebih luas dan akurat terhadap distribusi radiasi di area yang diuji. Pada pengujian ini, drone diterbangkan pada ketinggian antara 0 hingga 100 meter, memungkinkan pengukuran radiasi di berbagai titik dan kondisi.

Selama pengujian, data radiasi yang diukur oleh Aero Surveymeter dicatat secara real-time dan disimpan dalam Micro SD yang terpasang pada alat. Berikut adalah data yang dihasilkan selama pengujian penerbangan:

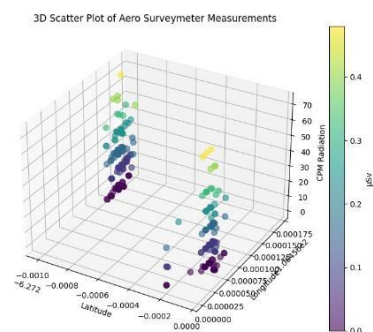
CPM	μSv	Latitude	Longitude	Altitude
12.00	0.08	-6.272.972	106.456.139	53.79
24.00	0.16	-6.272.973	106.456.139	53.40
12.00	0.08	-6.272.974	106.456.131	52.90
24.00	0.16	-6.272.975	106.456.131	52.59
12.00	0.08	-6.272.979	106.456.139	52.90
48.00	0.32	-6.272.980	106.456.139	53.00
24.00	0.16	-6.272.981	106.456.123	51.90
24.00	0.16	-6.272.976	106.456.131	52.70
24.00	0.16	-6.272.973	106.456.131	53.29
36.00	0.24	-6.272.969	106.456.139	53.79
36.00	0.24	-6.272.968	106.456.139	53.90
36.00	0.24	-6.272.966	106.456.139	53.90
24.00	0.16	-6.272.964	106.456.139	54.20
24.00	0.16	-6.272.964	106.456.123	52.90
48.00	0.32	-6.272.963	106.456.108	51.70
24.00	0.16	-6.272.960	106.456.116	52.70
12.00	0.08	-6.272.959	106.456.116	53.59
12.00	0.08	-6.272.962	106.456.116	54.29
24.00	0.16	-6.272.962	106.456.108	55.29
36.00	0.24	-6.272.964	106.456.108	55.70
36.00	0.24	-6.272.963	106.456.108	56.20
24.00	0.16	-6.272.964	106.456.116	55.29
12.00	0.08	-6.272.958	106.456.116	54.40
12.00	0.08	-6.272.958	106.456.116	53.79
36.00	0.24	-6.272.956	106.456.123	53.50
12.00	0.08	-6.272.957	106.456.131	54.70
24.00	0.16	-6.272.958	106.456.139	55.40
36.00	0.24	-6.272.963	106.456.139	55.50
36.00	0.24	-6.272.967	106.456.139	55.59
24.00	0.16	-6.272.966	106.456.131	55.70
24.00	0.16	-6.272.964	106.456.131	56.00
24.00	0.16	-6.272.963	106.456.131	56.00
36.00	0.24	-6.272.962	106.456.139	56.20
12.00	0.08	-6.272.959	106.456.139	56.00
36.00	0.24	-6.272.960	106.456.139	56.09
48.00	0.32	-6.272.956	106.456.139	57.09
24.00	0.16	-6.272.957	106.456.146	58.40
12.00	0.08	-6.272.959	106.456.139	58.70
60.00	0.40	-6.272.963	106.456.131	58.29
36.00	0.24	-6.272.958	106.456.123	55.90
24.00	0.16	-6.272.982	106.456.146	55.00
12.00	0.08	-6.272.986	106.456.146	54.00

Gambar 2. Hasil Pengujian Aero Surveymeter

3.2 Analisis Hasil Pengujian

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa pembacaan CPM bervariasi antara 12.00 hingga 48.00, dengan nilai μSv berkisar antara 0.08 hingga 0.32. Pembacaan tertinggi tercatat pada waktu 03:26:40 dengan nilai CPM 48.00 dan μSv 0.32, menunjukkan adanya peningkatan radiasi di lokasi tersebut. Data latitude dan longitude menunjukkan bahwa pengukuran dilakukan di area yang sama, dengan sedikit pergeseran posisi yang mungkin disebabkan oleh gerakan drone. Kecepatan drone yang tercatat juga bervariasi, menunjukkan bahwa pengukuran dilakukan saat drone bergerak dengan kecepatan yang berbeda-beda.

Pengujian ini menunjukkan efektivitas Aero Surveymeter dalam mengukur radiasi lingkungan dari ketinggian, serta kemampuan drone untuk menjangkau lokasi yang sulit diakses. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut mengenai distribusi radiasi di area yang diuji, serta untuk memahami dampak radiasi terhadap kesehatan dan lingkungan



Gambar 3. Grafik Sebaran Tiga Dimensi Aero Surveymeter

Pengujian ini tidak hanya menunjukkan efektivitas Aero Surveymeter dalam mengukur radiasi, tetapi juga menyoroti potensi penggunaan drone dalam pemantauan lingkungan yang lebih luas dan efisien. Dengan data yang akurat, peneliti dapat melakukan analisis lebih lanjut untuk memahami dampak radiasi terhadap kesehatan dan lingkungan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, dan implementasi yang dilakukan, penelitian ini berhasil memantau dan memetakan paparan radiasi gamma di lingkungan menggunakan drone yang dilengkapi dengan detektor Geiger Muller. Berikut beberapa kesimpulan utama dari penelitian ini:

- Variasi Tingkat Paparan Radiasi
 Hasil pengukuran menunjukkan adanya variasi tingkat paparan radiasi gamma di berbagai

lokasi. Beberapa area memiliki tingkat radiasi yang lebih tinggi dan perlu diperhatikan untuk pengelolaan risiko kesehatan.

- b) Efektivitas Teknologi Drone
Penggunaan drone terbukti efektif dalam mengumpulkan data secara efisien di area yang luas. Teknologi ini memungkinkan pemantauan yang lebih cepat dan akurat dibandingkan metode konvensional.
- c) Pemetaan Distribusi Radiasi
Peta distribusi radiasi gamma yang dihasilkan memberikan gambaran visual tentang sebaran radiasi. Analisis spasial membantu mengidentifikasi pola-pola terkait sumber radiasi, baik yang alami maupun akibat aktivitas manusia.
- d) Implikasi Kebijakan
Temuan ini penting untuk kebijakan pengawasan dan mitigasi risiko radiasi. Identifikasi lokasi dengan paparan radiasi tinggi dapat menjadi dasar tindakan untuk melindungi kesehatan masyarakat.

5. SARAN

Saran Pada penelitian yang telah dilakukan, tentu masih banyak kekurangan dan kelemahan. Oleh karena itu ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengembangan sistem untuk kedepannya, antara lain:

- a) Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat radiasi serta melakukan pemantauan jangka panjang.
- b) Penelitian selanjutnya juga dapat mempertimbangkan penggunaan alat deteksi yang lebih beragam untuk membandingkan hasil.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat -Nya penulis dapat menyelesaikan jurnal ini. Penelitian ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar magister komputer, Program Studi Teknik Informatika Universitas Pamulang. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari mulai penelitian sampai menyusun jurnal ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan jurnal ini. Oleh karena itu Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Universitas Pamulang dan Program Studi Magister Teknik Informatika tempat dimana saya menuntut ilmu.
2. Kedua orang tua dan istri tercinta Sonia Zulpika Putri beserta anakku tersayang Azzahra Hasna Humaira dan Muhammad Adnan Malik.
3. Bapak Dr. Sajarwo Anggai, S.ST., M.T. selaku Kaprodi Program Magister Komputer Teknik Informatika Universitas Pamulang.

4. Bapak Dr. Makhsun, S.Si, M.Si, selaku dosen pembimbing pertama dan Dr. Taswanda Taryo, M.Sc, selaku dosen pembimbing kedua yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulisan dan penyusunan jurnal ini.
5. Teman-teman kelas seperjuangan Angkatan 2022 Program Studi Magister Komputer Teknik Informatika Universitas Pamulang yang telah banyak mendukung penulis dalam menyelesaikan jurnal ini.

Akhir kata, penulis berharap kepada Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga jurnal ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan..

7. DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, I. S. (2019). Pemanfaatan Teknologi Drone untuk Pengukuran Radiasi Lingkungan di Kawasan Tambang. *Jurnal Teknologi Energi*, 150-158.
- Kurniawan, T. (2020). Aplikasi Drone untuk Pemetaan Radiasi di Daerah Bekas Tambang Uranium. *Jurnal Lingkungan Tambang*, 189-197.
- Lestari, D. e. (2019). Keakuratan Pengukuran Radiasi Gamma Menggunakan Drone di Perkotaan dan Pedesaan. *Jurnal Pembangunan Wilayah*, 140-148.
- Pratama, I. e. (2021). Algoritma untuk Pemrosesan Data Radiasi Gamma yang Dikumpulkan oleh Drone. *Jurnal Informatika & Sistem Komputer*, 201-210.
- Sari, A. e. (2020). Penggunaan Drone untuk Deteksi Kebocoran Radiasi di Fasilitas Nuklir. *Jurnal Teknologi Radiasi*, 97-106.
- Stevens, R. e. (2021). Drone Integration with Radiation Sensors for Enhanced Safety in Nuclear Power Plants. *IEEE Transactions on Safety Engineering*, 195-203.
- Williams, P. e. (2019). Environmental Radiation Monitoring Around Nuclear Sites Using Drones. *Journal of Energy Safety & Environmental Monitoring*, 103-111.
- Yudha, M. (2020). Penggunaan Drone dengan Detektor Geiger-Muller untuk Pemetaan Radiasi di Daerah Rawan. *Jurnal Fisika Nuklir Indonesia*, 105-112.