

## PENGGUNAAN LABORATORIUM VIRTUAL *PHET SIMULATION* SEBAGAI SOLUSI PRAKTIKUM WAKTU PARUH

Rahel Rehuella Marpaung<sup>1</sup>, Nabeela Rahma Noor Aziz<sup>1</sup>, Mia Dewi Purwanti<sup>1</sup>, Putri Nabila Sasti<sup>1</sup>, dan Dandan Luhur Saraswati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Indraprasta PGRI  
Jl. Raya Tengah No. 80 Gedong, Pasar Rebo, Jakarta Timur, 13760, Indonesia  
E-mail: [rehuelar@gmail.com](mailto:rehuelar@gmail.com)

### ABSTRAK

Covid-19 telah mempengaruhi bidang pendidikan di Indonesia. Pembelajaran fisika yang awalnya dilakukan secara langsung di kelas kini harus melalui daring di rumah. Praktikum juga tidak dapat dilakukan secara langsung di laboratorium nyata. Salah satu media yang dapat digunakan untuk praktikum virtual yaitu *PhET Simulation*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat peluruhan isotop Karbon-14 dan Uranium-238 pada waktu paruh pertama, waktu paruh kedua dan waktu paruh ketiga, serta untuk mengetahui tingkat ketelitian percobaan yang dilakukan dengan menggunakan *PhET Simulation*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu dengan melakukan praktikum virtual menggunakan *PhET Simulation*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase tingkat peluruhan Karbon-14 pada waktu paruh pertama adalah 49%, pada waktu paruh kedua adalah 75,4%, dan pada waktu paruh ketiga adalah 84,5%. Sementara persentase tingkat peluruhan Uranium-238 pada waktu paruh pertama adalah 49,6%, pada waktu paruh kedua adalah 74%, dan pada waktu paruh ketiga adalah 85,9%. Tingkat ketelitian percobaan pada isotop Karbon-14 dengan menggunakan *PhET Simulation* sebesar 98,35% sedangkan tingkat ketelitian percobaan pada isotop Uranium-238 sebesar 99,95%. Oleh karena itu, laboratorium virtual *PhET Simulation* dapat digunakan sebagai solusi praktikum waktu paruh di masa pandemi Covid-19.

Kata kunci: Covid-19, *PhET Simulation*, Praktikum, Waktu Paruh, Peluruhan

### ABSTRACT

*Covid-19 has affected the education sector in Indonesia. The purpose of this study was to determine the decay rate of Carbon-14 and Uranium-238 isotopes in the first half, second and third half, and to determine the level of accuracy of the experiment using PhET Simulation. The method used in this research is the experimental method. The results showed the percentage of decay rate of Carbon-14 in the first half was 49%, the second half-life was 75.4%, and the third half-life was 84.5%. While the percentage of Uranium-238's decay rate in the first half is 49.6%, the second half-life is 74%, and the third half-life is 85.9%. The accuracy level for the Carbon-14 isotope using PhET Simulation was 98.35%, while the accuracy level for Uranium-238 isotope using PhET Simulation was 99.95%. Therefore, PhET Simulation can be used as a solution for part-time practicum during the Covid-19 period.*

Keywords: Covid-19, *PhET Simulation*, Practicum, Half Time, Decay

DOI: <http://dx.doi.org/10.15575/jotalp.v6i2.12213>

Received: 2 April 2021 ; Accepted: 17 Agustus 2021; Published: 31 Agustus 2021

## 1. PENDAHULUAN

Pandemi Covid-19 telah mempengaruhi berbagai bidang di Indonesia salah satunya bidang pendidikan. Sistem pembelajaran yang awalnya dilakukan dengan tatap muka secara langsung, kini menjadi pembelajaran jarak jauh (PJJ) melalui daring dari rumah masing-masing. Salah satu pelajaran yang menerapkan sistem daring ini adalah fisika. Menurut Suyidno et al. (2016) dan Yuningsi et al. (2021) fisika adalah pelajaran yang berkaitan dengan kreativitas dalam menyelidiki sesuatu untuk mengembangkan keterampilan pemecahan masalah, pemahaman konsep maupun pengaplikasiannya.

Mempelajari fisika juga memerlukan cara yang tepat untuk mengembangkan kemampuan berpikir (Agustina, 2021; Mahdalena & Daulay, 2020; Saraswati et al., 2018). Oleh karena itu, materi fisika tidak dapat dijelaskan secara verbal saja namun perlu di didukung pula oleh kegiatan praktikum untuk menunjang proses pembelajaran (Yanti et al., 2020). Menurut Septiani & Setyowati (2020 dan Purwatingsih & Soelistyowati (2021) kegiatan praktikum pada pembelajaran fisika berbasis daring selama pandemi Covid-19 memiliki tantangan tersendiri. Karena pada kegiatan praktikum, media belajar yang ditemukan masih minim dan terbatas pada alat praktikum secara langsung di laboratorium. Padahal kegiatan praktikum ini mengharuskan adanya media belajar yang mendukung proses pembelajaran jarak jauh. Oleh sebab itu, diperlukan adanya praktikum virtual untuk memenuhi kegiatan praktikum di masa pandemi (Kurniawan dkk, 2020; Ulfah et al., 2020).

Sumber belajar berperan dalam memecahkan masalah dalam pembelajaran sehingga sangat dibutuhkan inovasi dan pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran (Azhar et al., 2021). Salah satu media yang dapat digunakan untuk kegiatan praktikum virtual yaitu laboratorium virtual *PhET (Physics Education Technology) Simulation*. *PhET Simulation* merupakan sebuah situs yang dikembangkan oleh University of Colorado yang

menyediakan berbagai simulasi untuk pembelajaran baik dikelas maupun secara individu. Dengan menggunakan *PhET Simulation*, pembelajaran menjadi lebih menarik, menantang dan menyenangkan (Fauzia et al., 2021). Hal ini dikarenakan proses pembelajaran tidak lagi sebatas mendengarkan uraian materi dari guru, tetapi siswa dapat melakukan aktivitas lain seperti mengamati dan mendemonstrasikan suatu praktikum seperti di laboratorium sebenarnya. Adapun kelebihan dari laboratorium virtual *PhET Simulation* ini adalah dapat meminimalisir kesalahan dalam melakukan kegiatan praktikum seperti merusak alat, melakukan hal yang menyebabkan bahaya dan sebagainya (Defianti et al., 2021). Semua alat dan bahan yang dibutuhkan dalam kegiatan praktikum telah tersedia di dalam program *PhET Simulation* (Purwanti & Saraswati, 2020). Dengan demikian, kegiatan praktikum dengan menggunakan PhET menjadi lebih efisien dan lebih cepat bila dibandingkan dengan praktikum langsung di laboratorium nyata (Putra et al., 2020).

Menurut Muzana & Astuti (2017) *PhET Simulation* merupakan media pembelajaran berupa rangkaian peralatan laboratorium berbentuk software berbasis multimedia interaktif yang dapat mensimulasikan kegiatan di laboratorium sehingga pengguna seakan-akan menggunakan alat praktikum di laboratorium nyata. *PhET Simulation* ini merupakan program yang dibuat untuk mewakili sebuah laboratorium virtual sehingga dapat mengatasi kegiatan praktikum yang tidak dapat dilakukan secara langsung di laboratorium nyata.

Media laboratorium virtual *PhET Simulation* dapat membuat proses pembelajaran menjadi lebih menyenangkan untuk dilihat, dibaca, dicerna dan diingat, serta membuat konsep materi yang dipelajari menjadi lebih nyata dan mudah dipahami, selain itu juga dapat mempermudah pendidik dalam menyampaikan materi sehingga penggunaan waktu menjadi lebih efisien, dan dapat meningkatkan pemahaman konsep untuk mencapai keberhasilan belajar

(Ramadani & Nana, 2020). Dengan melakukan praktikum virtual menggunakan *PhET Simulation* diharapkan dapat memperjelas konsep fisika menjadi nyata sehingga minat belajar fisika dapat meningkat.

Salah satu konsep dalam fisika yang perlu didukung dengan kegiatan praktikum yaitu materi fisika modern tentang waktu paruh (Herwinarso dkk, 2012; Safitrianaz, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan media *PhET Simulation* untuk praktikum virtual waktu paruh. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat peluruhan isotop Karbon-14 dan Uranium-238 pada waktu paruh pertama, waktu paruh kedua, dan waktu paruh ketiga, serta untuk mengetahui tingkat ketelitian percobaan yang dilakukan menggunakan *PhET Simulation*.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu dengan melakukan praktikum virtual menggunakan *PhET Simulation*. Adapun eksperimen yang dilakukan adalah pada praktikum virtual waktu paruh. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebuah laptop dan jaringan internet untuk mengakses laboratorium virtual *PhET Simulation*.

Pada penelitian ini menggunakan 2 jenis isotop yaitu Karbon-14 dan Uranium-238. Kedua isotop tersebut kemudian dianalisis menggunakan *PhET Simulation* untuk mengetahui tingkat peluruhan isotop pada waktu paruh pertama, waktu paruh kedua, dan waktu paruh ketiga. Setelah data percobaan diperoleh, kemudian dibandingkan dengan persamaan matematis sehingga dapat diketahui tingkat ketelitian percobaan menggunakan *PhET Simulation*.

Penelitian ini dilakukan dengan cara menghubungkan laptop dengan jaringan internet untuk membuka program laboratorium virtual *PhET Simulation*. Kemudian memilih simulasi “Penentuan Umur Radioaktif” yaitu pada topik

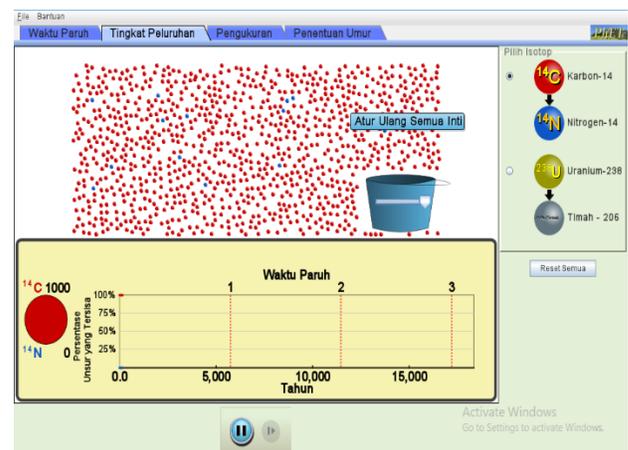
“Tingkat Peluruhan”. Untuk percobaan pertama menggunakan isotop Karbon-14 dan untuk percobaan kedua menggunakan isotop Uranium-238. Kemudian mengatur inti hingga berjumlah 1000 inti. Setelah simulasi dijalankan maka akan diperoleh data tingkat peluruhan isotop pada waktu paruh pertama, waktu paruh kedua, dan waktu paruh ketiga, beserta dengan jumlah inti yang tersisa dalam peluruhan. Jumlah inti yang tersisa ini kemudian dianalisis untuk mengetahui hubungan antara waktu paruh dengan jumlah inti yang tersisa dalam peluruhan.

Untuk menentukan persentase tingkat peluruhan isotop menggunakan rumus seperti Pers. (1).

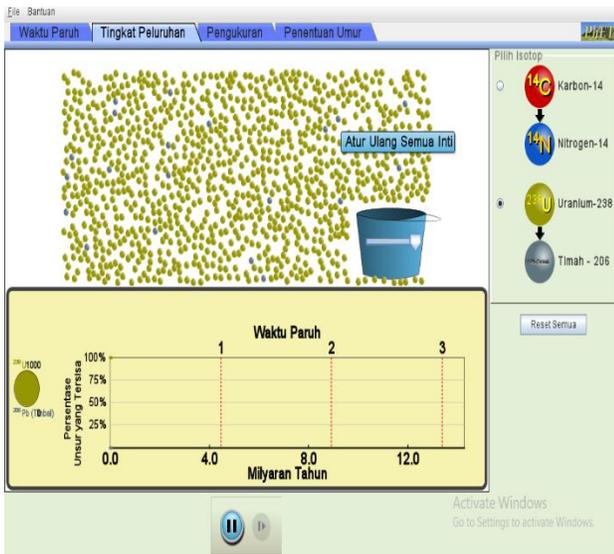
$$\text{Persentase} = \frac{\sum \text{inti yang telah meluruh}}{\sum \text{inti mula-mula}} \times 100\% \quad (1)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menggunakan 2 jenis isotop yaitu Karbon-14 dan Uranium-238 dimana awalnya masing-masing isotop memiliki jumlah inti sebanyak 1000 inti. Pada Gambar 1 terlihat bahwa sebelum meluruh seluruh inti Karbon-14 berwarna merah sementara dari Gambar 2 terlihat bahwa mula-mula sebelum meluruh seluruh inti Uranium-238 berwarna hijau.

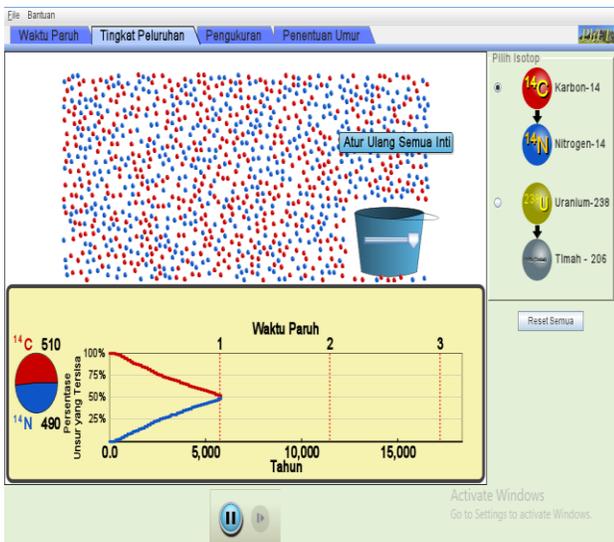


Gambar 1. Jumlah inti mula-mula Karbon-14



Gambar 2. Jumlah inti mula-mula Uranium-238

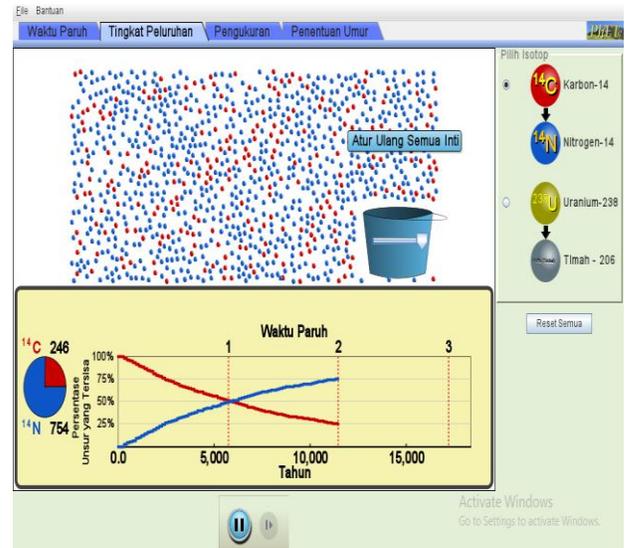
Pada percobaan menggunakan Karbon-14, analisis tingkat peluruhan pada waktu paruh pertama dengan menggunakan *PhET Simulation* seperti ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tingkat peluruhan Karbon-14 pada waktu paruh pertama

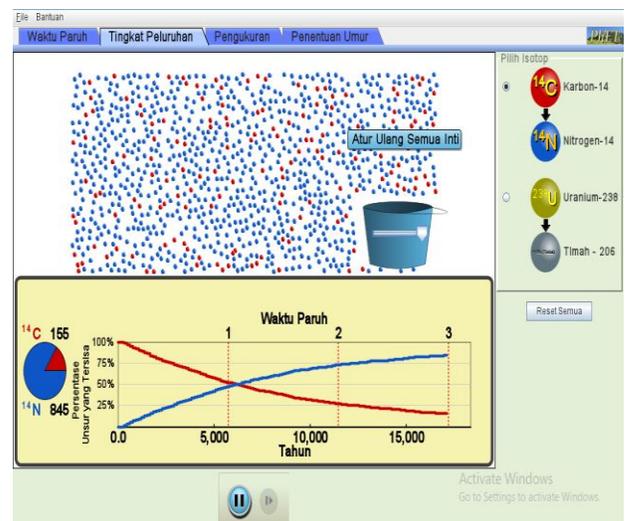
Kemudian analisis tingkat peluruhan Karbon-14 pada waktu paruh kedua dengan menggunakan

*PhET Simulation* seperti ditampilkan pada Gambar 4.



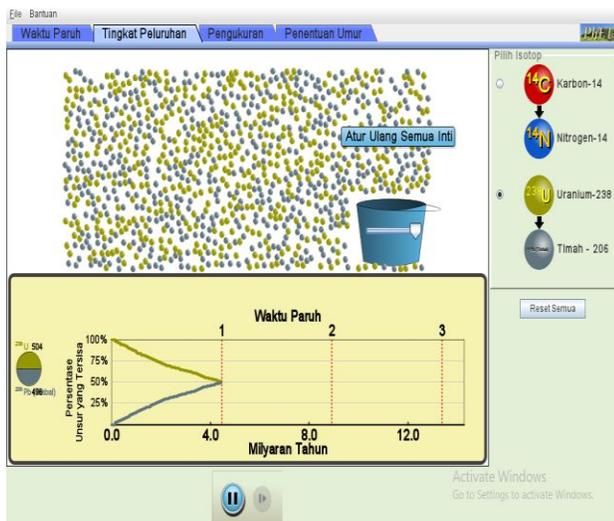
Gambar 4. Tingkat peluruhan Karbon-14 pada waktu paruh kedua

Sementara untuk analisis tingkat peluruhan Karbon-14 menjadi Nitrogen-14 pada waktu paruh ketiga dengan menggunakan *PhET Simulation* seperti ditampilkan pada Gambar 5.



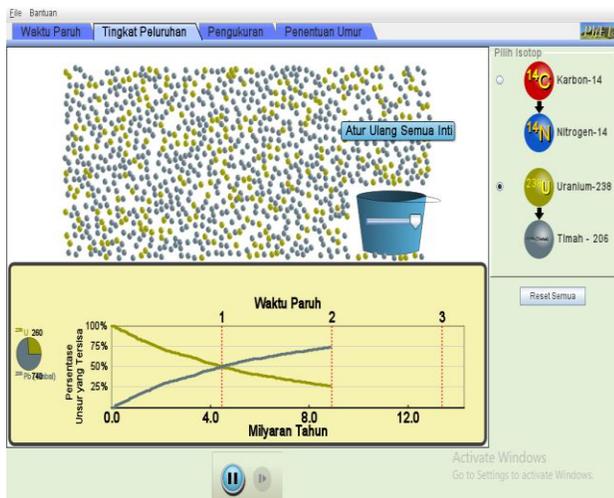
Gambar 5. Tingkat peluruhan Karbon-14 pada waktu paruh ketiga

Pada percobaan menggunakan Uranium-238, analisis tingkat peluruhan pada waktu paruh pertama dengan menggunakan *PhET Simulation* seperti ditampilkan pada Gambar 6.



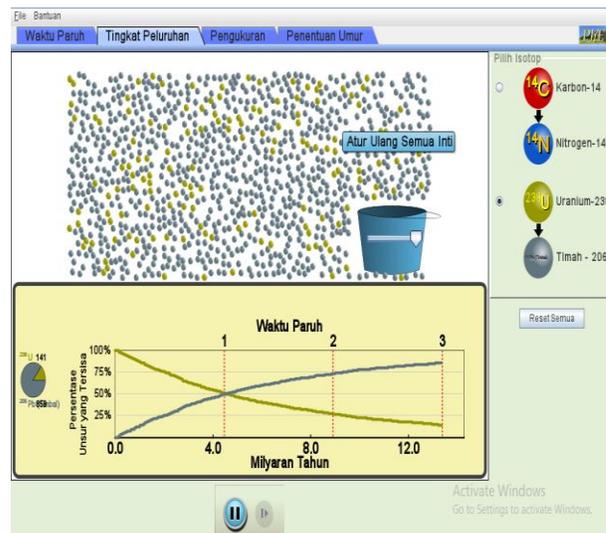
**Gambar 6.** Tingkat peluruhan Uranium-238 pada waktu paruh pertama

Kemudian analisis tingkat peluruhan Uranium-238 pada waktu paruh kedua dengan menggunakan *PhET Simulation* seperti ditampilkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Tingkat peluruhan Uranium-238 pada waktu paruh kedua

Sementara untuk analisis tingkat peluruhan Uranium-238 menjadi Timah-206 pada waktu paruh ketiga dengan menggunakan *PhET Simulation* seperti ditampilkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Tingkat peluruhan Uranium-238 pada waktu paruh ketiga

Setelah dianalisis menggunakan laboratorium virtual *PhET Simulation*, maka data praktikum yang diperoleh seperti ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1.** Data Analisis Tingkat Peluruhan Karbon-14 dengan *PhET*

Waktu Paruh	Inti Karbon-14	Inti Nitrogen-14
1	510	490
2	246	754
3	155	845

**Tabel 2.** Data Analisis Tingkat Peluruhan Uranium-238 dengan *PhET*

Waktu Paruh	Inti Uranium-238	Inti Timah-206
1	504	496
2	260	740
3	141	859

Waktu paruh adalah waktu yang diperlukan oleh suatu inti untuk meluruh menjadi separuh dari

jumlah inti mula-mula (Rachma dkk, 2019). Konsep tersebut tergambarkan pada tingkat peluruhan Karbon-14 dengan *PhET* pada Tabel 1, yang mana 1000 inti Karbon-14 meluruh hingga separuhnya sehingga jumlah inti yang tersisa sebanyak 510 inti. Sementara 490 inti lainnya telah meluruh menjadi Nitrogen-14. Pada waktu paruh kedua, inti mengalami peluruhan hampir seperempat dari jumlah mula-mula sehingga jumlah inti Karbon-14 yang belum meluruh sebanyak 246 inti. Sedangkan 754 inti lainnya telah meluruh menjadi Nitrogen-14. Pada waktu paruh ketiga, inti meluruh lebih dari seperdelapan dari jumlah mula-mula sehingga jumlah inti Karbon-14 yang tersisa sebanyak 155 inti. Sementara 845 inti lainnya meluruh menjadi Nitrogen-14.

Pada tingkat peluruhan Uranium-238 dengan *PhET* pada Tabel 2, 1000 inti Uranium-238 akan meluruh hingga separuhnya sehingga jumlah inti yang tersisa sebanyak 504 inti Uranium-238 pada waktu paruhnya. Sementara 496 inti lainnya telah meluruh menjadi Timah-206. Kemudian pada waktu paruh kedua, inti mengalami peluruhan hampir seperempat dari jumlah mula-mula sehingga jumlah inti Uranium-238 yang belum meluruh sebanyak 260 inti. Sedangkan 740 inti lainnya telah meluruh menjadi Timah-206. Dan pada waktu paruh ketiga, lebih dari seperdelapan dari jumlah mula-mula sehingga jumlah inti Uranium-238 yang tersisa sebanyak 141 inti. Sementara 859 inti lainnya telah meluruh menjadi Timah-206.

Adapun persentase tingkat peluruhan Karbon-14 dan Uranium-238 ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

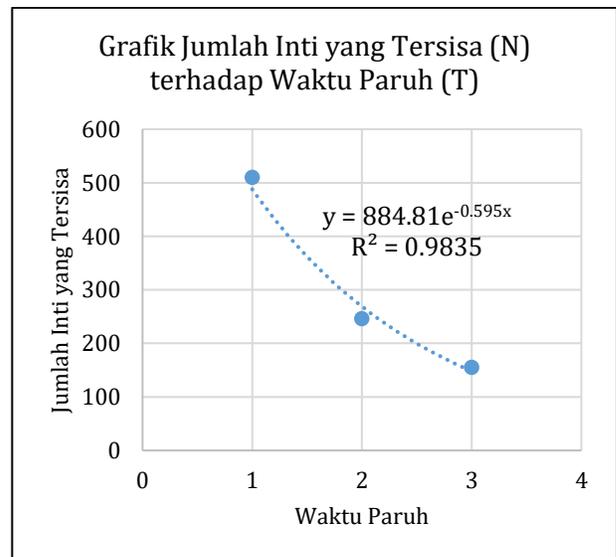
**Tabel 3.** Persentase Tingkat Peluruhan Karbon-14 menjadi Nitrogen-14

Waktu Paruh	Tingkat Peluruhan
1	49%
2	75,4%
3	84,5%

**Tabel 4.** Persentase Tingkat Peluruhan Uranium-238 menjadi Timah-206

Waktu Paruh	Tingkat Peluruhan
1	49,6%
2	74%
3	85,9%

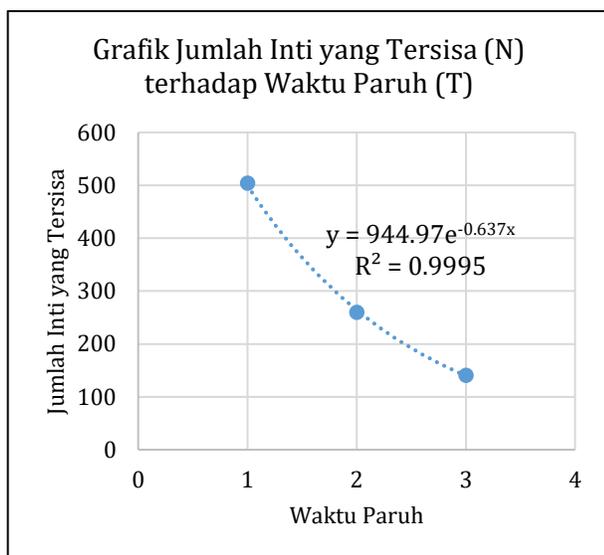
Tabel 3 menunjukkan waktu paruh pertama persentase tingkat peluruhan Karbon-14 sebesar 49%. Dengan demikian, inti sudah meluruh hampir separuhnya. Sementara pada waktu paruh kedua, persentase tingkat peluruhannya sebesar 75,4%. Dan pada waktu paruh ketiga persentase tingkat peluruhan Karbon-14 sebesar 84,5%. Sementara berdasarkan Tabel 4, bahwa pada waktu paruh pertama persentase tingkat peluruhan Uranium-238 sebesar 49,6%. Dengan demikian, inti juga sudah meluruh hampir separuhnya. Sedangkan pada waktu paruh kedua, persentase tingkat peluruhannya sebesar 74%. Dan pada waktu paruh ketiga persentase tingkat peluruhan Uranium-238 sebesar 85,9%. Hubungan antara jumlah inti yang tersisa dalam peluruhan isotop Karbon-14 menjadi Nitrogen-14 dengan waktu paruh pertama, waktu paruh kedua, dan waktu paruh ketiga ditampilkan seperti Gambar 9.



**Gambar 9.** Grafik hubungan antara jumlah inti yang tersisa terhadap waktu paruh isotop Karbon-14

Pada Gambar 9 menunjukkan grafik hubungan antara jumlah inti yang tersisa ( $N$ ) dengan waktu paruh ( $T$ ) isotop Karbon-14. Hasil analisis percobaan dengan menggunakan *PhET Simulation* jika dibandingkan dengan persamaan matematis menunjukkan bentuk kurva yang menurun secara eksponensial. Berdasarkan data yang diperoleh dari grafik, tingkat ketepatan grafik ( $R^2$ ) sangatlah tinggi karena nilainya hampir mendekati 1. Tingkat ketelitian percobaan peluruhan Karbon-14 menjadi Nitrogen-14 pada waktu paruh pertama, waktu paruh kedua, dan waktu paruh ketiga menggunakan *PhET Simulation* dibandingkan dengan persamaan matematis mencapai 98,35%.

Adapun hubungan antara jumlah inti yang tersisa dalam peluruhan isotop Uranium-238 menjadi Timah-206 dengan waktu paruh pertama, waktu paruh kedua, dan waktu paruh ketiga ditampilkan seperti Gambar 10.



**Gambar 10.** Grafik hubungan antara jumlah inti yang tersisa terhadap waktu paruh isotop Uranium-238

Pada Gambar 10 menunjukkan grafik hubungan antara jumlah inti yang tersisa ( $N$ ) dengan waktu paruh ( $T$ ) isotop Uranium-238. Hasil analisis percobaan dengan menggunakan *PhET Simulation* jika dibandingkan dengan persamaan

matematis juga menunjukkan bentuk kurva yang menurun secara eksponensial. Berdasarkan data yang diperoleh dari grafik tersebut, tingkat ketepatan grafik ( $R^2$ ) sangatlah tinggi karena nilainya mendekati 1. Tingkat ketelitian percobaan peluruhan Uranium-238 menjadi Timah-206 pada waktu paruh pertama, waktu paruh kedua, dan waktu paruh ketiga menggunakan *PhET Simulation* dibandingkan dengan persamaan matematis mencapai 99,95%.

Dari kedua grafik tersebut terlihat bahwa semakin lama waktu paruhnya maka jumlah inti yang tersisa dalam peluruhan semakin sedikit. Hal ini terbukti pada waktu paruh pertama, jumlah inti Karbon-14 yang tersisa sebanyak 510 inti. Sedangkan pada waktu paruh kedua jumlah inti yang tersisa menurun menjadi 246 inti. Dan pada waktu paruh ketiga, jumlah inti yang tersisa adalah 155 inti. Begitu pula pada Uranium-238. Pada waktu paruh pertama jumlah inti yang tersisa sebanyak 504 inti. Sedangkan pada waktu paruh kedua jumlah inti yang tersisa menurun menjadi 260 inti. Dan pada waktu paruh ketiga jumlah inti yang tersisa sebanyak 144 inti.

Dengan demikian, percobaan menggunakan *PhET Simulation* menunjukkan tingkat ketelitian yang tinggi bila dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan rumus secara matematis. Oleh karena itu, laboratorium virtual *PhET Simulation* dapat digunakan sebagai solusi praktikum waktu paruh sehingga didapatkan capaian kualitas pembelajaran yang diharapkan di masa pandemi Covid-19 (Mirdayanti & Murni, 2017; Maryuningsih dkk, 2019).

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa persentase tingkat peluruhan Karbon-14 pada waktu paruh pertama adalah 49%, pada waktu paruh kedua adalah 75,4%, dan pada waktu paruh ketiga adalah 84,5%. Sementara persentase tingkat peluruhan Uranium-238 pada waktu paruh pertama sebesar

49,6%, pada waktu paruh kedua sebesar 74%, dan pada waktu paruh ketiga sebesar 85,9%. Berdasarkan analisis data dan grafik maka semakin lama waktu paruhnya maka jumlah inti yang tersisa dalam peluruhan semakin sedikit. Percobaan menggunakan *PhET Simulation* menunjukkan tingkat ketelitian yang tinggi dibandingkan hasil perhitungan secara matematis dimana tingkat ketelitian percobaan pada isotop Karbon-14 adalah 98,35% sementara tingkat ketelitian percobaan pada isotop Uranium-238 dengan menggunakan *PhET Simulation* adalah 99,95%. Oleh karena itu, laboratorium virtual *PhET Simulation* dapat digunakan sebagai solusi praktikum waktu paruh di masa pandemi Covid-19.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Lilis Intan. (2021). *Analisis Kreativitas Mahasiswa Tadris Fisika dalam Mengembangkan Perangkat Pembelajaran (Studi Kasus: MK Microteaching) di UIN Sulthan Thaha Saifuddin Jambi*. Skripsi. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan: Universitas Islam Negeri Sulthan Thaha Saifuddin.
- Azhar, T. A. N., Mulyaningsih, N. N., Saraswati, D. L., Nurhayati, N., Marliani, N., Nursa'adah, F. P., ... & Nurjanah, N. (2021). Video analysis of basketball throws for parabolic motion learning materials. *Journal of Physics: Conference Series*. 1816(1), 012077(1-6). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1816/1/012077>
- Defianti, A., Hamdani, D., & Syarkowi, A. (2021). Penerapan Metode Praktikum Virtual Berbasis Simulasi Phet Berbantuan Guided-Inquiry Module Untuk Meningkatkan Pengetahuan Konten Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 11(1), 47-55. <http://dx.doi.org/10.23887/jjpf.v11i1.33288>
- Fauzia, D. S., Heryanti, A. C., Limbong, A. D. W., Perangin-Angin, F. Y. B., Mufitdah, H. N., Sitorus, R. M. D., ... & Adnin, V. (2021). Penerapan Phet Untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas VII SMPS PTPN IV Bukit Lima Selama Daring. *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology)*, 4(1), 133-141. <https://doi.org/10.30743/best.v4i1.3854>
- Herwinarso, A. W. E., & Moy, A. (2012). Pembuatan Simulasi Eksperimen Berbasis Komputer dengan memanfaatkan Tabung Geiger Muller dan Ratemeter sebagai Media Pembelajaran Praktikum Fisika Modern di SMA. *Magister Scientiae*, (31), 36-46. <https://doi.org/10.33508/mgs.v0i31.46>
- Kurniawan, R. A., Rifa'i, M. R., & Fajar, D. M. (2020). Analisis Kemenarikan Media Pembelajaran PhET berbasis Virtual Lab pada Materi Listrik Statis Selama Perkuliahan Daring Ditinjau dari Perspektif Mahasiswa. *VEKTOR: Jurnal Pendidikan IPA*, 1(1), 19-28. <https://doi.org/10.35719/vektor.v1i1.6>
- Mahdalena, M., & Daulay, M. I. (2020). Pengembangan Pembelajaran Fisika Berbasis Sainifik Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Dan Komunikasi Verbal Siswa SMA. *Journal on Teacher Education*, 2(1), 39-48. <https://doi.org/10.31004/jote.v2i1.903>
- Maryuningsih, Yuyun., Manfaat, B., & Riandi, R. (2019). Penerapan Laboratorium Virtual Elektroforesis Gel Sebagai Pengganti Praktikum Riil. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 9(1), 48-64. <https://doi.org/10.21580/phen.2019.9.1.3320>
- Mirdayanti, R. (2017). Kajian Penggunaan Laboratorium Virtual Berbasis Simulasi Sebagai Upaya Mengatasi Ketidak-Sediaan Laboratorium. *Visipena*, 8(2), 323-330. <https://doi.org/10.46244/visipena.v8i2.415>
- Muzana, S. R., & Astuti, D. (2017). Penerapan Pembelajaran Berbasis Simulasi PhET untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Inti pada Siswa SMA. In *Prosiding SEMDI-UNAYA (Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu UNAYA)*. 1(1), 409-417. Aceh: Universitas Abulyatama.

- Purwanti, P., & Saraswati, D. L. (2020). Analisis Nilai Kecepatan Tangki Riak dengan Laboratorium Virtual PhET dan Riil di Laboratorium Fisika. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 5(4), 321-327. <http://dx.doi.org/10.36709/jipfi.v5i4.14542>
- Purwatiningsih, S. D., & Soelistyowati, D. (2021). Pembelajaran Online sebagai Solusi Belajar di Masa Pandemi COVID-19. *Warta Ikatan Sarjana Komunikasi Indonesia*, 4(1), 51-59.
- Putra, A. P., Rochman, C., & Setya, W. (2020). Peningkatan Penguasaan Konsep Fisika Menggunakan Laboratorium Virtual PhET Materi Teori Kinetik Gas. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 5(2), 80-86. <https://doi.org/10.15575/jotalp.v5i2.7991>
- Rachma, A. J., Putri, D. A., Ulfah, M., & Saraswati, D. L. (2019). Determining the Half Time and Analogy Constants of Radioactive Decay on the Illustration Board of Radioactive Decay with the Capacitor Filling and Discharging Method. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(3), 306-316. <https://doi.org/10.26618/jpf.v7i3.1707>
- Ramadani, E. M., & Nana, N. (2020). Penerapan Problem Based Learning Berbantuan Virtual Lab Phet pada Pembelajaran Fisika Guna Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa SMA: Literature Review. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 8(1).
- Safitriana, D., Latifah, N., Saragih, P. Y., & Saraswati, D. L. (2019). Analogi Waktu Paruh dan Konstanta Peluruhan (Disintegrasi) Radioaktif. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 179-188. <http://dx.doi.org/10.24127/jpf.v7i2.1780>
- Saraswati, D. L., Azizah, R. N., Dasmu, D., Okyanida, I. Y., Sumarni, R. A., Mulyaningsih, N. N., & Rangka, I. B. (2018). Development of web-based and e-learning media for physics learning materials in senior high school: a pilot study. *Journal of Physics: Conference Series*. 1114(1), 012025(1-6). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1114/1/012025>
- Septiani, E., & Setyowati, L. (2020, August). Penggunaan Media Pembelajaran Secara Daring terhadap Pemahaman Belajar Mahasiswa. In *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana*. 1(1), 121-128. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- Suyidno, S., Nur, M., & Yuanita, L. (2016). Keterlaksanaan Model Scientific Creativity Learning (SCL) untuk Melatihkan Kreativitas Ilmiah Mahasiswa dalam Pembelajaran Fisika. In *Prosiding Seminar Nasional Masif II 2016" Matematika Sains, Teknologi, Informasi, dan pembelajarannya, dalam Menciptakan Karya Bernilai Ekonomi Unggul"* (pp. 263-268). FPMIPA Universitas PGRI Semarang.
- Ulfah, R. Y., Yuliani, H., & Nastiti, L. R. (2020, November). Kendala Mahasiswa Dalam Menggunakan Simulasi Virtual Phet Pada Pembelajaran Praktikum Gelombang Selama Pandemi Covid-19. In *SNPF (Seminar Nasional Pendidikan Fisika)*.
- Yanti, Y., Mulyaningsih, N. N., & Saraswati, D. L. (2020). Pengaruh panjang tali, massa dan diameter bandul terhadap periode dengan variasi sudut. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 5(1), 6-10. <http://dx.doi.org/10.30998/string.v5i1.5885>
- Yuningsi, Y., Syamsu, S., & Darmadi, I. W. (2021). Pengaruh Metode Eksperimen Diskusi terhadap Pemahaman Konsep Fisika Siswa Kelas VII SMP Negeri 9 Palu. *Jurnal Kreatif Online*, 9(1), 140-149.