

Visualisasi Sudut Hamburan Terhadap Tampang Lintang Hamburan Pada Hamburan Rutherford Atom Timbal

Bambang Supriadi, Lailatul Nuraini, Elma Tri Istighfarini*,
Lubna, Hana Mardhiana, Bunga Aurel Savana

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember
Jalan Kalimantan Nomer 37 Kampus Bumi Tegalboto Jember 68121

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 30 April 2022
Direvisi: 14 Juni 2022
Diterima: 29 Juni 2022

Kata kunci:

energi
hamburan Rutherford
sudut hamburan
tampang lintang hamburan

Keywords:

energy
Rutherford scattering
scattering angle
scattering cross section

Penulis Korespondensi:

Elma Istighfarini
Email: elmaistighfarini@gmail.com

ABSTRAK

Atom adalah suatu komponen unsur kimia terkecil yang tidak dapat diubah secara kimiawi. Konsep atom diusulkan oleh beberapa ilmuwan salah satunya adalah Rutherford. Dari hasil percobaan Rutherford diketahui bahwa sebagian besar partikel alfa yang ditembakkan pada pelat tipis emas akan diteruskan atau dihamburkan dengan sudut hamburan yang kecil. Dalam penelitian ini mengkaji mengenai pengaruh dari energi datang (E) terhadap tampang lintang hamburan (σ) dan sudut hamburan (Θ) yang disimulasikan menggunakan Matlab. Berdasarkan hasil penelitian menggunakan atom Timbal (Pb-82), dapat disimpulkan bahwa pada hamburan Rutherford semakin besar sudut hamburan maka tampang lintang hamburan semakin berkurang dan saat energi datang yang digunakan semakin besar, maka tampang lintang hamburan akan semakin berkurang. Hal tersebut ditunjukkan berupa grafik eksponensial menurun.

Atom is the smallest component of a chemical element that cannot be changed chemically. The concept of the atom was proposed by several scientists, one of which was Rutherford. From the results of Rutherford's experiment, it is known that most of the alpha particles fired at a thin gold plate will be transmitted or scattered with a small scattering angle. This study examines the effect of incident energy (E) on the scattering cross section (σ) and scattering angle (Θ) which are simulated using Matlab. Based on the results of research using Lead (Pb-82) atoms, it can be concluded that in Rutherford scattering the greater the scattering angle, the lower the scattering cross section and when the incident energy used is greater, the scattering cross section will decrease. This is shown in the form of a graph exponentially decreasing.

Copyright © 2022 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Salah satu gejala alam yang dipelajari dalam ilmu fisika adalah konsep atom. Pengertian atom adalah satuan unit terkecil dari sebuah unsur dengan sifat-sifat dasar tertentu (Mustofa, Supriadi and Handayani, 2012). Konsep tentang atom pertama kali dikemukakan oleh filsafat Yunani Leucippus (440 SM) dan Democritus dari Abdera (420 SM) (Sujito *et al.*, 2019). Pada awal abad ke-19 John Dalton mengemukakan bahwa atom adalah bola pejal tidak bermuatan yang tidak dapat dibagi lagi, kemudian atom dari unsur yang sama memiliki sifat yang sama sedangkan atom dari unsur yang berbeda memiliki perbedaan pada sifatnya. Selanjutnya, menurut J.J. Thomson atom memiliki muatan positif yang merata ke segala sisi atom, Thomson menggambarkan model atomnya mirip seperti roti kismis, dimana elektron diumpamakan sebagai kismis yang tersebar kesegala sisi roti (diumpamakan sebagai muatan positif). Rutherford hadir untuk memperbaiki model atom Thomson dengan mengemukakan bahwa suatu atom memiliki inti atom bermuatan positif yang ukurannya jauh lebih kecil dari ukuran atom (Sabarni, 2019).

Tahun 1911 Rutherford melakukan suatu eksperimen untuk menguji teori atom Thomson. Beberapa komponen yang digunakan dalam percobaan ini diantaranya adalah Kotak timbal yang terdapat pemancar partikel alpha didalamnya, kemudian celah yang terbuat dari pelat timbal, pelat tipis emas, dan layar berpendar berlapis seng sulfida (ZnS) yang digunakan sebagai detector (Supriadi and Nuraini, 2019). Eksperimen hamburan Rutherford adalah salah satu tonggak sejarah dalam fisika karena memberikan wawasan baru tentang atom (Dahal dan Parajuli, 2018). Model atom Rutherford menjadi penemuan model atom yang sesuai dan tepat. Melalui hamburan ini, proyektal yang diinjeksikan ke dalam target akan keluar atau terhambur dengan membawa informasi tentang model interaksi yang terjadi di dalam target. yang mana semua itu didapatkan melalui proses penjajakan dengan teknik hamburan (Ariefatosa *et al.*, 2014).

Menurut model atom Rutherford, ketika suatu partikel alfa ditembakkan dan mendekati inti atom, akan terjadi gaya tolak menolak antara partikel alfa dan atom emas tersebut, saat interaksi itu terjadi lintasan partikel alfa akan mengalami penyimpangan sebesar θ terhadap lintasan sebelumnya (hamburan partikel alfa). Tampang lintang hamburan adalah salah satu besaran penting dalam proses hamburan dimana terdapat duaampang lintang hamburan yaituampang lintang diferensial danampang lintang total. Tampang lintang diferensial terkait kebolehjadian terjadinya hamburan untuk sudut tertentu. Sedangkanampang lintang total terkait kebolehjadian terjadinya hamburan pada segala sudut hamburan (Khamdani, Nur and Muhlisin, 2014).

Tampang lintang hamburan elastis merupakan fungsi dari nomor atom. Ketika nomor atom lebih tinggi maka gaya Coulomb yang dimiliki akan lebih besar sehingga menghamburkan spesimen elektron lebih banyak. Sehingga jumlah elektron primer yang ditransmisikan oleh daerah Z lebih besar akan lebih sedikit dibandingkan dengan daerah yang memiliki nomor atom lebih rendah (Setianingsih, 2017). Dalam percobaan Rutherford, saat sinar atau zarah alfa menumbuk lapisan logam tipis, maka akan terjadi interaksi antara sinar alfa bermuatan positif dengan partikel bermuatan listrik (muatan positif dan elektron) yang ada dalam bahan lapisan logam. Berdasarkan hasil eksperimen Rutherford maka model atom roti kismis J.J. Thomson tidak dapat diterima. Persamaan Hamburan Rutherford dinyatakan dalamampang lintang diferensial, yaitu:

$$dN = \frac{d\tau}{d\Omega} \ln \Omega \quad (1)$$

dengan dN adalah jumlah zarah α yang dihamburkan ke dalam sudut ruang $d\Omega$ yang berada di dalam hamburan θ , I adalah jumlah zarah α persatuan luas yang mengenai logam, n adalah jumlah inti atom pada lapis-lapis tipis per satuan luas, $d\Omega$ adalah sudut ruang dengan hamburan antara θ dan $d\theta$. Pada model atom Rutherford, seluruh muatan positif yang merupakan bagian dari massa atom (bukan elektron) terpusat di suatu tempat di ruang atom. Sebagai adanya konsekuensi dari prinsip kesetimbangan gaya elektrostatik, perlu ditetapkan bahwa posisi elektron tidak lagi berada di dalam massa atom akan tetapi berada di luar inti atom seperti planet-planet mengelilingi matahari (Sani dan Kadri, 2017).

Rutherford memperoleh persamaan untuk menggambarkan hamburan partikel pada sudut besar dengan menggunakan mekanika klasik untuk menghitung efek pada partikel alfa saat mendekati inti atom, di mana hamburan sebagian besar disebabkan oleh hamburan tunggal daripada hamburan sudut

kecil. Geiger dan Marsden melakukan percobaan dan menemukan persamaan. Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{ZZ'e^2}{4E}\right)^2 \frac{1}{\sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right)} \quad (2)$$

dengan Ze adalah muatan inti target, Z adalah muatan partikel alfa, dan E adalah energi kinetik dari partikel alfa (Wang, 2004). Diferensialampang lintang didefinisikan sebagai rasio jumlah partikel yang tersebar dalam arah yang konstan θ , per satuan waktu dan per satuan sudut padat $d\Omega$ (Schaeffer, 2016).

Soedjo(2001) juga mengemukakan bahwa kebolehdian dalam mengalami defleksi dengan arah θ berbanding terbalik dengan $\sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right)$, berbanding lurus dengan kuadrat nomor atom (Z), berbanding terbalik dengan kuadrat energi kinetik zarah alfa dan berbanding lurus dengan ketebalan lempeng. Teori tersebut kemudian dibuktikan melalui percobaan yang dilakukan oleh Geiger dan Marsden pada tahun 1913. Sedangkan Hasbun (2009) menyatakan dalam unit tak berdimensi, mengenai persamaan yang didapatkan berupa:

$$\begin{aligned} \sigma(\Theta) &= 2\pi \left(\frac{\overline{K}kqe^2}{2mm_a v_b^2 v_0^2} \right)^2 \frac{\sin \Theta}{\sin^4\left(\frac{\Theta}{2}\right)} \\ \sigma(\Theta) &= \Theta 2\pi \left(\frac{\overline{K}}{2mv_0^2} \right)^2 \left(a_b \frac{kqe^2\tau^2}{m_a a_b^3} \right)^2 \frac{\sin \Theta}{\sin^4\left(\frac{\Theta}{2}\right)} = \overline{\sigma}(\Theta) a_b^2 \end{aligned} \quad (3)$$

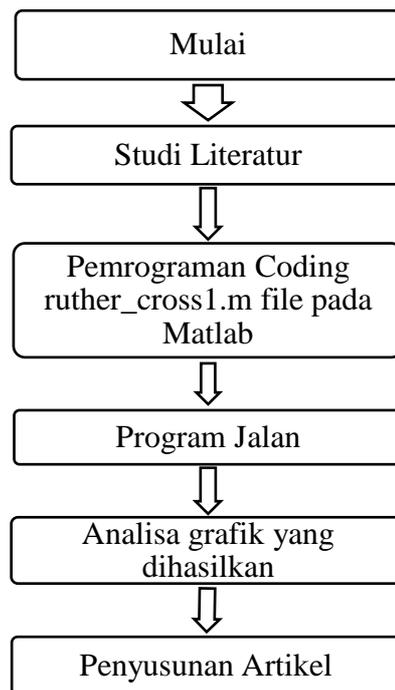
dimana $kqe^2\tau^2/m_a a_b^3 = 1$, sehingga $\sigma(\Theta)$ memiliki satuan luas seperti yang diharapkan, dan penampang hamburan tak berdimensi adalah:

$$\sigma(\Theta) = 2\pi \left(\frac{\overline{K}}{2mv_0^2} \right)^2 \frac{\sin \Theta}{\sin^4\left(\frac{\Theta}{2}\right)} \quad (4)$$

Hamburan elektron merupakan salah satu bentuk interaksi partikel yang disebabkan oleh suatu gangguan dari luar. Proses hamburan ini cukup kompleks untuk ditinjau mulai dari awal tumbukan, oleh karena itu untuk mempelajarinya dapat dilakukan dengan simulasi komputer (Riupassa *et al.*, 2016). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh energi datang (E) terhadap tampang lintang hamburan ($\sigma(\Theta)$) dan sudut hamburan (Θ) menggunakan visualisasi hamburan tampang lintang terhadap hamburan sudut serta mengetahui visualisasi tampang lintang hamburan terhadap sudut hamburan yang disimulasikan menggunakan percobaan berbasis komputer berupa Matlab yang merujuk pada buku Soedjo(2001) dan Hasbun (2009). Percobaan berbasis komputer ini memiliki kelebihan seperti mudah digunakan dalam percobaan di bidang fisika dan ilmu lain yang relevan, percobaan akan lebih menarik karena dapat menghasilkan percobaan berupa gambar bahkan animasi, pengumpulan data hasil percobaan dapat dilakukan dengan cepat karena pengolahan data dan penampilan data menggunakan komputer (Gunawidjaja dan Suryantari, 2019). Penggunaan Matlab dalam penelitian ini dapat menampilkan grafik sudut hamburan terhadap tampang lintang hamburan pada suatu atom dan dapat dianalisis hubungan diantara tampang lintang hamburan dengan sudut hamburan serta hubungan visualisasi grafik dengan perubahan energi yang diberikan.

II. METODE

Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah studi pustaka dan simulasi. Studi pustaka dilakukan dengan mencari teori-teori yang mendukung penelitian ini serta mengkajinya, dimana teori-teori tersebut berasal dari buku, jurnal ilmiah, dan hasil penelitian sebelumnya yang mendukung penelitian ini. Metode lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi, yaitu dengan menggunakan Matlab sebagai software yang membantu penelitian ini. Langkah-langkah dalam mengerjakan penelitian ini akan disajikan dalam *flowchart* berikut:



Gambar 1 Flowchart metode penelitian

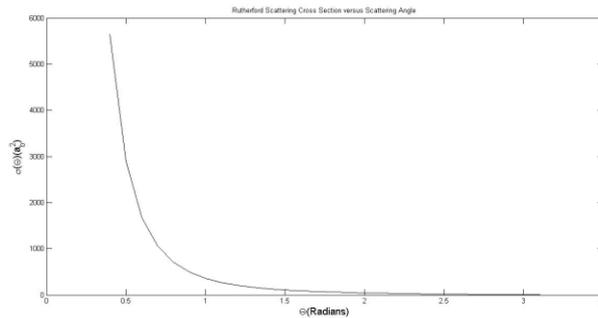
Adapun untuk algoritma matlab yang kami gunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

```

%ruther_cross1.m - program to do scattering cross-section versus scatteringangle in Rutherford
Scattering
m = 1;
vb = 0.01965;
ma = 3730e6;
Ene = 30e6;
v0 = sqrt(2*Ene/m/ma)/vb;
za = 2;
zt = 82; %nomor atom
K = za*zt;
thsc = .4:.1:pi;
%Scatt.Cross-section
sigma = K^2*2*pi*sin(thsc)./sin(thsc/2).^4/4/m^2/v0^4;
plot (thsc,sigma,'k')
xlabel ('\Theta(Radians)',FontSize,14)
ylabel ('\sigma(\Theta)(a_b^2)',FontSize,14)
title ('Rutherford Scattering Cross Section versus Scattering Angle')
drawnow;
  
```

III. HASIL DAN DISKUSI

Pada penelitian ini, simulasi hamburan partikel alpha Rutherford menggunakan Timbal-82 (Pb-82) dengan sumber energi partikel alpha yang bervariasi yaitu 10 eV, 15 eV, 20 eV, 25 eV, dan 30 eV. Simulasi hamburan partikel alpha Rutherford dijalankan menggunakan Matlab yang akan menghasilkan grafik sudut hamburan terhadap tampang lintang hamburan pada atom timbal. Mengenai validasi penelitian hamburan Rutherford atom Timbal (Pb) dengan Matlab menggunakan validasi yang bersumber dari buku karya Javier, E. Hasbun yang membahas sudut hamburan terhadap tampang lintang hamburan pada hamburan rutherford emas (Au-79) dengan Matlab.



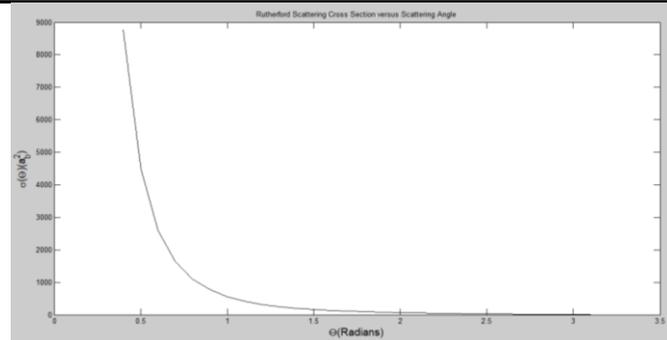
Gambar 2 Sudut Hamburan terhadap Tampang Lintang Hamburan
 Sumber: *Classical Mechanics with MATLAB Application*.

Gambar 2 merupakan hasil dari sudut hamburan terhadapampang lintang hamburan pada atom emas. Berikut hasil dari simulasi sudut hamburan terhadapampang lintang hamburan pada atom Timbal (Pb-82) dengan menggunakan Matlab dan merubah energinya:

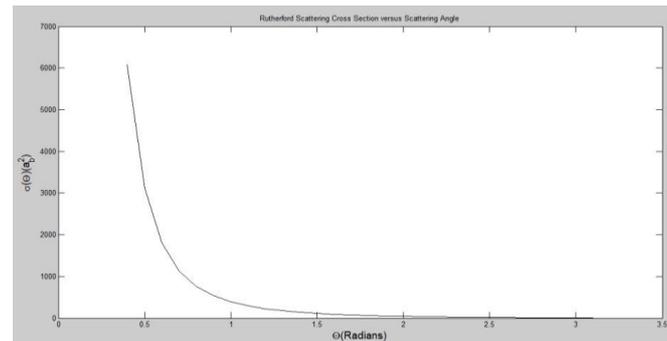
Tabel 1 Hasil sudut hamburan terhadapampang lintang hamburan atom Timbal (Pb)

Energi (eV)	vb (Kecepatan Unit)	Gambar Visualisasi
10		
15	0.01965	
20		

25



30



Berdasarkan hasil sudut hamburan terhadapampang lintang hamburan pada atom Timbal (Pb-82) untuk sudut 0.5 radian diperoleh tabel sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil tampang lintang hamburan terhadap sudut hamburan dengan energi yang diubah-ubah.

Energi (Ev)	θ (Radian)	σ (θ)
10	0.5	$\approx 2.5 \times 10^4$
15		$\approx 1.5 \times 10^4$
20		$\approx 0.7 \times 10^4$
25		$\approx 0.45 \times 10^4$
30		$\approx 0.25 \times 10^4$

Tampang lintang hamburan mengenai target melihat gelombang yang masuk dengan target dihamburkan dengan anggapan target dan gelombang datang serupa dalam massa dan momentum. Scattering cross section didefinisikan sebagai ukuran probabilitas bahwa proses tertentu akan terjadi ketika beberapa jenis eksitasi radiasi (seperti berkas partikel, gelombang, cahaya, dan suara) berpotongan dengan fenomena lokal (contohnya partikel atau fluktuasi kepadatan). Pada tampang lintang hamburan Rutherford mengenai ukuran probabilitas partikel alfa yang akan dibelokkan dengan sudut tertentu selama tumbukan dengan inti atom yang dinyatakan dalam satuan luas.

Berdasarkan grafik yang dihasilkan pada simulasi sudut hamburan terhadap tampang lintang pada hamburan Rutherford atom timbal (Pb-82) menunjukkan bahwa semakin bertambah sudut hamburan (sumbu x) maka tampang lintang hamburan (sumbu y) akan semakin berkurang. Hal tersebut tampak pada grafik yang dihasilkan dimana berbentuk grafik eksponensial menurun. Hasil penelitian ini sesuai dengan teori menurut (Hasbun, 2009), bahwa tampang lintang hamburan menurun saat sudut hamburan bertambah dengan bentuk kurva eksponensial. Hal tersebut dapat dijelaskan melalui persamaan tampang lintang hamburan yang memiliki variabel berpangkat sehingga dapat membentuk fungsi eksponensial. Sedangkan saat energi diubah-ubah dari 10 eV, 15 eV, 20 eV, 25 eV, dan 30 eV dalam menjalankan simulasi menunjukkan hasil bahwa semakin besar energinya maka tampang hamburan nya semakin kecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa besarnya energi yang digunakan juga mempengaruhi besarnya sudut hamburan terhadap tampang lintang hamburan.

Hasil yang diperoleh melalui simulasi menggunakan Matlab sudah sesuai dengan teori mengenai tampang lintang hamburan dimana ν_0 dipengaruhi oleh besarnya energi yang berbanding lurus dengan kuadrat ν_0 sehingga energi memiliki hubungan berbanding terbalik dengan besarnya

tampang lintang hamburan. Hal ini juga menunjukkan bahwa dengan besar sudut yang sama, bertambahnya energi mengakibatkan berkurangnya tampang lintang hamburan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pada hamburan Rutherford semakin bertambahnya sudut hamburan maka tampang lintang hamburan semakin berkurang. Hal tersebut ditunjukkan pada grafik yang dihasilkan pada simulasi Matlab berupa grafik eksponensial menurun. Nilai sudut hamburan terhadap tampang lintang hamburan juga dipengaruhi oleh energi datang. Saat energi datang yang digunakan semakin besar, maka tampang lintang hamburan akan semakin berkurang, sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan energi datang dengan tampang lintang hamburan adalah berbanding terbalik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariefatosa, F. *et al.* (2014) 'Penyelesaian Numerik Hamburan Kuantum Potensial', 17(1), pp. 38–44.
- Dahal, Arjun dan Parajuli, N. (2018) 'Outlines of Rutherford's α -particles scattering Experiment', *Journal of St. Xavier's Physics Council*, 1(1), pp. 1–8.
- Gunawidjaja, P.N. (2019) 'Pengembangan Metode Eksperimen Fisika Berbasis Komputer pada Topik Kinematika Gerak Pegas', *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 10(2), pp. 119–126. doi:10.26877/jp2f.v10i2.3978.
- Hasbun, J.E. (2009) *CLASSICAL MECHANICS WITH MATLAB APPLICATION*. United States of America: Jones and Bartlett.
- Khamdani, N., Nur, M. and Muhlisin, Z. (2014) 'Kajian Tampang Lintang Hamburan Elektron Dengan Ion Melalui Teori Hamburan Berganda (Multiple Scattering Theory)', 3(4), pp. 351–355.
- Mustofa, H., Supriadi, B. and Handayani, R.D. (2012) 'Energi Simetri dan Anti-Simetri pada Ion Molekul Hidrogen H_2^+ ', *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 1(1), pp. 125–130.
- Riupassa, R.D. *et al.* (2016) 'PROSIDING SKF 2016 Simulasi Interaksi Elektron dengan Bahan Berbasis Single Scattering Model', (December 2016), pp. 398–403.
- Sabarni, S. (2019) 'Struktur Atom Berdasarkan Ilmu Kimia Dan Perspektif Al-Quran', *Lantanida Journal*, 7(1), p. 87. doi:10.22373/lj.v7i1.4647.
- Sani, Ridwan Abdullah dan Kadri, M. (2017) *FISIKA KUANTUM*. Edited by S.B. Hastuti. Jakarta: BUMI AKSARA.
- Schaeffer, B. (2016) 'Anomalous Rutherford Scattering Solved Magnetically', *World Journal of Nuclear Science and Technology*, 06(02), pp. 96–102. doi:10.4236/wjnst.2016.62010.
- Setianingsih, T. (2017) *MIKROSKOP ELEKTRON TRANSMISI : TEORI DAN APLIKASINYA UNTUK KARAKTERISASI MATERIAL*. Edited by Masruri. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Soedjojo, P. (2001) *Azaz-Azaz Ilmu Fisika Jilid 4 Fisika Modern*. 4th edn. Yogyakarta: GADJA MADA UNIVERSITY.
- Sujito, S. *et al.* (2019) 'Paradigma Teori Atom Lintas Waktu', *Jurnal Filsafat Indonesia*, 2(1), p. 42. doi:10.23887/jfi.v2i1.17551.
- Supriadi, B. and Nuraini, L. (2019) *Fisika Atom Teori & Aplikasinya*.
- Wang, E.P. (2004) 'Rutherford Scattering of α -Particles', *Mit* [Preprint].