

WORKSHEET

Mata Kuliah : Fisika Kuantum
Materi : Potensial Tangga dan Potensial Kotak
Kelompok : 1.
2.
3.
4.
Kelas :

A. Tujuan Pembelajaran

1. Memprediksi perilaku fungsi gelombang kuantum ketika berhadapan dengan hambatan potensial yang tak terhingga (tangga) maupun terbatas (kotak).
2. Menganalisis hubungan energi partikel (E), tinggi hambatan (V_0), dan lebar hambatan (L) terhadap probabilitas partikel (Koefisien Refleksi dan Transmisi).
3. Membandingkan perilaku rintangan partikel menurut aturan mutlak Fisika Klasik dengan probabilitas gelombang pada Fisika Kuantum.
4. Menyimpulkan terjadinya efek penetrasi gelombang dan syarat terjadinya fenomena Terowongan Kuantum (*Quantum Tunneling*).

B. Orientasi Masalah

Bacalah narasi masalah berikut!

Dalam mekanika klasik, partikel (seperti bola kasti) memiliki aturan mutlak:

- **Kasus A (Tangga):** Jika bola menabrak anak tangga yang lebih tinggi dari energinya ($E < V_0$), bola **pasti memantul kembali 100%**.
- **Kasus B (Kotak/Tembok):** Jika bola menabrak tembok beton (penghalang dengan ketebalan tertentu) dan energinya kurang ($E < V_0$), bola juga **pasti memantul 100%**. Bola tidak mungkin bisa tiba-tiba menembus tembok.

Permasalahan:

Dalam dunia mekanika kuantum, partikel memiliki sifat gelombang. Kita akan menguji apakah aturan mutlak di atas masih berlaku untuk elektron. Apakah penghalang yang tebalnya tak terhingga (Tangga) memberikan efek yang sama dengan penghalang yang memiliki ketebalan terbatas (Kotak)?

Jawab:

C. Merumuskan Prediksi Awal

Sebelum membuka simulasi, diskusikan dengan kelompok Anda dan tuliskan tebakan awal kalian!

1. **Prediksi Potensial Tangga:** Jika elektron menabrak rintangan potensial tangga dengan energi kurang dari tinggi rintangan apakah seluruh elektron akan memantul sempurna secara instan, atau ada kemungkinan “merembes” sejenak ke dalam area penghalang?

Jawab:

2. **Prediksi Potensial Kotak:** Jika rintangan tersebut memiliki batas ketebalan (seperti tembok tipis), dan gelombang elektron bisa merembes masuk, mungkinkah elektron tersebut berhasil menembus dan muncul di sisi sebelah rintangan, meskipun secara klasik energinya tidak cukup ($E < V_0$)?

Jawab:

D. Eksplorasi melalui Simulasi

Mari kita uji hipotesis Anda di atas menggunakan dua simulasi.

- a. Eksperimen Potensial Tangga

Langkah Percobaan:

- 1) Buka tautan Simulasi Potensial Tangga dengan *scan QR Code* di bawah ini.



- 2) Perhatikan panel kontrol di layar Anda. Terdapat *slider* (penggeser) untuk mengatur nilai Energi Partikel (E), dan Potensial Tangga (V_0).
- 3) Geser *slider* tersebut untuk menyesuaikan nilai E dan V_0 sesuai dengan kondisi pada tabel di bawah.
- 4) Pada menu Gelombang $\psi(x)$, klik tab $\text{Re}(\psi)$, $\text{Im}(\psi)$, tab $|\psi|^2$, dan tab animasi.
- 5) Pada menu R&T, catat nilai Koefisien Refleksi (R) dan Transmisi (T) yang tertera pada layar informasi simulasi ke dalam tabel.

Kondisi	Energi (E)	Potensial (V_0)	Refleksi (R)	Transmisi (T)
$(E > V_0)$	5.0 eV	3.0 eV		
$(E < V_0)$	2.0 eV	5.0 eV		

- 6) Analisis Tangga: Perhatikan tab $|\psi|^2$ pada kondisi $E < V_0$ (Contoh: $E = 2.0$ eV, $V_0 = 5.0$ eV). Mengapa grafik tidak langsung nol di batas penghalang ($x = 0$), melainkan meluruh perlahan ke kanan? Apa arti peluruhan ini terhadap posisi partikel?

Jawab:

b. Eksperimen Potensial Kotak

Langkah Percobaan:

- 1) Buka tautan Simulasi Potensial Kotak dengan *scan QR Code* di bawah ini.



- 2) Antarmukanya mirip dengan simulasi pertama, namun Anda akan menemukan satu slider tambahan, yaitu Lebar Kotak/Penghalang (L) untuk mengatur ketebalan penghalang.
- 3) Atur nilai E dan V_0 SAMA persis seperti simulasi pertama. Atur nilai Lebar (L) ke angka 1.0 nm.
- 4) Amati visualisasi gelombang dan catat nilai R serta T ke dalam tabel.
- 5) Khusus untuk kondisi $E < V_0$, cobalah perkecil nilai Lebar (L) secara perlahan dan perhatikan apa yang terjadi pada nilai Transmisi (T). Catat nilai pada tabel di bawah ini.

Kondisi	Energi (E)	Potensial (V_0)	Lebar (L)	Refleksi (R)	Transmisi (T)
$(E > V_0)$	5.0 eV	3.0 eV	1.0 nm		
$(E < V_0)$	2.0 eV	5.0 eV	1.0 nm		
$(E < V_0)$	2.0 eV	5.0 eV	Perkecil nilai secara perlahan		

- 6) **Analisis Kotak:** Fokus pada kondisi energi yang kurang dari rintangan ($E < V_0$). Pada rintangan tangga, partikel 100% gagal lewat ($T=0$). Namun pada rintangan kotak ini, apakah nilai $T = 0$? Berdasarkan observasi Anda saat memperkecil nilai Lebar Kotak (L), apa yang terjadi pada nilai Transmisi (T) saat tembok semakin tipis?

Jawab:

E. Analisis dan Penjelasan Konsep

1. Tangga vs Kotak pada $E < V_0$:

Jelaskan perbedaan paling krusial antara perilaku gelombang pada Potensial Tangga dan Potensial Kotak saat energinya "kurang"! Mengapa pada Kotak elektron bisa lolos ($T > 0$) sedangkan pada Tangga tidak? (Petunjuk: Ingat sifat gelombang yang meluruh di dalam penghalang).

Jawab:

2. **Klasik vs Kuantum pada $E > V_0$:**

Amati data Kotak dan Tangga pada $E = 5.0$ dan $V_0 = 3.0$. Secara fisika klasik, bola yang energinya cukup pasti lolos 100%. Namun secara kuantum, apakah nilai T mutlak 1.00? Bandingkan mengapa probabilitas memantul ($R > 0$) masih ada di mekanika kuantum!

Jawab:

F. Elaborasi

Pada tahap ini, diskusikan kembali hasil simulasi bersama kelompok Anda.

Dalam fisika klasik, partikel hanya dapat melewati rintangan jika energinya lebih besar daripada tinggi rintangan. Jika energinya lebih kecil, partikel akan memantul sepenuhnya. Namun, dalam mekanika kuantum, elektron memiliki sifat gelombang. Ketika elektron menghadapi penghalang, fungsi gelombangnya dapat masuk atau merembes ke dalam daerah penghalang. Jika penghalang memiliki ketebalan terbatas, seperti pada potensial kotak, masih ada kemungkinan sebagian gelombang muncul di sisi lain penghalang. Fenomena inilah yang disebut quantum tunneling.

Pertanyaan Penguatan

Mengapa quantum tunneling dapat terjadi pada potensial kotak, tetapi tidak terjadi pada potensial tangga yang lebarnya tak terbatas?

Jawab:

G. Evaluasi dan Refleksi

1. Mengapa sifat gelombang membuat elektron bisa “menembus” (penetrasi) ke dalam rintangan terlarang?

Jawab:

2. Apa itu fenomena *Quantum Tunneling* dan apa yang memungkinkannya terjadi pada Potensial Kotak tetapi tidak pada Potensial Tangga?

Jawab: