

BAB III

METODE PENELITIAN

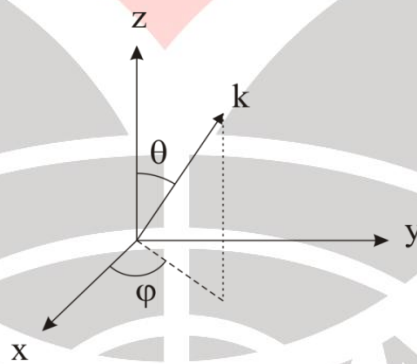
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode semianalitik dimana solusi dalam penyelesaian persamaan Schrödinger dikerjakan secara analitik dan perhitungannya dibantu dengan menggunakan program komputer Mathematica ver.8. Kajian waktu terobosan yang dipelajari dalam penelitian ini adalah:

1. Gambaran pengaruh energi datang elektron (E) terhadap transmitansi dan waktu terobosan (τ) elektron pada tegangan bias 0.1 V, 0.2 V, dan 0.3V.
2. Gambaran pengaruh lebar penghalang potensial (L) terhadap transmitansi dan waktu terobosan (τ) elektron elektron pada tegangan bias 0.1 V, 0.2 V, dan 0.3 V.
3. Gambaran pengaruh sudut datang elektron (θ) besarnya terhadap transmitansi dan waktu terobosan (τ) elektron elektron pada tegangan bias 0.1 V, 0.2 V, dan 0.3 V.

3.1 Parameter dan Sistem Koordinat Yang Digunakan Dalam Perhitungan

Dalam penelitian ini digunakan material isotropik berstruktur Al/SiO₂/Si dengan SiO₂ berperan sebagai potensial penghalang trapesoid ketika diberi tegangan bias eksternal. Tinggi potensial penghalang (Φ) SiO₂ sebesar 3.34 eV. Kemudian nilai massa efektif elektron untuk daerah I adalah $m_1 = m_0$, untuk daerah II adalah $m_2 = 0.5 m_0$ dan untuk daerah III adalah $m_3 = 0.917 m_0$ dengan m_0 adalah massa diam elektron ($m_0 = 9.11 \times 10^{-31}$ Kg).

Koordinat yang digunakan adalah koordinat kartesian dimana posisi saat elektron datang mengenai penghalang dijadikan acuan. Sudut datang elektron berturut-turut adalah θ dan φ . Untuk memudahkan analisa ditetapkan φ bernilai konstan yaitu sebesar $\pi/2$ jadi elektron bergerak hanya dalam arah θ .



Gambar 3.1 Sistem koordinat kartesian yang digunakan dalam penelitian ini

3.2 Transmittansi Elektron

Fungsi gelombang tidak bergantung waktu disetiap daerah untuk model penghalang potensial trapesoid pada persamaan (2.8) dapat ditulis sebagai berikut

$$\psi(z) = \begin{cases} Ae^{ik_1z} + Be^{-ik_1z} & \text{untuk } z \leq 0 \\ C.Ai(\xi(z)) + D.Bi(\xi(z)) & \text{untuk } 0 < z < L \\ Ge^{ik_3z} + He^{-ik_3z} & \text{untuk } z \geq L \end{cases} \quad (3.1)$$

dimana : A, B, C, D, G, dan H adalah suatu konstanta sedangkan $Ai(\xi(z))$ dan $Bi(\xi(z))$ adalah fungsi Airy pertama dan fungsi Airy kedua.

Bilangan gelombang k_1 , k_3 dan $\xi(z)$ dapat ditulis sebagai berikut.

$$k_1^2 = \frac{2m_1E_z}{\hbar^2} \quad (3.2)$$

$$k_3^2 = \frac{2m_3(E_z + eV_b)}{\hbar^2} \quad (3.3)$$

$$\xi(z) = \left(\frac{2m_2eF}{\hbar^2} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{(\Phi - E_z)}{eF} - z \right) \quad (3.4)$$

Dimana \hbar adalah kostanta Planck tereduksi, E_z adalah energi elektron dalam arah- z , $F = V_b / L$ adalah medan listrik pada penghalang.

Penurunan fungsi gelombang pada persamaan (3.1) dan persamaan (3.2), (3.3), (3.4) dapat dilihat pada lampiran A.1.

Syarat batas yang digunakan untuk mendapatkan koefisien transmitansi pada batas antar muka $z=0$ dan $z=L$ adalah

- Syarat batas di $Z=0$

$$\psi_1(z = 0^-) = \psi_2(z = 0^+) \quad (3.5)$$

$$A + B = CAi\xi(0) + DBi\xi(0) \quad (3.6)$$

- $\frac{1}{m_1} \frac{d}{dz} \psi_1 \Big|_{z=0^-} = \frac{1}{m_2} \frac{d}{dz} \psi_2 \Big|_{z=0^+} \quad (3.7)$

$$\frac{1}{m_1} ik_1(A - B) = \frac{W}{m_2} (CAi'\xi(0) - DBi'\xi(0)) \quad (3.8)$$

Dimana $W = -\left(\frac{2M_2 eV_b}{\hbar^2 L}\right)^{\frac{1}{3}}$

- Syarat batas pada $z=L$

Karena pada daerah $Z > L$ tidak ada gelombang pantul maka $H = 0$

$$\psi_2(z = L^-) = \psi_3(z = L^+) \quad (3.9)$$

$$CAi\xi(L) + DBi\xi(L) = Ge^{ik_3L} \quad (3.10)$$

- $\frac{1}{m_2} \frac{d}{dz} \psi_2 \Big|_{z=L^-} = \frac{1}{m_3} \frac{d}{dz} \psi_3 \Big|_{z=L^+} \quad (3.11)$

$$\frac{W}{m_2} (CAi'\xi(L) + DBi'\xi(L)) = \frac{ik_3}{m_3} Ge^{ik_3L} \quad (3.12)$$

Penurunan persamaan syarat batas dapat dilihat pada lampiran A.2

Untuk memperoleh koefisien transmisi dapat dilakukan dengan operasi matematik pada persamaan-persamaan yang diperoleh dari syarat batas di atas.

Hasil G/A dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan

$$f \equiv \frac{G}{A} = \left(\frac{-2 \frac{k_1}{m_1} f_1}{\left(-\frac{W}{m_2} (f_2) + \frac{m_2}{W} \frac{k_1 k_3}{m_1 m_3} (f_5) \right) + i \left(\frac{k_3}{m_3} (f_4) + \frac{k_1}{m_1} (f_3) \right)} \right) e^{-ik_3 L} \quad (3.13)$$

dimana

$$f_1 = Ai'(\xi(L)).Bi(\xi(L)) - Ai(\xi(L)).Bi'(\xi(L)) \quad (3.14a)$$

$$f_2 = Ai'(\xi(L)).Bi'(\xi(0)) - Ai'(\xi(0)).Bi'(\xi(L)) \quad (3.14b)$$

$$f_3 = Ai(\xi(0)).Bi'(\xi(L)) - Ai'(\xi(L)).Bi(\xi(0)) \quad (3.14c)$$

$$f_4 = Ai(\xi(L)).Bi'(\xi(0)) - Ai'(\xi(0)).Bi(\xi(L)) \quad (3.14d)$$

$$f_5 = Ai(\xi(0)).Bi(\xi(L)) - Ai(\xi(L)).Bi(\xi(0)) \quad (3.14e)$$

Transmitansi elektron (T_c) ketika melewati penghalang potensial trapesoid dinyatakan sebagai berikut

$$T_c = f.f^* \quad (3.15)$$

Penurunan persamaan (3.13) dapat dilihat pada lampiran A.3.

3.3 Waktu Terobosan Elektron

Waktu terobosan elektron (τ), melalui penghalang potensial trapesoid diperoleh dengan menggunakan pendekatan waktu fasa Wigner. Persamaan waktu terobosannya adalah

$$\tau = \frac{m_1}{\hbar k_3} \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{P}{Q}\right)^2\right) Q^2} \left(Q \left(-\frac{W}{m_2} (f_2') + \left(\frac{m_2}{W m_1 m_3} \right) \left(k_1 k_3 (f_5') + \left(\frac{m_1 k_3}{m_3 k_1} + k_1 \right) f_5 \right) \right) \dots \right. \\ \left. - P \left(\frac{1}{m_3} (f_4 + k_3 f_4') + \frac{1}{m_1} \left(\frac{m_1 k_3}{m_3 k_1} f_3 + k_1 f_3' \right) \right) \right) \quad (3.16)$$

dimana:

$$P = \left(-\frac{W}{m_2} (f_2) + \frac{m_2}{W} \frac{k_1 k_3}{m_1 m_3} (f_5) \right), \quad (3.17)$$

$$Q = \left(\frac{k_3}{m_3} (f_4) + \frac{k_1}{m_1} (f_3) \right), \quad (3.18)$$

$$W = - \left(\frac{2m_2 eV_b}{\hbar^2 L} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad (3.19)$$

$$f_1' = R(Ai''(\xi(L)).Bi(\xi(L)) + Bi'(\xi(L)).Ai'(\xi(L)) - Ai'(\xi(L)).Bi'(\xi(L)) - Bi''(\xi(L)).Ai(\xi(L))) \quad (3.20a)$$

$$f_2' = R(Ai''(\xi(L)).Bi(\xi(0)) + Bi''(\xi(0)).Ai'(\xi(L)) - Ai''(\xi(0)).Bi'(\xi(L)) - Bi'(\xi(L)).Ai'(\xi(0))) \quad (3.20b)$$

$$f_3' = R(Ai'(\xi(0)).Bi'(\xi(L)) + Bi''(\xi(L)).Ai(\xi(0)) - Ai''(\xi(L)).Bi(\xi(0)) - Bi'(\xi(0)).Ai'(\xi(L))) \quad (3.20c)$$

$$f_4' = R(Ai'(\xi(L)).Bi'(\xi(0)) + Bi''(\xi(0)).Ai(\xi(L)) - Ai''(\xi(0)).Bi(\xi(L)) - Bi'(\xi(L)).Ai'(\xi(L))) \quad (3.20d)$$

$$f_5' = R(Ai'(\xi(0)).Bi(\xi(L)) + Bi'(\xi(L)).Ai(\xi(0)) - Ai'(\xi(L)).Bi(\xi(0)) - Bi'(\xi(0)).Ai(\xi(L))) \quad (3.20e)$$

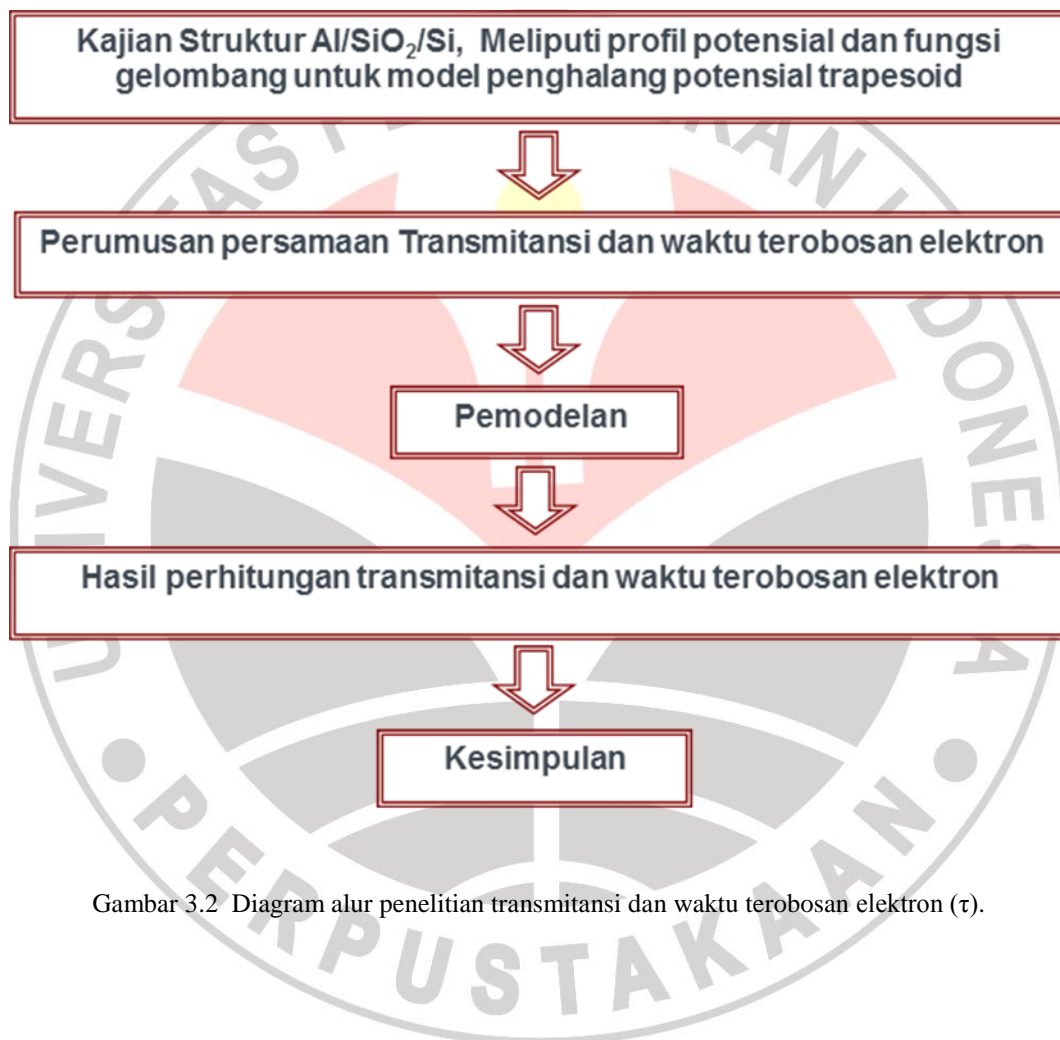
$$R = W \left(\frac{\hbar^2 k_3 L}{m_3 e V_b} \right) \quad (3.21)$$

Penurunan waktu terobosan elektron pada persamaan (3.16) dapat dilihat pada lampiran A4.



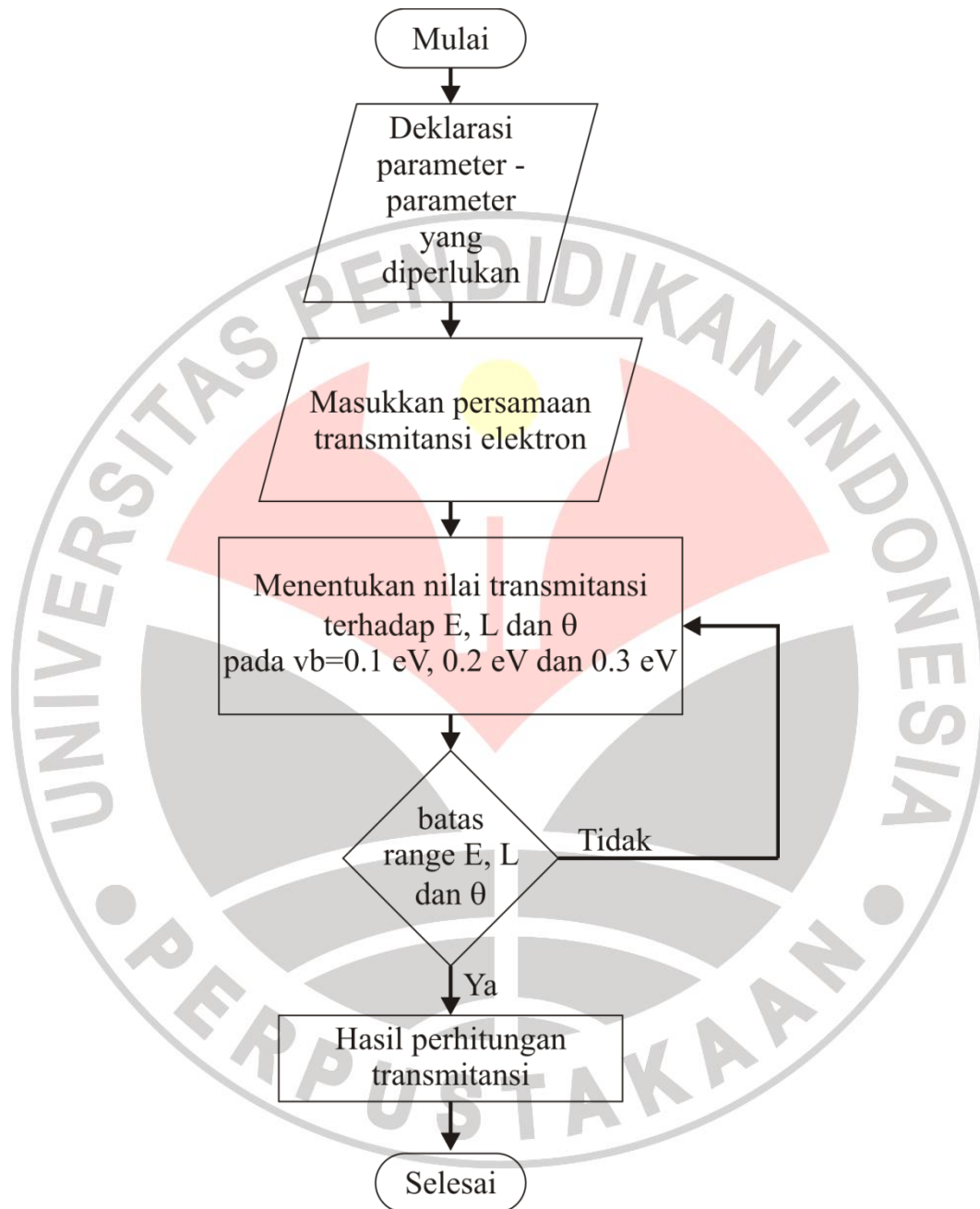
3.4 Alur Penelitian dan *Flowchart* Perhitungan Transmittansi dan Waktu Terobosan Elektron (τ)

Diagram alur penelitian dalam memperoleh transmittansi dan waktu terobosan adalah sebagai berikut :



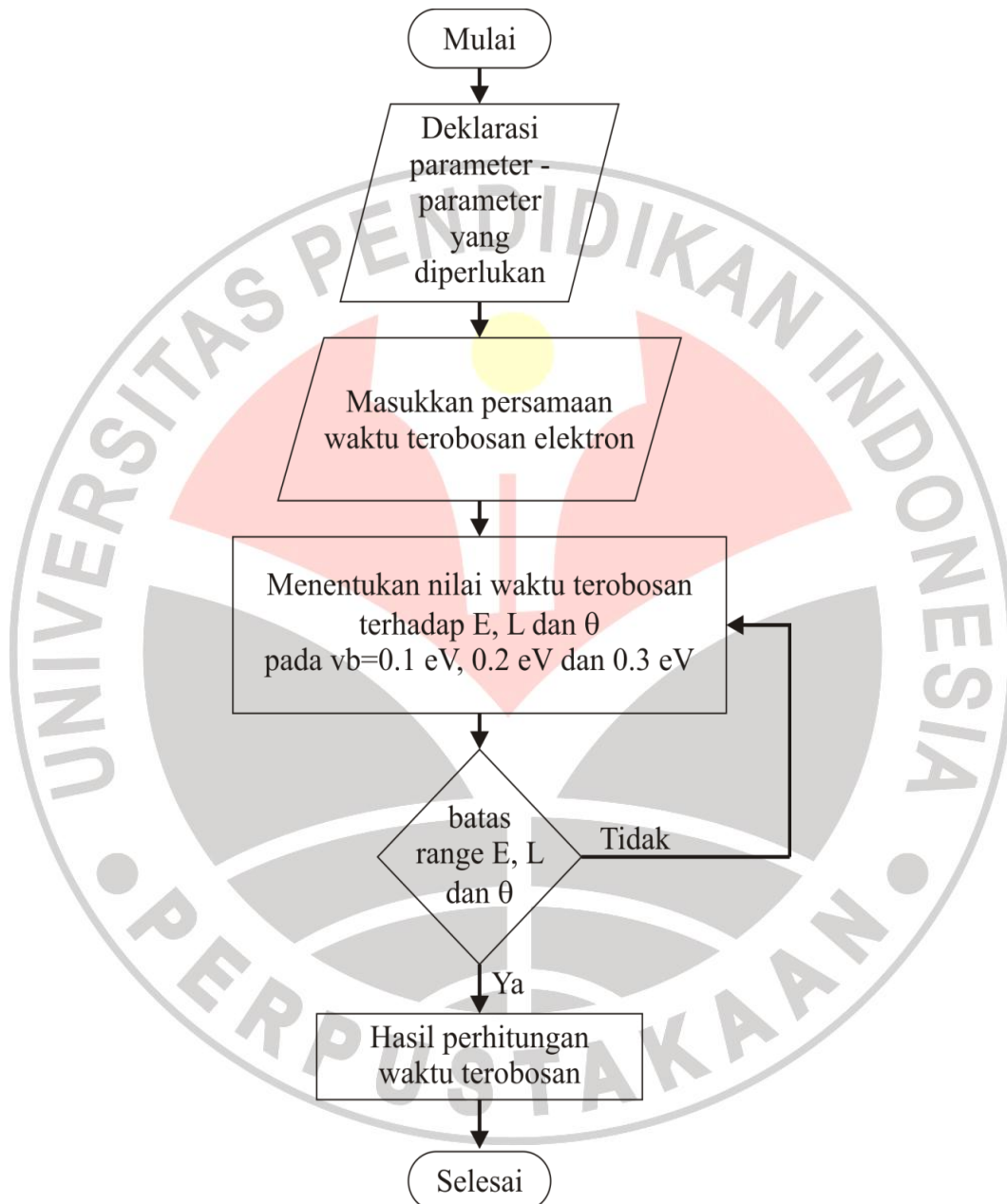
Gambar 3.2 Diagram alur penelitian transmittansi dan waktu terobosan elektron (τ).

Flowchart perhitungan untuk memperoleh transmitansi adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Flowchart perhitungan transmitansi.

Flowchart perhitungan untuk memperoleh waktu terobosan elektron (τ) adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4 *Flowchart* perhitungan waktu terobosan elektron (τ).