

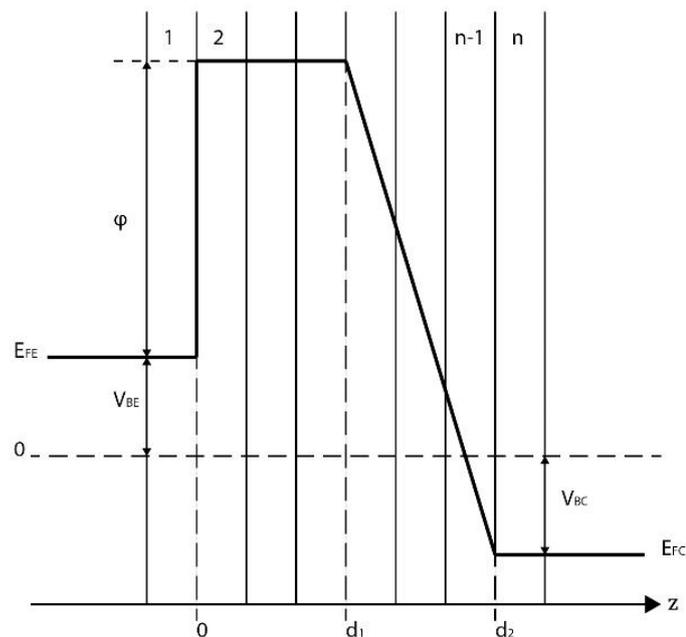
BAB III

METODE PENELITIAN

Pemodelan yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi literatur dan komputasi dengan metode semi numerik. Studi literatur digunakan untuk mempelajari pemodelan divais dan menyelesaikan persamaan Schrödinger pada transistor bipolar n-p-n AGNR. Kemudian dilakukan perhitungan transmitansi menggunakan pendekatan metode matriks transfer (MMT). Proses komputasi dilakukan dengan bahasa pemrograman. Kemudian perhitungan untuk arus terobosannya menggunakan metode *Gauss Legendre Quadrature*.

3.1. Perhitungan Transmitansi

Peluang transmisi didefinisikan sebagai fraksi dari partikel datang terhadap partikel yang berhasil menerobos potensial penghalang. Dalam perhitungan koefisien transmisi, terlebih dahulu diterapkan syarat batas untuk mendapatkan solusi khusus.



Gambar 3.1. profil potensial AGNR pada transistor bipolar n-p-n yang dibagi menjadi n segmen untuk digunakan dalam perhitungan menggunakan MMT

Fungsi gelombang elektron bebas waktu pada tiap daerah pada gambar 3.1 adalah:

$$\psi_1 = A_1 e^{ik_1 z} + B_1 e^{-ik_1 z} \quad , z < 0 \quad (3.1a)$$

$$\psi_L = A_L e^{ik_L z} + B_L e^{-ik_L z} \quad , 0 < z < d_1 \quad (3.1b)$$

$$\psi_M = A_M e^{ik_M z} + B_M e^{-ik_M z} \quad , d_1 < z < d_2 \quad (3.1d)$$

$$\psi_N = A_N e^{ik_N z} + B_N e^{-ik_N z} \quad , z > d_2$$

Pada persamaan di atas, A_1 , B_1 , A_L , B_L , A_M , B_M , dan A_N adalah konstanta dengan nilai masing-masing L , dan M yaitu:

$$L = 2, \dots, \frac{n}{2} \quad (3.2a)$$

$$M = \left(\frac{n}{2} + 1\right), \dots, N - 1 \quad (3.2b)$$

Untuk mempermudah perhitungan, maka nilai konstanta A_l ditetapkan sama dengan 1 dan B_N sama dengan nol, karena tidak terjadi refleksi pada daerah tersebut.

Uraian bilangan gelombang k_l dan k_N untuk potensial penghalang pada daerah $z < 0$ dan $z > d_2$ dinyatakan sebagai berikut:

$$k_1^2 = \frac{2m_1(-eV_{BE} - E)}{\hbar^2} \quad (3.3a)$$

$$k_N^2 = \frac{2m_N(-eV_{BC} - E)}{\hbar^2} \quad (3.3b)$$

Sedangkan bilangan gelombang k_L dan k_M untuk potensial penghalang pada daerah $d_1 < z < d_2$ dan $d_1 < z < d_2$ adalah:

$$k_L^2 = \frac{2m_L(-(\phi + V_{BE}) - E)}{\hbar^2} \quad (3.3c)$$

$$k_M^2 = \frac{2m_M \left(\left(\phi + eV_{BE} - \frac{\phi + eV_{BE} + eV_{BC}}{L_2 - L_1} \right) z - E \right)}{\hbar^2} \quad (3.3d)$$

Pada gambar 3.1, jika terdapat n segmen maka banyak titik antar mukanya adalah $n-1$ buah sehingga jumlah syarat batasnya adalah $2(n-1)$ buah. Penerapan syarat batas pada keseluruhan segmen menghasilkan matriks total untuk seluruh struktur potensial yang diaproksimasikan oleh N elemen yaitu sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} 1 \\ B_1 \end{pmatrix} = M_{1,2} M_{2,3} M_{3,4} \dots M_{(N-2),(N-1)} \begin{pmatrix} A_N \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.4)$$

Dengan

$$M_{j,(j+1)} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} \left[1 + \frac{a_{[j+1]}}{a_j} \right] \exp(-ik_j + ik_{[j+1]})z & \left[1 - \frac{a_{[j+1]}}{a_j} \right] \exp(-ik_j - ik_{[j+1]})z \\ \left[1 - \frac{a_{[j+1]}}{a_j} \right] \exp(ik_j + ik_{[j+1]})z & \left[1 + \frac{a_{[j+1]}}{a_j} \right] \exp(ik_j - ik_{[j+1]})z \end{pmatrix} \quad (3.5)$$

Hasil produk $M_{1,2} M_{2,3} M_{3,4} \dots M_{(N-2),(N-1)}$ merupakan matriks 2×2

$$\begin{pmatrix} 1 \\ B_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_N \\ 0 \end{pmatrix} \quad (3.6)$$

Koefisien transmisi elektron t diperoleh dari:

$$t = A_N = \frac{1}{a_{11}} \quad (3.7)$$

Dan transmitansi elektron diperoleh dari:

$$T(E) = \left(\frac{k_N}{k_1} \right) t t^* \quad (3.8)$$

Dengan t^* merupakan konjugat dari koefisien transmisi.

3.2. Perhitungan Arus Terobosan dengan MGLQ

Untuk menghitung arus terobosan maka terlebih dahulu dilakukan transformasi persamaan arus terobosan menjadi bentuk integrasi Metode *Gauss Legendre Quadrature*. Perhitungan dengan metode ini melibatkan absisan (x_i) dan bobot (w_i) yang bersesuaian. Bentuk integrasi dengan metode *Gauss Legendre Quadrature* seperti pada persamaan 2.15 adalah:

$$\int_1^n f(x) dx \approx \sum_{i=1}^n w_i f(x_i) \quad (3.9)$$

Arus terobosan pada transistor dwikutub n-p-n AGNR dinyatakan oleh persamaan 2.15.

$$I = \frac{2g_v e}{h} \int_0^{eV} [f_E(E) - f_c(E)] T(E) dE$$

Setelah dilakukan transformasi domain kemudian persamaan diselesaikan dengan MGLQ sebagai berikut:

$$I = \frac{g_v e^2 V_{BE}}{h} \sum_{i=1}^N w_i g(x_i) \quad (3.10)$$

3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan diantaranya:

1. Kajian Pustaka

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan kajian pustaka melalui buku, jurnal, artikel, maupun karya ilmiah yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk memahami pemodelan yang akan dilakukan terutama pada

divais transistor berbahan graphene. Setelah dibuat model perhitungan, kemudian dipilih bahasa pemrograman untuk membantu proses perhitungan.

2. Perumusan Algoritma

Perumusan algoritma disesuaikan dengan metode yang digunakan yaitu MMT dan MGLQ. Untuk perhitungan transmitansi digunakan MMT. Untuk perhitungan arus terobosan digunakan MGLQ. Bahasa pemrograman yang digunakan yaitu MATLAB dan *Wolfram Mathematica*. Penulis menggunakan bahasa pemrograman MATLAB untuk menyelesaikan MMT karena bahasa pemrograman MATLAB sangat baik dalam memproses matriks. Untuk perhitungan arus terobosan digunakan bahasa *Mathematica*.

3. Penulisan Program

Setelah melalui tahap perumusan algoritma kemudian dilakukan penulisan program dan menjalankannya berulang-ulang untuk menghasilkan data yang berbeda dengan parameter yang berbeda sesuai dengan tujuan penelitian.

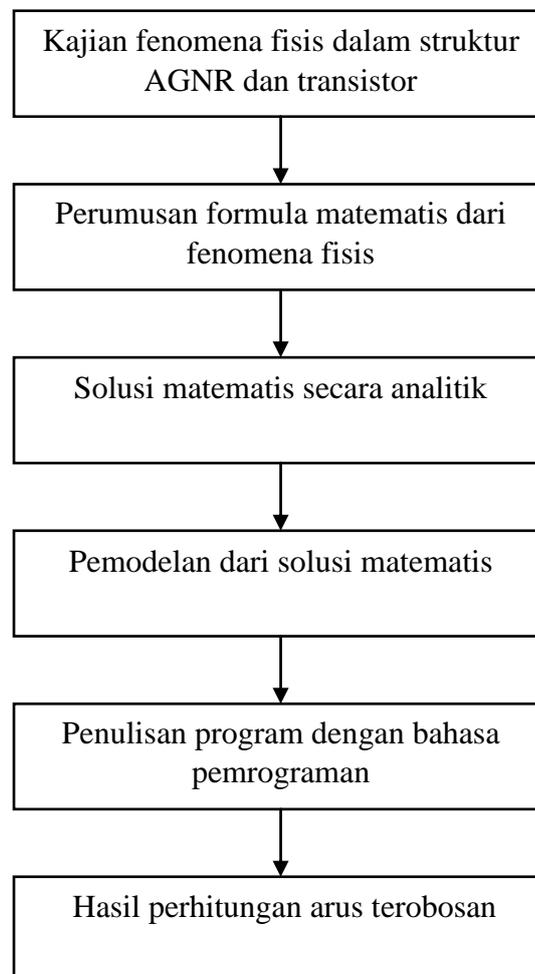
3.4. Alur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

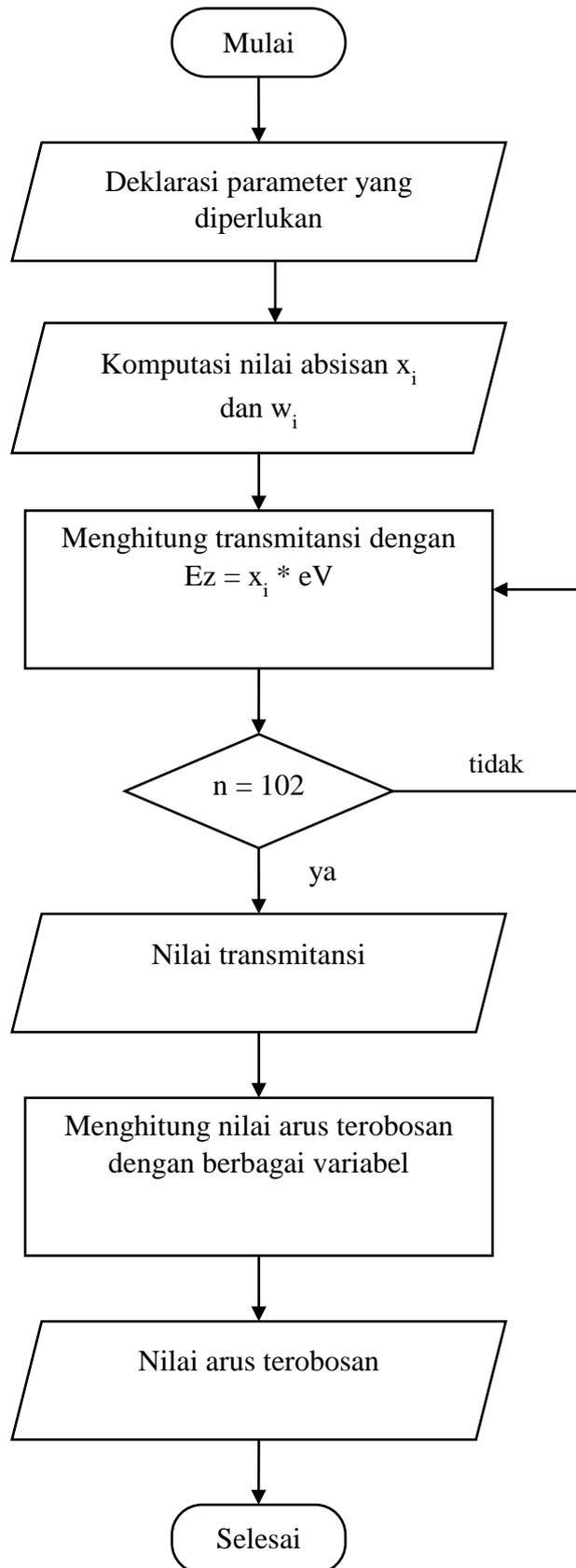
1. Mengkaji fenomena fisis dan struktur AGNR serta bagaimana model profil potensial untuk divais transistor dwikutub berbasis AGNR.
2. Pemodelan elektron dengan persamaan Schrodinger kemudian dipilih solusi fungsi gelombang pada persamaan Schrodinger. Solusi persamaan Schrodinger kemudian diselesaikan pada model profil potensial dengan memasukan sejumlah syarat batas.
3. Setelah penyelesaian dengan syarat batas, kemudian dibuat rumusan matriks-matriks yang nantinya diselesaikan dengan bantuan komputer dan bahasa pemrograman.

4. Setelah model persamaan dibuat, program ditulis dengan menyesuaikan variabel yang akan diubah. Untuk program perhitungan transmitansi, ditulis menggunakan bahasa pemrograman MATLAB. Untuk arus terobosan ditulis dengan menggunakan bahasa pemrograman *Mathematica*.
5. Hasil perhitungan arus terobosan dengan variabel-variabel tegangan, temperatur dan indeks N AGNR pada mode operasi transistor aktif-maju dan aktif-mundur kemudian ditampilkan.

Diagram alur penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.3 Flowchart perhitungan rapat arus terobosan