

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Alat-alat elektronik sudah menjadi pelengkap kehidupan manusia. Di dalamnya terdapat berbagai macam divais elektronik yang tersusun sehingga memiliki fungsinya tersendiri. Transistor (*transfer resistor*) merupakan salah satu bagian pada alat elektronik. Perkembangan divais ini masih sangat pesat ditandai dengan inovasi terbaru dalam mengoptimalkan performa dan kualitas divais. Transistor merupakan divais berbahan dasar semikonduktor. Semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-n disusun sehingga memiliki struktur n-p-n dan p-n-p membentuk transistor dwikutub. Transistor berfungsi sebagai saklar (*switch*), penguat sinyal pada rangkaian listrik dan sebagai divais logika yang menjalankan sistem komputer saat ini.

Selain diproduksi secara satuan, transistor diproduksi juga kedalam sebuah rangkaian sirkuit terintegrasi (*Integrated Circuits/IC*) bersama dengan divais elektronik lainnya. Pada satu IC terdapat ratusan bahkan miliaran divais transistor didalamnya sehingga memiliki fungsinya tersendiri seperti operasi logika dan *register*. Semakin banyak jumlah transistor pada satu *chip* IC maka akan semakin banyak pula operasi logika yang dapat dilakukan. Komponen IC yang melakukan operasi logika pada komputer disebut sebagai mikroprosesor.

Saat komputer pertama kali diciptakan, ukurannya relatif lebih besar dari komputer sekarang dengan kemampuan yang sangat terbatas. Kemudian penggunaan semikonduktor padat mulai banyak digunakan sehingga ukuran komputer dan sistem penyimpanan data dapat diperkecil dengan kemampuan yang dapat ditingkatkan. Transistor mengalami perubahan dari segi ukuran yang semakin kecil dan performa yang semakin baik. Transistor merupakan implementasi dari fisika material dengan memanfaatkan sifat kelistrikan semikonduktor.

Semikonduktor merupakan bahan yang memiliki nilai konduktivitas diantara isolator dan konduktor (Young, 2012, hlm. 1422). Konduktivitas semikonduktor secara umum dipengaruhi oleh temperatur, iluminasi cahaya, medan magnet dan adanya pengotor.

Silikon merupakan salah satu bahan yang paling banyak digunakan sebagai semikonduktor. Silikon sebagai semikonduktor mulai mendekati batas kemampuan maksimumnya (Nakagawa, 2006). Semikonduktor silikon juga memiliki mobilitas elektron berkisar dibawah  $1400 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  (Jacoboni dkk., 1977). Kelemahan tersebut memberikan peluang bagi bahan padat lainnya sebagai semikonduktor pengganti silikon. Upaya untuk memperoleh divais elektronik dengan performa yang lebih tinggi serta biaya produksi yang lebih rendah ditujukan pada pencarian material baru yang diterapkan pada divais elektronik agar memiliki sifat kelistrikan yang lebih unggul. Material yang menjadi alternatif dan sorotan para peneliti sebagai pelaku di dunia industri sekarang adalah graphene.

Graphene ditemukan pada tahun 2004 sebagai bentuk baru material kristal dengan ketebalan satu atom. Graphene memperlihatkan perbedaan dan keunggulan pada sifat kelistrikannya dibandingkan dengan logam konvensional dan semikonduktor. Graphene membuka peluang baru untuk desain dan fabrikasi divais. Elektron pada graphene menunjukkan sifat yang mirip dengan foton dan neutrino (Wolf, 2014, hlm. 1).

Lapisan tunggal graphene memiliki kisi berbentuk heksagonal terdiri dari atom-atom karbon. Graphene merupakan bahan baku untuk semua material grafit berdimensi lain seperti *fulerena* (0D), *Carbon Nanotube/CNT* (1D) dan grafit (3D) (Geim dan Novoselov 2007). Lapisan graphene dengan lebar tertentu dinamakan *Graphene Nanoribbon/GNR*. Terdapat dua jenis GNR berdasarkan sisi tepiannya yaitu *Armchair-GNR* (AGNR) dan *Zigzag-GNR* (ZGNR). ZGNR umumnya bersifat konduktor dan AGNR dapat bersifat konduktor serta semikonduktor bergantung kepada lebarnya.

AGNR memiliki beberapa keunggulan dibandingkan semikonduktor berbahan dasar silikon, yaitu lebar celah energi (*band-gap energy*) bisa diubah

dengan cara mengatur lebar pitanya. Mobilitas elektron pada graphene dapat mencapai  $15.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  dan dapat ditingkatkan hingga mencapai  $\approx 100.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  (Geim dan Novoselov 2007). Salah satu divais semikonduktor yang dapat dibuat adalah transistor dwikutub.

Meskipun graphene belum banyak diproduksi atau kemudian dipasarkan, graphene adalah masa depan bagi perkembangan teknologi modern. Berbagai penelitian dengan topik graphene telah dilakukan, diantaranya pada rekayasa celah energi semikonduktor graphene dengan pemberian doping Boron dan Nitrogen (Rani dan Jindal 2013), pemodelan divais graphene dengan komputer (Noor dkk., 2015), pemodelan arus terobosan dan pada implementasi lainnya dari bahan graphene.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk membuat simulasi arus terobosan pada divais transistor berbahan graphene dengan melakukan pendekatan *Wentzel-Kramers-Brilouin* (WKB) (Zhang dkk., 2008). Pada penelitian yang dilakukan oleh Noor dkk., 2015, telah dilakukan pemodelan arus terobosan divais berbahan AGNR. Pada penelitian tersebut, digunakan parameter celah energi dan massa efektif  $\beta - \text{AGNR}$  untuk memperoleh nilai transmitansi elektron. Pendekatan analitik Airy digunakan pada model transistor untuk mendapatkan transmitansi elektron. Transmitansi elektron kemudian digunakan untuk mencari arus terobosan dengan persamaan Landauer.

Pada penelitian ini penulis melakukan perhitungan tentang arus terobosan dengan metode matriks transfer (MMT) dan persamaan Schrodinger. Solusi fungsi gelombang yang digunakan adalah fungsi eksponensial dengan menggunakan parameter celah energi dan massa efektif berdasarkan lebar AGNR. Lebar AGNR bergantung kepada indeks N, yaitu jumlah baris atom pada sisi lebar AGNR. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan dengan referensi yang dimana telah dilakukan penelitian yang hampir sama dengan metode yang berbeda. Pemodelan dengan MMT telah diuji dan merupakan metode dengan hasil yang lebih baik pada penelitian arus terobosan (Shangguan dkk., 2005).

## 1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang diteliti dapat dirumuskan kedalam bentuk pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana gambaran transmitansi elektron untuk transistor dwikutub berbasis AGNR yang dihitung menggunakan metode MMT pada mode operasi aktif-maju dan aktif mundur?
2. Bagaimana karakteristik arus terobosan untuk transistor dwikutub berbasis AGNR dengan mode operasi aktif-maju dan aktif-mundur karena pengaruh tegangan bias?
3. Bagaimana karakteristik arus terobosan untuk transistor dwikutub berbasis AGNR dengan mode operasi aktif-maju dan aktif-mundur karena pengaruh indeks N AGNR?
4. Bagaimana karakteristik arus terobosan untuk transistor dwikutub berbasis AGNR dengan mode operasi aktif-maju dan aktif-mundur yang dihitung menggunakan metode analitik dan MMT karena pengaruh temperatur?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui gambaran transmitansi elektron untuk transistor dwikutub berbasis AGNR yang dihitung menggunakan MMT pada mode operasi aktif-maju dan aktif mundur.
2. Mengetahui karakteristik arus terobosan untuk transistor dwikutub berbasis AGNR dengan mode operasi aktif-maju dan aktif-mundur karena pengaruh tegangan bias.
3. Mengetahui karakteristik arus terobosan untuk transistor dwikutub berbasis AGNR dengan mode operasi aktif-maju dan aktif-mundur karena pengaruh indeks N AGNR.
4. Mengetahui karakteristik arus terobosan untuk transistor dwikutub berbasis AGNR dengan mode operasi aktif-maju dan aktif-mundur yang dihitung menggunakan metode analitik dan MMT karena pengaruh temperatur.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Dengan dilakukannya penelitian arus terobosan pada transistor berbahan AGNR ini, diharapkan mampu memberikan informasi mengenai karakteristik divais transistor berbahan AGNR sehingga mampu dikembangkan lebih lanjut dan bermanfaat bagi perkembangan teknologi graphene di masa yang akan datang. Serta diharapkan mampu menjadi alternatif dari bahan silikon sebagai bahan utama pembuat semikonduktor.

### **1.5. Sistematika Penulisan**

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Dalam bab ini berisikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

#### **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

Dalam bab ini dijelaskan tentang kajian pustaka yang digunakan untuk pembahasan metode matriks transfer dan perhitungan arus terobosan pada transistor dwikutub berbasis AGNR.

#### **BAB III METODE PENELITIAN**

Menyajikan metode-metode apa yang dilakukan oleh penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Yang mana didalamnya berisi pemodelan divais transistor berbasis AGNR, penyusunan algoritma untuk kemudian ditulis ke dalam program serta diagram alur perhitungan dengan menggunakan pemrograman.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan tentang pembahasan-pembahasan yang dibuat berdasarkan atas latar belakang, tujuan, dan pokok permasalahan yaitu mengenai karakteristik transistor dwikutub n-p-n AGNR.

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan penutup yang meliputi tentang kesimpulan dari pembahasan yang dilakukan dari skripsi ini serta saran untuk penelitian maupun produksi divais transistor dwikutub n-p-n dengan semikonduktor AGNR