

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan bahan semikonduktor sangat penting dalam divais elektronik, salah satunya adalah transistor. Transistor merupakan devais elektronik berbahan semikonduktor yang memiliki kegunaan sebagai saklar (*switch*), penguat sinyal pada rangkaian listrik dan sebagai divais logika yang menjalankan sistem komputer. Transistor efek medan semikonduktor oksida logam/*metal oxida semiconductor field effect transistor* (MOSFET) berperan penting dalam membangun rangkaian listrik. Namun, MOSFET memiliki hambatan dalam kemampuannya untuk bekerja dalam data ultra rendah (Turkane & Kureshi, 2016). Untuk aplikasi berdaya rendah, pasokan daya yang dibutuhkan mendekati tegangan ambang MOSFET sehingga kinerja logika terdegradasi secara signifikan (Avci, dkk., 2011).

Transistor efek medan terobosan/*tunneling field effect transistor* (TFET) telah dikembangkan sejak tahun 1992 oleh T. Baba (Toshio, 1992). Dibandingkan MOSFET, TFET lebih menguntungkan dalam keperluan aplikasi devais elektronik. Berikut adalah keuntungan penggunaan TFET: cocok untuk aplikasi berdaya rendah karena kemungkinan kebocoran yang lebih rendah, kemampuan untuk bekerja pada tegangan *sub-threshold* dan *super-threshold*, kesamaan dalam proses fabrikasi MOSFET dan kecepatan operasi meningkat karena prinsip terobosan (Aswathy, dkk., 2013; Turkane & Kureshi, 2016). TFET memiliki tiga saluran utama yaitu: *gate*, *drain* dan *source* serta saluran *body* yang jarang digunakan pada desain rangkaian.

Semikonduktor merupakan bahan yang memiliki nilai konduktivitas diantara isolator dan konduktor yang dipengaruhi oleh suhu, iluminasi cahaya, medan magnet dan adanya pengotor (Young, dkk., 2012). Bahan yang paling banyak digunakan dalam semikonduktor adalah silikon. Namun, dewasa ini telah diketahui bahan yang lebih unggul dari silikon yaitu *graphene*. Mobilitas pembawa muatan pada bahan *graphene* dapat mencapai $15.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ dan dapat ditingkatkan hingga mencapai $\approx 100.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (Geim & Novoselov, 2007) sedangkan mobilitas pembawa muatan untuk bahan silikon hanya berkisar dibawah $1400 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (Jacoboni, dkk., 1977). Nilai mobilitas pembawa muatan yang tinggi ini membuat

material *graphene* jika diaplikasikan pada TFET akan menghasilkan kinerja yang maksimum.

Graphene terdiri dari satu lapisan atom karbon yang tersusun dari susunan kristal sarang lebah (*honey comb*). Sejak ditemukannya pada tahun 2004 oleh Konstantin Novoselov dan Andre Geim yang kemudian dikenal dengan metode *Scotch-tape*, *graphene* telah menarik minat banyak ilmuwan. *Graphene* memiliki dimensi lain seperti *fulerena* (0D), *Carbon Nanotube/CNT* (1D) dan grafit (3D) (Geim & Novoselov, 2007). Untuk ukuran *graphene* dengan lebar kurang dari 50 nm disebut *Graphene Nanoribbon* (GNR). Terdapat dua bentuk geometri sisi GNR yaitu bentuk *armchair* (AGNR) dan bentuk *zig-zag* (ZGNR) (Neto, dkk., 2009). Kedua jenis GNR tersebut mempunyai struktur elektronik yang berbeda. Diketahui AGNR bersifat semikonduktor yang bergantung dengan lebar dan ZGNR bersifat konduktor (Sustini dkk., 2018).

Monolayer graphene dan *bilayer graphene* memiliki nilai celah pita energi sekitar nol. Untuk membandingkan energi dari struktur pita pada *monolayer* dan *bilayer graphene* dapat diterapkan dengan *Model Tight Binding*. Hasilnya menunjukkan struktur pita elektronik energi rendah dalam kasus *bilayer graphene* (Menacho, dkk., 2018). Kelebihan dari *bilayer graphene* lain adalah dapat menginduksi celah pita dan mengatur besarnya dengan menggunakan medan listrik kuat yang tegak lurus pada lapisan karbon (Russo, dkk., 2011). Sistem *Bilayer Armchair Graphene Nanoribbon* (BAGNR) memiliki sensitivitas yang lebih rendah terhadap noise frekuensi rendah sehingga berpotensi menarik untuk aplikasi nanoelektronik (Lin & Avouris, 2008). Lembaran ganda *graphene* (*Bilayer graphene*) tersusun atas dua lembaran tunggal *graphene* yang keduanya terikat melalui gaya Van Der Waals. *Bilayer graphene* diklasifikasikan dalam dua tipe tumpukan yakni tumpukan AB (*AB Stacked Bilayer*) dan tumpukan AA (*AA Stacked Bilayer*). Model tumpukan AA merupakan model dengan setiap atom karbon dari lapisan atas terletak pada atom yang sesuai dari lapisan bawah. Sedangkan Model tumpukan AB merupakan model tumpukan AA yang digeser sehingga atom karbon pada lapisan atas berada tepat diatas atom karbon pada lapisan bawah, dan atom karbon lainnya berada di tengah struktur heksagon pada lapisan bawah (Rozhkov, dkk., 2016).

Penelitian terkait karakteristik AGNR-TFET telah banyak dilakukan simulasi dan pemodelannya diantaranya: arus terobosan pada TFET dengan basis *armchair graphene nanoribbon* (Bimo, dkk., 2014), perhitungan celah pita energi *bilayer graphene* dan *bilayer armchair graphene nanoribbon* (Sustini, dkk., 2018) dan studi komputasi *tunneling* transistor berbasis *graphene nanoribbon* (Zhao, dkk., 2009). Beberapa hasil penelitian terkait karakteristik TFET menggunakan AGNR dengan hasil bahwa arus terobosan meningkat dengan tegangan yang diberikan pada *gate* dipengaruhi oleh lebar dari AGNR dan tebal oksida yang digunakan (Suhendi, dkk., 2014). Selain itu, suhu rendah berpengaruh pada arus terobosan (Bimo, dkk., 2014). Sedangkan pemodelan karakteristik arus pemodelan pada TFET menggunakan basis BAGNR menunjukkan pengaruh dari lebar GNR (Sustini, dkk., 2018) seperti karakteristik pada TFET menggunakan basis AGNR.

Pada penelitian ini memodelkan arus terobosan pada devais TFET yang berbasis BAGNR dengan menyelesaikan persamaan Schrödinger dengan metode fungsi Airy. Pendekatan ini merupakan metode semi analitik untuk memecahkan permasalahan arus terobosan telah ditunjukkan memiliki keakuratan yang tinggi dibandingkan metode pendekatan Wentzel Kramers-Brillouin (WKB) untuk menggambarkan proses terobosan pada divais berstruktur metal-insulator-semikonduktor (MIS) (Oktasendra, 2016; Smith & Baghai-wadji, 2008). Untuk melihat karakteristik dari arus pemodelan, parameter yang digunakan adalah celah energi BAGNR, tebal oksida dan suhu. Celah energi BAGNR sendiri bergantung pada lebarnya yang ditentukan dari N indeks BAGNR yang digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan pada latar belakang, permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana gambaran transmitansi elektron untuk TFET berbasis BAGNR yang dihitung menggunakan metode pendekatan fungsi Airy?
2. Bagaimana karakteristik arus terobosan serta pengaruhnya terhadap N indeks BAGNR, tebal oksida dan suhu pada TFET berbasis BAGNR?
3. Bagaimana karakteristik *cut off frequency* pada TFET berbasis BAGNR?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui gambaran transmisi elektron untuk TFET berbasis BAGNR yang dihitung menggunakan metode pendekatan fungsi Airy.
2. Mengetahui karakteristik arus terobosan serta pengaruhnya terhadap N indeks BAGNR, tebal oksida dan suhu pada TFET berbasis BAGNR.
3. Mengetahui karakteristik *cut off frequency* pada TFET berbasis BAGNR.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah diperoleh informasi mengenai karakteristik devais TFET yang berbasis BAGNR supaya di masa mendatang bisa dikembangkan teknologi *graphene* yang mampu dijadikan alternatif sebagai bahan utama pembuat semikonduktor.

1.5 Struktur Organisasi Skripsi

Struktur organisasi skripsi terdiri atas 5 bab sebagai berikut. Bab I menyajikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan. Bab II menyajikan penjelasan tentang kajian pustaka yang digunakan untuk pembahasan perhitungan arus terobosan pada TFET berbasis BAGNR dan metode fungsi Airy. Bab III menyajikan metode penelitian yang dilakukan oleh penulis untuk menyelesaikan penelitian. Bab IV menyajikan pembahasan dari temuan yang dibuat berdasarkan atas latar belakang, tujuan, dan pokok permasalahan yaitu mengenai karakteristik devais TFET berbasis BAGNR. Bab V menyajikan simpulan dan rekomendasi dari hasil penelitian.