

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di zaman modern yang semakin canggih ini, ketergantungan terhadap penggunaan peralatan elektronik sudah tidak dapat dihindari lagi. Seperti penggunaan *handphone* dan komputer yang sudah tidak asing lagi. Karena kebutuhan terhadap peralatan elektronik semakin meningkat maka perkembangan dari peralatan elektronik tersebut pun semakin meningkat. Peralatan elektronik seperti *handphone* semakin canggih dan mudah digunakan. *Handphone* yang awalnya hanya digunakan untuk berkomunikasi lewat pesan singkat dan suara sekarang lebih dikenal sebagai *smartphone* yang kegunaannya lebih banyak dengan teknologi yang lebih canggih. Perkembangan peralatan elektronik ini tidak dapat dilepaskan dari perkembangan komponen-komponen yang menyusunnya seperti salah satunya adalah transistor.

Transistor adalah suatu komponen elektronik aktif yang salah satu fungsinya untuk merubah suatu isyarat lemah pada masukan menjadi isyarat kuat pada keluaran di dalam suatu rangkaian. Transistor dibagi menjadi dua macam, yaitu transistor dwikutub dan transistor efek medan (Sutrisno, 1986). Bahan yang sering digunakan dalam fabrikasi transistor adalah silikon meskipun pada awalnya bahan yang digunakan dalam fabrikasi transistor adalah germanium. Hal ini karena silikon merupakan material yang paling murah untuk teknologi mikroelektronik dalam rangkaian terpadu yang lebih dikenal sebagai *Integrated Circuit* (Paul, 2004). Transistor dapat dioperasikan dalam beberapa mode operasi yaitu mode operasi aktif-maju, *cut off*, saturasi, dan aktif mundur.

Usaha untuk meningkatkan kinerja suatu peralatan elektronik salah satunya adalah dengan memperbanyak jumlah transistor dalam *IC* yaitu dengan cara memperkecil ukuran transistor. Akan tetapi, ukuran transistor tidak dapat terus diperkecil karena suatu saat akan mencapai batas ukurannya sedangkan kinerja peralatan elektronik harus tetap meningkat. Oleh karena itu telah banyak dilakukan penelitian untuk meningkatkan kinerja transistor dengan mencari material penyusun transistor yang lebih baik. Salah satu material yang sering diteliti sebagai bahan penyusun transistor adalah $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$ karena memiliki kemampuan untuk mengatur celah pita dan regangan (*strain*) pada lapisan silikon yang kemudian diharapkan dapat mengatasi kelemahan-kelemahan silikon tetapi tetap mempertahankan proses fabrikasi yang maju dan murah (Paul, 2004).

Topik penelitian yang menjadi perhatian dalam usaha untuk meningkatkan kinerja transistor melalui material penyusunnya adalah dengan mengetahui gambaran umum karakteristik material tersebut melalui nilai transmitansi elektronnya. Transmitansi elektron adalah peluang dari sebuah elektron untuk menerobos sebuah penghalang potensial yang dikenal sebagai efek terobosan (*tunneling effect*). Elektron yang berhasil menerobos ini kemudian menghasilkan arus yang dikenal sebagai arus terobosan (*tunneling current*) dimana menurut mekanika klasik hal ini tidak mungkin terjadi jika energi elektron lebih kecil daripada tinggi potensialnya. Tetapi menurut mekanika kuantum elektron yang berenergi lebih kecil dari potensial memiliki peluang untuk menerobosnya (Beisser, 1999). Penelitian secara teoritik melalui simulasi untuk mencari nilai transmitansi elektron telah banyak dilakukan karena selain biayanya lebih murah juga dapat diprediksi hasil yang akan didapatkan pada eksperimen.

Salah satu simulasi yang telah dilakukan adalah perhitungan transmitansi elektron untuk mendapatkan nilai rapat arus terobosan dari transistor dwikutub sambungan hetero berbasis $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ anisotropik (Hasanah, et al, 2008). Pada penelitian tersebut dimodelkan pengaruh kecepatan elektron terhadap arus

terobosan pada transistor dwikutub sambungan hetero Si/Si_{1-x}Ge_x/Si anisotropik secara analitik pada mode aktif-maju. Dalam melakukan perhitungannya dibutuhkan nilai massa efektif elektron pada material penyusunnya dimana massa efektif elektron adalah massa elektron ketika berada dalam sebuah material di pita energinya yang mengalami gaya atau percepatan (Agustino. dkk,2013). Karena massa elektron ini dipengaruhi oleh gaya atau percepatan maka nilai massa efektif elektron ini dapat berbeda meskipun pada material yang sama. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan rapat arus terobosan pada transistor dwikutub berbasis Si_{1-x}Ge_x anisotropik menggunakan metode matriks transfer (MMT) pada mode aktif-maju dan mode aktif-mundur untuk dua nilai massa efektif yang berbeda. MMT ini dipilih karena dalam pengerjaannya lebih sederhana dan mudah bagi pemula, kemudian metode ini lebih mudah diimplementasikan pada hampir semua jenis perangkat lunak bahasa pemrograman (Monsoriu. et al., 2005). MMT adalah metode semi numerik yang membagi daerah solusi sembarang menjadi sejumlah n bagian dan telah dibuktikan juga bahwa metode ini lebih akurat dibandingkan metode beda hingga konvensional (Hasanah. dkk., 2008).

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan pada mode operasi aktif mundur juga karena mode operasi aktif mundur ini sangat jarang diperhatikan. Analisis karakteristik dari transistor dwikutub berbasis Si_xGe_{1-x} lebih banyak terfokus pada karakteristik untuk mode aktif maju. Akan tetapi, dalam beberapa kasus baik disengaja atau tidak peralatan elektronik dalam sirkuit nyata dioperasikan pada mode aktif-mundur (Rieh. et al, 2005). Pada mode aktif-mundur, sambungan basis-emitor diberikan tegangan panjar mundur dan sambungan basis-kolektor diberikan tegangan panjar maju. Dalam moda operasi ini fungsi dari emitor dan kolektor ditukar. Karena konsentrasi dadah kolektor lebih rendah daripada konsentrasi dadah emitor dan juga lebar area basis-kolektor lebih besar dari pada daerah basis-emitor sehingga hanya sedikit elektron dari kolektor mampu mencapai emitor. Hal ini

menyebabkan nilai penguatan arus lebih kecil dan efisiensi emitor lebih kecil dari transistor pada moda operasi aktif-maju (Zeghbroeck,2011).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana gambaran karakteristik transmitansi dan rapat arus terobosan pada transistor dwikutub berbasis $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ anisotropik yang dikerjakan menggunakan MMT dan metode analitik untuk massa efektif elektron yang berbeda?
2. Bagaimana karakteristik transmitansi dan rapat arus terobosan pada transistor dwikutub berbasis $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ anisotropik pada mode operasi aktif-maju dan aktif-mundur ?

1.3 Batasan Masalah

Hasil gambaran karakteristik rapat arus terobosan berupa kurva I-V dari hasil perhitungan transmitansi yang dikerjakan secara numerik menggunakan MMT, lalu dari hasil transmitansi tersebut dihitung rapat arus terobosannya menggunakan *Metode Gauss Legendre Quadrature*. Besar konsentrasi germanium pada penelitian adalah $x = 0.5$. Pemodelan ini dilakukan menggunakan pemrograman Wolfram Mathematica versi 7.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui karakteristik transmitansi dan rapat arus terobosan pada transistor dwikutub berbasis $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ anisotropik yang dikerjakan menggunakan MMT dan metode analitik untuk massa efektif elektron yang berbeda.

2. Mengetahui hasil dari karakteristik transmitansi dan rapat arus terobosan pada transistor dwikutub $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ anisotropik pada moda operasi aktif-maju dan aktif-mundur.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut :

1. Diperoleh hasil model perhitungan rapat arus terobosan transistor dwikutub berbasis $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ anisotropik pada moda aktif-maju dan aktif-mundur.
2. Sebagai rujukan sebagai penelitian selanjutnya terhadap transistor dwikutub $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ anisotropik untuk penggunaan massa efektif yang berbeda.