

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

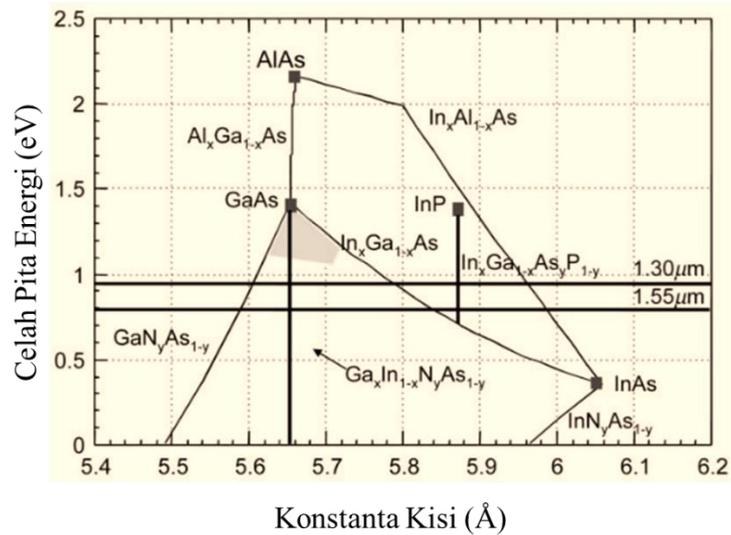
Data lalu lintas internet dikirim dari jarak jauh melalui suatu jaringan telekomunikasi fiber optik berkecepatan tinggi. Jaringan ini menggunakan laser dioda untuk mentransmisikan data melewati kabel optik. Jaringan fiber optik membutuhkan laser dioda yang bekerja pada panjang gelombang yang spesifik. Fiber optik memiliki tiga jendela operasi utama (*main operating window*) yaitu panjang gelombang 850 nm (jendela operasi yang pertama), 1300 nm (jendela operasi yang kedua), dan 1500 nm (jendela operasi yang ketiga). Setiap jendela operasi utama memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri. Dalam teknologi fiber modern, jendela operasi yang pertama memiliki kerugian optik (*optical loss*) yang relatif tinggi yaitu 1,8 dB/km dan laser berbahan GaAs bekerja pada jendela operasi ini, jendela operasi yang kedua yaitu 0,5 dB/km, dan jendela operasi yang ketiga yakni 0,2 dB/km (Goff, 2010).

Material semikonduktor yang digunakan sebagai bahan untuk jaringan telekomunikasi fiber optik jarak jauh berada pada rentang 1300 nm hingga 1500 nm. Teknologi yang berbasis substrat GaAs menunjukkan berbagai macam keunggulan (Tixier, S. dkk., 2003). Seperti pada GaInNAs dan GaInNAsSb yang celah pitanya menurun seiring meningkatnya fraksi kecil atom Nitrogen (N) (Harris, 2002; Henini, 2005). Penyubstitusian Indium (In) dan N selain menurunkan celah pita energi tetapi juga memberikan kecocokan kisi yang lebih dekat dengan GaAs. Sehingga GaInNAs berguna untuk aplikasi telekomunikasi yang bekerja pada rentang 1,3 – 1,5 μm (Harris, 2002). Hubungan celah pita energi dengan konstanta kisi diilustrasikan pada Gambar 1.1. Sumbu vertikal melalui GaAs dan InP menjelaskan tentang kecocokan kisi. Penyubstitusian In ke substrat GaAs (InGaAs) mengakibatkan peningkatan konstanta kisi. Sedangkan penyubstitusian N terhadap GaAs (GaNAs) mengakibatkan penurunan konstanta kisi. Karenanya GaInNAs bisa memiliki konstanta kisi yang sesuai dengan GaAs, yakni dengan cara menyesuaikan kandungan In dan N. Penyubstitusian In dan N ke substrat GaAs, mengakibatkan penurunan celah pita energi. Tidak seperti paduan semikonduktor

konvensional, seperti GaPAs yang mana penurunan konstanta kisi menyebabkan peningkatan celah pita energi. Sehingga GaInNAs dipertimbangkan untuk dijadikan sebagai bahan laser dioda karena memiliki celah pita energi yang sesuai dengan laser dioda yang bekerja pada panjang gelombang tertentu (Kondow dkk., 1996). Namun, penumbuhan paduan GaInNAs lebih rumit daripada paduan semikonduktor yang lainnya. GaInNAs merupakan sebuah paduan metastabil karena perbedaan jari-jari kovalen yang besar antara N dan Arsenik (As). Sehingga paduan ini harus ditumbuhkan pada suhu yang relatif rendah dan penyubstitusian N mengakibatkan penurunan kualitas optik (Harris, 2002; Mohmad, 2013).

Sebelumnya diyakini bahwa InGaAsP yang mendekati kisi InP adalah satu – satunya paduan yang bisa digunakan sebagai bahan telekomunikasi (Henini, 2005). Namun, piranti berbasis InP terlalu mahal untuk diimplementasikan pada teknologi telekomunikasi. Substrat InP secara signifikan lebih mahal dan biasanya berukuran lebih kecil dibandingkan dengan substrat GaAs. Hal ini dikarenakan proses produksi wafer InP berdiameter besar sangat sulit. Penggunaan substrat kecil ini, akan meningkatkan biaya produksi. Substrat InP 6 inci harganya ~ £ 1.800 sedangkan substrat GaAs dengan ukuran yang sama hanya berharga ~ £ 350. Oleh karena itu, pendekatan yang menarik untuk mengurangi biaya adalah dengan mengubah dari substrat InP ke substrat GaAs (Mohmad, 2013).

Penemuan bahwa laser dioda dapat dibuat menggunakan bahan GaAs, membuat penelitian bahan GaAs semakin menarik perhatian karena keunggulannya dibandingkan dengan InP. Keunggulannya dari perbedaan indeks bias yang lebih besar untuk paduan yang mendekati kisi GaAs, memungkinkan cermin *distributed Bragg reflecting* (DBR) (berfungsi sebagai manipulasi cahaya pada laser dioda) secara epitaxial tumbuh dengan daerah aktif sumur kuantum atau *quantum well* (QW) (Henini, 2005; Lova dkk., 2015) dan keunggulan lainnya ialah oksidasi AIAs yang sangat selektif untuk membentuk AlO_x , yang digunakan untuk menghasilkan arus dan kurungan optik (Henini, 2005).



Gambar 1.1 Celah pita energi terhadap konstanta kisi (diadopsi dari Harris, 2002).

Selain itu, terdapat paduan GaNAs. Isoelektronik N yang disubstitusi dalam GaAs memiliki celah pita direntang 1,0 dan 0,8 eV (Seong dkk., 2005). N memiliki sifat yang tidak seperti golongan paduan III–V semikonduktor pada umumnya. Meningkatnya konsentrasi N menyebabkan reduksi celah pita yang sangat besar dari GaAs (Weyers dkk., 1992).

Selain N terdapat Bismuth (Bi) yang memiliki sifat yang unggul dalam golongan paduan III-V semikonduktor sama seperti N. Penyubstitusian Bi ke GaAs lebih efektif dibandingkan dengan N, Bi dapat menurunkan celah pita GaAs hingga 0.8 eV (Seong dkk., 2005). Semikonduktor yang mengandung Bi beberapa tahun terakhir ini menarik perhatian peneliti, terutama karena sifatnya yang bisa mereduksi 60-80 meV/% celah pita energi Bi (Imhof dkk., 2010). Penambahan konsentrasi Bi (x) ke dalam GaAs menjadi $(\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x)$ menyebabkan celah pita energinya menurun (Henini dkk., 2007). Reduksi celah pita yang besar dari campuran Bi dengan GaAs memiliki suatu keunggulan untuk sistem material piranti semikonduktor yang dipengaruhi oleh panjang gelombang (Lu dkk., 2009). Meskipun atom Bi memiliki ukuran yang besar, tetapi Bi menghasilkan celah pita yang rendah sehingga cocok dengan GaAs (Tixier dkk., 2003).

Dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Steele (Steele dkk., 2013) dan Espinosa (Espinosa-Vega dkk., 2013), menunjukkan mode vibrasi fonon dari paduan $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$ dengan menggunakan Raman spektroskopi. Studi Raman

tersebut memeriksa mode getaran pada sampel yang merupakan konsekuensi dari proses penumbuhan yang menghasilkan regangan biaksial yang mempengaruhi spektrum Raman. Raman spektroskopi memainkan peran penting dalam memahami sifat vibrasi GaAsBi (Seong dkk., 2005). Karena penyubstitusian Bi pada GaAs memiliki sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan paduan lain yang serupa, penyubstitusian Bi pada GaAs akan memiliki sifat yang sama dengan hasil penyubstitusians N yaitu intensitas Raman (Seong dkk., 2001) dari nitrogen (GaAs–LO fonon) menunjukkan hubungan yang linear terhadap konsentrasi nitrogen.

Penelitian ini akan mengangkat topik pengukuran Raman spektroskopi pada sampel GaAsBi dengan konsentrasi Bi (x) yang berbeda-beda. Sehingga akan didapatkan pengaruh konsentrasi Bi (x) terhadap intensitas Raman dari paduan $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Permasalahan yang diteliti dirumuskan dalam pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pergeseran Raman pada paduan $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi Bi (x) terhadap intensitas Raman pada paduan $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan gambaran tentang pergeseran Raman pada paduan $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$
2. Untuk mendapatkan gambaran tentang pengaruh konsentrasi Bi (x) terhadap intensitas Raman pada paduan $\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x$?

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini untuk memeriksa teori dan penelitian yang sudah ada sehingga bermanfaat dalam penelitian yang akan datang mengenai mode vibrasi fonon GaAsBi.

1.5 Struktur Organisasi Skripsi

Skripsi ini ditulis dengan sistematika yang sesuai dengan pedoman penulisan karya tulis UPI, dimulai dari pendahuluan, kajian pustaka, metode penelitian, temuan dan pembahasan sampai dengan simpulan dan rekomendasi. Pada Bab I Pendahuluan disampaikan hal-hal yang melatar belakangi penelitian GaAs_{1-x}Bi_x. Penelitian dirumuskan dalam pertanyaan penelitian untuk membantu tercapainya tujuan penelitian. Nilai lebih dari hasil penelitian diuraikan dalam manfaat penelitian. Pada Bab II Kajian Pustaka, mula-mula perkembangan jaringan fiber optik dipelajari. Mode getaran fonon yang terdiri dari intensitas raman dan pergeseran raman pada sampel GaAs_{1-x}Bi_x merupakan topik utama penelitian yang akan dijelaskan. Dalam pelaksanaan penelitian, eksperimen dilakukan dengan menggunakan Raman *spectroscopy*. Akhir dari kajian pustaka ini adalah penjelasan dalam pemilihan unsur Bi.

Bab III Metode Penelitian, dimulai dengan waktu dan tempat penelitian, jadwal kegiatan penelitian. Berikutnya, desain penelitian diuraikan lebih rinci untuk menjelaskan alat dan bahan. Sedangkan metode analisis data disajikan dalam bentuk deskripsi singkat cara yang digunakan untuk memperoleh hasil, dengan penggunaan perangkat lunak Origin Pro 2018. Bab IV Temuan dan Pembahasan, berisi pemaparan data hasil eksperimen beserta analisisnya, disajikan dalam bentuk kurva maupun tabel data. Berikutnya, pada Bab V Simpulan dan Rekomendasi, hasil analisis disimpulkan untuk menjawab pertanyaan penelitian dan mencapai tujuan penelitian yang telah disebutkan pada Bab I. Rekomendasi disampaikan sebagai bentuk evaluasi penelitian.