



## Perkembangan Aplikasi Semikonduktor Germanium

Muhammad Rusly

Prodi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Palembang

\*e-mail: [ruslyy971pmr@gmail.com](mailto:ruslyy971pmr@gmail.com)

Received: 29 03 2024. Accepted: 18 06 2024. Published: 06 2024

### Abstrak

Seiring perkembangan zaman, penggunaan semikonduktor berbahan germanium semakin luas dalam berbagai aplikasi sehari-hari. Artikel ini mengkaji kemajuan penggunaan semikonduktor germanium, yang telah diterapkan dalam berbagai proses fabrikasi maupun manufaktur untuk menciptakan berbagai jenis material seperti bahan pencampur logam, bahan pendar dalam lampu pijar, katalisator, dioda, transistor, panel surya, lensa kamera ataupun mikroskop, piezoelektrik, *Fiber Bragg Grating* (FBG), penambahan Germanium Oksida ( $\text{GeO}_2$ ) sebagai penguat dalam inti kabel, dan detektor HPGe. Perkembangan semikonduktor germanium terus meningkat dan aplikasinya telah banyak dirasakan pada berbagai jenis material.

**Kata Kunci:** Semikonduktor; Germanium; Piezoelektrik; FBG; HPGe

## *Germanium Semiconductor Application Development*

### Abstract

*Over time, the use of germanium-based semiconductors has become increasingly widespread in various everyday applications. This article examines the progress of germanium semiconductor utilization, which has been applied in various fabrication and manufacturing processes to create various types of materials such as metal alloy additives, illumination components in incandescent lamps, catalysts, diodes, transistors, solar panels, camera lenses or microscopes, piezoelectric materials, Fiber Bragg Grating (FBG), addition of Germanium Oxide ( $\text{GeO}_2$ ) as a reinforcement in cable cores, and HPGe detectors. The development of germanium semiconductors continues to advance, and their applications have been widely felt across various materials.*

**Keywords:** *Semiconductor; Germanium; Piezoelectric; FBG; HPGe*

## PENDAHULUAN

Berawal dari ditemukannya beberapa teori terkait semikonduktor, melatarbelakangi para fisikawan untuk terus menghasilkan terobosan baru yang dapat dijadikan tolak ukur kemajuan didunia sains dan teknologi untuk mendukung perkembangan material semikonduktor melalui berbagai riset dalam bidang fisika.

Tak hanya sampai situ saja, perkembangan melalui berbagai riset dalam bidang fisika telah banyak mendorong para fisikawan untuk terus

meneliti serta mempelajari berbagai macam sifat-sifat kelistrikan pada zat padat. Pada mulanya, para fisikawan hanya mengenal adanya dua sifat material yang berkaitan dengan perilaku elektron bebas, yakni konduktor (material yang dapat menghantarkan arus listrik dengan baik) dan isolator (material yang tidak dapat menghantarkan arus listrik). Namun, pada akhirnya para fisikawan telah berhasil mengenali karakteristik material yang dimana sifat kelistrikannya berada diantara konduktor dan isolator, yang selanjutnya dapat dikenal sebagai material semikonduktor (Akhadi, 2015).



Semikonduktor dapat diartikan sebagai jenis material dengan konduktivitas listrik yang memiliki sifat antara konduktor maupun isolator dengan energi gap sebesar  $< 6$  eV (Oktaviani, 2014). Dalam hal ini, material semikonduktor bersifat sebagai konduktor jika berada pada temperatur kamar, namun bersifat sebagai isolator jika berada pada temperatur yang sangat rendah. Hal ini, berkaitan erat dengan celah pita atau celah energi dalam material semikonduktor (Akhadi, 2015).

Celah pita atau celah energi pada material semikonduktor berkisar antara persepuluh elektron volt (eV) hingga 3 eV, dan dianggap sebagai isolator jika celah pitanya sekitar 4 eV atau lebih (Martín-Palma & Martínez-Duart, 2017). Sementara itu, material semikonduktor memiliki nilai tahanan jenis sebesar ( $1 < \rho < 10^7 \Omega\text{m}$ ), yang dimana nilai dari tahanan jenis ini merupakan sifat fisika yang mampu menghambat aliran arus listrik (Azhari, 2016).

Penggunaan material semikonduktor sering dijumpai pada beberapa piranti elektronika dalam kehidupan sehari-hari dikarenakan sifat hantaran listriknya dapat berubah ketika disuntikkan dengan material lain (*doping*) (Łukasiak dan Jakubowski, 2010) diantaranya yaitu germanium.

Pada tahun 1871, Dmitri Mendeleev, seorang ilmuwan Rusia, mengantisipasi keberadaan unsur germanium dengan nama ekasilikon dan mencatatnya dalam tabel periodik yang dia temukan, selanjutnya di tahun 1886, Clemens Winkler, seorang ilmuwan Jerman, akhirnya menemukan unsur tersebut yang diberi nama germanium (Umam dan Sains, 2018). Germanium (Ge) merupakan sebuah unsur kimia yang berwarna putih keabu-abuan serta memiliki sifat fisikokimia yang mirip dengan silikon (Si) dan timah (Sn) pada sistem periodik unsur (Meija *et al.*, 2016). Germanium (Ge) dan silikon (Si) memiliki konfigurasi atom masing-

masing [Ar]  $3d^{10} 4s^2 4p^2$  dan [Ne]  $3s^2 3p^2$ . Ini berarti terdapat 4 elektron di tingkat energi terluar pada kedua atom tersebut dan mengakibatkan terjadinya tumpang tindih yang akhirnya mengakibatkan pita energi akan terisi penuh oleh 8 elektron. Sebagian elektron yang berada pada pita valensi dapat tereksitasi menuju ke pita konduksi, alhasil akan terdapat lubang (*hole*) di pita valensi yang diakibatkan celah pita material semikonduktor yang sempit. Pita konduksi yang telah terisi elektron maupun lubang yang telah terbentuk di pita valensi akan menimbulkan arus listrik yang bertindak sebagai pembawa muatan (Rahman, 2014).

Unsur germanium juga dapat digunakan sebagai bahan pencampur logam, bahan pendar di dalam lampu pijar, dan dapat berperan sebagai katalisator (Umam dan Sains, 2018). Seiring berjalannya waktu dengan berkembangnya zaman, penggunaan semikonduktor berbahan germanium mulai banyak digunakan pada berbagai aplikasi dalam kehidupan sehari-hari. Maka dari itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan cara *mereview* beberapa artikel untuk mengetahui sejauh mana perkembangan aplikasi semikonduktor germanium.

## BAHAN DAN METODE

Metode yang diterapkan adalah melalui tinjauan artikel atau *article review*, dengan teknik pengumpulan data yang digunakan adalah mengumpulkan informasi kemudian data tersebut dibandingkan (Rusly dan Rahman, 2023) dengan topik pembahasan mengenai perkembangan aplikasi semikonduktor germanium dari berbagai sumber relevan yang dapat dijadikan referensi, baik dari artikel jurnal nasional maupun internasional.

Data yang diperoleh berupaya untuk menjawab setiap rumusan masalah

yang sebelumnya telah dikelompokkan berdasarkan kesamaan atau dalam kata lain tidak keluar dari topik pembahasan, kemudian dianalisis dan dijelaskan pada bagian hasil dan pembahasan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut (Mujadi, 2018), perkembangan aplikasi germanium mulai dirasakan kemajuannya, sejak adanya penemuan teori terkait semikonduktor pada beberapa piranti elektronika yang mencoba menyederhanakan komponen-komponen berukuran besar dan terbilang rumit menjadi sebuah komponen yang berukuran sangat kecil, ringan, mudah dan murah. Hal ini, berawal dengan adanya komponen dioda sebagai semikonduktor yang terdiri dari dua lapisan P dan N yang terbuat dari kristal germanium dan silikon. Menurut Atmam *et al.* (2018) dioda merupakan komponen elektronik terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon atau germanium tipe p dan tipe n yang digabungkan, kemudian terdapat dua terminal yaitu anoda yang terhubung ke sumber tegangan positif dan katoda yang terhubung ke sumber tegangan negatif.

Istichoroh (2013) menjelaskan bahwa dioda yang terbuat dari bahan germanium memiliki tegangan dioda yang lebih rendah daripada dioda yang terbuat dari bahan silikon, meskipun keduanya memiliki empat elektron valensi. Ini disebabkan oleh jumlah atom germanium yang lebih besar daripada silikon, yang menghasilkan jumlah elektron yang lebih besar. Hal ini menyebabkan arus yang mengalir pada dioda germanium lebih besar daripada silikon, memungkinkannya untuk mengalir pada tegangan yang lebih rendah. Selain itu, konduktivitas atom germanium juga lebih besar daripada silikon, yang menyebabkan aliran arus yang lebih besar. Meskipun demikian, silikon memiliki sifat tahan panas yang

lebih baik daripada germanium, sehingga banyak dioda semikonduktor dibuat dari silikon.

Setelah mengaplikasikan unsur germanium pada sebuah komponen dioda, para peneliti mencoba mengaplikasikan kristal germanium pada sebuah komponen transistor yang terdiri dari tiga lapisan yakni berupa sambungan PNP atau NPN dengan nilai tegangan jatuh sebesar 0,3 V pada suhu 25°C (Mujadi, 2018). Unsur germanium umumnya digunakan sebagai material semikonduktor dalam perangkat elektronik. Untuk membuatnya menjadi transistor, germanium perlu dicampur dengan unsur-unsur seperti fosforus, arsenik, boron, galium, dan unsur-unsur lain dari golongan 3A maupun 5A (Umam dan Sains, 2018).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Tambunan (2015) dengan menganalisis pemanfaatan transistor 2N3055 menjadi *solar cell* sebagai alternatif pengisian *handphone*, didapatkan bahwa material germanium telah ditemui pada komponen transistor 2N3055 yang diaplikasikan pada panel surya (*solar cell*) untuk membuat pembangkit listrik alternatif dengan mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya adalah perangkat yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik (Julisman *et al.*, 2017). Menurut Ramadhan *et al.* (2016) prinsip dari panel surya yaitu ketika cahaya matahari mengenainya, elektron-elektron dalam sel surya berpindah dari daerah N ke P, menghasilkan energi listrik di terminal keluaran. Jumlah energi listrik yang dihasilkan bervariasi tergantung pada jumlah sel surya yang digabungkan dalam panel surya tersebut. Terdapat dua teknologi yang telah diterapkan untuk mengoptimalkan potensi energi surya, yaitu teknologi fotovoltaik dan termal (Amna *et al.*, 2015).

Menurut Anhar *et al.* (2017) material semikonduktor germanium

selain dapat diaplikasikan pada pembuatan panel surya, germanium sering juga dijumpai pada unsur silikon maupun material fosfor tipis. Hal ini dinyatakan dalam penelitiannya terkait desain *prototype* sel surya terkonsentrasi menggunakan lensa fresnel. Selanjutnya Umam dan Sains (2018) menerangkan bahwa lapisan germanium memiliki kemampuan untuk meneruskan panjang gelombang sinar inframerah atau *Infra Red* (IR), sehingga berguna dalam spektroskopi inframerah dan sebagai sensor inframerah yang sensitif. Selain itu, sifat lapisan germanium yang memiliki indeks bias tinggi dan mampu mendispersi cahaya, memungkinkannya untuk digunakan sebagai lensa kamera dan mikroskop.

Selanjutnya, germanium bersamaan dengan silikon dapat diaplikasikan sebagai bahan dasar pembuatan piezoelektrik yang merupakan sebuah sensor alat dengan kemampuannya dalam menghasilkan energi listrik ketika mengalami defleksi (*direct* piezoelektrik) dan apabila diberikan sebuah tegangan maka ia akan terdefleksi (*inverse* piezoelektrik) (Sofyna dan Margiansyah, 2014). Material piezoelektrik bisa mengalami perubahan bentuk ketika diberi tekanan langsung atau getaran melalui medium perantara seperti kantilever, kemudian tekanan langsung akan menciptakan tegangan piezoelektrik sejalan dengan besar gaya tekan, namun, material piezoelektrik rentan terhadap kerusakan (Yulia *et al.*, 2016). Yulia *et al.*, (2016) menjelaskan bahwa kantilever adalah elemen struktural yang umumnya digunakan dalam konstruksi untuk memanfaatkan rotasi dan keseimbangan. Ketika diberi tekanan pada ujungnya, kantilever dapat bergetar. Sifat dan karakteristik kantilever mirip dengan sistem massa pegas, di mana konstanta elastisitasnya dipengaruhi oleh jenis bahan dan merupakan faktor utama yang memengaruhi getaran. Menurut Untoro (2015), dengan menggunakan mekanisme

kantilever untuk menggetarkan material piezoelektrik, dapat dipertahankan ketahanan material tersebut. Hasilnya adalah defleksi berulang yang menghasilkan tegangan listrik sinusoidal dengan amplitudo yang semakin berkurang. Dalam hal ini, Rahmawati *et al.* (2021) telah melakukan penelitian terkait rantai pembangkit listrik menggunakan piezoelektrik dengan *buck converter* LM2596.

Menurut Das dan Chandra (2016) unsur germanium umumnya dapat digunakan untuk fabrikasi pembuatan *Fiber Bragg Grating* (FBG), dimana FBG ini merupakan serat optik dengan indeks bias yang dapat berubah secara periodik akibat adanya kisi yang diletakkan pada jarak tertentu. Hal ini dikarenakan adanya sifat fotosensitif yang dimiliki oleh FBG, yakni indeks bias yang bersumber dari inti dapat berubah dengan adanya pemaparan sinar *ultraviolet* (UV) yang begitu besar. Sejalan dengan penjelasan tersebut, muncul sebuah penelitian yang dilakukan oleh Hidayah dan Haikal (2022) yang mencoba meneliti dengan menganalisis pembebanan terhadap panjang gelombang cahaya berbasis sensor FBG berbahan dasar germanium.

Tidak sampai situ saja, aplikasi semikonduktor germanium ternyata makin dirasakan perkembangannya seiring dengan berjalannya waktu. Germanium dapat menjadi material penguat tambahan berupa Germanium Oksida ( $\text{GeO}_2$ ) atau ditambahkan dengan Fosfor Penta Oksida ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) pada pembuatan inti kabel (*core*) yang berbentuk batang silinder pada serat optik yang terbuat dari silika. Dalam hal ini dibuktikan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Febriansyah dan Lammada (2022) yakni penelitiannya terkait perbaikan dan pemeliharaan jaringan *Fiber to the Home* (FTTH), yang dimana germanium memiliki peran yang penting. Kemudian senyawa germanium sebagian besar tidak bersifat reaktif

dalam tubuh mamalia dengan tingkat toksisitas yang rendah namun sensitif terhadap beberapa jenis bakteri, karena sifat-sifat inilah, senyawa germanium bermanfaat sebagai agen kemoterapi (Umam dan Sains, 2018).

Semikonduktor germanium juga telah dimanfaatkan sebagai detektor berupa HPGe dalam mengukur kandungan radionuklida buatan dengan menggunakan sebuah alat pengukur berupa spektrometer gamma yang menggunakan nitrogen cair sebagai pendingin dan *Multi Channel Analyzer* (MCA) sebagai alat analisis dengan saluran ganda (Fitri, 2022). Detektor HPGe merupakan detektor semikonduktor yang menggunakan germanium berkualitas tinggi sebagai medium deteksinya, ketika sinar- $\gamma$  berinteraksi dengan detektor, terjadi fenomena seperti efek fotolistrik, efek Compton, dan produksi pasangan dalam materi detektor tersebut (Azam *et al.*, 2007).

## KESIMPULAN

Penggunaan daripada material semikonduktor sering dijumpai pada beberapa piranti elektronika dalam kehidupan sehari-hari dikarenakan sifat hantaran listriknya dapat berubah ketika disuntikkan dengan material lain (*doping*) salah satunya yaitu germanium. Germanium (Ge) merupakan sebuah unsur kimia yang berwarna putih keabu-abuan serta memiliki sifat fisikokimia yang mirip dengan silikon (Si) dan timah (Sn) pada sistem periodik unsur.

Seiring berjalannya waktu dengan berkembangnya zaman, penggunaan semikonduktor berbahan germanium mulai banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari mulai dari proses fabrikasi hingga manufaktur untuk menciptakan berbagai jenis material seperti bahan pencampur logam, bahan

pendar dalam lampu pijar, katalisator, dioda, transistor, panel surya, lensa kamera ataupun mikroskop, piezoelektrik, *Fiber Bragg Grating* (FBG), penambahan Germanium Oksida (GeO<sub>2</sub>) sebagai penguat dalam inti kabel, dan detektor HPGe.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, M. (2015). Memproduksi Bahan Semikonduktor di Dalam Teras Reaktor Nuklir. *Kilat*, 4(1), 90–97.
- Amna, N., Syukri, M., Siregar, R. H., & Gapy, M. (2015). Rancang Bangun Prototipe Pengatur Suplai Daya Beban Listrik Rumah Cerdas untuk Meningkatkan Keandalan Listrik. *Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala*, 78–84.
- Anhar, A. S., Sara, I. D., & Siregar, R. H. (2017). Desain Prototype Sel Surya Terkonsentrasi Menggunakan Lensa Fresnel. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, 2(3).
- Atmam, A., Zulfahri, Z., & Situmeang, U. (2018). Pelatihan Penggunaan Komponen Dioda pada Rangkaian Elektronika Bagi Mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Universitas Lancang Kuning Pekanbaru. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 124–128.
- Azam, M., Firdausi, K. S., Khairani, N., & Soeleman, S. (2007). Penentuan Kandungan Unsur Krom dalam Limbah Tekstil dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron. *Berkala Fisika*, 10(1), 35–43.
- Azhari, M. (2016). Analisis Jenis Batuan Menggunakan Metoda Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Wenner di Bukit Apit Puhun Kecamatan

- Guguk Panjang Kota Bukittinggi (Analysis of Rock Types Using the Geoelectric Resistivity Method of the Wenner Configuration at Apit Puhun Hi. *Pillar Of Physics*, 7(1).
- Das, B., & Chandra, V. (2016). Fiber-MZI-based FBG Sensor Interrogation: Comparative Study with a CCD Spectrometer. *Applied Optics*, 55(29), 8287–8292.
- Febriansyah, A., & Lammada, I. (2022). Perbaikan dan Pemeliharaan Jaringan Fiber to the Home (FTTH). *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 11(1), 116–122.
- Fitri, R. A. (n.d.). *Analisis Radionuklida Cs-137, Co-60, dan I-131 pada Sampel Tanah di Kota Tangerang Menggunakan Spektrometer Gamma*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Hidayah, F. N., & Haikal, H. (2022). Analisis Pembebanan Terhadap Panjang Gelombang Cahaya Berbasis Sensor Fiber Bragg Grating (Fbg). *Teknika*, 7(3), 116–122.
- Istichoroh, N. (2013). Simulasi Karakteristik Dioda dengan Menggunakan Bahasa Pemrograman Delphi 7.0. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 2(1).
- Julisman, A., Sara, I. D., & Siregar, R. H. (2017). Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi pada Sistem Otomasi Stadion Bola. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, 2(1).
- Lukasiak, L., & Jakubowski, A. (2010). History of Semiconductors. *Journal of Telecommunications and Information Technology*, 1, 3–9.
- Martín-Palma, R. J., & Martínez-Duart, J. (2017). *Nanotechnology for Microelectronics and Photonics*. Elsevier.
- Meija, J., Coplen, T. B., Berglund, M., Brand, W. A., De Bièvre, P., Gröning, M., Holden, N. E., Irrgeher, J., Loss, R. D., & Walczyk, T. (2016). Isotopic Compositions of the Elements 2013 (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 88(3), 293–306.
- Mujadi, M. (2018). Rangkaian Darlington dalam Pembuatan Chart Elektronik (Studi Eksperimen Guru-guru Fisika se-Kabupaten Tangerang). In *Quantum: Seminar Nasional Fisika, dan Pendidikan Fisika*, 468-476.
- Oktaviani, Y. (2014). Sintesis Lapisan Tipis Semikonduktor dengan Bahan Dasar Tembaga (Cu) Menggunakan Chemical Bath Deposition. *Jurnal Fisika Unand*, 3(1).
- Rahman, M. A. (2014). A Review on Semiconductors Including Applications and Temperature Effects in Semiconductors. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*, 7(1), 50–70.
- Rahmawati, D., Ulum, M., Farisal, M., & Joni, K. (2021). Lantai Pembangkit Listrik Menggunakan Piezoelektrik dengan Buck Converter LM2596. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, 7(3), 84–89.
- Ramadhan, A. I., Diniardi, E., & Mukti, S. H. (2016). Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP. *Jurnal Teknik*, 37(2), 59–63.

Rusly, M., & Rahman, D. Y. (2023). Perkembangan Penerapan Nanoteknologi pada Bidang Pertanian. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (Jupiter)*, 4(2), 10–14.

Sofyna, M. C., & Margiansyah, A. (2014). Desain Sistem Pengujian Karakteristik Piezoelektrik dan Pengembangannya sebagai Modul Permanen Energi. *Bandung: Institut Teknologi Bandung*.

Tambunan, I. (2015). *Studi Analisis Pemanfaatan Transistor 2n3055 Menjadi Solarcell sebagai Alternatif Pengecasan Handphone*.

Umam, J., & Sains, S. (2018). *Penyiapan dan Karakterisasi Lapisan Tipis Ge: Al dengan Menggunakan Teknik Vacuum Evaporation untuk Piranti Sensor Infra Merah*.

Untoro, T. (2015). Pengembangan Komling Mekanik untuk Pemanenan Energi dengan Piezoelektrik yang Memanfaatkan Vibrasi Frekuensi Rendah. *Bandung: Institut Teknologi Bandung*.

Yulia, E., Putra, E. P., Ekawati, E., & Nugraha, N. (2016). Polisi Tidur Piezoelektrik sebagai Pembangkit Listrik dengan Memanfaatkan Energi Mekanik Kendaraan Bermotor. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, 8(1), 485790.