

ANALISIS PERKEMBANGAN KOMPONEN ELEKTRONIKA DARI ERA VAKUM HINGGA ERA NANOELEKTRONIKA: SEBUAH TINJAUAN LITERATUR

Fatimah Budi Kurniasari⁽¹⁾, Mita Hapsari Jannah⁽²⁾

⁽¹⁾ Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Fatah (UNISFAT)

⁽²⁾ Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Fatah (UNISFAT)

email : fatimahbudi198@gmail.com

Abstrak Komponen elektronika telah mengalami evolusi yang sangat pesat selama lebih dari satu abad, mendorong revolusi dalam dunia teknologi informasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan historis dan tren masa depan komponen elektronika, dengan fokus pada material, ukuran, dan kinerja. Metode yang digunakan adalah tinjauan literatur sistematis terhadap artikel jurnal, buku teks, dan publikasi ilmiah terpercaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkembangan komponen elektronika dapat dibagi menjadi beberapa era utama: Era Komponen Vakum (Tabung), Era Transistor, Era Integrated Circuit (IC), dan Era Nanoelektronika. Setiap transisi era ditandai dengan penemuan material baru dan lompatan dalam fungsi integrasi, yang menghasilkan komponen yang lebih kecil, lebih cepat, lebih hemat daya, dan lebih murah. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa Hukum Moore, meskipun mulai menghadapi tantangan fisik, terus didorong oleh inovasi dalam material seperti graphene dan teknologi 3D IC. Perkembangan di bidang nanoelektronika, spintronika, dan komponen fotonika terintegrasi diprediksi akan menjadi tulang punggung teknologi masa depan.

Kata Kunci: Komponen Elektronika, Transistor, Integrated Circuit (IC), Nanoelektronika, Hukum Moore, Perkembangan Teknologi.

PENDAHULUAN

Elektronika merupakan bidang yang fundamental dalam kemajuan peradaban modern, menjadi inti dari perangkat seperti komputer, smartphone, sistem medis, dan kendaraan otonom. Inti dari semua perangkat ini adalah komponen elektronika, yang fungsinya untuk mengontrol aliran arus listrik. Perkembangan komponen elektronika tidak terjadi secara instan, melainkan melalui serangkaian inovasi revolusioner yang mentransformasi komponen dari yang berukuran besar dan tidak efisien menjadi sangat kecil dan powerful. Memahami perkembangan ini penting

untuk mengantisipasi tren teknologi di masa depan

TINJAUAN PUSTAKA

Era Komponen Vakum (Tabung)

Komponen elektronika praktis pertama adalah tabung vakum (vacuum tube), yang ditemukan oleh John Ambrose Fleming (dioda) dan Lee De Forest (triode). Tabung vakum berfungsi dengan mengontrol aliran elektron dalam ruang hampa. Meskipun revolusioner pada masanya (memungkinkan radio, televisi, dan komputer pertama seperti ENIAC), tabung vakum memiliki kelemahan fatal: ukurannya besar, mudah panas,

konsumsi daya tinggi, dan tidak tahan lama.

Penemuan Transistor

Penemuan transistor bipolar pada tahun 1947 di Bell Labs oleh William Shockley, John Bardeen, dan Walter Brattain merupakan titik balik sejarah. Transistor terbuat dari material semikonduktor (silikon) dan dapat melakukan fungsi yang sama seperti tabung vakum tetapi dengan ukuran jauh lebih kecil, lebih hemat daya, lebih andal, dan lebih murah. Penemuan ini memicu revolusi elektronika yang kedua.

Era Integrated Circuit (IC)

Pada tahun 1958, Jack Kilby dari Texas Instruments dan Robert Noyce dari Fairchild Semiconductor (kelak mendirikan Intel) secara independen mengembangkan Integrated Circuit (IC). IC memungkinkan puluhan, ratusan, hingga miliaran transistor untuk diintegrasikan ke dalam sebuah chip silikon tunggal. Integrasi ini menyebabkan ledakan kemampuan komputasi (sesuai dengan Hukum Moore) sekaligus menurunkan biaya produksi per komponen secara signifikan.

Era Mikroprosesor dan VLSI

Perkembangan IC mencapai tahapan Very-Large-Scale Integration (VLSI), yang memungkinkan pembuatan mikroprosesor. Mikroprosesor adalah sebuah IC yang berfungsi sebagai Central Processing Unit (CPU) sebuah komputer. Penemuan ini menjadi fondasi bagi komputasi personal dan perangkat digital yang kita gunakan sehari-hari.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur atau tinjauan pustaka sistematis. Data dan informasi dikumpulkan dari sumber-sumber sekunder seperti buku teks, jurnal ilmiah internasional (contoh: IEEE, Nature, Science), prosiding konferensi, dan publikasi terpercaya dari perusahaan semikonduktor seperti Intel, TSMC, dan Samsung. Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis secara kualitatif untuk mengidentifikasi pola, tren, dan hubungan kausal dalam perkembangan komponen elektronika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perkembangan Berdasarkan Generasi

Perkembangan komponen elektronika dapat diringkas dalam tabel berikut:

GENERASI	KOMPONEN	MATERIAL DOMINAN	KARAKTERISTIK
Era Vakum	Tabung Dioda	Kaca, Logam	Besar, Boros Daya, Mudah Panas
nEra Diskret	Transistor Bipolar	Germanium, Silikon	Lebih Kecil, Hemat Daya, Lebih Andal
Era IC Awal	IC (SDI, MSI)	Silikon	Integrasi Ratusan Transistor dalam Satu Chip
Era Mikroprosesor	IC (LSI, VLSI)	Silikon	Integrasi Ribuan hingga Jutaan Transistor (Microprocessor, RAM)
Era Moderen / Nano	IC (ULSI, GSI)	Silikon (FinFET), Graphene, GaAs	Integrasi Miliaran Transistor, Ukuran Nanometer, Tantangan Fisik Kuantum

Tren dan Inovasi Masa Depan

1. Nanoelektronika dan Beyond CMOS:

Ketika ukuran transistor mendekati batas atom (di bawah 5nm), efek kuantum menjadi signifikan. Penelitian beralih ke material baru seperti graphene, carbon nanotube, dan transistor berbasis transition metal dichalcogenides (TMDs).

2. Spintronika: Memanfaatkan spin elektron, bukan hanya muatannya, untuk

menyimpan dan memproses informasi, yang menjanjikan perangkat dengan konsumsi daya yang sangat rendah.

3. Komputasi Kuantum: Menggunakan qubit yang dapat berada dalam keadaan superposisi, berpotensi menyelesaikan masalah yang tidak dapat dipecahkan komputer klasik.

4. Fotonika Terintegrasi: Menggunakan foton (cahaya) alih-alih elektron untuk transfer data, yang memberikan kecepatan dan efisiensi energi yang lebih tinggi pada pusat data dan komunikasi.

5. Electronics 2.0 & Flexible Electronics: Pengembangan komponen yang fleksibel, transparan, dan dapat dipakai (wearable) menggunakan material organik dan oksida logam.

Kesimpulan

Perkembangan komponen elektronika telah melalui perjalanan panjang dari tabung vakum yang besar hingga transistor berukuran nanometer. Setiap lompatan generasi didorong oleh penemuan material semikonduktor (terutama silikon) dan kemajuan dalam teknik fabrikasi. Hukum Moore, yang memprediksi penggandaan jumlah transistor setiap dua tahun, telah menjadi prinsip pemandu selama beberapa dekade, meskipun kini menghadapi

tantangan fundamental. Masa depan elektronika terletak pada pendekatan beyond-CMOS, memanfaatkan material baru dan prinsip fisika kuantum

DAFTAR PUSTAKA

- Moore, G. E. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics*, 38(8).
- Schwierz, F., et al. (2010). Graphene transistors: Status, prospects, and problems. *Proceedings of the IEEE*, 98(6), 1994-2002.
- Waldrop, M. M. (2016). The chips are down for Moore's law. *Nature*, 530(7589), 144-147.
- Jaeger, R. C., & Blalock, T. N. (2015). *Microelectronic Circuit Design*. McGraw-Hill Education.
- IEEE International Roadmap for Devices and Systems (IRDS). (2021). IEEE. [Sumber online].