

PERSAMAAN MAXWELL YANG MENGAGUMKAN

Fenomena optik (cahaya) merupakan salah satu fenomena gelombang elektromagnetik sehingga untuk mengerti fenomena ini dan dapat mengaplikasikannya harus dimengerti teori mengenai gelombang elektromagnetik. *Sir Isaac Newton* mengemukakan teori tentang cahaya dimana cahaya merupakan aliran partikel-partikel yang disebut *corpuscular* (tahun 1675), teori ini ditentang oleh *Christiaan Huygens* yang mengemukakan teori kalau cahaya itu adalah gelombang (tahun 1678). Teori cahaya adalah gelombang mendapat dukungan dari *Thomas Young* dan *Augustin Fresnel* dengan mengemukakan kalau cahaya adalah jenis gelombang transversal (arah getaran tegak lurus dengan arah rambatan, tahun 1817), teori cahaya sebagai gelombang ini dipakai karena mampu menjelaskan fenomena cahaya yang tak dapat dijelaskan oleh teori *corpuscular* yaitu interferensi dan difraksi. Namun demikian sampai pertengahan abad 19 para fisikawan masih tak mengetahui apa *nature* dari cahaya, sampai pada tahun 1873, *James Clerk Maxwell* mengemukakan bahwa *nature* dari cahaya adalah gelombang elektromagnetik dan memprediksi adanya gelombang elektromagnetik lain selain cahaya yaitu gelombang radio (dibuktikan secara eksperimen oleh *Heinrich Hertz* (tahun 1894)). Teori tentang gelombang elektromagnetik ini diturunkan dari formulasi yang dikenal dengan 4 persamaan *Maxwell*, sebenarnya merupakan formula dari fisikawan sebelumnya yaitu *Ampere*, *Gauss*, *Lentz* dan *Faraday Maxwell* hanya berkontribusi satu rumus sebagai tambahan pada Hukum *Ampere* (arus listrik menimbulkan medan magnet) , itu-pun dengan menggunakan intuisi simetris dari hukum *Faraday* (perubahan flux medan magnet menimbulkan medan listrik, maka *Maxwell* berpendapat kalau perubahan flux

medan listrik akan menimbulkan medan magnet). Namun *Maxwell* dapat membuat 4 formulasi itu menjadi satu kesatuan teori yang ‘menakjubkan’, sehingga dia dapat menurunkan teori gelombang elektromagnetiknya dari ke-4 formula tersebut (misalnya mendapatkan rumus untuk kecepatan cahaya yang murni diturunkan secara teoritis dari 4 formula tersebut). Bukan hanya tentang cahaya, bahkan teori yang menjadi dasar dalam analisa rangkaian listrik seperti Hukum Ohm, Kirchoff 1 dan 2 dapat diturunkan dari formula ini. Persamaan Maxwell ini menjadi pilar fisika klasik disamping Hukum Newton tentang gerak dan gravitasi, bahkan walaupun Hukum Newton tidak berlaku dalam teori relativistik *Einstein*, persamaan *Maxwell* tetap berlaku (otomatis bersifat relativistik) ini membuat seorang Proffesor Tjian May On (guru besar Fisika ITB) mengatakan ***“Yang paling membuat saya merinding adalah persamaan Maxwell, itu persamaan klasik, of course nonquantum mechanics karena dia gelombang, tidak bicara tentang foton. Dipihak lain, meski tidak manifestly covariant persamaan Maxwell itu memang relativistik. Waktu pak Maxwell, belum ada relativitas, tapi karya besar itu kok otomatis relativistik.”***¹

Teori tentang optik (cahaya) sebagai gelombang elektromagnetik berdasarkan persamaan *Maxwell* (optika klasik) dilengkapi oleh teori fisika kuantum yang memandang cahaya juga bersifat partikel (foton), dan dikembangkan menjadi elektrodinamika kuantum (optika kuantum) yang dibidani oleh Richard Feynman. Teori ini bersama dengan persamaan *Maxwell* ini membawa ke suatu bidang teknologi yang disebut teknologi *fotonic* (optika modern), salah satu bidang teknologi fotonic adalah *Intergrated Optics (IO)*. Walaupun kecepatan komponen elektronik saat ini sedemikian

¹ Diambil dari website tokoh indonesia : <http://www.tokohindonesia.com/ensiklopedi/t/tjia-may-on/index.shtm1>

tinggi, banyak yang menduga bahwa batas kecepatan tertinggi untuk komponen elektronik sudah sangat dekat, sehingga diperlukan terobosan teknologi baru yang mampu bekerja dengan respons yang lebih tinggi lagi dan *IO* ini memberikan jawaban. Persamaan antara IC (*Integrated Circuit*) dan *IO* adalah keduanya mengendalikan dan memroses data. Bedanya, pada IC yang diproses adalah sinyal elektronik, sedangkan pada *IO* yang diproses adalah sinyal cahaya atau foton. Boleh dikatakan persamaan Maxwell ini-lah bersama dengan penemuan fisika kuantum yang menjadikan abad 20 menjadi abad elektronik dan pada abad ke-20 maka kembali persamaan *Maxwell* bersama dengan fisika kuantum akan menjadikan abad ke-21 sebagai abad fotonic.

Inilah 4 persamaan *Maxwell* yang mengagumkan tersebut :

Bentuk titik

$$1. \vec{\nabla} \times \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{J}$$

$$2. \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$3. \vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho$$

$$4. \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

Bentuk Integral

$$1. \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oint \left(\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{J} \right) \cdot d\vec{s} = \vec{J}_D + \vec{J}$$

$$2. \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \oint -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{s} = -\frac{\partial \Phi_B}{\partial t}$$

$$3. \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$$

$$4. \oint \vec{D} \cdot d\vec{s} = \oint \rho dV = Q$$