

BAB III

KONSEP KECEPATAN CAHAYA

3.1 Pendahuluan

Cahaya merupakan energi berbentuk gelombang dan membantu kita melihat. Cahaya juga merupakan dasar ukuran meter dimana 1 meter bersamaan dengan jarak dilalui cahaya melalui vakum pada $1/299,792,458$ sekon. Kecepatan cahaya adalah 299,792,458 meter per sekon. Cahaya diperlukan dalam kehidupan sehari-hari dan sumber utama cahaya tersebut adalah berasal dari matahari. Tumbuhan hijau memerlukan cahaya dalam proses fotosintesa untuk membuat makanan.

Sifat-sifat cahaya ialah, cahaya bergerak lurus ke semua arah. Buktinya adalah kita dapat melihat sebuah lampu yang menyala dari segala penjuru dalam sebuah ruang gelap. Apabila cahaya terhalang, bayangan yang muncul adalah disebabkan karena cahaya yang bergerak lurus tidak dapat berbelok. Cahaya tersebut dapat dipantulkan. Keadaan ini disebut sebagai pantulan cahaya.

3.1.1 Pembiasan cahaya

Cahaya dibiaskan apabila bergerak miring melalui medium yang berbeda seperti dari udara ke kaca lalu melewati air. Keadaan ini disebut sebagai pembiasan cahaya. Hal ini karena cahaya bergerak lebih cepat di medium yang kurang padat. Cahaya yang datang dengan sudut datang 90 derajat namun, (tegak lurus) melalui medium yang berbeda tidak dibiaskan. Contoh hal pembiasan dalam hal sehari-hari adalah seperti pada kasus sedotan minuman yang kelihatan bengkok dan lebih besar di dalam air, atau pada kasus dasar kolam kelihatan lebih cetek dari kedalaman sebenarnya.

Pantulan cahaya bergantung kepada jenis permukaan, citra dapat dilihat di dalam cermin karena ada pantulan cahaya. Pantulan cahaya itu lebih baik dan teratur pada permukaan yang rata. Pantulan cahaya agak kabur pada permukaan yang tidak rata. Dengan itu, cermin dan permukaan air yang jernih serta tenang adalah pemantul cahaya yang baik. Ini membuat kita dapat melihat wajah dan badan kita di dalam cermin.

Alat-alat yang berfungsi berdasarkan prinsip pembiasan cahaya ialah:

Kanta pembesar, Mikroskop, Teleskop dll.

3.1.2 Warna-warna dalam cahaya matahari

Cahaya putih matahari terdiri daripada tujuh warna yaitu:

- Merah
- Jingga
- Kuning
- Hijau
- Biru
- Nila (Indigo)
- Ungu

Apabila ketujuh warna ini bercampur, cahaya putih akan dihasilkan. Warna-warna dalam cahaya putih matahari dapat dipecahkan dengan menggunakan prisma menjadi jalur warna. Jalur warna ini dikenal sebagai spektrum sedangkan pemecahan cahaya putih kepada spektrum ini dikenal sebagai penyerakan cahaya. Pelangi adalah contoh spektrum yang terbentuk secara alamiah. Pelangi terbentuk selepas hujan, ketika cahaya matahari dibiaskan oleh titisan air hujan. Titisan air itu hujan bertindak sebagai prisma yang menyerakkan cahaya matahari menjadi tujuh warna.

3.1.3 Penyerakan cahaya putih matahari

Spektrum warna terbentuk karena cahaya yang berlainan warna terbias pada sudut yang berlainan. Cahaya ungu terbias dengan sudut paling besar. Cahaya merah terbias dengan sudut paling kecil. Warna-warna spektrum dapat digabungkan semula bagi menghasilkan cahaya putih dengan menggunakan dua prisma.

3.1.4 Warna dan Panjang Gelombang

Panjang gelombang yang berbeda-beda diinterpretasikan oleh otak manusia sebagai warna, dengan merah adalah panjang gelombang terpanjang (frekuensi paling rendah) hingga ke violet dengan panjang gelombang terpendek (frekuensi paling tinggi). Cahaya dengan frekuensi di bawah 400 nm dan di atas 700 nm tidak dapat dilihat manusia dan disebut ultraviolet pada batas frekuensi tinggi dan inframerah pada batas frekuensi rendah. Walaupun manusia tidak dapat melihat sinar inframerah kulit manusia dapat merasakannya dalam bentuk panas. Ada juga camera yang dapat menangkap sinar inframerah dan merubahnya menjadi sinar tampak, camera seperti ini disebut night vision camera

Radiasi ultraviolet tidak dirasakan sama sekali oleh manusia kecuali dalam jangka paparan yang lama, hal ini dapat menyebabkan kulit terbakar dan kanker kulit. Beberapa hewan seperti lebah dapat melihat sinar ultraviolet, sedangkan hewan lain seperti Ular Viper dapat merasakan IR dengan organ khusus.

3.1.5 Pengukuran Cahaya

Berikut kuantitas yang digunakan untuk mengukur cahaya

- tingkat penerangan (atau suhu)
- iluminasi(SI unit: lux)
- flux luminasi (SI unit: lumen)
- intensitas luminasi (SI unit: candela)

3.1.6 Sumber Cahaya

- Radiasi panas (radiasi benda hitam)
- bola lampu
- matahari
- partikel padat bercahaya dalam suhu tinggi(lihat api)
- emisi spektral atomik
- laser dan maser
- light emitting diode
- lampu gas(lampu neon, lampu air raksa lamps dsb)
- api dari gas
- percepatan dari partikel bebas bermuatan(biasanya sebuah elektron)
- radiasi siklotron
- Radiasi Bremsstrahlung
- Radiai Cherenkov
- kemoluminesens
- floresens
- fosforescence
- tabung sinar katoda
- bioluminesens
- sonoluminesens
- triboluminesens
- peluruhan radioaktif
- anihilasi partikel-antipartikel

3.2. Teori Tentang Cahaya

Ada beberapa teori yang menjelaskan tentang konsep cahaya, antara lain :

3.2.1 Teori abad ke-10

Ilmuwan Abu Ali Hasan Ibn Al-Haitham (965–sekitar 1040), dikenal juga sebagai Alhazen, mengembangkan teori yang menjelaskan pengelihatan, menggunakan geometri dan anatomi. Teori itu menyatakan bahwa setiap titik pada daerah yang tersinari cahaya, mengeluarkan sinar cahaya ke segala arah, namun hanya satu sinar dari setiap titik yang masuk ke mata secara tegak lurus yang dapat dilihat, cahaya lain yang mengenai mata tidak secara tegak lurus tidak dapat dilihat. dia menggunakan kamera lubang jarum sebagai contoh, yang mana kamera itu menampilkan sebuah citra terbaik. Alhazen menganggap bahwa sinar cahaya adalah kumpulan partikel kecil yang bergerak pada kecepatan tertentu. Dia juga mengembangkan teori Ptolemy tentang refraksi cahaya namun usaha Alhazen tidak dikenal di Eropa sampai pada akhir abad 16.

3.2.2 Teori Partikel

Isaac Newton menyatakan dalam Hypothesis of Lightnya pada 1675 bahwa cahaya terdiri dari partikel halus yang memancar ke semua arah dari sumbernya. Teori ini dapat digunakan untuk menerangkan pembalikan cahaya, tetapi hanya dapat menerangkan pembiasan dengan menganggap cahaya menjadi lebih cepat ketika memasuki medium yang padat tumpat karena daya tarik gravitasi lebih kuat.

3.2.3 Teori Gelombang (atau Ray)

Christiaan Huygens menyatakan dalam abad ke-17 yang cahaya dipancarkan ke semua arah sebagai siri-siri gelombang. Pandangan ini menggantikan teori partikel halus. Ini disebabkan oleh karena gelombang tidak diganggu oleh gravitasi, dan gelombang menjadi lebih lambat ketika memasuki medium yang lebih padat. Teori gelombang ini menyatakan bahwa gelombang cahaya akan berinterferensi dengan gelombang cahaya yang lain seperti gelombang bunyi (seperti yang disebut oleh Thomas Young pada kurun ke-18), dan cahaya dapat dipolarisasikan. Kelemahan teori ini adalah gelombang cahaya seperti gelombang bunyi, memerlukan medium untuk dihantar. Suatu hipotesis yang disebut luminiferous aether telah diusulkan, tetapi hipotesis itu tidak disetujui.

3.2.4 Teori Elektromagnetik

Pada 1845 Faraday menemukan bahwa sudut polarisasi dari sebuah sinar cahaya ketika sinar tersebut masuk melewati material pemolarisasi dapat di rubah

dengan medan magnet. Ini adalah bukti pertama kalau cahaya berhubungan dengan Elektromagnetisme. Faraday mengusulkan pada tahun 1847 bahwa cahaya adalah getaran elektromagnetik berfrekuensi tinggi yang dapat bertahan walaupun tidak ada medium.

Teori ini diusulkan oleh James Clerk Maxwell pada akhir abad ke-19, menyebut bahwa yang gelombang cahaya adalah gelombang elektromagnet jadi ia tidak memerlukan medium untuk merambat. Pada permukaannya dianggap gelombang cahaya disebarkan melalui rangka rujukan yang tertentu, seperti aether, tetapi teori relativitas khusus menggantikan anggapan ini. Teori elektromagnet menunjukkan yang sinar kasat mata adalah sebagian daripada spektrum elektromagnet. Teknologi pengantaran radio dicipta berdasarkan teori ini dan masih digunakan.

Kecepatan cahaya yang konstan berdasarkan persamaan Maxwell berlawanan dengan hukum-hukum mekanis gerakan yang telah bertahan sejak zaman Galileo, yang menyatakan bahwa segala macam laju adalah relatif terhadap laju sang pengamat. Pemecahan terhadap kontradiksi ini kelak akan ditemukan oleh Albert Einstein.

3.2.5 Teori Kuantum

Teori ini di mulai pada abad ke-19 oleh Max Planck, yang menyatakan pada tahun 1900 bahwa sinar cahaya adalah terdiri dari paket (kuantum) tenaga yang dikenal sebagai photon. Penghargaan Nobel menghadiahkan Planck Anugerah fisika pada 1918 untuk kerja-kerja beliau dalam penemuan teori kuantum, walaupun beliau bukannya orang yang pertama memperkenalkan prinsip asas partikel cahaya.

3.2.6 Teori Dualitas Partikel-Gelombang

Teori ini menggabungkan tiga teori yang sebelumnya, dan menyatakan bahwa cahaya adalah partikel dan gelombang. Ini adalah teori modern yang menjelaskan sifat sifat cahaya, dan bahkan sifat sifat partikel secara umum . Pertamakali di jelaskan oleh albert Einstein pada awal abad 20, berdasarkan dari karya tulisnya tentang efek fotolistrik, dan hasil dari penlitian Planck. Einstein menunjukan bahwa energi sebuah foton sebanding dengan frekuensinya, Lebih general lagi, teori tersebut menjelaskan bahwa semua benda mempunyai sifat partikel dan gelombang, dan berbagai macam eksperimen dapat di lakukan untuk membuktikannya. Sifat partikel dapat lebih mudah di lihat apabila sebuah objek mempunyai massa yang besar, pada tahun 1924 eksperimen oleh Louis de Broglie

menunjukkan elektron juga mempunyai sifat dualitas partikel-gelombang. Einsiten mendapatkan penghargaan nobel pada tahun 1921 atas karyanya tentang dualitas partikel-gelombang pada foton, dan de Broglie mengikuti jejaknya pada tahun 1929 untuk partikel-partikel yang lain

3.3. Panjang Gelombang Nampak

Cahaya nampak adalah sebagian daripada spektrum yang mempunyai panjang gelombang antara lebih kurang 400 nanometer (nm) dan 800 nm (dalam udara).

Formula-kecepatan-cahaya

$$v = \lambda \cdot f$$

Dimana λ adalah panjang gelombang, f adalah frekuensi, v adalah kelajuan cahaya. Kalau cahaya bergerak di dalam vakum, jadi $v = c$, jadi

$$c = \lambda \cdot f$$

di mana c adalah kelajuan cahaya. Kita boleh menerangkan v sebagai

$$v = \frac{c}{n}$$

di mana n adalah konstan (indeks biasan) yang mana adalah sifat material yang dilalui oleh cahaya.

Perubahan dalam kelajuan cahaya

Semua cahaya bergerak pada kelajuan yang terhingga. Walaupun seseorang pemerhati bergerak dia akan sentiasa mendapati kelajuan cahaya adalah c , kelajuan cahaya dalam vakum, adalah $c = 299,792,458$ meter per saat (186,282.397 batu per saat); namun, apabila cahaya melalui objek yang dapat ditembusi cahaya seperti udara, air dan kaca, kelajuannya berkurang, dan cahaya tersebut mengalami pembiasan. Yaitu $n=1$ dalam vakum dan $n>1$ di dalam benda lain.

3.4. Sejarah Pengukuran Kelajuan Cahaya

Kelajuan cahaya telah sering diukur oleh ahli fisika. Pengukuran awal yang paling baik dilakukan oleh Olaus Roemer (ahli fisika Denmark), dalam 1676. Beliau menciptakan kaedah mengukur kelajuan cahaya. Beliau mendapati dan telah mencatatkan pergerakan planet Saturnus dan satu dari bulannya dengan menggunakan teleskop. Roemer mendapati bahwa bulan tersebut mengorbit Saturnus sekali setiap 42-1/2 jam. Masalahnya adalah apabila Bumi dan saturnus

berjauhan, putaran orbit bulan tersebut kelihatan bertambah. Ini menunjukkan cahaya memerlukan waktu lebih lama untuk samapai ke Bumi. Dengan ini kelajuan cahaya dapat diperhitungkan dengan menganalisa jarak antara planet pada masa masa tertentu. Roemer mencapai kelajuan 227,000 kilometer per sekon.

Albert A. Michelson memperbaiki hasil kerja Roemer pada tahun 1926. Dia menggunakan cermin berputar untuk mengukur waktu yang di ambil cahaya untuk pergi balik dari Gunung Wilson ke Gunung San Antonio di California. Ukuran jitu menghasilkan kelajuan 299,796 kilometer/sekon. dalam penggunaan sehari-hari, jumlah ini dibulatkan menjadi dan 300,000 kilometer/sekon.

4.5. Konsep Al Qur'an Tentan Laju Kecepatan Cahaya

QS 32: As-Sajadah.

الم * تَنْزِيلُ الْكِتَابِ لَا رَيْبَ فِيهِ مِنْ رَبِّ الْعَالَمِينَ * أَمْ يَقُولُونَ افْتَرَاهُ بَلْ هُوَ الْحَقُّ مِنْ رَبِّكَ لِتُنذِرَ قَوْمًا مَّا أَنَاهُمْ مِنْ نَذِيرٍ مِنْ قَبْلِكَ لَعَلَّهُمْ يَهْتَدُونَ * اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ ثُمَّ اسْتَوَى عَلَى الْعَرْشِ مَا لَكُمْ مِنْ دُونِهِ مِنْ وَلِيٍّ وَلَا شَفِيعٍ أَفَلَا تَتَذَكَّرُونَ * يُدِيرُ الْأَمْرَ مِنَ السَّمَاءِ إِلَى الْأَرْضِ ثُمَّ يَعْرُجُ إِلَيْهِ فِي يَوْمٍ كَانَ مِقْدَارُهُ أَلْفَ سَنَةٍ مِمَّا تَعُدُّونَ * ذَلِكَ عَالِمُ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ الْعَزِيزُ الرَّحِيمُ *

Artinya :

Alif Laam Miim (2) Turunnya kitab ini tanpa keraguan padanya, dari Rabb semesta (3) Tetapi mengapa mereka mengatakan:"Ia (Muhammad saw) mengada-adakannya". Sebenarnya ini adalah kebenaran dari Rabbmu, agar kamu memberi peringatan kepada kaum yang belum datang kepada mereka orang yang memberi peringatan sebelum kamu; mudah-mudahan mereka mendapat petunjuk (4) Allâh yang menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya dalam enam periode, kemudian Dia bersemayam di atas 'Arsy. Tidak ada bagi kamu selain daripada-Nya seorang penolongpun dan tidak (pula) seorang pemberi syafa'at. Maka apakah kamu tidak memperhatikan? (5) Dia mengatur urusan dari langit ke bumi, kemudian (urusan) itu naik kepada-Nya dalam satu hari yang kadarnya seribu tahun menurut perhitunganmu (6) Yang demikian itu ialah Yang mengetahui yang ghaib dan yang nyata, Yang Maha Perkasa lagi Maha Penyayang.

Sebagai kelanjutan paparan tentang enam periode penciptaan semesta, dan tentang Ad-Dzariyat -- zarah-zarah halus pembawa beban berat semesta, kali ini kita akan mengkaji soal "urusan" [al amra] dalam QS 32:5. Kali ini bahannya

terutama dari makalah *A New Astronomical Quranic Method for The Determination of the Greatest Speed C* oleh Dr Mansour Hassab Elnaby.

Gaya-gaya alami yang merupakan pengatur alam semesta [dalam bentuk energi telah kita bahas sebagai rawasiya, dalam bentuk partikel kita bahas sebagai dzariyat] bergerak dengan kecepatan maksimal yang dimungkinkan semesta, yang dalam teori relativitas khusus dinotasikan sebagai 'C' (kecepatan cahaya). Menurut relativitas khusus, kecepatan cahaya dalam ruang hampa (C) ini selalu sama, tidak tergantung pada kecepatan sumber cahaya, dan tidak tergantung pada kecepatan pengamat.

Dalam melakukan pengukuran C, kita harus memperhatikan salah satu aspek teori relativitas umum, bahwa dimensi gerakan apapun [termasuk cahaya] dipengaruhi oleh gravitasi. Einstein memecahkan dua kontradiksi dari kedua teorinya itu dengan menyatakan bahwa teori relativitas khusus baru valid sepenuhnya jika efek gravitasi bisa dihindarkan.

Orang Islam melakukan perhitungan waktu dengan hitungan bulan [moon]. Satu tahun menurut perhitunganmu terdiri atas 12 bulan [month], dengan setiap bulan [month] menunjukkan satu kali revolusi bulan [moon] terhadap bumi.

Selama ini kita menganggap kala revolusi bulan adalah 29.53 hari, yaitu waktu antara fase sinar matahari yang sama pada bulan. Padahal selang waktu itu dipengaruhi juga oleh Bergeraknya bumi mengitari matahari. Kala revolusi bulan sendiri, yaitu waktu berputarnya bulan tepat 360 derajat mengelilingi bumi, adalah 27.321661 hari, atau 655.71986 jam. Kala rotasi bumi juga bukan 24 jam [yang juga dihitung berdasarkan fase sinar matahari], melainkan 23 jam 56 menit 4.0906 detik, atau 86164.0906 detik.

Sekarang, kalau "satu hari" bagi "sang urusan" itu sama dengan "seribu tahun" bagi "perhitungan bulan", maka perbandingan kecepatan sang urusan dengan kecepatan bulan adalah 1000 kali 12, jadi 12000.

$$C \times t = 12000 \times L$$

$$C = \text{kecepatan sang urusan}$$

$$t = \text{kala rotasi bumi} = 86164.0906 \text{ detik}$$

$$L = \text{jarak yang ditempuh bulan dalam satu revolusi}$$

Kalau kecepatan bulan kita notasikan dengan V, maka :

$$V = 2 \times \pi \times R / T$$

$$R = \text{jari-jari lintasan bulan terhadap bumi} = 384264 \text{ km}$$

$$T = \text{kala revolusi bulan} = 655.71986 \text{ jam}$$

$$V = 3682.07 \text{ km/jam} \rightarrow \text{disetujui oleh NASA}$$

Ada hal lain yang harus kita hitung. Menurut Einstein, kita harus mengeliminasi faktor gravitasi matahari. Gravitasi matahari membuat bumi mengelilingi matahari dengan kala revolusi 365.25636 hari. Satu kali revolusi bulan, 27.321661 hari, telah membuat bumi berputar sebesar $\alpha = 27.321661/365.25636 \times 360$ derajat = 26.92848 derajat. Putaran ini harus dieliminasi. Kecepatan bulan tanpa putaran terhadap matahari bukan lagi V , melainkan $(V \times \cos \alpha)$.

$$L = V \times \cos \alpha \times T$$

Tapi :

$$C \times t = 12000 \times L$$

Maka :

$$\begin{aligned} C &= 12000 \times V \times \cos \alpha \times T / t \\ &= 12000 \times 3682.07 \text{ km/jam} \times 0.89157 \times 655.71986 \text{ jam} / \\ &\quad 86164.0906 \text{ detik} \\ &= \mathbf{299792.5 \text{ km/detik}} \end{aligned}$$

Untuk perbandingan :

1. Hasil hitung kita : $C = 299792.5 \text{ km/detik}$
2. US National Bureau of Standards: $C = 299792.4574 + 0.0011 \text{ km/detik}$
3. British National Physical Lab: $C = 299792.4590 + 0.0008 \text{ km/detik}$
4. General Conf on Measures: $1 \text{ m} = \text{jarak cahaya selama } 1/299792458 \text{ detik}$

Formulasi ini diturunkan dari wahyu yang diterima manusia, yaitu Rasulullah Muhammad saw, yang hidup di tengah masyarakat ummi di gurun pasir sekitar 1400 tahun yang lalu. Sungguh tidak wajar kalau sebagian dari kita masih bisa beranggapan Muhammad saw mengada-ada, padahal ini hanya sedikit dari bukti bahwa Wahyu yang diturunkan kepada Nabi Muhammad SAW bukanlah karangan manusia / Muhammad, tapi betul merupakan Firman Allah SWT. Tuhan seluruh alam... *Subkhanallah...*