

BAB – 19

A T O M

A. Pendahuluan

Pemikiran ke arah penemuan atom dan inti atom telah berkembang di setiap peradaban sejak manusia mengenal tulisan atau yang lebih dikenal sebagai zaman permulaan sejarah. Manusia telah menyadari bahwa disamping alam makrokosmos, terdapat pula alam mikrokosmos yang berukuran sangat kecil. Pertanyaan paling menarik dan terus berkembang sepanjang sejarah adalah apa yang akan terjadi apabila kita terus membelah suatu benda atau materi. Adakah sebuah partikel dasar (elementer) yang berukuran paling kecil dimana partikel atau materi lain pun tersusun atas partikel elementer tersebut. Dari banyak literatur yang dapat kita peroleh sekarang ini, yang paling menarik adalah perkembangan teori tentang atom sebagai sebuah partikel terkecil dari suatu unsur.

Konsep atom pertama kali dikenal melalui literatur Yunani kuno dengan nama *atomos* yang artinya tidak dapat dibagi-bagi lagi. Pendapat para filsuf Yunani tentang atom pada dasarnya dapat dikategorikan dalam dua kelompok. Anaxagoras, Leucippos dan Democritus pada sekitar abad ke-lima sebelum masehi berpendapat bahwa pembagian suatu benda bersifat *diskontinu* atau tidak dapat berlangsung terus-menerus. Sementara itu, Aristoteles sekitar abad ke-empat sebelum masehi mengusulkan bahwa pembagian materi akan bersifat *kontinu* yang artinya dapat dilakukan secara terus-menerus. Tidak terdapat perbedaan penafsiran antara dua kelompok filsuf ini dalam mengartikan kata atomos, keduanya sepakat bahwa atomos berarti tidak dapat dibagi-bagi lagi. Hanya saja terdapat perbedaan mengenai penting-tidaknya konsep atomos dipergunakan dalam mempelajari suatu materi.

Kita tidak mendapatkan penjelasan konkrit tentang konsep atom dalam literatur Yunani, namun demikian dengan menggunakan cara pandang modern, atom dapat diartikan sebagai entitas materi paling mendasar yang lengkap sebagai suatu unit satuan materi yang secara alamiah tersedia di alam.

B. Sejarah Perkembangan Atom

John Dalton, seorang ilmuwan Inggris pada abad pertengahan menggunakan konsep atom untuk menjelaskan reaksi-reaksi kimia. Menurutnya, reaksi kimia terjadi akibat penggabungan dan pemisahan atom-atom. Jumlah atom-atom yang terlibat dalam reaksi kimia adalah tertentu dan persenyawaan serta pemisahan atom-atom tersebut memenuhi hukum perbandingan tertentu yang tetap. Hukum perbandingan tetap ini mengisyaratkan adanya hukum lain yang lebih mendasar yaitu hukum kekekalan massa; bahwa massa tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan melalui reaksi kimia. Ekuivalensi massa-energi pada waktu itu belum dikenal. Energi yang dihasilkan dalam reaksi-reaksi kimia berasal dari pemutusan ikatan antar atom. Konsep atom sangat luas dipergunakan untuk menjelaskan reaksi-reaksi kimia tanpa adanya pengetahuan sedikitpun tentang atom itu sendiri.

J.J. Thompson, pada pertengahan abad 19 atau tepatnya pada tahun 1858 J. J. Thompson melakukan percobaan dengan menggunakan tabung lucutan yang menghasilkan sinar katoda. Sinar ini ternyata bermuatan listrik karena dapat dibelokkan oleh medan listrik maupun medan magnet. Jenis muatan sinar katoda ini adalah negatif yang selanjutnya disebut sebagai *elektron*. Thompson memperkirakan bahwa elektron ini sebagai partikel elementer penyusun atom. Elektron merupakan partikel sub atomik pertama yang dikenal manusia. Berdasarkan penemuan ini, Thompson mengajukan sebuah model atom untuk menjelaskan hasil-hasil eksperimen maupun prediksi teoritis yang muncul saat itu dengan nama *model kue kismis*. Atom dipandang

sebagai sebuah bola bermuatan positif yang dinetralkan oleh elektron-elektron yang tersebar merata di seluruh volume bola.

Pada saat yang hampir bersamaan dengan penemuan elektron oleh Thompson, Antoine-Henri Becquerel tahun 1896 menemukan gejala radioaktivitas alamiah pada unsur radium. Materi-materi yang dipancarkan unsur tersebut berhasil diidentifikasi sebagai sebuah gelombang elektromagnetik (sinar γ), elektron (sinar β^-) dan partikel α (atom inti helium). Penemuan radioaktivitas radium ini seolah-olah memperkuat ide Thompson tentang model atom yang diajukannya.

Ernest Rutherford, pengujian tentang model atom Thompson dilakukan oleh Rutherford dengan menggunakan partikel α yang sangat energetik untuk membombardir lempeng emas setebal 10^{-4} mm. Berkas partikel α yang berfungsi sebagai peluru (proyektil) diarahkan menuju sasaran atom emas oleh suatu kolimator kemudian partikel yang terhambur diamati oleh sebuah detektor. Dalam percobaan ini Rutherford memandang partikel α sebagai representasi partikel klasik. Rutherford dan rekan kerjanya mengharapkan sudut simpangan partikel α yang terhambur θ sangat kecil mengingat partikel α hanya berinteraksi dengan atom emas yang diasumsikan merupakan sebuah bola netral dengan elektron-elektronnya tersebar merata diseluruh volume bola yang dinetralkan oleh muatan positif yang juga tersebar merata diseluruh volume bola. Rutherford mengamati sebagian partikel α terhambur dengan sudut hamburan θ yang lebih kecil dari 1° ($\theta \leq 1^\circ$), namun Rutherford juga mengamati fakta eksperimental lain yang mengejutkan; terdapat beberapa partikel α yang terhambur dengan sudut hambur sangat besar bahkan ada yang terhambur dengan $\theta = 180^\circ$ atau mengalami tumbukan antar muka (head

on) yaitu partikel α dipantulkan kembali tepat satu garis dengan arah datangnya. Dengan mengasumsikan bahwa hanya interaksi Coulomb yang bekerja antara partikel α dan atom emas maka berdasarkan fakta-fakta eksperimental di atas kita dapat menyimpulkan bahwa :

1. Untuk kasus dimana sebagian partikel α terhambur dengan sudut hambur $\delta \leq 1^\circ$, mengisyaratkan bahwa sebagian besar atom berisi ruang kosong. Pada keadaan ini interaksi antara partikel α dengan elektron hampir tidak berkontribusi pada besarnya sudut hambur δ .
2. Pada kondisi dimana sudut hambur sangat besar $1^\circ < \delta < 180^\circ$ dapat ditafsirkan bahwa partikel α mengalami interaksi yang bersifat repulsif (tolak-menolak) yang sangat besar sehingga seolah-olah partikel α membentur suatu benda keras bermuatan listrik positif di dalam atom yang kemudian terlampar menjauhi atom tersebut.
3. Untuk keadaan dimana partikel α dipantulkan kembali (head on) dengan sudut hambur $\delta = 180^\circ$ dapat diartikan bahwa dalam atom emas terdapat benda yang sangat masif yang bermuatan positif. Benda yang sangat masif ini kemudian disebut sebagai inti atom dimana seolah-olah seluruh materi atom terpusat di dalamnya.

Sebuah ketidaksesuaian dari model ini datang dari teori elektromagnetik, yang mana mengatakan bahwa sebuah partikel yang bermuatan akan memancarkan radiasi elektromagnetik secara terus-menerus ketika dipercepat. Dalam kenyataannya, sebuah elektron mengorbit diharapkan meradiasikan radiasi elektromagnetik dari energinya sendiri. Sebagai akibatnya, gerak orbit

dari elektron menjadi tidak stabil, elektron akan bergerak dalam lintasan spiral menuju inti sebagai akibat dari radiasi energi yang dimilikinya.

Neils Bohr, pada tahun 1912, ketika Neils Bohr (1885-1962) menjadi mahasiswanya Rutherford di Manchester of University. Bohr mengetahui bahwa model orbital ini, meskipun sangat menarik, bukan tidak terkoreksi sama sekali, karena tidak dapat menjelaskan, seperti misalnya, mengapa seluruh atom hidrogen mempunyai sifat kimia yang identik. Berdasarkan fisika klasik, elektron tidak dapat berada dalam orbit dalam berbagai radius, dan akibatnya ada kekontinuan tingkat energi dari elektron. Sekalipun demikian, hidrogen berjalan sebelum semua atom-atomnya mempunyai energi yang sama. Lebih jauh lagi, bahkan jika elektron dari masing-masing atom bermula dari sebuah orbit yang stabil khususnya, pada saat itu orbitnya akan berubah karena terjadi tumbukan diantara atom-atom.

Bohr menyelesaikan masalah model atom Rutherford setelah dia kembali ke Copenhagen pada tahun 1913, mencoba memperkenalkan gagasan baru kuantum dari Planck dan Einstein ke dalam model ini. Beberapa pembatasan dari persamaan

$$mv^2 = K \frac{e^2}{r}$$

adalah bahwa ada batas orbit yang mungkin ditempati. Bohr berhasil menemukan batasan tersebut untuk pertama kalinya, sebuah deskripsi kuantitatif dari atom.

Kondisi Bohr merupakan penjelasan paling baik saat ini hubungannya dengan sifat gelombang dari elektron, ini lebih dulu 10 tahun setelah catatan asli dari Bohr ditemukan. Dengan meninjau bahwa sebuah gelombang berdiri pada sebuah tali yang kedua ujungnya diikat dapat mempunyai panjang gelombang tertentu, ditentukan oleh keadaan bahwa harus berjumlah kelipatan bilangan bulat dari setengah panjang gelombang pada tali. Dengan

cara yang sama, bahwa hanya ada gelombang berdiri dari elektron yang ada pada sebuah atom. Jadi, kondisi untuk sebuah gelombang berdiri pada sebuah lingkaran berjari-jari r diberikan oleh

$$n\lambda = 2\pi r$$

Dimana n adalah sebuah bilangan bulat ($n = 1, 2, 3, \dots$) dan $2\pi r$ merupakan keliling dari lingkaran. Keadaan ini, jika dihubungkan dengan persamaan $mv = \frac{h}{\lambda}$, maka untuk panjang gelombang dari sebuah elektron diberikan oleh

$$mv = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\frac{2\pi r}{n}} = \frac{nh}{2\pi r}$$

yang mana itu merupakan persamaan non-klasik yang menghubungkan kelajuan elektron dan jari-jari orbit. Jika kedua ruas dikuadratkan, kita akan mendapatkan

$$m^2 v^2 = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 r^2}$$

atau

$$mv^2 = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 \cdot r^2}$$

yang disebut keadaan kuantum Bohr.

Model Atom Mekanika Kuantum, meskipun model atom Bohr dengan sukses menjelaskan tentang atom dan dapat memeriksa prediksi dari spektrum radiasi emisi dari atom hidrogen, namun model ini tidak dapat menjelaskan model atom untuk atom berelektron banyak. Sehingga diperlukan sebuah model baru yang dapat menjelaskan masalah ini. Model ini didasarkan pada

sebuah prinsip atau cara pandang yang sama sekali berbeda dari cara pandang yang biasanya. Prinsip ini dikenal dengan *Prinsip Mekanika Kuantum*, yang mempunyai ciri diantaranya:

1. Adanya kuantisasi besaran-besaran fisika.
2. Sifat dualisme gelombang – partikel.
3. Ketidakpastian Heisenberg.

Sehingga dari beberapa prinsip di atas, model atom mekanika kuantum menghasilkan bilangan-bilangan kuantum untuk menjelaskan konfigurasi elektron yang dimiliki oleh atom tersebut. Bilangan-bilangan kuantum yang dimaksud diantaranya, bilangan kuantum utama n yang menyatakan tingkat energi elektron, bilangan kuantum orbital l menyatakan besar momentum sudut elektron, bilangan kuantum magnetik m menyatakan arah momentum sudut elektron, bilangan kuantum spin s menyatakan besar momentum sudut intrinsik dari elektron.

C. Radioaktivitas dan Akselerator untuk Dunia Kesehatan

Setiap unsur di alam selalu berusaha menstabilkan keadaannya dengan cara meluruh. Peluruhan ini biasanya dengan memancarkan sejumlah partikel (misalnya partikel α , β dan γ). Pemancaran partikel-partikel inilah yang selanjutnya digunakan untuk kebutuhan manusia, diantaranya dalam dunia kedokteran, pertanian, industri, perairan, dan lain-lain.

Selain itu, saat ini sedang terjadi perlombaan pemanfaatan akselerator partikel nuklir yang semula hanya digunakan di laboratorium fisika untuk dimanfaatkan di rumah sakit guna melawan penyakit kanker.

Mesin itu mengakselerasi proton dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya dan menembakannya ke bagian tubuh yang terkena tumor. Para ilmuwan mengatakan bahwa proton beam lebih akurat dibandingkan sinar X

yang biasanya digunakan untuk terapi radiasi dengan efek samping lebih rendah dan memiliki dampak penyembuhan yang lebih tinggi.

Kesimpulan

Dengan terus berkembangnya pengetahuan tentang atom yang dimulai dari zaman Yunani kuno sampai sekarang, maka manfaat yang kita rasakan pun semakin banyak. Mulai dari cabang ilmu kimia, ilmu fisika sampai pemanfaatannya dalam dunia kesehatan. Selain itu, pengetahuan tentang atom pun menuntun kita untuk menemukan prinsip atau pandangan baru dalam dunia fisika, yaitu mekanika kuantum sebagai cara pandang modern dalam memahami ilmu fisika.