

PENGARUH MEDAN MAGNETIK EKSTERNAL PADA TABUNG GAS HIDROGEN TERHADAP SPEKTRUM EMISI PADA EFEK ZEEMAN

DIDIK SETYAWARNO

Dosen Pada Universitas Muhammadiyah Palangkaraya

ABSTRACT

This study aims to know what will happen when the emission line spectrum emitted by gas tube of the hydrogen atom electron at certain wavelength passed in an external magnetic field. This study was analyzed by non quantitative comparing between without field and with an external magnetic field. Based on the results of research done obtained a result that the emission spectrum of hydrogen gas passed in an external magnetic field changed the intensity of spectrum. The larger intensity of the magnetic field radiated, that shows $\Delta\lambda \sim B$ where the larger magnetic field used the larger distance split of spectral line $\Delta\lambda$.

Keywords : external magnetic field, emission spectrum, intensity of spectrum, hydrogen gas

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengetahui apa yang akan terjadi ketika spektrum garis emisi yang dipancarkan oleh tabung gas elektron atom hidrogen pada panjang gelombang tertentu dilewatkan dalam medan magnetik eksternal. Penelitian ini di analisis dengan cara nonkuantitatif yaitu membandingkan antara tanpa medan dan dengan medan magnetik eksternal. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil, yaitu spektrum emisi dari gas hidrogen yang dilewatkan pada medan magnet eksternal maka spektrum tersebut berubah intensitasnya. Semakin besar medan magnetnya semakin besar intensitas yang dipancarkannya, hal ini menunjukkan bahwa $\Delta\lambda \sim B$ di mana semakin besar medan magnetik yang digunakan semakin besar pula jarak perpecahan garis spectral $\Delta\lambda$.

Kata kunci : medan magnetik eksternal, spektrum emisi, intensitas spektrum, gas hidrogen

PENDAHULUAN

Suatu fenomena alam yang tak terlepas dari kehidupan manusia adalah cahaya. Newton menyatakan bahwa cahaya terdiri dari partikel-partikel yang dipancarkan oleh sumber cahaya ke segala arah dengan kecepatan yang sama besar. Pendapat lain dinyatakan oleh Huygens yang menyatakan bahwa cahaya itu merambat seperti gelombang. Maxwell berusaha melakukan percobaan yang menghasilkan cepat rambat gelombang elektromagnetik sama dengan cepat rambat cahaya yaitu 300 juta m/s. Uraian tersebut dapat dinyatakan bahwa cahaya sebagai

gelombang elektromagnetik dan akhirnya cahaya dikenal sebagai gelombang sekaligus sebagai partikel yang dikemukakan oleh Albert Einstein.

Salah satu teori fisika yang dapat digunakan untuk menganalisis spektrum cahaya adalah teori atom Bohr. Kemampuan teori atom Bohr untuk menerangkan asal-usul garis spektrum merupakan salah satu hasil menonjol, sehingga pantas untuk memulai membuka teori ini dengan menerapkan pada spektrum atomik. Setiap zat mampat (zat padat dan zat cair) pada setiap temperatur memancarkan radiasi di mana setiap panjang gelombang terdapat, walaupun

dengan intensitas yang berbeda-beda. Eksperimen yang telah dilakukan para ilmuwan fisika terdahulu telah menunjukkan bahwa cahaya mempunyai kelakuan yang berbeda ketika ada medan magnetik eksternal B yang mengenainya.

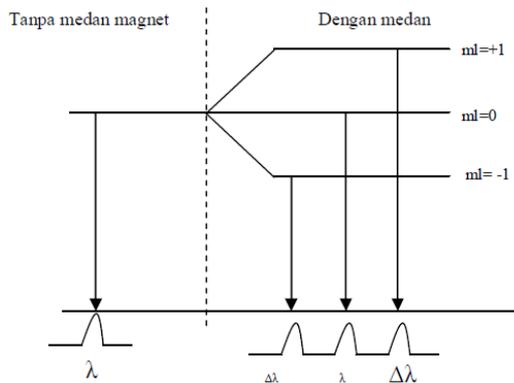
Sebuah dwikutub magnetik dari medan magnetik eksternal B mempunyai energi potensial V_m yang bergantung dari besar momen magnetik μ dan orientasinya terhadap medan. Energi keadaan atomik dalam medan magnetik bergantung pada harga m_l sebagaimana pada n . Keadaan dengan bilangan kuantum total n terpecah menjadi beberapa sub-keadaan jika atom berada dalam medan magnetik, energinya bisa sedikit lebih besar atau lebih kecil dari keadaan tanpa medan magnetik. Setiap gas bertekanan tinggi yang dialiri listrik akan memancarkan spektrum cahaya dengan bilangan kuantum masing-masing. Cahaya yang dipancarkan oleh setiap gas menunjukkan karakteristik gas tersebut. Cahaya tersebut dipancarkan dalam bentuk spektrum garis dan bukan spektrum yang kontinu. Eksperimen fisika atom menunjukkan bahwa gas memancarkan cahaya dalam bentuk spektrum garis telah diyakini berkaitan erat dengan struktur atom. Dengan demikian spektrum garis atomik tersebut dapat digunakan untuk menguji kebenaran dari sebuah model atom.

Istilah atom pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli filsafat Yunani bernama Demokritus (460-370 SM). Setiap zat dapat dibagi atas bagian-bagian yang lebih kecil, sampai mencapai bagian yang paling kecil yang tidak dapat dibagi lagi. Bagian yang tak dapat dibagi itu oleh Demokritus disebut atom, dari kata Yunani "atomos" yang artinya tak dapat dibagi. Para filsuf

yang muncul kemudian seperti Plato dan Aristoteles merumuskan sebuah pemikiran bahwa bisa jadi tidak ada partikel yang tidak dapat dibagi. Dengan demikian menurut dugaan mereka atom pun masih dapat dibagi lagi. Bersamaan dengan itu, pandangan mengenai atom berdasarkan pemikiran Demokritus mulai tersingkir. Sejak ditemukannya partikel-partikel dasar atom, teori atom banyak mengalami perubahan. Hal ini menggoyahkan teori atom Dalton yang menyatakan bahwa atom tidak dapat dibagi-bagi. Diantara yang menggoyahkan teori atom ini ialah hasil percobaan yang dilakukan oleh Thomson pada tahun 1897.

Atom dalam suatu unsur dapat menghasilkan spektrum emisi (spektrum diskret) dengan menggunakan alat spektrometer, sebagai contoh spektrum hidrogen. Atom hidrogen memiliki struktur paling sederhana. Spektrum yang dihasilkan adalah atom hidrogen yang merupakan spektrum yang paling sederhana. Spektrum garis atom hidrogen berhasil dijelaskan oleh Niels Bohr pada tahun 1913. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan cahaya yang dipancarkan oleh tabung elektron gas hidrogen yang dirangsang dengan tegangan tinggi selain itu juga dirangsang dengan medan magnetik eksternal. Selanjutnya dilewatkan pada sebuah prisma sehingga akan menghasilkan cahaya monokromatis (warna-warna) dalam hal ini yaitu spektrum emisi. Medan magnetik eksternal homogen dalam penelitian ini besarnya telah diketahui yang diukur dengan gaussmeter, sehingga garis spektral akan terpecah akibat adanya medan magnetik eksternal tersebut. Terpecahnya garis spektral oleh medan magnetik dikenal dengan efek Zeeman.

Hubungan antara medan magnetik eksternal dengan jarak perpecahan garis spektral pada kasus efek Zeeman normal, secara teori adalah terpecah menjadi tiga garis spektral dengan frekuensi yang berbeda yaitu $(\nu + \Delta\nu)$, (ν) , dan $(\nu - \Delta\nu)$



Gambar 1. Perpecahan Garis Spektral

$$\vartheta_1 = \vartheta_0 - \mu_b \frac{B}{h} = \vartheta_0 - \frac{e}{4\pi m} B$$

$$\vartheta_2 = \vartheta_0$$

$$\vartheta_3 = \vartheta_0 + \mu_b \frac{B}{h} = \vartheta_0 + \frac{e}{4\pi m} B$$

$$\Delta\nu = \frac{e}{4\pi m} B$$

$$d\vartheta = -\frac{cd\lambda}{\lambda^2}$$

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2 \Delta\nu}{c} = \frac{eB\lambda^2}{4\pi mc}$$

Dengan demikian secara kuantitatif akan diperoleh hubungan B terhadap $\Delta\lambda$, yang selanjutnya difitting menggunakan program *Microsoft Origin* sehingga didapatkan grafik hubungan B Vs $\Delta\lambda$ untuk λ tetap dan bentuk persamaan secara umum adalah $Y = A + B X$, berupa persamaan linier atau garis lurus dimana $Y = \Delta\lambda$ dan $X = B$ dan nilai B merupakan gradien persamaan garis yang bernilai :

$$B = \frac{e\lambda^2}{4\pi mc}$$

Keterangan :

- e/m : rasio muatan dengan massa elektron
- B : besar medan magnet homogen
- $\Delta\lambda$: panjang komponen zeeman
- λ : panjang gelombang spektrum
- C : cepat rambat cahaya

Analisis data secara kuantitatif akan dapat diketahui bahwa $B \approx \Delta\lambda$

Berdasarkan data yang diperoleh dapat diketahui besar medan magnetik eksternal dan jarak garis spektral komponen Zeeman sehingga dapat diketahui hubungan antara medan magnetik eksternal terhadap jarak garis spektral komponen Zeeman dalam analisis.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat Penelitian

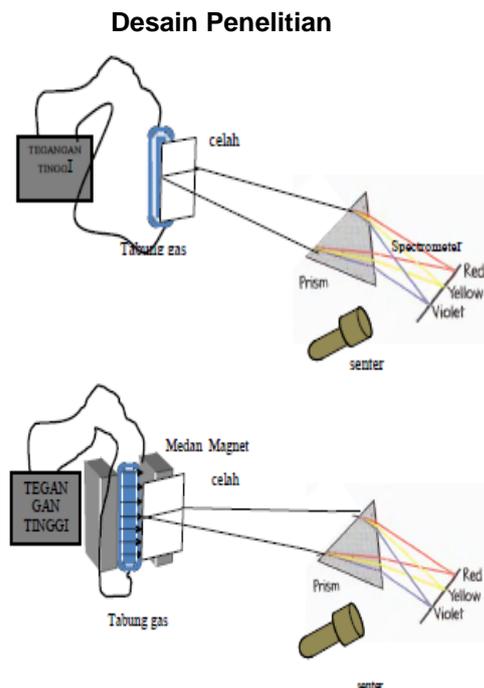
Penelitian dilakukan pada tanggal 1 sampai 15 Februari 2010 di ruang laboratorium fisika atom Jurusan Pendidikan Fisika MIPA UNY.

Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas : besar medan magnetik eksternal
- b. Variabel terikat : intensitas spektrum gas hidrogen yang dipancarkan.
- c. Variabel kontrol : jenis tabung gas (gas hidrogen), tegangan listrik atau beda potensial, dan jarak tabung gas hidrogen terhadap spektrometer optik.

Alat dan Bahan Penelitian

- a. Tabung gas elektron (gas hidrogen)
- b. Tegangan tinggi
- c. Celah / prisma
- d. Gausmeter
- e. Kamera digital
- f. Magnet permanen
- g. Spektrometer optik
- h. Senter



Gambar 2. Desain Percobaan

Teknik Pengambilan Data

- Menyalakan High Voltage Power Supply tabung Hidrogen sehingga tabung tampak menyala dengan terang.
- Mengatur spektrometer optik sedemikian rupa sehingga celah pada ujung kolimator tepat berhadapan dengan tabung pada jarak ± 8 cm.
- Melihatlah ke arah teleskop, dan seharusnya melihat sebuah garis cahaya vertikal. Mengimpitkan garis cahaya tersebut seperti dengan benang vertikal pada teleskop.
- Jika garis cahaya tersebut terlalu tebal atau terlalu tipis, mengaturlah lebar celah kolimator dengan memutar bolak-balik sekrup pada ujungnya. Jika garis cahaya tersebut kurang jelas dan tegas, mengatur fokus teleskop.
- Susunan atau desain alat dan bahan seperti desain gambar 8 di atas tanpa medan magnet eksternal.

- Mengamati spektrum dengan menggunakan spektrometer dan mengambil gambar dengan kamera digital.
- Dengan bantuan cahaya senter, membaca skala panjang gelombang yang dipancarkan oleh tabung elektron selanjutnya menuliskan ke dalam tabel hasil pengamatan.
- Menyusun alat dan bahan seperti desain gambar sebelumnya dengan medan magnet eksternal.
- Menyalakannya atau memijarkannya dengan menghidupkan tegangan tinggi.
- Mengamati spektrum dengan menggunakan spektrometer dan mengambil gambar dengan kamera digital.
- Dengan bantuan cahaya senter, membaca skala panjang gelombang yang dipancarkan oleh tabung elektron.
- Mengamati terpecahnya garis spektral cahaya.
- Memasukan data pengamatan ke dalam tabel.
- Mengulangi langkah j sampai dengan p untuk medan magnet yang berbeda besarnya.

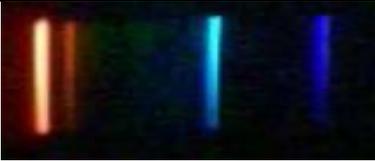
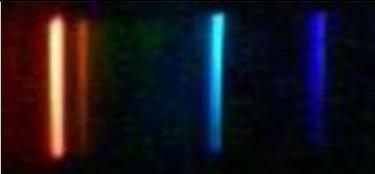
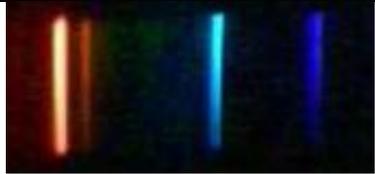
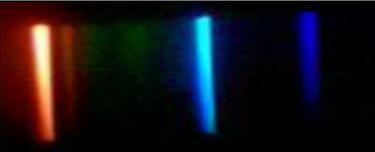
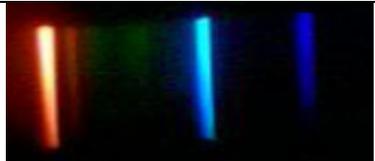
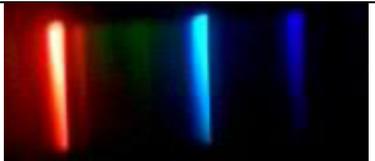
Teknik Analisis Data

Analisis data penelitian dilakukan dengan nonkuantitatif yaitu membandingkan spektrum emisi yang dipancarkan tanpa medan magnet eksternal dan dengan medan magnet eksternal sehingga diketahui perbedaannya.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Tabel 1. Gambar Hasil Pengamatan

No	Medan Magnet (T)	Gambar	Deskripsi Keterangan
1.	0.00 ± 0.03		Tanpa medan magnetik, sebagai acuan/patokan untuk membandingkan antara tanpa medan dan dengan medan magnetik.
2.	0.07 ± 0.03		Dengan medan magnetik $0,07 \pm 0,03$ T. Dibandingkan dengan tanpa medan magnetik tidak nampak berbeda intensitasnya dan perpecahannya tidak dapat terlihat.
3.	0.09 ± 0.03		Dengan medan magnetik $0,09 \pm 0,03$ T. Dibandingkan dengan tanpa medan magnetik tidak nampak berbeda intensitasnya dan perpecahannya tidak dapat terlihat.
4.	0.14 ± 0.03		Dengan medan magnetik $0,14 \pm 0,03$ T. Dibandingkan dengan tanpa medan magnetik tidak nampak berbeda intensitasnya dan perpecahannya tidak dapat terlihat.
5.	0.16 ± 0.03		Dengan medan magnetik $0,16 \pm 0,03$ T. Dibandingkan dengan tanpa medan magnetik nampak sedikit berbeda intensitasnya dan perpecahannya tidak dapat terlihat.
6.	0.47 ± 0.03		Dengan medan magnetik $0,47 \pm 0,03$ T. Dibandingkan dengan tanpa medan magnetik nampak sedikit berbeda intensitasnya dan perpecahannya tidak dapat terlihat.
7.	0.53 ± 0.03		Dengan medan magnetik $0,53 \pm 0,03$ T. Dibandingkan dengan tanpa medan magnetik nampak sedikit berbeda intensitasnya dan perpecahannya tidak dapat terlihat.

Pembahasan

Penelitian ini menggunakan cahaya yang dipancarkan oleh tabung gas hidrogen yang dipijarkan dengan tegangan tinggi, yang selanjutnya dilewatkan pada sebuah celah. Dari hasil pengamatan dengan sebuah spektroskop optik terlihat pancaran radiasi hanya pada panjang gelombang tertentu. Hal ini sesuai dengan teori bahwa gas bertekanan rendah jika dipijarkan akan memancarkan radiasi hanya pada panjang gelombang tertentu. Spektrum yang diperoleh berupa garis-garis terang yang disebut garis emisi. Panjang gelombang spectrum emisi, yang terlihat dalam penelitian ini adalah (660 ± 10) nm, (600 ± 10) nm, (480 ± 3) nm, dan (430 ± 3) nm. Penelitian ini menggunakan spektrometer optik yang dapat digunakan untuk mengukur panjang gelombang spektrum yang dipancarkan. Diketahui bahwa atom dalam suatu unsur dapat menghasilkan spektrum emisi (spektrum diskret) jika dirangsang dengan tegangan tinggi. Dalam penelitian selanjutnya spektrum garis emisi yang dipancarkan oleh atom gas hidrogen dilewatkan pada medan magnet homogen eksternal.

Secara teori ketika spektrum garis emisi dilewatkan pada medan magnet homogen eksternal maka akan terjadi perpecahan beberapa garis spektral. Spektrum emisi gas hidrogen secara teori akan terpecah menjadi tiga komponen garis spektral bila dilewatkan pada medan magnet homogen eksternal. Dengan memvariasi medan magnet eksternal (0.07 ± 0.03) T, (0.09 ± 0.03) T, (0.14 ± 0.03) T, (0.16 ± 0.03) T, (0.47 ± 0.03) T, dan (0.53 ± 0.03) T seharusnya garis emisi terpecah menjadi beberapa garis spektral. Dari pengamatan semakin besar medan magnet homogen eksternal

jarak garis spektralnya tidak kelihatan, yang kelihatan hanyalah perubahan kecil intensitas spektrum yang dipancarkan. Hal ini dilakukan dengan membandingkan antara spektrum emisi tanpa medan dan dengan medan magnet dari spektrum yang dipancarkan oleh tabung gas hidrogen. Semakin besar medan magnet homogen eksternal perubahan intensitas spektrum yang dipancarkan semakin meningkat. Dari data yang diperoleh di analisis secara non kuantitatif dengan visual, karena spektrometer tidak bisa membaca besar perpecahan garis spektralnya. Hasil analisis secara nonkuantitatif adalah adanya perubahan intensitas yang dipancarkan ketika dilewatkan pada medan magnet homogen eksternal. Analisis nonkuantitatif kurang berhasil, kemungkinan disebabkan spektrometer optik atau besar medan magnetik yang digunakan.

Medan magnetik eksternal yang digunakan bervariasi dari (0.07 ± 0.03) T sampai dengan (0.53 ± 0.03) T. Medan magnetik eksternal diperoleh dari magnet permanen dari satu rangkap sampai dengan rangkap enam sehingga diperoleh medan magnet sebesar (0.07 ± 0.03) T, (0.09 ± 0.03) T, (0.14 ± 0.03) T, (0.16 ± 0.03) T, (0.47 ± 0.03) T, dan (0.53 ± 0.03) T. Medan magnetik eksternal (0.53 ± 0.03) T ini tergolong agak besar hal hal ini dapat diketahui dari kekuatan menarik atau menolaknya yang terasa kuat dan butuh tenaga yang kuat. Analisis secara nonkuantitatif tidak bisa melihat hubungan besar medan magnetik eksternal terhadap jarak perpecahan garis spektral. Dari analisis secara nonkuantitatif menunjukkan semakin besar medan magnet maka semakin besar intensitas spectrum yang dipancarkan hal ini menunjukkan makin

besar jarak perpecahan yang terjadi pada spektrum emisi atau besar perpecahan garis spektral adalah berbanding lurus dengan medan magnet eksternal.

Perpecahan garis spektral dari spektrum emisi yang dipancarkan oleh gas hidrogen tidak mampu terukur atau terlihat secara jelas disebabkan oleh alat ukur (spektrometer optik) atau medan magnetik yang digunakan. Dari pengamatan ketika spektrum tersebut dilewatkan dalam medan magnet eksternal tidak terlihat dari satu garis spektrum menjadi tiga garis spektral. Hal ini dikarenakan perpecahan garis spektralnya sangat kecil sekali. Adapun yang dapat dilihat dengan spektroskopik optik adalah perubahan intensitas cahaya yang dipancarkan. Semakin besar medan magnetik eksternal semakin bertambah intensitas yang dipancarkan oleh atom gas hidrogen. Hasil pengamatan yang berupa perubahan intensitas yang dipancarkan dapat di pandang adanya perpecahan garis spectral oleh medan magnetik homogen eksternal menjadi tiga komponen yaitu : $\lambda - \Delta\lambda$, λ dan $\lambda + \Delta\lambda$ di mana hanya λ yang dapat di ukur sedangkan nilai $\Delta\lambda$ tidak terlihat dan tidak terukur karena sangat kecil sekali.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan diperoleh hasil, yaitu spektrum emisi dari gas hidrogen yang dilewatkan pada medan magnet eksternal maka spektrum tersebut berubah intensitasnya. Semakin besar medan magnetnya semakin besar intensitas yang dipancarkannya, hal ini menunjukkan bahwa $\Delta\lambda \sim B$ di mana semakin besar medan magnetik yang digunakan semakin besar pula jarak perpecahan garis spectral $\Delta\lambda$.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Spektrum emisi dari gas hidrogen yang dilewatkan pada medan magnet eksternal maka spektrum tersebut berubah intensitasnya. Semakin besar medan magnetnya semakin besar intensitas yang dipancarkannya, hal ini menunjukkan bahwa $\Delta\lambda \sim B$ di mana semakin besar medan magnetik yang digunakan semakin besar pula jarak perpecahan garis spectral $\Delta\lambda$.

Saran

Penelitian ini akan lebih baik lagi jika sebelumnya spektrometer optik dikalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan tabung gas sodium, sehingga pengukuran lebih teliti. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk atom selain hidrogen atau atom berelektron banyak. Dapat juga dengan melewati spektrum emisi yang dipancarkan ke medan magnetik yang lebih besar atau dengan melewati pada suatu kumparan yang bisa menghasilkan medan magnet. Diharapkan perpecahan semakin besar dan teramati perpecahannya. Selain itu bisa juga dengan mengganti spektroskopik yang mempunyai ketelitian lebih teliti. Disarankan ruangan yang digunakan benar-benar gelap sehingga cahaya yang dihasilkan dapat terlihat jelas dan tidak bercampur dengan cahaya lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Beiser, Arthur. (1992). *Konsep Fisika Modern, edisi ke empat (terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Beiser, Arthur. (2003). *Concepts of Modern Physics ,six edition*. United States of America : The McGraw-Hill Companies.

Dickson, Dominic & Berry, Frank. (1986). *Mossbauer Spectroscopy*. United States of America : Cambridge University Press.

Gautreau, Ronald dan Savin, William. (1999). *Schaum's Outline Of Theory And Problems Of Modern Physics, second edition*. United States of America : The McGraw-Hill Companies.

Gautreau, Ronald dan Savin, William. (1999). *Schaum's Outline Fisika Modern, edisi kedua (terjemahan)*. United States of America : The McGraw-Hill Companies.

Hewitt, Paul G. (2006). *Conceptual Physics, tenth edition*. United States of America: Pearson Addison Wesley.

Krane, Kenneth. (2008). *Fisika Modern (terjemahan)*. Jakarta : UI-Press.

Serway, Moses, dan Moyer. (2005). *Modern Physics, third edition*. United States of America : Thomson Learning.