

Franck-Hertz

Mohammad Istajarul Alim, Gilang Baswara Anggara P

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: physics.gilang@gmail.com

Abstrak—Percobaan Franck Hertz merupakan suatu percobaan yang dapat membuktikan mengenai teori kuantum, dimana setiap atom memiliki tingkat energi pada masing-masing kulitnya. Tujuan dari percobaan Franck Hertz adalah untuk memahami model atom bohr dan fenomena eksitasi, untuk memahami dari percobaan Franck Hertz, untuk menentukan tegangan eksitasi atom, dan untuk menentukan spektrum atom neon yang mungkin dari tingkat energi yang didapat. Prinsip dari percobaan ini yaitu mengenai struktur atom yang mana memiliki lapisan kulit elektron dengan tingkat energi yang berbeda-beda. Ketika suatu atom dikenai oleh elektron bebas, maka elektron pada atom tersebut akan mengalami peristiwa eksitasi dan dieksitasi. Peristiwa tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan galvanometer sehingga dapat diketahui arus kecil yang terjadi. Hasil yang didapatkan berdasarkan percobaan ini yaitu dapat ditentukan nilai energi eksitasi dan rata-rata panjang gelombang spektrum yang didapat yaitu 714 nm yang diindikasikan sebagai spektrum warna merah.

Kata Kunci—Atom neon, elektron, Franck Hertz, struktur atom, teori kuantum.

I. PENDAHULUAN

Struktur terkecil dari penyusun atom merupakan elektron. Dimana elektron dalam suatu atom memiliki tingkat energinya masing-masing. Sejatinya, model atom dari zaman ke zaman memiliki perkembangannya hingga sekarang ini yang dapat menjelaskan mengenai tingkatan energi pada masing-masing kulit elektron. Perkembangan ini tentunya dipengaruhi oleh majunya peralatan dan ilmu pengetahuan di zaman yang lebih moderen. Dulunya, atom dianggap sebagai materi terkecil dari suatu partikel. Namun, berkat berkembangnya kemajuan teknologi, telah terbantahkan bahwa atom merupakan suatu partikel terkecil. Selain itu, analisa atom di zaman sekarang ini akan lebih mudah dan dapat diterapkan dalam berbagai peristiwa di kehidupan sehari-hari. Hal itulah sejatinya yang menjadi latarbelakang dalam percobaan Franck Hertz kali ini.

Percobaan Franck Hertz pada awal mulanya dapat dilakukan dengan menggunakan atom merkuri. Dimana pada percobaan tersebut menunjukkan tumbunya tabrakan inelastis dengan atom merkuri pada suatu tabung vakum. Percobaan tersebut dilakukan dengan menggunakan tabung vakum dikarenakan untuk menjaga elektron-elektron yang mengalami tumbukan sehingga dapat dianalisa oleh galvanometer. Didalam rangkaian percobaan Franck Hertz, katoda yang telah dipanaskan akan menghasilkan elektron bebas yang akan keluar dari katoda tersebut. Elektron tersebut kemudian melewati suatu *grid* dan akan menabrak ke suatu atom merkuri. Tabrakan tersebut akan terjadi menjadi dua jenis, yaitu tabrakan elastik dan inelastik. Akibat dari adanya tabrakan tersebut, akan terjadi peristiwa eksitasi dan de-eksitasi elektron sehingga dapat ditangkap oleh anoda dan

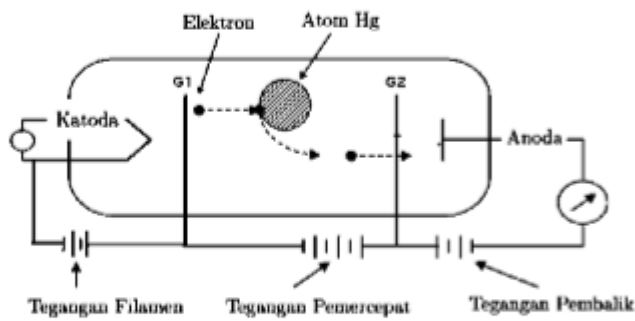
diketahui adanya arus yang dihasilkan. Adapun rangkaian yang ada pada percobaan Franck Hertz dapat digambarkan seperti pada gambar 1 [1].

Model atom pada dasarnya telah mengalami perkembangan bentuk berdasarkan era-nya. Dulu, atom dianggap sebagai partikel terkecil berbentuk suatu bola pejal yang tidak dapat dibagi lagi oleh Dalton. Kemudian perkembangan atom mengalami suatu revisi oleh Thomson dan dilanjutkan oleh Rutherford. Setelah era Rutherford, model atom dikembangkan oleh Niels Bohr pada tahun 1913. Dimana suatu atom digambarkan sebagai sebuah inti kecil bermuatan positif yang dikelilingi oleh elektron yang bergerak dalam orbit sirkuler mengelilingi inti mirip seperti sistem tata surya kita. Namun, peran dari gaya gravitasi dapat digantikan oleh gaya elektrostatis. Elektron-elektron berdasarkan model atom Bohr memiliki orbital masing-masing berdasarkan kulitnya. Kulit yang dimaksud merupakan kulit lintasan elektron yang berupa lintasan K, L, M, N, ..., dst. Dengan begitu, berdasarkan model atom Bohr dapat diketahui seberapa besar energi yang dimiliki oleh elektron saat berada di suatu kulit tertentu. Energi elektron yang dimaksud merupakan suatu tingkat energi elektron dalam atom hidrogen. Hal ini dikarenakan model atom Bohr hanya memiliki keakuratan untuk sistem satu elektron yang identik dengan atom hidrogen. Model atom Bohr juga dapat menjelaskan bahwa energi pada suatu elektron merupakan perkalian dari konstanta planck dengan frekuensinya. Adapun model atom Bohr dapat digambarkan seperti pada gambar 2. Sedangkan untuk persamaan matematis yang didapat berdasarkan model atom Bohr untuk energi pada tiap kulit dapat dituliskan seperti pada persamaan (1) [2].

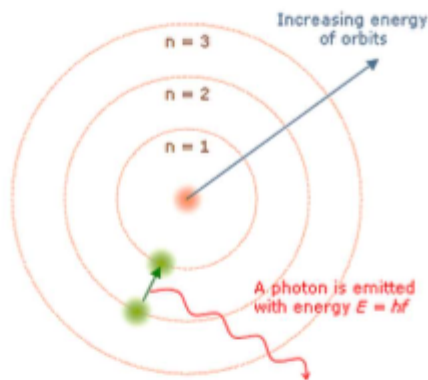
$$E_n = (-13,6 \text{ eV}) \frac{1}{n^2} \quad (1)$$

Eksitasi elektron merupakan suatu proses berpindahnya elektron dari suatu kulit di tingkat energi yang lebih rendah, menuju ke tingkat energi yang lebih tinggi. Eksitasi elektron juga dapat diartikan sebagai salah satu sarana utama dimana materi menyerap pulsa energi elektromagnetik (foton), seperti cahaya, dan dengan dipanaskan atau terionisasi oleh dampak partikel bermuatan, seperti elektron dan partikel alpha. Dalam atom, energi eksitasi diserap oleh elektron yang mengorbit yang diangkat ke tingkat energi yang berbeda yang lebih tinggi. Apabila suatu saat atom yang bersangkutan terkena cahaya (foton), maka elektron-elektronnya secara spontanitas akan menyerap cahaya itu. Elektron yang telah menyerap cahaya, jumlah energinya menjadi jauh lebih besar. Elektron ini memiliki kekuatan untuk menjauh dari inti. Oleh sebab itu, otomatis elektron tersebut berpindah ke lintasan berikutnya yang tingkat energinya lebih tinggi. Misal elektron itu berpindah dari lintasan kulit L menuju ke kulit M. Pada dasarnya, energi yang diserap karena adanya cahaya dapat ditulis seperti pada persamaan (2) [2].

$$E = h\nu \quad (2)$$



Gambar 1. Rangkaian pada percobaan Franck-Hertz



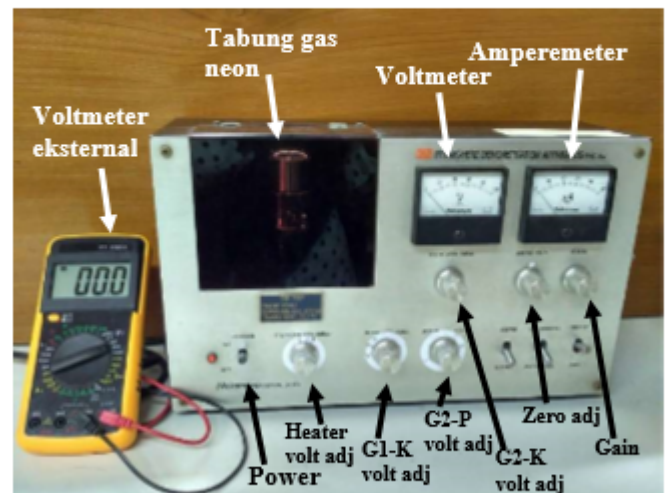
Gambar 2. Model atom Bohr

Percobaan Franck Hertz dapat dilakukan pengukuran mengenai besarnya arus yang dapat terukur oleh galvanometer. Alurnya, ketika rangkaian percobaan Franck Hertz diberikan suatu tegangan, maka pada katoda akan terjadi pelepasan elektron dari muka katoda. Semakin besar tegangan yang diberikan, maka akan semakin banyak pula elektron yang dapat dilepaskan. Elektron-elektron tersebut nantinya akan melewati suatu grid dan akan terjadi adanya elektron yang memiliki kecepatan lebih tinggi dari pada yang lain. Akibatnya elektron-elektron tersebut akan menumbuk atom merkuri sehingga akan terjadi tumbukan elastis dan inelastis. Berdasarkan tumbukan tersebut, maka akan terjadi proses eksitasi elektron dan de-eksitasi yang mana elektron-elektron yang ada akan menuju ke anoda sehingga dapat dilakukan pengukuran oleh galvanometer. Prinsipnya, arus yang dapat ditangkap oleh galvanometer merupakan arus yang naik turun berdasarkan pertambahan tegangan. Hal ini tentunya sangat berkesesuaian dengan teorema bahwa energi elektron bersifat diskrit, bergantung pada kulit mana elektron tersebut berada [3].

Energi puncak merupakan suatu energi dimana yang dimiliki oleh suatu atom. Energi puncak akan memiliki kedekatan dengan energi eksitasi suatu atom. Suatu energi eksitasi atom dapat dilakukan analisa untuk besar nilainya. Dimana, besarnya energi eksitasi merupakan perkalian antara besarnya muatan elektron dengan tegangan eksitasi atom. Tegangan eksitasi suatu elektron merupakan jarak antar puncak pada suatu plot grafik hubungan tegangan dengan arus. Berdasarkan pengertian tersebut, maka secara persamaan besarnya energi eksitasi elektron adalah seperti pada persamaan (3). Sejatinya, besarnya energi eksitasi elektron memiliki hubungan dengan persamaan (2). Dengan begitu, untuk menentukan besarnya lamda dapat diturunkan menjadi persamaan (4) [4].

$$E_{\text{eks}} = eV_e \tag{3}$$

$$\lambda = \frac{hc}{eV_e} \tag{4}$$



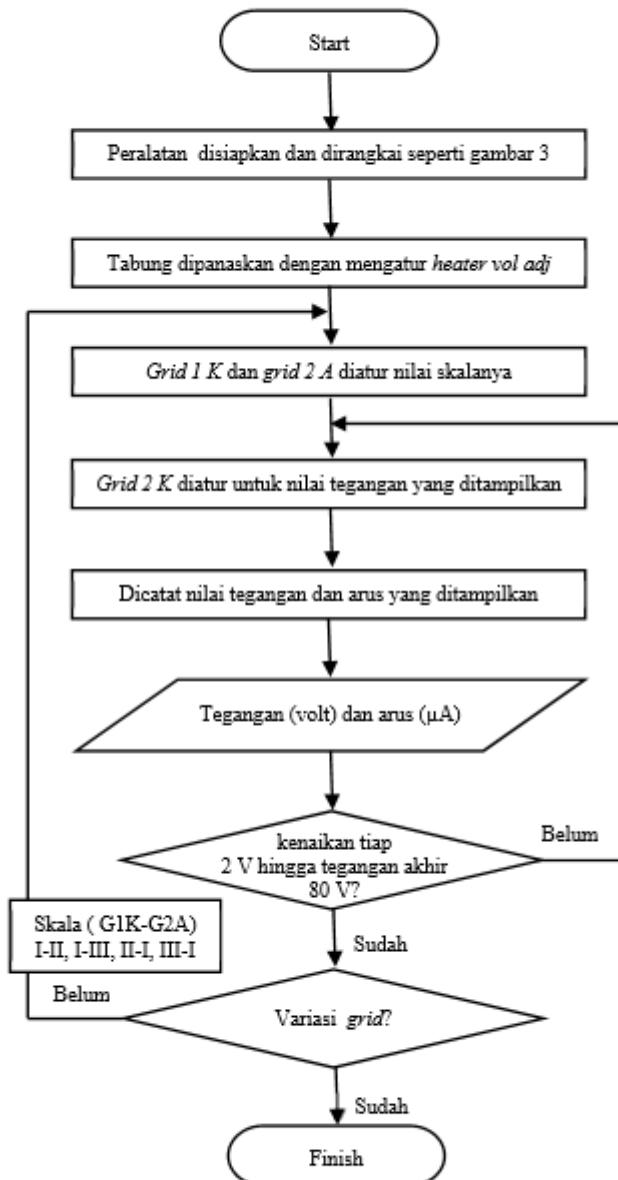
Gambar 3. Skema alat percobaan Franck-Hertz

II. METODE PENELITIAN

Pada percobaan Franck Hertz digunakan beberapa peralatan yang mendukung dalam pengambilan data. Adapun alat yang dimaksud adalah sebuah *Franck-Hertz demonstration apparatus* yang digunakan sebagai piranti utama dalam percobaan Franck Hertz. Pada *Franck-Hertz demonstration apparatus* memiliki beberapa tombol diantaranya tombol *power* untuk menyalakan alat, *heater volt adj* untuk memanaskan katoda, *G1-K volt adj* sebagai pengatur volt di *grid 1 K*, *G2-K volt adj* sebagai pengatur volt di *grid 2 K*, *G2-P volt adj* sebagai pengatur volt di *grid 2 P*, *zero adj* untuk mengatur jarum amperemeter sehingga dapat di nol kan, *gain* digunakan untuk menguatkan arus. Pada *Franck-Hertz demonstration apparatus* juga terdapat tabung gas neon dimana pada tabung tersebut terjadi proses eksitasi dan de-eksitasi elektron. Selain *Franck-Hertz demonstration apparatus*, digunakan pula sebuah multimeter digital dimana difungsikan sebagai voltmeter eksternal sehingga dapat dilakukan analisa lebih mudah.

Langkah kerja dilakukannya percobaan Franck Hertz yaitu peralatan disiapkan seperti pada gambar 3 sehingga voltmeter eksternal dapat menampilkan nilai tegangan pada alat *Franck-Hertz demonstration apparatus*. Tabung gas neon kemudian dipanaskan dengan cara mengatur *heater vol adj*. Langkah selanjutnya *grid 1 K* dan *grid 2 A* dilakukan pengaturan masing-masing pada skala I. Tegangan pada *grid 2 K* kemudian diatur sehingga ditampilkan nilai tegangan sebesar 2 volt pada multimeter eksternal. Nilai arus yang ditampilkan pada amperemeter selanjutnya dapat dilakukan pencatatan. Percobaan tersebut dilakukan pula untuk pertambahan nilai tegangan dalam kenaikan 2 volt hingga tegangan yang ditampilkan 80 volt. Selanjutnya dilakukan variasi diaturnya *grid 2 A* pada skala II dan III dengan skala *grid 1 K* tetap pada skala I. Tegangan pada *grid 2 K* juga dilakukan kenaikan sejumlah 2 volt hingga tegangan akhir bernilai 80 volt. Selain itu dilakukan pula variasi diaturnya *grid 1 K* pada skala II dan III dengan skala pada *grid 2 A* tetap pada skala I. Tegangan pada *grid 2 K* juga dilakukan kenaikan 2 volt hingga tegangan yang ditampilkan 80 volt. Hasil keseluruhan nilai tegangan pada *grid 2 K* dan arus yang ditampilkan dapat di plot dalam bentuk grafik.

Langkah kerja pada percobaan Franck Hertz dapat dibuat dalam bentuk diagram alir. Adapun diagram alir yang dimaksud seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir percobaan Franck-Hertz

III. HASIL DAN DISKUSI

Data yang telah didapat pada percobaan Franck Hertz dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai energi puncak rata-rata dan spektrum dari gas neon yang digunakan. Data tersebut tentunya juga dapat ditampilkan dalam bentuk tabel. Selain itu, plot grafik hubungan tegangan dengan arus dapat di tampilkan sehingga dapat dilakukan pembahasan mengenai percobaan Franck Hertz.

3.1 Analisa data dan perhitungan

Dalam percobaan Franck Hertz yang telah dilakukan dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan besarnya energi puncak rata-rata dan spektrum gas neon yang digunakan. Adapun contoh perhitungan yang dapat ditulis adalah sebagai berikut.

- Diketahui : V puncak 1 = 20 volt
 V puncak 2 = 36 volt
 V puncak 3 = 54 volt
 V puncak 4 = 70 volt
- Ditanya : E₁, E₂, E₃, E₄?
 λ₁₀, λ₂₁, λ₃₂, λ₄₃, λ̄?

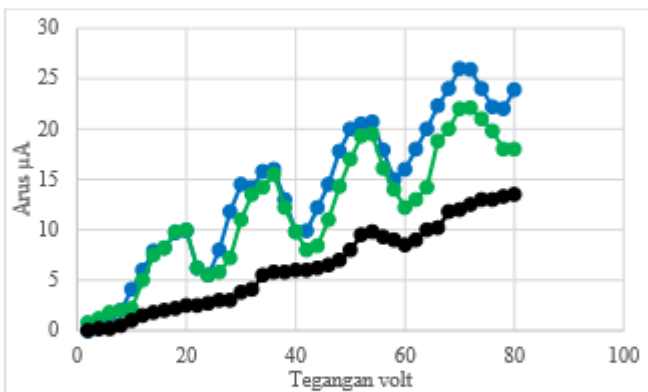
Tabel 1
 Hasil perhitungan energi eksitasi

Variasi G1K-G2A	V puncak volt	Energi Eksitasi x10 ⁻¹⁸ J
I-I	20	3,204
	36	5,7672
	54	8,6508
	70	11,214
I-II	20	3,204
	36	5,7672
	54	8,6508
	72	11,5344
I-III	21	3,3642
	37	5,9274
	54	8,6508
	69	11,0538
II-I	20	3,204
	36	5,7672
	52	8,3304
III-I	70	11,214
	20	3,204
	36	5,7672
	53	8,4906
	70	11,214

Tabel 2
 Hasil perhitungan spektrum gas neon

Variasi G1K-G2A	Panjang gelombang (E _n , E _m) x10 ⁻⁷ meter	Spektrum warna
I-I	6,20787	Merah
	7,75983	Merah
	6,89763	Merah
	7,75983	Merah
Rata-rata	7,15629	Merah
I-II	6,20787	Merah
	7,75983	Merah
	6,89763	Merah
	6,89763	Merah
Rata-rata	6,94074	Merah
I-III	5,91225	Jingga
	7,75983	Merah
	7,30337	Merah
	8,27715	Merah
Rata-rata	7,31315	Merah
II-I	6,20787	Merah
	7,75983	Merah
	7,75983	Merah
	6,89763	Merah
Rata-rata	7,15629	Merah
III-I	6,20787	Merah
	7,75983	Merah
	7,30337	Merah
	7,30337	Merah
Rata-rata	7,14361	Merah
Rata-rata total	7,14202	Merah

- Jawab :
- E₁ = e.V₁
 E₁ = 1,602x10⁻¹⁹x20
 E₁ = 3,204x10⁻¹⁸ J
 Maka dengan cara yang sama dapat ditentukan nilai E₂, E₃, dan E₄.
 E₂=5,767x10⁻¹⁸ J, E₃=8,651x10⁻¹⁸ J, E₄=1,121x10⁻¹⁷ J
 - h. $\frac{c}{\lambda} = E_1 - E_0$
 $\lambda_{10} = \frac{h.c}{E_1 - E_0}$
 $\lambda_{10} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{3,204 \times 10^{-18} - 0}$
 $\lambda_{10} = 6,208 \times 10^{-7} \text{ m}$



Gambar 5. Grafik hubungan tegangan dengan arus untuk G1-Katoda tetap

Maka dengan cara yang sama dapat ditentukan nilai λ_{21} , λ_{32} , dan λ_{43} serta rata-ratanya.

$$\lambda_{10}=6,208 \times 10^{-7} \text{ m}, \lambda_{21}=7,760 \times 10^{-7} \text{ m}, \lambda_{32}=6,898 \times 10^{-7} \text{ m}, \\ \lambda_{43}=7,760 \times 10^{-7} \text{ m}, \text{ dan } \bar{\lambda}=7,156 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat disusun dalam bentuk tabel perhitungan. Adapun data selengkapnya dapat ditulis dalam tabel 1 untuk nilai energi eksitasi dan tabel 2 untuk nilai spektrum gas neon.

3.2 Grafik

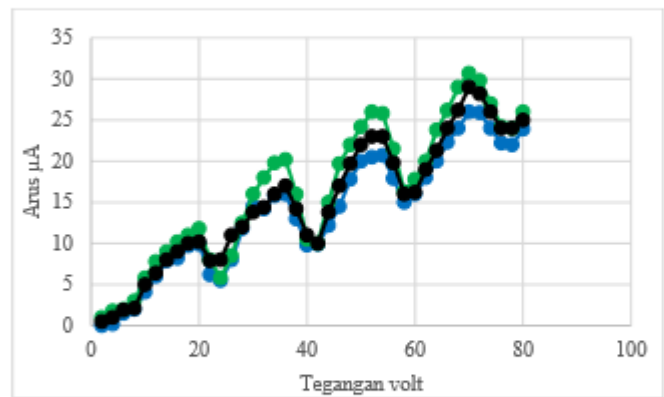
Pada percobaan Franck Hertz yang telah dilakukan, didapatkan data berupa nilai tegangan pada suatu *grid* dan arus yang dapat diukur oleh galvanometer ketika mengesai pelat anoda. Data yang telah didapat tersebut dapat disusun sehingga membentuk grafik hubungan antara arus (sumbu y) dan tegangan (sumbu x). Adapun data selengkapnya grafik untuk skala G1-Katoda tetap dapat disusun seperti pada gambar 5. Dan grafik untuk skala G2-Anoda tetap dapat disusun seperti pada gambar 6.

3.3 Pembahasan

Percobaan Franck Hertz yang telah dilakukan menggunakan prinsip eksitasi elektron untuk menentukan nilai spektrum atom neon yang digunakan. Adanya eksitasi elektron, tentunya akan adanya suatu energi yang dapat dipancarkan. Adapun proses eksitasi yang terjadi pada percobaan ini yaitu dengan cara penumbukan. Katoda yang telah dipanaskan, akan dapat menyebabkan elektrode bergerak keluar dari katoda tersebut. Pada akhirnya, elektron dari katoda tersebut akan bertumbukan dengan atom gas neon baik secara tumbukan lenting sempurna maupun tidak lenting sempurna.

Energi puncak dari percobaan Franck Hertz merupakan suatu bentuk energi yang dapat terjadi ketika terjadinya eksitasi elektron. Energi puncak ini memiliki keterkaitan dengan tegangan puncak. Berdasarkan hal tersebut, energi puncak setiap kulit elektron akan mengalami perbedaan nilai masing-masing. Bila berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, energi puncak dapat terjadi disetiap tegangan ketika memiliki arus secara maksimum. Juga dapat terlihat, bahwa setiap kenaikan pada nilai tegangan pada arus maksimum merupakan gambaran dari proses eksitasi yang berlangsung. Secara sederhana hal ini akan berkaitan dengan letak posisi dari elektron yang akan atau dapat mengalami eksitasi.

Data yang didapatkan berdasarkan percobaan Franck Hertz memiliki komponen arus yang terukur oleh amperemeter pada *Franck-Hertz demonstration apparatus*. Dimana terjadi-



Gambar 6. Grafik hubungan tegangan dengan arus untuk G2-Anoda tetap

nya arus yang mengalir sehingga dapat terukur oleh amperemeter dapat dijelaskan berdasarkan teori yang ada. Dimana ketika elektron telah menumbuk atom gas neon, maka sebagian akan terjadi pertukaran elektron. Dimana elektron tersebut nantinya akan melewati suatu *grid* 2 sehingga elektron akan sampai ke bagian plat anoda. Dimana pada plat anoda yang dimaksud terdapat galvanometer yang dapat mengukur arus kecil. Berdasarkan sifat dari elektron sendiri yang memiliki muatan negatif, maka galvanometer akan melakukan analisa besarnya arus yang dapat terukur pada pelat anoda. Hal ini tentunya juga sangat berkesesuaian dengan konsep aliran listrik merupakan sebuah elektron yang mengalir.

Postulat Bohr menjelaskan mengenai adanya energi pada atom yang bersifat diskrit. Ke distritan dari energi yang dimaksud oleh Bohr tersebut dapat menjelaskan mengenai elektron yang bergerak pada inti atom tidak akan pernah jatuh ke dalam inti atom, melainkan elektron akan stabil dalam menjaga lintasannya sesuai energi yang bersifat diskrit tadi. Namun, berdasarkan konsep dari Bohr, percobaan ini akan memiliki penyimpangan. Penyimpangan yang dimaksud yaitu pada jenis atom yang digunakan. Dimana pada percobaan Franck Hertz kali ini digunakan atom gas neon sebagai objek yang ditumbuk oleh elektron. Namun, konsep dari Bohr hanya dapat menjelaskan mengenai atom yang hanya memiliki satu elektron, dimana atom yang dimaksud oleh Bohr adalah atom hidrogen. Dengan begitu, akan terdapat ketidakcocokan teori dasar berdasarkan dari postulat Bohr

Pada percobaan Franck Hertz kali ini, dilakukan variasi untuk tegangan pemercepat pada masing-masing *grid*. Dimana, pada percobaan pertama, digunakan variasi untuk bagian *grid* 2 anoda dengan skala I, II, dan III dengan nilai skala *grid* 1 katoda bernilai tetap. Berdasarkan grafik gambar 5 yang telah diplotkan, dimana garis biru merupakan skala I, hijau adalah skala II dan hitam adalah skala III, dapat terlihat bahwa tegangan puncak yang terjadi akan lebih besar untuk skala I pada bagian *grid* 2 anoda. Sedangkan untuk percobaan kedua digunakan variasi untuk *grid* 1 katoda dengan skala I, II, dan III dengan nilai skala *grid* 2 anoda adalah tetap. Berdasarkan grafik gambar 6 yang telah di plotkan, terlihat bahwa garis biru merupakan untuk skala I, garis hijau adalah skala II, dan garis hitam adalah skala III. Untuk nilai tegangan puncak yang terjadi secara rata-rata akan lebih besar untuk *grid* 1 katoda berskala II sedangkan paling kecil terjadi untuk *grid* 1 katoda berskala I. Berdasarkan kedua grafik tersebut, dapat disimpulkan mengenai adanya eksitasi elektron berdasarkan tumbukannya. Tumbukan tersebut juga dipengaruhi oleh variasi sebagai energi yang ada.

Percobaan Franck Hertz yang telah dilakukan tentunya juga memiliki penyimpangan data. Hal ini seperti pada saat variasi untuk *grid 1* katoda skala I dengan *grid 2* anoda skala III. Data tersebut telah di plotkan ke dalam grafik pada gambar 5 untuk garis yang hitam. Dimana, bentuk grafik yang telah didapat sangat tidak sesuai dengan konsep dari percobaan Franck Hertz. Hal ini dikarenakan adanya faktor eror saat percobaan. Faktor eror yang dimaksud terdiri dari dua yaitu faktor karena kesalahan manusia dan lingkungan. Untuk kesalahan lingkungan dapat terjadi ketika pelat katoda yang dipanaskan tidak mengalami pemanasan yang sempurna. Sehingga loncatan elektron pun juga tidak keluar dengan sempurna. Selanjutnya untuk faktor eror berdasarkan kesalahan manusia terjadi dalam pengukuran. Dimana, pada pengukuran arus terjadi eror paralaks karena ketidak presisian pengamat dengan jarum analog dari amperemeter. Sehingga, data arus yang didapatkan akan mengalami pergeseran data akhir percobaan.

IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh pada percobaan Franck Hertz yaitu model atom Bohr dan fenomena eksitasi dapat diketahui berdasarkan percobaan ini dengan menggunakan atom gas neon. Kemudian percobaan Franck Hertz juga telah dapat dipahami berdasarkan percobaan maupun teorinya. Untuk nilai tegangan eksitasi dapat diperoleh untuk masing-masing variasi dengan nilai arus maksimum sebagai nilai tegangan eksitasinya. Dan yang terakhir didapatkan bahwa panjang gelombang neon yang dapat diukur secara rata-rata berdasarkan percobaan yaitu sebesar 714 nm. Nilai panjang gelombang tersebut dapat diindikasikan bahwa spektrum atom neon pada percobaan adalah berwarna merah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya selaku penulis laporan ini dan praktikan dari percobaan Franck-Hertz mengucapkan terimakasih kepada segenap asisten laboratorium Fisika Madya. Terimakasih saya sampaikan kepada saudara Gilang Baswara Anggara P sebagai asisten laboratorium dari percobaan Franck-Hertz. Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada rekan-rekan dan semua pihak yang terkait dalam praktikum Franck-Hertz baik saat melakukan percobaan serta dalam melakukan penyusunan laporan praktikum ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Beiser A. "Concepts of Modern Physics". New York : McGraw-Hill, Inc (1995)
- [2] Tipler R. "Modern Physics". New York : W. H. Freeman and Company (2008)
- [3] Becchi C M, D'Elia M, "Introduction to Basic Concept of Modern Physics". Genova : Springer (2007)
- [4] Ashby N, Miller S C. "Principle of Modern Physics". San Francisco : Holden-Day, Inc (1970)

LAMPIRAN

Tabel 3
Data hasil percobaan Franck-Hertz

G1-K I G2-A I		G1-K I G2-A II		G1-K I G2-A III		G1-K II G2-A I		G1-K III G2-A I	
V volt	A μ A	V volt	A μ A	V volt	A μ A	V volt	A μ A	V volt	A μ A
2	0,00	2	0,80	2	0,00	2	1,00	2	0,50
4	0,20	4	1,20	4	0,20	4	1,80	4	1,00
6	1,50	6	1,80	6	0,20	6	2,00	6	1,90
8	2,00	8	2,00	8	0,50	8	3,00	8	2,10
10	4,10	10	2,20	10	1,00	10	5,80	10	5,00
12	6,00	12	5,00	12	1,50	12	7,80	12	6,40
14	7,90	14	7,50	14	1,80	14	9,00	14	8,00
16	8,20	16	8,20	16	2,00	16	10,2	16	9,00
18	9,70	18	9,80	18	2,20	18	11,0	18	10,0
20	9,90	20	10,0	20	2,50	20	11,8	20	10,2
22	6,20	22	6,20	22	2,50	22	8,00	22	7,90
24	5,50	24	5,50	24	2,70	24	5,80	24	8,00
26	8,00	26	5,80	26	3,00	26	8,50	26	11,0
28	11,8	28	7,20	28	3,00	28	12,5	28	12,0
30	14,5	30	11,0	30	3,80	30	16,0	30	13,8
32	14,2	32	13,5	32	4,10	32	18,0	32	14,4
34	15,8	34	14,2	34	5,50	34	19,8	34	16,0
36	16,0	36	15,5	36	5,80	36	20,2	36	17,0
38	13,0	38	12,2	38	5,80	38	16,0	38	14,2
40	9,80	40	9,80	40	6,00	40	10,5	40	11,0
42	9,90	42	8,00	42	6,00	42	10,0	42	10,0
44	12,2	44	8,40	44	6,20	44	15,0	44	13,8
46	14,5	46	11,0	46	6,50	46	19,7	46	17,0
48	17,8	48	14,3	48	7,00	48	22,0	48	19,7
50	20,0	50	17,0	50	8,00	50	24,2	50	22,0
52	20,5	52	19,3	52	9,50	52	26,0	52	23,0
54	20,7	54	19,5	54	9,80	54	25,8	54	23,0
56	17,9	56	16,1	56	9,30	56	21,5	56	19,8
58	15,0	58	14,0	58	9,00	58	16,3	58	16,0
60	16,0	60	12,2	60	8,50	60	17,8	60	16,2
62	18,0	62	13,0	62	9,00	62	20,0	62	19,0
64	20,0	64	14,2	64	10,0	64	23,8	64	21,3
66	22,3	66	18,8	66	10,2	66	26,2	66	24,0
68	24,0	68	20,0	68	11,8	68	29,0	68	26,2
70	26,0	70	22,0	70	12,0	70	30,7	70	29,0
72	25,9	72	22,1	72	12,5	72	29,8	72	28,2
74	24,0	74	21,0	74	13,0	74	27,0	74	26,0
76	22,2	76	19,8	76	13,0	76	24,2	76	24,0
78	22,0	78	18,0	78	13,3	78	24,0	78	24,0
80	23,9	80	18,0	80	13,5	80	26,0	80	25,0