

Bahan Ajar Gerak Planet dalam Pembelajaran Fisika di Madrasah

Riska Anjani

Program Pendidikan Fisika
UIN Sunan Gunung Djati Bandung
Email: riskaanjaniarifin@gmail.com

Silvia Ariandini

Program Pendidikan Fisika
UIN Sunan Gunung Djati Bandung
Email: iandinisilvia18@gmail.com

Irawan

Program Pendidikan Fisika
UIN Sunan Gunung Djati Bandung
Email: irawan@uinsgd.ac.id

Abstrak

Konsep mengenai orbit bulan dan planet-planet tertentu pertama kali dikemukakan oleh Ptolemeus yang kemudian dikoreksi oleh al-Battani (858-929 M), ia juga berhasil menentukan perkiraan awal bulan baru, dan perkiraan panjang matahari. Al-Battani juga mengembangkan metode untuk menghitung gerakan dan orbit planet-planet, namun temuan tersebut lebih dikenal sebagai temuan Kepler (1571-1630 M). Karya dan temuan ilmuwan muslim banyak, namun guru-guru di madrasah belum banyak yang bisa menyampaikan tentang temuan-temuan ilmuwan muslim yang berkaitan dengan fisika. Guru-guru di madrasah umumnya memberikan pengetahuan tentang fisika sama dengan tingkat SMA yang mengacu pada ilmuwan barat. Tujuan dari penelitian ini untuk mengungkap bahwa karya ilmuwan muslim dapat digunakan sumber belajar IPA di madrasah agar peserta didik di madrasah secara budaya lebih dekat dengan Islam. Investigasi yang digunakan yaitu investigasi kualitatif dengan pendekatan filsafat sains.

Kata Kunci: Orbit Planet, Filsafat Sains, Al-Battani, Madrasah Aliyah

Konsep mengenai orbit bulan dan planet-planet tertentu pertama kali dikemukakan oleh Ptolemeus yang kemudian dikoreksi oleh al-Battani (858-929 M), ia juga berhasil menentukan perkiraan awal bulan baru, dan perkiraan panjang matahari. Al-Battani juga mengembangkan metode untuk menghitung gerakan dan orbit planet-planet, namun temuan tersebut lebih dikenal sebagai temuan Kepler (1571-1630 M). Temuan-temuan dari Kepler dikenal dengan hukum-hukum gerak planet. Al-Battani menggunakan konsep trigonometri untuk menghitung perkiraan panjang matahari, gerakan dan orbit planet-planet.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengungkap bahwa karya ilmuwan muslim dapat digunakan sumber belajar IPA di madrasah agar peserta didik di madrasah secara budaya lebih dekat dengan Islam. Teori-teori yang ditemukan ilmuwan muslim sampai sekarang masih digunakan dan dipelajari meskipun tidak dicantumkan bahwa teori tersebut adalah hasil dari temuannya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode investigasi kualitatif dengan pendekatan filsafat sains.

Pemikiran al-Battani telah mempengaruhi para ilmuwan-ilmuwan setelahnya. David Hume (1711-1776 M) adalah filsuf Pencerahan Inggris yang paling berpengaruh dalam perkembangan sejarah filsafat Barat. Sebagaimana tradisi filsafat yang berkembang di Inggris, pemikiran filosofis Hume dikenal sebagai empirisme, sementara teori pengetahuannya dikenal sebagai skeptisisme [1, p. 325]. Menurut Lavine (1984 M) Hume mengungkap karya-karya Francis Hutcheson (1694-1746 M) yang berpendapat bahwa prinsip moral tidak berdasarkan kitab injil. Keyakinan moral menurut Hutcheson terdapat pada perasaan kita, sentimen setuju atau tidak setuju [2]. Hutcheson terpengaruh oleh Shaftesbury (1671-1713 M). Kontribusi terbesar untuk dunia estetika yang diberikan oleh Shaftesbury adalah konsep tentang "ketanpapamrihan" yang berarti terbebas dari keinginan/kepentingan pribadi. Menurut Shaftesbury, apresiasi estetis sempurna adalah apresiasi tanpa pamrih. Maksudnya, seseorang bisa mengapresiasi suatu hal dan menikmati keindahannya tanpa mempunyai keinginan untuk memiliki hal tersebut [3].

Menurut John Locke (1632-1704 M), segala pengetahuan datang dari pengalaman dan tidak lebih dari itu. Locke tidak membedakan antara pengetahuan inderawi dan pengetahuan akal. Satu-satunya sasaran atau objek pengetahuan adalah gagasan-gagasan atau ide-ide, yang timbulnya karena pengalaman lahiriah (*sensation*) dan karena pengalaman batiniah (*reflection*). Pengalaman lahiriah mengajarkan kepada kita tentang hal-hal yang di luar kita, sedang pengalaman batiniah mengajarkan tentang keadaan-keadaan psikis kita sendiri. Segala sesuatu yang berada di luar kita menimbulkan diri kita gagasan-gagasan dari pengalaman lahiriah kita [4]. John Locke berguru pada Thomas Hobbes (1588-1679 M), ia berpendapat manusia dalam keadaan alamiah bukanlah sejenis hewan sosial (*social animal*). Sebaliknya naluri manusia mendorong seseorang untuk berkompetisi atau berperang. Keadaan itulah yang kemudian 'memaksa' akal manusia untuk mencari kehidupan alternatif yang lebih baik yang mana manusia dapat mengekang hawa nafsunya. Hobbes mendapatkan inspirasi dari Galileo Galilei (1564-1642 M) mengenai penggunaan pendekatan dalam mempelajari manusia dan masyarakat. Prinsip gerak Galileo dalam memahami alam semesta, ini mempengaruhi alat-alat mekanis, namun manusia itu merupakan mesin-mesin yang berpikir. Akal telah menyebabkan manusia mencari alasan-alasan rasional untuk tidak saling menghancurkan [5].

Nicolaus Copernicus (1473-1543 M) beranggapan bahwa matahari adalah merupakan pusat peredaran planet-planet, termasuk di dalamnya adalah bumi, sedangkan bulan adalah mengelilingi bumi yang kemudian bersama-sama bumi berputar mengelilingi matahari. Sedangkan matahari hanyalah berputar mengelilingi sumbunya saja [6]. Al-Zarqali (1029-1087 M) menemukan fakta bahwa orbit planet itu adalah berbentuk elips (bukan sirkular), dia mengoreksi panjang Laut Mediterania. Al-Zarqali juga mampu menemukan sejumlah fakta penting terkait rahasia langit, seperti planet, bintang, bulan dan matahari. Beliau telah menciptakan jadwal Toledan dan juga merupakan seorang ahli yang menciptakan astrolabe yang lebih kompleks bernama Safiha. Al-Battani (858-929 M), ia berhasil menentukan perkiraan awal bulan baru, perkiraan panjang matahari, dan mengoreksi hasil kerja Ptolemeus mengenai orbit bulan

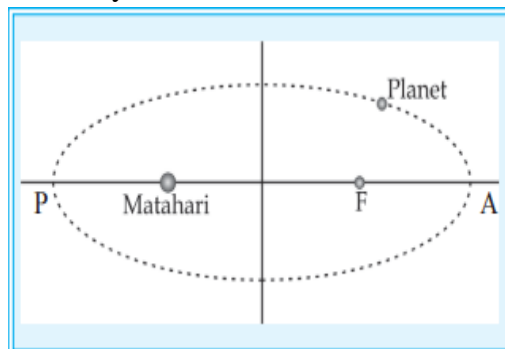
dan planet-planet tertentu. Al-Battani juga mengembangkan metode untuk menghitung gerakan dan orbit planet-planet [7].

Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Hukum Kepler

Jauh sebelum Newton mempelajari tentang fenomena alam semesta, Kepler telah lebih dahulu menyelidiki gerak planet dalam tata surya. Sebagai seorang ahli matematika, beliau condong mempelajari hal ini dalam cakupan matematik di mana gejala-gejala keteraturan dideteksi dari lintasan dan periodenya. Kepler menemukan bahwa planet bergerak dengan kelajuan tidak konstan tetapi bergerak lebih cepat ketika dekat dengan matahari dibanding saat jauh dengan matahari. Dengan menggunakan hubungan matematika yang tepat antara periode planet dan jarak rata-rata dari matahari, ia berhasil memberikan kesimpulan dalam hukum-hukum tentang gerak planet yang kemudian dikenal dengan hukum Kepler.

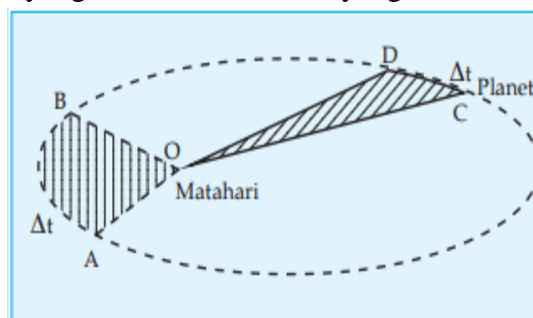
Hukum I Kepler menyatakan bahwa semua planet bergerak dalam orbit elips dengan matahari sebagai salah satu fokusnya.



Gambar 1 Lintasan planet berbentuk elips

Gambar 1 menunjukkan lintasan elips dari planet dengan matahari berada salah satu titik fokusnya (F). Titik P merupakan titik dimana planet paling dekat dengan matahari dan dinamakan dengan Perihelion, sedangkan titik A adalah titik terjauh planet dengan matahari yang dinamakan dengan Aphelion.

Hukum II Kepler menyatakan bahwa garis yang menghubungkan tiap planet ke matahari menyapu luasan yang sama dalam waktu yang sama.



Gambar 2 Luas daerah arsiran OAB sama dengan luas daerah arsiran OCD.

Perhatikan Gambar 2! Gambar tersebut menjelaskan hukum II Kepler. Pada waktu yang sama yaitu Δt , maka luasan OAB sama dengan luasan OCD. Sebuah planet bergerak lebih cepat ketika lebih dekat dengan matahari dibandingkan ketika saat jauh dengan matahari.

Hukum III Kepler menyatakan bahwa kuadrat periode tiap planet sebanding dengan pangkat tiga jarak rata-rata planet dari matahari. Hukum III Kepler menunjukkan hubungan antara periode dengan jarak rata-rata planet ke matahari. Jika r adalah jarak rata-rata antarplanet dan matahari, sedangkan ΔT adalah periode revolusi planet, maka secara matematis hukum III Kepler dapat ditulis sebagai berikut.

$$T^2 = Cr^3 \text{ atau } \frac{T^2}{r^3} = C$$

Dengan C adalah konstan, sehingga untuk dua buah planet berlaku:

$$\frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{T_2^2}{r_2^3}$$

Keterangan:

T_1 : periode planet ke-1

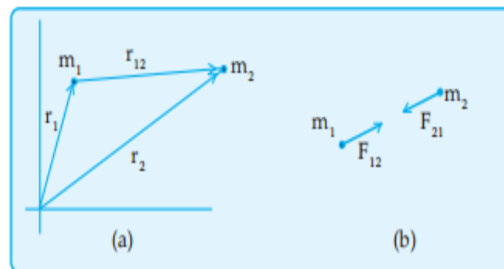
T_2 : periode planet ke-2

r_1 : jarak rata-rata planet ke-1 dengan matahari

r_2 : jarak rata-rata planet ke-2 dengan matahari.

2. Hukum-Hukum Newton

Coba Anda ingat lagi fenomena pada gerak melingkar! Masih ingatkah Anda tentang gaya sentrifugal? Ya, jika pada suatu benda dipaksa untuk bergerak melingkar oleh gaya sentripetal maka pada benda tersebut timbul reaksi dengan gaya sentrifugal.



Gambar 3 (a) Benda bermassa m_1 di posisi r_1 dan benda kedua bermassa m_2 di posisi r_2 mengarah dari m_1 ke m_2 dan (b) Gaya F_{12} mengarah dari m_1 ke m_2 dan gaya F_{21} mengarah dari m_2 ke m_1 .

Pada saat bulan bergerak mengelilingi bumi dengan kecepatan v , maka akan timbul gaya sentrifugal (F_s) yang mendorong bulan ke lintasan luar. Apabila gaya ini dibiarkan bekerja tanpa ada penyeimbangannya, maka secara otomatis semakin lama bulan akan menjauhi bumi.

Newton mempostulatkan bahwa tiap benda mengadakan gaya tarik pada benda lain yang sebanding dengan massa kedua benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak

pisah antara kedua benda tersebut. Gaya yang diberikan oleh massa m_1 pada m_2 adalah F_{12} besarnya adalah sebagai berikut.

$$F_{12} = \frac{Gm_1m_2}{r_{12}^2}$$

Keterangan :

F : gaya tarik gravitasi (N)

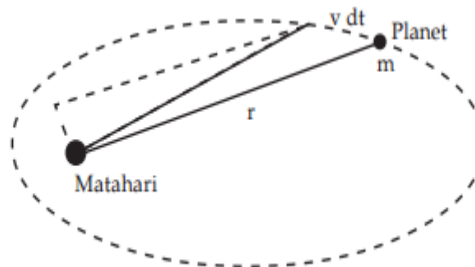
m_1 : massa benda 1 (kg)

m_2 : massa benda 2 (kg)

r : jarak antara kedua benda (cm)

G : konstanta gravitasi umum ($6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$)

Hukum ketiga Newton menyatakan bahwa gaya F_{21} yang dikerjakan oleh m_2 pada m_1 adalah negatif dari F_{12} . Artinya F_{12} adalah sama besarnya dengan F_{21} tetapi arahnya berlawanan. Planet-planet mengelilingi matahari ditarik oleh sebuah gaya yang besarnya berbeda-beda sesuai dengan berubahnya $\frac{1}{r^2}$, sehingga lintasan planet itu berbentuk elips. Jadi, hukum I Kepler adalah akibat langsung dari hukum gravitasi Newton. Hukum II Kepler diperoleh dari kenyataan bahwa gaya yang diberikan oleh matahari ke planet diarahkan ke matahari.



Gambar 4 Luas yang disapu planet dalam waktu dt adalah separoh dari jajaran genjang yang terlihat.

Dalam waktu dt planet bergerak sejauh $v dt$ dan menyapu separuh luasan jajaran genjang yang dibentuk oleh vektor r dan $v dt$, yaitu $r \times v dt$. Jadi, luas dA yang disapu dalam waktu dt oleh vektor jejari r adalah, $dA = \frac{1}{2} |rv dt| = \frac{1}{2m} |rmv dt| = \frac{1}{2m} Ldt$, dengan $L = rmv$ merupakan momentum angular planet relatif terhadap matahari.

Luasan yang disapu dalam selang waktu tertentu dt sebanding dengan momentum angular L . Selama planet bergerak, nilai L adalah konstan, maka luasan yang disapu dalam suatu selang waktu tertentu dt adalah sama untuk semua bagian orbit. Hal ini sama dengan yang dikemukakan Kepler dalam Hukum II Kepler. Sekarang ditinjau dari sebuah planet yang bergerak mengelilingi matahari dengan kelajuan v dalam orbit lingkaran berjari-jari r . Karena planet bergerak dalam sebuah lingkaran, maka planet mempunyai percepatan sentripetal. Dari hukum II Newton tentang gerak diberikan:

$$F = m_p \cdot a$$

Dan berdasarkan hukum gravitasi Newton:

$$F = \frac{GM_m m_p}{r^2}$$

didapatkan:

$$\begin{aligned} \frac{GM_m m_p}{r^2} &= m_p \cdot \frac{v^2}{r} \\ v^2 &= \frac{GM_m}{r} \\ v &= \sqrt{\frac{G \cdot M_m}{r}} \end{aligned}$$

Keterangan :

M_m : massa matahari

m_p : massa massa planet

r : jarak rata-rata antara planet dan matahari

v : kecepatan satelit

Jarak yang ditempuh oleh planet adalah sepanjang $2\pi r$. Apabila jarak yang ditempuh oleh planet tersebut selama satu periode tertentu, maka kelajuan planet tersebut dapat ditulis sebagai berikut.

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

Jika $v = \frac{2\pi r}{T}$ disubstitusikan ke $v^2 = \frac{GM_m}{r}$, maka akan diperoleh :

$$v^2 = \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{G \cdot M_m}{r} \rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_m} r^3$$

Persamaan di atas mirip dengan hukum III Kepler. Persamaan tersebut juga berlaku untuk orbit satelit tiap planet jika massa matahari M_m diganti dengan massa planet [8]. Astronomi merupakan sains kuno banyak dikembangkan dan paling dihargai. Sebagai salah satu ilmu pengetahuan tertua dalam peradaban manusia, astronomi kerap dijuluki sebagai 'ratu sains'. Setelah runtuhnya kebudayaan Yunaani dan Romawi, maka kemajuan ilmu astronomi berpindah ke bangsa Arab. Astronomi berkembang begitu pesat pada masa keemasan Islam (abad 8-15 M), yang melahirkan ilmuwan terkenal [9].

Salah satu ilmuwan muslim yang menemukan tentang bidang astronomi yaitu al-Battani. Al-Battani berhasil memperkenalkan istilah berbahasa Arabyang kelak menjadi terkenal dalam bidang astronomis, yakni *azimut*, *zenit*, dan *nadir*. Dia juga berhasil menunjukkan letak kekeliruan ilmuwan Cladius Ptolemaeus tentang gerak, posisi, dan *apogee* matahari. Perhitungan Ptolemaeus mencatat 17 derajat, sedangkan al-Battani mencatat garis bujur apogee matahari telah bertambah 16 derajat 40 menit. Perhitungan panjang tahun menjadi 365hari, 5 jam 46 menit, 24 detik, ketepatan hitungan itu hanya berselisih2 menit dibandingkan dengan waktu yang sebenarnya [10]. Kemiringan ekliptika dan lamanya musim, variasi diameter piringan matahari dan gerhana matahari

cincin, orbit bulan dan kemungkinan penampakan hilal. Al-Battani dikenal menggunakan prinsip trigonometri ketika melakukan observasi astronomi di observatorium yang dibangun Khalifah Makmun Ar-Rasyid dan Khalifah Abbasiyah.

Sejumlah karya tentang astronomi terlahir dari buah pikirnya. Salah satu karyanya yang paling populer adalah al-Zij al-Sabi [11].

Kesimpulan

Setelah dianalisis dalam buku Fisika 2 untuk SMA dan MA yang ditulis oleh Sarwono, Sunaroso, dan Suyatman pada tahun 2009 halaman 31-39 tidak berbasis keislaman karena tidak tercantum pemikiran ilmuwan muslim di dalamnya. Penulisan bahan ajar Fisika di Madrasah sebaiknya dicantumkan pemikiran ilmuwan muslim yang melatarbelakangi materi tersebut, karena penting bagi peserta didik untuk mengetahui bahwa ilmuwan muslim berkontribusi dalam penemuan-penemuan sains yang sampai sekarang teorinya digunakan bahkan dikembangkan oleh para ilmuwan lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] A. R. Caponigri, "A History of Western Philosophy," Notre Dame, University of Notre Dame Press, 1963, p. 325.
- [2] N. Saleh, January 2013. [Online]. Available: <http://www.nuraminsaleh.com/2013/01/david-hume-danpemikirannya.html>. [Diakses 26 March 2017].
- [3] M. Yasintas, October 2013. [Online]. Available: <http://mariayasintas.blogspot.co.id/2013/10/estetika-di-zaman-empirisme-abad-ke-18.html>. [Diakses 26 March 2017].
- [4] Lita, November 2012. [Online]. Available: https://afidburhanuddin.files.wordpress.com/2012/11/john-lock_wd1.pdf. [Diakses 24 March 2017].
- [5] Annesya, July 2011. [Online]. Available: <http://jurnalohjurnal.blogspot.co.id?2011/07/thomas-hobbes-dan-pemikirannya.html>. [Diakses 26 March 2017].
- [6] Dedy. [Online]. Available: http://skp.unair.ac.id/repository/Guru-Indonesia/BiografiGalileoGal_dedykurniawansetyoko_365.pdf. [Diakses 25 March 2017].
- [7] A. Alfin, November 2012. [Online]. Available: <https://alfualfin95.wordpress.com/2012/11/>. [Diakses 26 March 2017].
- [8] S. S. and S. , "Fisika 2," Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 2009, pp. 31-39.
- [9] S. dan B. , "Sumbangan Islam kepada Sains & Peradaban Dunia," Bandung, Nuansa Cendikia, 2001, p. 21.
- [10] Anonim, 29 Mei 2017. [Online]. Available: <http://cdn.rimanews.com/ebook-data/75.pdf>.
- [11] Fakeh, January 2009. [Online]. Available: <http://astro-sufi.blogspot.co.id/2009/01/sejarah-astronomi-islam-dan-pengaruhnya.html>. [Diakses 29 Mei 2017].