

## **Hukum Kepler**

Mata kuliah : mekanika  
Dosen : Dr. Doni Andra, M.Sc.



Disusun Oleh :

Erlangga ade putra  
2013022064

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA PENDIDIKAN  
MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM FAKULTAS  
KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2021**

## **A. Sejarah Hukum Kepler**

### **1. Biografi Penemu**

Johannes Kepler lahir pada tanggal 27

Desember 1571 di Weil derstadt Jerman, beliau adalah seorang tokoh penting dalam revolusi ilmiah, dan astronom Jerman, matematikawan dan astrolog. dia paling dikenal dengan hukum gerak planetnya. Ia meninggal pada tahun 1630 tanggal 15 November di Regensburg Bavaria-Jerman.



Kepler dibesarkan dalam keadaan yang banyak masalah. Ibunya dibakar dituduh sebagai penyihir. Dan ibunya hampir bernasib sama. Anak ini sering sakit-sakitan dan memiliki penglihatan yang buruk yang tidak dapat diperbaiki dengan kacamata.

Sejak kecil ia sudah sering berkenalan dengan gejala langit dan benda langit. Pada tahun 1577 bersama ibunya ia menyaksikan munculnya komet. Dan pada tahun 1580 bersama ayahnya ia menyaksikan gerhana matahari. Kepler sangat cerdas sehingga ia mendapat beasiswa untuk kuliah di Universitas Tübingen untuk belajar teologi, filsafat dan matematika. Ia sempat mengajar matematika dan dasar - dasar astronomi di Universitas Graz Austria. Pada tahun 1584 ia masuk ke seminar Adelberg untuk bersekolah. Dan tahun 1588 ia memperoleh gelar sarjana penuh.

### **2. Latar Belakang Penemuan Hukum Kepler**

Penemuannya bermula pada Tahun 1597, pada saat itu beliau mengambil posisi sebagai asisten Tycho Brahe di Observatorium Benatek, Praha, seorang astronom Jerman yang terkenal. Ketika Tycho meninggal pada tahun 1601, dia meninggalkan catatan-catatannya dan tabel bacaan planet kepada Kepler

dan Kepler menggantikan kedudukannya sebagai Kepala Observatorium dan matematikus kerajaan. Sebagai pengganti Tycho Brahe, Kepler mewarisi setumpuk besar catatan hasil pengamatan cermat ihwal planet-planet yang telah digarap Tycho bertahun-tahun. Karena Tycho astronom besar terakhir sebelum ditemukan teleskop juga pengamat yang hati-hati dan teliti yang pernah dikenal dunia, catatan-catatan itu teramat besar harganya. Kepler percaya bahwa catatan analisa matematika Tycho yang cermat memungkinkannya menentukan kesimpulan bahwa teori gerakan planet adalah benar : heliocentris Copernicus, teori geocentris Ptolemy yang lebih lama, atau bahkan teori ketiga yang dirumuskan Tycho sendiri. Tetapi, sesudah bertahun-tahun melakukan sejumlah perhitungan yang cermat, Kepler dengan rasa cemas menemukan bahwa pengamatan tycho tidaklah konsisten dengan teori manapun.

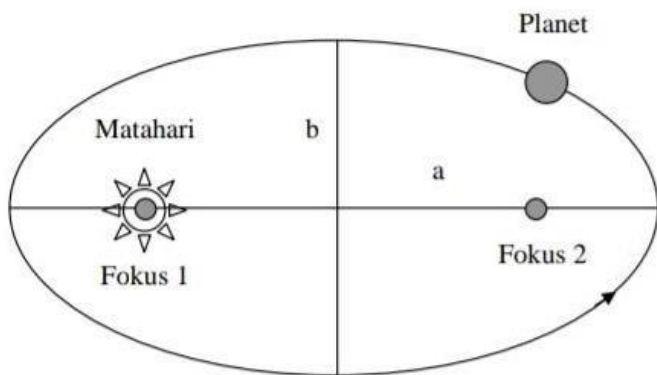
Akhirnya Kepler menyadari bahwa masalahnya adalah : dia, seperti juga Copernicus dan Tycho Brahe dan semua astronom klasik telah menduga bahwa orbit keplanitan terdiri dari lingkaran-lingkaran atau gabungan dari lingkaran-lingkaran. Tetapi, kenyataan menunjukkan bahwa orbit keplanitan tidaklah melingkar, melainkan agak oval, elips. Bahkan sesudah menemukan pemecahan pokok, Kepler masih harus menghabiskan waktu berbulan-bulan untuk meyakinkan bahwa teorinya memuaskan pengamatan Tycho. Dan akhirnya dia menerbitkan Buku besarnya yaitu *Astronomia Nova*, diterbitkan tahun 1609 .

## **B. Hukum Kepler**

### **a) Hukum Elips atau Hukum Kepler I**

Elips merupakan suatu bangun datar berbentuk lonjong ditandai oleh sumbu mayor dan sumbu minor. Hasil-hasil pengamatan dan analisis Kepler tentang gerak dan orbit planet menghasilkan tiga hukum Kepler yang sangat terkenal dan hingga saat ini masih dipercaya keberlakuannya. Hukum pertama Kepler yang disebut juga hukum elips yang dipublikasikan pada

sekitar tahun 1609, menyatakan bahwa semua Planet bergerak dalam lintasan elips mengitari Matahari dengan Matahari berada di salah satu titik fokus elips. Titik Fokus lainnya berada di ruang angkasa. Bentuk orbit Planet menurut hukum pertama Kepler ditunjukkan pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Bentuk orbit planet menurut hukum pertama Kepler

Persamaan elips dari hukum pertama Kepler dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{r}{a} + e \cos \theta = 1$$

Dimana  $e$  adalah eksentrisitas yang merupakan perbandingan antara jarak dua fokus dengan diameter panjang elips. Nilai eksentrisitas menentukan bentuk elips apakah makin lonjong atau makin mendekati bentuk lingkaran. Jika  $e = 0$ , maka orbit planet akan berupa lingkaran. Eksentrisitas bumi,  $e_{\text{Bumi}}$

$= 0,017$ , hampir mendekati nol, jadi orbit bumi hampir mendekati lingkaran.

Akibat lintasan orbit planet berbentuk elips, maka selama suatu planet bergerak mengelilingi matahari menempuh satu putaran penuh yang disebut satu tahun planet, jarak antara planet tersebut dengan Matahari akan selalu berubah-ubah. Pada suatu waktu tertentu, setiap planet akan berada pada posisi paling dekat dengan Matahari dibandingkan dengan waktu-waktu lainnya. Titik pada lintasan orbit planet yang menandai posisi paling dekat planet ke Matahari disebut perihelium (peri = dekat, helios = matahari). Pada waktu tertentu, setiap planet juga akan berada pada posisi paling jauh dari Matahari dibandingkan waktu-waktu lainnya. Titik pada lintasan orbit Planet

yang menandai posisi paling jauh Planet ke Matahari disebut aphelium (ap = jauh, helios = Matahari).

Bumi berada di perihelium kira-kira pada tanggal 3 Januari, dan berada di aphelium kira-kira pada tanggal 4 Juli setiap tahun. Di perihelium, jarak antara Bumi dan Matahari adalah sekitar 91,5 juta mil (147 juta km) dan di aphelium jarak Bumi dan Matahari adalah sekitar 94,5 juta mil (152 juta km). Dengan demikian jarak rata-rata Bumi dari Matahari dalam keseluruhan orbitnya adalah sekitar 93,0 juta mil (150 juta km) atau setara dengan 1 SA (satuan astronomi).

Seluruh Planet bergerak mengitari Matahari (berevolusi) dalam arah yang sama, yaitu berlawanan arah dengan arah putar jarum jam. Demikian juga dengan arah revolusi bulan mengelilingi bumi. Seluruh Planet selain berevolusi mengelilingi matahari, juga berputar mengitari porosnya (sumbu putarnya) masing-masing (berotasi).

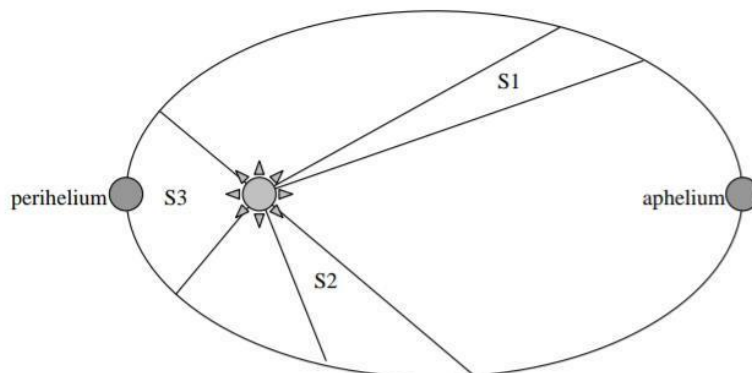
## **b) Hukum Luas Sama dan Hukum Harmonik**

### **❖ Hukum Luas Sama**

Hukum kedua Kepler yang disebut juga sebagai hukum luas sama yang dipublikasikan pada tahun 1609, menyatakan bahwa luas (S) yang disapu oleh garis penghubung antara planet dan Matahari dalam selang waktu (t) yang sama adalah sama ( $S_1 = S_2 = S_3$ ), seperti ditunjukkan pada Gambar 1.2. Hukum ini secara tidak langsung menyatakan bahwa kecepatan orbit suatu Planet mengitari matahari tidaklah konstan (uniform) melainkan berubah-ubah. Planet akan bergerak lebih cepat dalam orbitnya ketika berada pada daerah yang dekat dengan matahari, dan akan bergerak lebih lambat dalam orbitnya ketika berada pada daerah yang jauh dari matahari. Kecepatan orbit Planet berbanding terbalik dengan jaraknya terhadap matahari. Dalam notasi matematis, hukum ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$= C \quad \text{—}$$

Dengan  $C$  adalah konstanta. Persamaan ini dapat dibaca laju perubahan luas yang disapu garis penghubung planet-Matahari terhadap waktu adalah tetap,  $S_1 = S_2 = S_3$ .



*Gambar 1.2 Hukum Kepler kedua yang menggambarkan kecepatan planet di sekitar Matahari.*

Hukum kesamaan luas ini terbentuk sebagai konsekuensi dari adanya kekekalan momentum sudut dari planet-planet ketika berputar mengelilingi Matahari. Momentum sudut ( $L$ ) merupakan suatu besaran fisika terkait gerak rotasi yang didefinisikan sebagai perkalian antara momentum linier dengan jarak radial suatu benda ( $r$ ) dari sumbu putarnya.

$$L = pr$$

Dimana momentum linier ( $p$ ) adalah suatu besaran Fisika yang didefinisikan sebagai perkalian antara massa ( $m$ ) dengan kecepatan ( $v$ ).

Jadi, jika momentum sudut suatu planet yang mengitari matahari adalah kekal, maka planet harus bergerak lebih cepat bila dekat dengan matahari, dan bergerak lebih lambat jika berada jauh dari Matahari. Planet-planet yang berputar mengelilingi Matahari memiliki momentum sudut yang tetap, karena tidak ada gaya yang bekerja dalam arah geraknya. Gaya tarik matahari arahnya membentuk sudut  $90^\circ$  terhadap arah gerak Planet. Sekali Planet bergerak mengelilingi

Matahari, maka planet tersebut akan terus berputar dengan momentum sudut yang konstan, kecuali jika dikenakan gaya yang arahnya dalam arah gerak planet. Sebagai contoh, satelit buatan seperti satelit Palapa yang diorbitkan dalam atmosfer Bumi, akan bergerak mengelilingi Bumi dalam orbit eliptik dengan momentum sudut mula-mula konstan. Akan tetapi akibat adanya gaya gesek dari atmosfer bumi yang arahnya berlawanan dengan arah gerak satelit, maka momentum sudut satelit lama kelamaan akan terus berkurang seiring berjalannya waktu. Jadi adanya gaya gesekan udara dapat menyebabkan hukum kekekalan momentum tidak berlaku, tetapi planet-planet bergerak di ruang hampa sehingga gaya gesek dengan udara dapat diabaikan, sehingga hukum kekekalan momentum sudutnya terjamin.

### ❖ Hukum Harmonik

Hukum ketiga Kepler yang disebut juga sebagai hukum harmonik yang dipublikasikan pada tahun 1618, menyatakan bahwa perbandingan kuadrat periode revolusi ( $T_2$ ) terhadap pangkat tiga dari jarak rata-rata planet ke Matahari (jari-jari elips =  $R_3$ ) adalah sama untuk semua planet.

Secara matematika, pernyataan tersebut dapat dirumuskan seperti berikut :

$$= C \quad \text{—}$$

Dimana  $C$  adalah suatu konstanta yang memiliki nilai yang sama untuk semua planet. Hukum ini secara eksplisit menyatakan hubungan antara periode revolusi suatu Planet dengan jaraknya terhadap matahari. Makin jauh jarak Planet ke matahari (makin besar diameter orbit Planet), makin lama periode revolusinya. Planet yang memiliki diameter orbit paling kecil adalah Merkurius dan yang paling besar adalah Pluto. Sehingga

Merkurius memiliki periode revolusi paling kecil, yaitu sekitar seperempat periode revolusi Bumi (0,25 tahun Bumi), sedangkan Pluto memiliki periode revolusi paling besar yaitu sekitar 248 tahun Bumi.

Periode rotasi tidak ada hubungannya dengan jarak Planet ke Matahari. Periode rotasi Planet Venus yang jaraknya ke Matahari lebih dekat dibanding Planet Bumi, memiliki periode rotasi yang lebih besar dari periode rotasi Bumi, yaitu sekitar 243 hari Bumi. Sedangkan Planet Jupiter yang jaraknya lebih jauh dari Bumi, memiliki periode rotasi yang lebih kecil dari periode rotasi Bumi, yaitu sekitar setengah hari Bumi. Jika Bumi dijadikan sebagai acuan, dimana jarak antara Bumi dan Matahari adalah sekitar  $150 \times 10^6 \text{ km}$  yang disebut sebagai 1

SA, dan periode revolusi Bumi adalah 1 tahun, maka konstanta  $C = 1$ , dan persamaan hukum ketiga Kepler menjadi :

$$= 1, \text{ atau } T^2 = R^3 \quad \text{—}$$

Dimana  $R$  adalah jarak rata-rata Planet ke Matahari dalam satuan

SA dan  $T$  adalah periode revolusi planet dalam satuan tahun.

#### Penerapan Hukum Kepler

- 1) Kebenaran hukum kepler bisa dilihat dari kenampakan alam yang ada disekitar kita. Seperti : supermoon yang membuat bulan seolah-olah lebih besar dari biasanya.
- 2) Perbedaan suhu di siang hari karena perbedaan jarak matahari dengan bumi darihari ke hari.
- 3) Menentukan massa bumi dengan menggunakan periode Bulan mengelilingi Bumi atau massa planet lainnya. Selain itu kita juga bisa membandingkan benda-benda yang mengelilingi pusat-pusat menarik lainnya, seperti Bulan dan satelit cuaca yang mengelilingi Bumi.
- 4) Pada era moden, hukum keoler digunakan untuk aproksimasi orbit satelit dan benda-benda yang mengorbit matahari yang semuanya belum ditemukan pada saat kepler hidup (contoh : planet luar danasteroid). Hukum ini kemudian diaplikasikan untuk semua benda

kecil yang mengorbit benda lain yang jauh lebih besar, walaupun beberapa aspek seperti gesekan atmosfer (contoh : gerakan diorbit rendah), atau relativitas (contoh : prosesi perihelion merkurius), dan keberadaan benda lainnya dapat membuat hasil hitungan tidak akurat dalam berbagai keperluan.

5) Terjadinya Peristiwa supernova. Supernova adalah ledakan dari suatu bintang di galaksi yang memancarkan energi yang teramat besar. Peristiwa supernova ini menandai berakhirnya riwayat suatu bintang. Bintang yang mengalami supernova akan terlihat sangat cemerlang dan bahkan kecemerlangannya bisa mencapai ratusan juta kali cahaya bintang tersebut dari semula. Supernova biasa terjadi karena habisnya usia suatu bintang. Saat bahan-bahan nuklir bintang telah habis, maka tidak akan dapat terjadi reaksi fusi nuklir yang merupakan penyokong hidup suatu bintang

## Kesimpulan

Sejarah hukum kepler adalah ketika Kepler menemukan kelemahan pengamatan Tycho bahwa tidaklah konsisten dengan teori-teori yang ada. Kepler berkesimpulan bahwa dia Tycho Brahe dan semua astronom klasik menduga bahwa orbit planet berbentuk lingkaran padahal fakta menunjukkan orbit planet tidak bulat tetapi ellips.

Penerapan hukum Kepler pada sehari-harinya berlaku untuk peristiwa seperti supermoon, supernova, menentukan massa planet dengan menggunakan periode benda lain yang mengelilingi planet.

## b) Saran

Sebagai generasi penerus dalam dunia modern ini kita bisa menjadikan teori kepler sebagai landasan atau pokok pikiran untuk menyempurnakan atau menemukan penemuan baru yang bisa bermanfaat bagi kehidupan manusia.

## Daftar Pustaka

Tjasyono, B., 2006, Ilmu Kebumian dan Entariksa, Rosdakarya, Bandung

Kanginan, M., 1999, Fisika SMU kelas 2, Erlangga, Jakarta

Bate, Roger R., Mueller, Donald D. dan White, Jerry E. *Fundamentals of Astrodynamics*, New York, Dover Publications, Inc., 1971.

Kepler's life is summarized on pages 627–623 and Book Five of his *magnum opus*, *Harmonice Mundi (harmonies of the world)*, is reprinted on pages 635–732 of *On the Shoulders of Giants: The Great Works of Physics and Astronomy* (works by Copernicus, Kepler, Galileo, Newton, and Einstein). Stephen Hawking, ed. 2002 ISBN 0-7624-1348-4

A derivation of Kepler's third law of planetary motion is a standard topic in engineering mechanics classes. See, for example, pages 161–164 of Meriam, J. L. (1966, 1971), *Dynamics*, 2nd ed., New York: John Wiley, ISBN 0-471-59601-9 .

Murray and Dermott, *Solar System Dynamics*, Cambridge University Press 1999, ISBN-10 0-521-57597-4