



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020



Modul Pembelajaran SMA

FISIKA



KELAS
X



**HUKUM NEWTON TENTANG GRAVITASI
DAN HUKUM KEPLER
FISIKA X**

PENYUSUN

**Herry Setyawan, S.Pd, M.Si
SMA Negeri 2 Sarolangun**

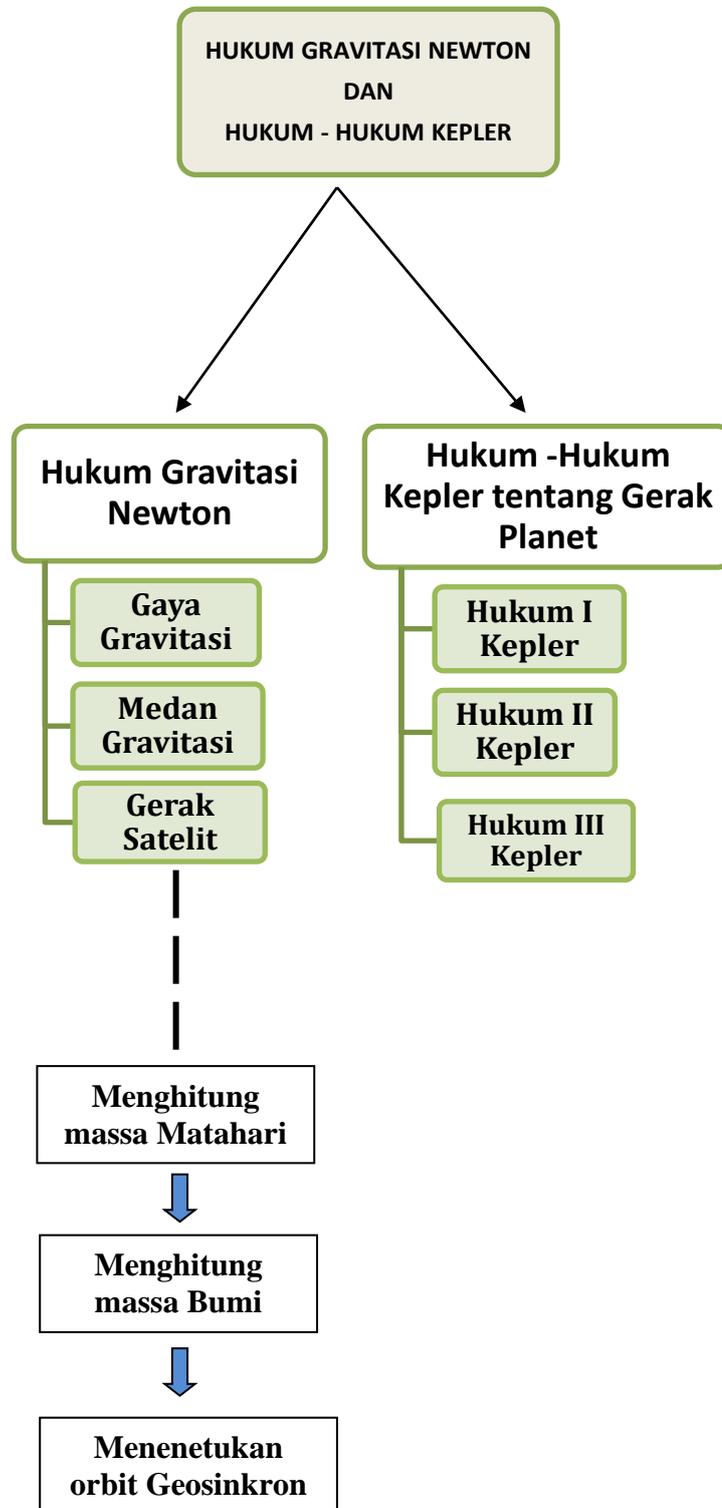
DAFTAR ISI

| | |
|--|----|
| 1 | |
| PENYUSUN | 2 |
| DAFTAR ISI | 3 |
| GLOSARIUM | 4 |
| PETA KONSEP | 5 |
| PENDAHULUAN | 6 |
| A. Identitas Modul | 6 |
| B. Kompetensi Dasar | 6 |
| C. Deskripsi Singkat Materi | 6 |
| D. Petunjuk Penggunaan Modul | 6 |
| E. Materi Pembelajaran | 7 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 | 8 |
| GAYA GRAVITASI DAN MEDAN GRAVITASI | 8 |
| A. Tujuan Pembelajaran | 8 |
| B. Uraian Materi | 8 |
| C. Rangkuman | 14 |
| D. Penugasan Mandiri | 14 |
| E. Latihan Soal | 15 |
| F. Penilaian Diri | 18 |
| KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 | 20 |
| GERAK SATELIT DAN HUKUM KEPLER | 20 |
| A. Tujuan Pembelajaran | 20 |
| B. Uraian Materi | 20 |
| C. Rangkuman | 26 |
| D. Latihan Soal | 26 |
| E. Penilaian Diri | 29 |
| EVALUASI | 30 |
| KUNCI JAWABAN EVALUASI | 33 |
| DAFTAR PUSTAKA | 34 |

GLOSARIUM

- Gaya Gravitasi** : Gaya tarik menarik antara dua buah benda yang saling berinteraksi, yang besarnya sebanding dengan perkalian massa-massa nya tetapi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antar pusat massa yang dari kedua benda tersebut
- Gaya Sentripetal** : Gaya yang diperlukan agar benda bergerak melingkar, dan arahnya selalu menuju pada pusat rotasi
- Kecepatan Linier Satelit** : Kecepatan linier yang arahnya selalu menyinggung pada orbit melingkar dari suatu satelit.
- Medan Gravitasi** : Daerah disekitar benda tertentu yang masih dipengaruhi gaya gravitasi.
- Orbit Satelit** : Lintasan satelit pada ketinggian tertentu dari permukaan planet/bumi yang lintasannya berbentuk lingkaran
- Orbit Geosinkron** : Orbit satelit yang waktu pergerakannya sama dengan waktu pergerakan rotasi bumi, arahnya searah dengan rotasi bumi, dan berpusat pada pusat bumi
- Periode** : Waktu yang dibutuhkan suatu benda atau partikel untuk mengelilingi 1 kali putaran pada suatu objek tertentu

PETA KONSEP



PENDAHULUAN

A. Identitas Modul

| | |
|----------------|---|
| Mata Pelajaran | : FISIKA |
| Kelas | : X |
| Alokasi Waktu | : 6 Jam Pelajaran (2 Pertemuan) |
| Judul Modul | : Hukum Newton Tentang Gravitasi & Hukum Kepler |

B. Kompetensi Dasar

- 3.8 Menganalisis keteraturan gerak planet dan satelit dalam tatasurya berdasarkan hukum-hukum Newton
- 4.8 Menyajikan karya mengenai gerak satelit buatan yang mengorbit bumi, pemanfaatan dan dampak yang ditimbulkannya dari penelusuran berbagai sumber informasi

C. Deskripsi Singkat Materi

Peserta didik yang hebat, generasi masa depan “Indonesia Maju” semoga ananda semua selalu dalam keadaan sehat dalam lindungan Tuhan YME, jangan mudah mengeluh dalam berbagai keterbatasan. Buatlah keterbatasan yang ada menjadi peluang untuk dapat melakukan yang terbaik, sehingga Ananda semua menjadi generasi yang tangguh dalam kondisi apapun yang senantiasa selalu mengharap petunjuk dan ridho dari Tuhan YME.

Pada modul kali ini yang membahas tentang Hukum Gravitasi Newton yang membahas gaya gravitasi, medan gravitasi, gerak satelit dan hukum Kepler tentang gerak planet. Terdapat prasyarat utama sebelum membahas materi pada modul ini yaitu Ananda harus memahami konsep tentang besaran-besaran pada kinematika translasi dan rotasi (Modul KD 3.4 dan KD 3.6), serta Ananda juga harus memahami konsep hukum-hukum Newton tentang gerak yang terdapat pada modul 3.7. Dengan memahami isi secara utuh Ananda akan mendapatkan pengetahuan yang luas terkait dengan fenomena alam terutama tentang keteraturan jagad raya, sistem yang memang telah diciptakan oleh Tuhan YME

Pada modul ini penulis berusaha akan membawa ranah berfikir Ananda semua untuk mampu berpikir akan kekuasaan Tuhan YME. Diharapkan setelah mempelajari modul ini dapat menuntun siswa Ananda untuk berimajinasi dalam proses penerapan hukum gravitasi Newton yang akan membawa rasa ketidakberdayaan kita semua ketika dihadapkan dengan kekuasaan Tuhan YME

D. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajari daftar isi serta skema peta konsep dengan cermat dan teliti.
2. Pahami setiap materi dengan membaca secara teliti dan perhatikan seksama. Apabila terdapat contoh soal, maka cobalah kerjakan kembali contoh tersebut tanpa melihat modul sebagai sarana berlatih.

3. Perhatikan perintah dan langkah-langkah dalam melakukan percobaan dengan cermat untuk mempermudah dalam memahami konsep, sehingga diperoleh hasil yang maksimal.
4. Bila terdapat penugasan dan latihan soal, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan jika perlu konsultasikan hasil tersebut pada guru.
5. Catatlah kesulitan yang Anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada guru pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi lain yang berhubungan dengan materi modul agar Anda mendapatkan pengetahuan tambahan.
6. Diakhir materi terdapat evaluasi, maka kerjakan evaluasi tersebut sebagaimana yang diperintahkan sebagai tolak ukur ketercapaian kompetensi dalam mempelajari materi pada modul ini.

E. Materi Pembelajaran

Modul ini terbagi menjadi **2** kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

Pertama : Gaya Gravitasi dan Medan Gravitasi

Kedua : Gerak Satelit dan Hukum Kepler

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

GAYA GRAVITASI DAN MEDAN GRAVITASI

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran ini, peserta didik diharapkan dapat:

1. menjelaskan tentang konsep Hukum Newton tentang Gravitasi dan besaran-besaran fisika yang terlibat;
2. memahami konsep terjadinya Gaya Gravitasi pada suatu benda yang berinteraksi; dan
3. memahami konsep Medan Gravitasi yang terjadi pada suatu titik benda.

B. Uraian Materi

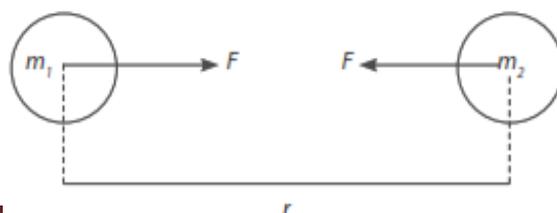
Ananda telah mengetahui bahwa gaya terbagi atas dua yaitu gaya sentuhan/kontak dan gaya tidak sentuh. Gaya karena sentuhan telah kita pelajari di modul KD. 3.7 sebelumnya, dimana terdapat gaya normal (N), gaya gesekan (f_g) ataupun gaya dorong itu sendiri. Sedangkan untuk gaya tak sentuh disebut juga dengan gaya medan ini muncul walaupun benda tidak bersentuhan contohnya gaya listrik, gaya magnet dan gaya gravitasi. Dengan mempelajari gaya tak sentuh ini kita semua dapat mencerna kebesaran Tuhan YME yang tidak ada duanya dan satu-satunya yang wajib di sembah, karena mampu menciptakan sistem alam semesta ini dengan perhitungan yang sempurna. Pada modul ini akan dijelaskan salah satu gaya tak sentuh yang ada di dunia ini beserta dasar-dasar yang mendasarinya sebagai salah satu kewajiban kita menjadi makhluk Tuhan YME untuk selalu taat, dan selalu terus menggali ilmu yang menuntun untuk menyadari akan kebesaran Tuhan YME.

1. Hukum Gravitasi Umum Newton dan Gaya Gravitasi

Hukum Gravitasi Umum Newton

Sebelum mengungkapkan konsep gravitasi nya, Newton sebelumnya menyelidiki gerak-gerak benda angkasa, yaitu planet dan bulan. Dalam peyelidikan itu, Newton menyadari bahwa harus ada gaya pada bulan sehingga bulan tetep berada pada orbit nya mengitari bumi. Jika gaya ini tidak ada pada bulan maka bulan akan bergerak pada lintasan lurus. Pada suatu cerita, suatu ketika Newton sedang duduk bersantai di taman rumahnya dan memperhatikan sebuah apel yang jatuh dari pohon nya. Hal inilah yang menginspirasi Newton membahas ide gravitasi yang selalu di pikirkan selama ini.

Dalam menyelidiki ide tentang gravitasi ini, Newton menghubungkan beerbagai parameter yang akan mempengaruhi tentang konsep gravitasi, seperti massa benda (m) dan jarak pisah (r) antara benda-benda yang saling berinteraksi satu dengan yang lainnya. Perhatikan gambar berikut !



Dari penyelidikannya, Newton menyimpulkan

$$F \sim m_1 \cdot m_2$$

dan

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

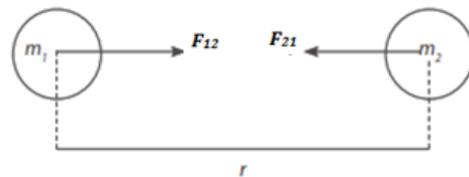
Menurut **Newton**, "Gaya gravitasi antara dua benda merupakan gaya tarik-menarik yang besarnya berbanding lurus dengan perkalian massa masing-masing benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara keduanya". Pendapat tersebut selanjutnya dikenal sebagai **Hukum Gravitasi Newton** yang secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$F \sim \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

Gaya Gravitasi (F)

Berdasarkan Hukum Gravitasi Newton di atas, telah dijelaskan bahwa Gaya Gravitasi merupakan gaya tarik menarik akibat interaksi dua buah benda, yang selalu berbanding lurus dengan perkalian massa masing-masing benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara keduanya, sehingga persamaan gaya gravitasi dapat ditulis :

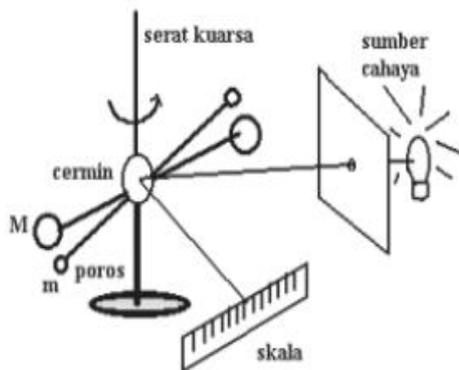
$$F_{12} = F_{21} = F_g = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$



Keterangan :

- $F_{12} = F_{21} = F_g$ = Besar gaya tarik menarik antara kedua benda (Newton)
- G = Tetapan/konstanta umum gravitasi ($6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$)
- m_1 = Massa benda pertama (kg)
- m_2 = Massa benda kedua (kg)
- r = Jarak antara titik pusat massa kedua benda m_1 dan m_2 (meter)

Tetapan gravitasi (G) ditentukan secara eksperimen pertama kali oleh *Henry Cavendish* pada tahun 1798 dengan menggunakan *neraca cavendish* berupa neraca torsi yang sangat peka.



Berdasarkan *neraca cavendish* di samping, interaksi antara bola yang bermassa m dan M dapat bergerak bebas dan akan memuntir serat kuarsa, sehingga cahaya yang memantul pada cermin akan bergeser pada skala. Dengan mengkonversikan skala, memperhatikan jarak antar benda, dan masa benda m dan massa benda M , maka Cavendish menetapkan nilai G sebesar $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

Terdapat tiga hal yang harus Ananda perhatikan dalam menerapkan hukum gravitasi Newton, yaitu :

1. Benda dianggap berbentuk bola seragam atau berupa partikel (titik materi) sehingga jarak pisah r adalah jarak pisah antara kedua pusat massa benda
2. Garis kerja gaya gravitasi terletak pada garis hubung yang menghubungkan pusat benda m_1 dan pusat benda m_2 .
3. F_{12} adalah gaya grvitasi ada benda 1 yang dikerjakan olehbenda 2 (disebut *aksi*), dan F_{21} adalah gaya gravitasi pada benda 2 yang dikerjakan oleh

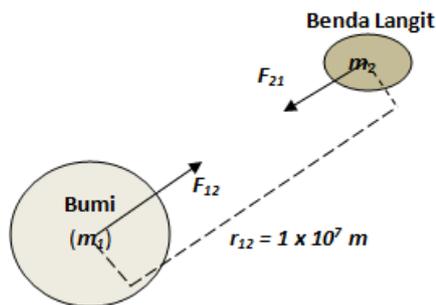
benda 1 (disebut *reaksi*). Jadi F_{12} dan F_{21} adalah dua gaya yang bekerja pada dua benda yang berbeda, sama besar dan berlawanan arah (termasuk pasangan *aksi-reaksi*)

Contoh Soal 1 :

Sebuah benda langit di ruang angkasa yang bermassa 5.000 kg mengorbit Bumi dengan jari-jari orbit 1×10^7 meter. Jika massa Bumi 6×10^{24} kg dan $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$, tentukanlah besarnya gaya gravitasi yang dirasakan oleh benda tersebut!

Pembahasan :

Perhatikan gambar kejadian berikut !



Menentukan besar gaya gravitasi yang dirasakan benda langit (F_{12})

Berdasarkan konsep gaya gravitasi dapat ditulis

$$F_{12} = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r_{12}^2}$$

$$F_{12} = 6,67 \times 10^{-11} \left(\frac{(6 \cdot 10^{24}) \times (5 \cdot 10^3)}{(10^7)^2} \right)$$

$$F_{12} = 6,67 \times 10^{-11} \left(\frac{3 \times 10^{28}}{10^{14}} \right)$$

$$F_{12} = 6,67 \times 10^{-11} (3 \times 10^{14})$$

$$F_{12} = 20,01 \times 10^3 \text{ Newton}$$

$$F_{12} = 20010 \text{ Newton}$$

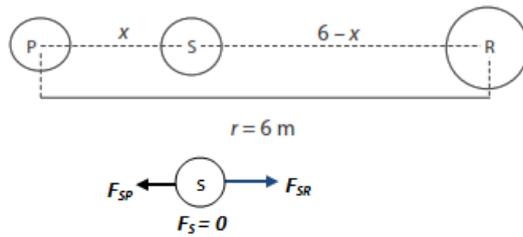
Jadi, pada kasus ini besarnya gaya gravitasi benda langit terhadap bumi adalah **20010 Newton** dengan **arah** menuju pusat bumi.

Contoh Soal 2 :

Benda P bermassa 1 kg berada pada jarak 6 meter dari benda R bermassa 4 kg. Benda S bermassa 2 kg berada di antara benda P dan R. Jika gaya gravitasi yang dirasakan benda S sama dengan nol, berapakah jarak antara P dan S?

Pembahasan :

Perhatikan gambar kasus berikut !



Menentukan jarak antara benda S ke benda P ($r_{SP} = x = \dots?$)

Berdasarkan kasus di atas dapat diketahui bahwa pada benda S tidak mengalami gaya gravitasi ($F_s = 0$), sehingga benda S diam dan berlaku hukum I Newton, dan dapat ditulis :

$$\sum F = 0$$

$$F_{SR} - F_{SP} = 0$$

$$F_{SR} = F_{SP}$$

$$G \frac{m_S \cdot m_R}{r_{SR}^2} = G \frac{m_S \cdot m_P}{r_{SP}^2}$$

$$\frac{m_R}{r_{SR}^2} = \frac{m_P}{r_{SP}^2}$$

$$\frac{1}{(6-x)^2} = \frac{4}{x^2}$$

$$\left(\frac{x}{6-x}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

$$\left(\frac{x}{6-x}\right) = \sqrt{\frac{1}{4}}$$

$$\left(\frac{x}{6-x}\right) = \frac{1}{2}$$

$$2x = 6 - x$$

$$3x = 6$$

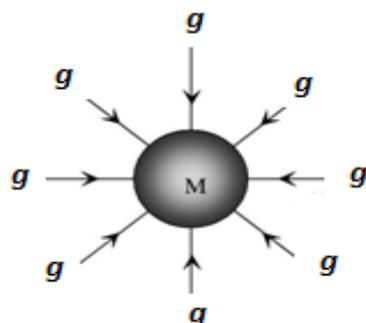
$$x = \frac{6}{3}$$

$$x = 2 \text{ meter}$$

Jadi, agar tidak ada gaya gravitasi yang dirasakan benda S ($F_s = 0$), maka jarak pisah pusat massa antara benda S ke benda P adalah **2 meter**.

2. Medan Gravitasi (g)

Medan gravitasi adalah ruang yang masih dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Besaran yang menyatakan medan gravitasi disebut kuat medan gravitasi (g), yaitu gaya gravitasi tiap satuan massa.

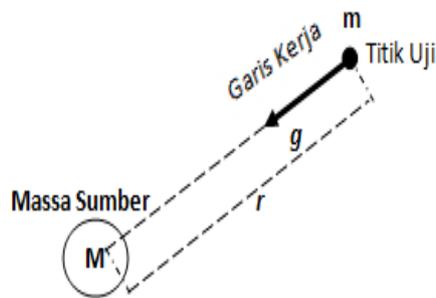


Kuat medan gravitasi (g) merupakan besaran vektor, yaitu medan yang setiap titiknya memiliki nilai dan arah. Garis-garis medan gravitasi (g) merupakan garis-garis

berdambungan (kontinue) yang selalu mengarah menuju ke massa sumber medan gravitasi (seperti terlihat gambar di samping)

Kuat medan gravitasi (g) pada titik apapun dalam suatu ruang didefinisikan sebagai gaya gravitasi (F) per satuan massa pada bermassa uji (M).

Perhatikan gambar berikut !



$$g = \frac{F}{M}$$

Sehingga berdasarkan gambar disamping akan diperoleh

$$g = \frac{G \frac{M \cdot m}{r^2}}{m}$$

$$g = G \frac{M}{r^2}$$

Dapat disimpulkan bahwa garis kerja kuat medan gravitasi terletak pada satu garis hubung yang menghubungkan titik kerja dan pusat massa sumber benda (M) dan arahnya selalu menuju ke pusat massa sumber benda (M).

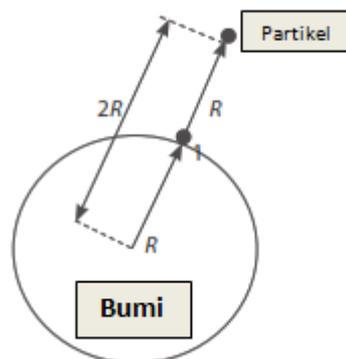
Berdasarkan analisa di atas, dapat disimpulkan bahwa *medan gravitasi* sama dengan *percepatan gravitasi* (g).

Contoh Soal 3 :

Percepatan gravitasi di suatu tempat di permukaan Bumi adalah 10 m/s^2 . Tentukanlah percepatan gravitasi partikel pada suatu titik yang berada pada ketinggian R dari permukaan Bumi (R = jari-jari Bumi)

Pembahasan

Perhatikan gambar pada kasus ini !



- Menentukan percepatan gravitasi partikel (g_p) sejauh R di atas permukaan bumi

Misal : Partikel ketika berada di permukaan bumi adalah g_B , maka akan berlaku analisa persamaan berikut :

$$\frac{g_p}{g_B} = \frac{G \frac{M}{R_p^2}}{G \frac{M}{R_B^2}}$$

$$\frac{g_p}{g_B} = \frac{1}{R_p^2} \cdot \frac{R_B^2}{1}$$

Sehingga diperoleh persamaan :

$$\frac{g_p}{g_B} = \frac{R_B^2}{R_p^2}$$

$$\frac{g_p}{10} = \frac{R^2}{(2R)^2}$$

$$\frac{g_p}{10} = \frac{R^2}{4R^2}$$

$$g_p = \frac{R^2}{4R^2} \times 10$$

$$g_p = 2,5 \text{ m/s}^2$$

Jadi, ketika partikel tersebut berada sejauh R di atas permukaan bumi (berada 2R dari pusat bumi), maka percepatan gravitasi yang dirasakan partikel tersebut adalah **2,5 m/s²**.

Contoh Soal 4 :

Diketahui data fisis planet A dan planet B

| | Planet A | Planet B |
|-----------|----------|----------|
| Massa | M | $0,4 M$ |
| Jari-jari | R | $2 R$ |

Jika suatu benda berada di planet A memiliki berat 600 Newton, Tentukan berat benda di planet B

Diketahui :

$$M_A = M$$

$$M_B = 0,4 M$$

$$R_A = R$$

$$R_B = 2R$$

$$w_A = 600 \text{ Newton}$$

Ditanya : Berat benda berada di planet B (w_B)

Pembahasan

Telah diketahui bahwa : $w = m \cdot g$ dan $g = G \frac{M}{R^2}$

Sehingga dari hubungan persamaan tersebut diperoleh :

$$w \sim G \frac{M}{R^2}$$

Dalam kasus ini dapat ditulis :

$$\frac{w_A}{w_B} = \frac{G \frac{M_A}{R_A^2}}{G \frac{M_B}{R_B^2}}$$

$$\frac{w_A}{w_B} = \frac{M_A}{R_A^2} \times \frac{R_B^2}{M_B}$$

$$\frac{600}{w_B} = \frac{M}{R^2} \times \frac{(2R)^2}{0,4 M}$$

$$\frac{600}{w_B} = \frac{M}{R^2} \times \frac{4 R^2}{0,4 M}$$

$$\frac{600}{w_B} = \frac{4}{0,4}$$

$$4 \times w_B = 0,4 \times 600$$

$$w_B = \frac{0,4 \times 600}{4}$$

$$w_B = 60 \text{ Newton}$$

Jadi, ketika benda tersebut berada di planet B maka berat benda tersebut sebesar **60 Newton**

C. Rangkuman

1. Hukum gravitasi umum Newton menyatakan apabila terdapat dua buah benda terpisah sejauh r dari pusat mass maka benda-bend tersebut akan mengalami gaya interaksi yang besarnya sebanding dengan perkalian massa-massa benda tersebut, tetapi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak r yang memisahkan kedua benda tersebut.
2. Gaya gravitasi merupakan gaya tarik menarik akibat interaksi dua buah benda, yang selau berbanding lurus dengan perkalian massa masing-masing benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara keduanya.
3. Terdapat tiga hal yang harus Ananda perhatikan dalam menerapkan hukum gravitasi Newton, yaitu :
 - a) Benda dianggap berbentuk bola seragam atau berupa partikel (titik materi) sehingga jarak pissah r adalah jarak pisah antara kedua pusat massa benda
 - b) Garis kerja gaya gravitasi terletak pada garis hubung yang menghubungkan pusat benda m_1 dan pusat benda m_2 .
 - c) F_{12} adalah gaya grvitasi ada benda 1 yang dikerjakan olehbenda 2 (disebut *aksi*), dan F_{21} adalah gaya gravitasi pada benda 2 yang dikerjakan oleh benda 1 (disebut *reaksi*). Jadi F_{12} dan F_{21} adalah dua gaya yang bekerja pada dua benda yang berbeda, sama besar dan berlawanan arah (termasuk pasangan *aksi-reaksi*)
4. Medan gravitasi adalah ruang yang masih dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Besaran yang menyatakan medan gravitasi disebut kuat medan gravitasi (g), yaitu gaya gravitasi tiap satuan massa

D. Penugasan Mandiri

Topik : Percepatan gravitasi di berbagai Planet

Tujuan : Menentukan percepatan gravitasi di berbagai planet

Alat dan bahan:

1. Timbangan badan
2. Kertas
3. Pensil

Langkah Kerja

1. Bentuklah kelompok yanterdiri dari tiga orang
2. Siapkan timbangan badan, kemudian ukurlah massa badan setiap anggota kelompok
3. Catat hasil pengukuran masing-masing massa badan setiap anggota kelompok, dan berat badan di Bumi setiap anggota kelompok pada tabel berikut

| No | Nama Anggota Kelompok | Massa (m) sesuai pengukuran (kg) | Berat (w) badan setiap anggota kelompok (Newton) |
|----|-----------------------|----------------------------------|--|
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |

4. Perhatikan tabel berikut !

| No | Planet | Massa Planet (kg) | Jari-jari Planet (m) |
|----|----------|-----------------------|----------------------|
| 1 | Bumi | $5,98 \times 10^{24}$ | $6,38 \times 10^6$ |
| 2 | Venus | $4,88 \times 10^{24}$ | $6,06 \times 10^6$ |
| 3 | Saturnus | $5,68 \times 10^{26}$ | $5,85 \times 10^7$ |

5. Dengan menggunakan data pada tabel di atas (langkah 4), dan menerapkan konsep kuat medan gravitasi (g), lengkapilah tabel berikut !

| No | Planet | Percepatan gravitasi planet | Massa Peserta Didik (kg) | | | | Berat Peserta Didik (N) | | | |
|----|----------|-----------------------------|--------------------------|---|---|---|-------------------------|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Bumi | | | | | | | | | |
| 2 | Venus | | | | | | | | | |
| 3 | Saturnus | | | | | | | | | |

6. Setelah menemukan besar percepatan gravitasi dan berat badan di masing-masing planet (planet Venus dan planet Saturnus), diskusikan beberapa pertanyaan berikut:

- Bagaimana cara menentukan percepatan gravitasi pada setiap planet? Jelaskan!
- Bagaimana perbandingan percepatan gravitasi Bumi dengan percepatan gravitasi setiap planet?
- Buatlah kesimpulan dari kegiatan yang telah Ananda selesaikan tersebut

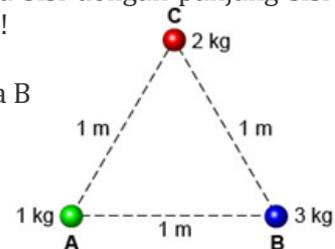
7. Diskusikan hasil yang ananda peroleh dengan seluruh anggota kelompok

E. Latihan Soal

- Jarak antara Matahari dan Bumi adalah $1,5 \times 10^8$ km, sedangkan jarak antara Matahari dan planet X adalah $4,5 \times 10^8$ km. Jika massa Bumi dan planet X dianggap sama dan F adalah gaya gravitasi pada Bumi oleh Matahari, Tentukan gaya gravitasi di planet X!

2. Tiga buah benda A, B dan C membentuk segitiga sama sisi dengan panjang sisinya adalah 1 meter, seperti terlihat gambar berikut !

Tentukan besar gaya gravitasi yang bekerja pada benda B



3. Sebuah satelit mengelilingi bumi pada orbit berbentuk lingkaran dengan jari-jari R dan mengalami kuat medan gravitasi g . Agar kuat medan gravitasi menjadi setengahnya, Tentukan jari-jari orbit yang harus didiami oleh satelit tersebut!

Pembahasan Latihan Soal

1. Penyelesaian

Diketahui :

$$R_{MB} = 1,5 \times 10^8 \text{ km}$$

$$R_{MX} = 4,5 \times 10^8 \text{ km}$$

$$M_B = M_X = M$$

$$F_B = F$$

Ditanya : Gaya gravitasi di planet x (F_x)

Pembahasan :

Berdasarkan konsep hukum gravitasi newton diperoleh

$$F_{12} = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r_{12}^2}$$

Dari persamaan di atas dapat diperoleh

$$\frac{F_x}{F_B} = \frac{G \frac{M_M \cdot M_x}{R_{MX}^2}}{G \frac{M_M \cdot M_B}{R_{MB}^2}}$$

$$\frac{F_x}{F_B} = \left(\frac{M_M \cdot M_x}{R_{MX}^2} \right) \times \left(\frac{R_{MB}^2}{M_M \cdot M_B} \right)$$

$$\frac{F_x}{F_B} = \left(\frac{M \cdot M}{R_{MX}^2} \right) \times \left(\frac{R_{MB}^2}{M \cdot M} \right)$$

$$\frac{F_x}{F_B} = \left(\frac{R_{MB}}{R_{MX}} \right)^2$$

$$\frac{F_x}{F_B} = \left(\frac{1,5 \times 10^8}{4,5 \times 10^8} \right)^2$$

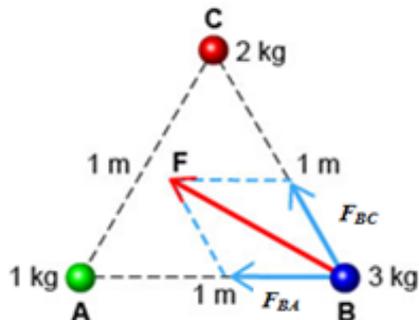
$$\frac{F_x}{F_B} = \left(\frac{1}{3} \right)^2$$

$$\frac{F_x}{F} = \frac{1}{9}$$

$$F_x = \frac{1}{9} F$$

Jadi, pada kasus ini besar gaya gravitasi pada planet x adalah $\frac{1}{9}$ kali gaya gravitasi di bumi

2. Benda B dipengaruhi oleh keberadaan benda A dan C sehingga dari penguraian vektor pada gaya gravitasi di benda B dapat diperoleh sebagai berikut



- Menentukan gaya gravitasi interaksi benda B dengan benda A (F_{BA}) diperoleh

$$F_{BA} = G \frac{M_B \cdot M_A}{R_{BA}^2}$$

$$F_{BA} = G \frac{3 \cdot 1}{1^2}$$

$$F_{BA} = 3 G$$

- Menentukan gaya gravitasi interaksi benda B dengan benda C (F_{BC}) diperoleh

$$F_{BA} = G \frac{M_B \cdot M_C}{R_{BC}^2}$$

$$F_{BA} = G \frac{3 \cdot 2}{1^2}$$

$$F_{BA} = 6 G$$

- Berdasarkan gambar vektor gaya gravitasi pada benda B, karena berada pada segitiga sama sisi, maka vektor F_{BA} dan F_{BC} membentuk sudut apit 60° , sehingga diperoleh

$$F_B = \sqrt{F_{BA}^2 + F_{BC}^2 + 2F_{BA} \cdot F_{BC} \cdot \cos 60^\circ}$$

$$F_B = \sqrt{(3G)^2 + (6G)^2 + 2 \cdot (3G) \cdot (6G) \cdot \cos 60^\circ}$$

$$F_B = \sqrt{9 \cdot G^2 + 36 \cdot G^2 + 36 \cdot G^2 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)}$$

$$F_B = \sqrt{(45 \cdot G^2) + (18 \cdot G^2)}$$

$$F_B = \sqrt{63 \cdot G^2}$$

$$F_B = G\sqrt{63} \text{ Newton}$$

Jadi, besar gaya gravitasi yang bekerja pada benda B adalah $G\sqrt{63}$ Newton

3. Penyelesaian

Diketahui

$$R_1 = R$$

$$g_1 = g$$

$$g_2 = \frac{1}{2}g$$

Ditanya : $R_2 = \dots?$

Berdasarkan konsep kuat meda gravitasi yang sudah dijelaskan di atas, diperoleh

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

Sehingga dalam kasus ini dapat ditulis

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{G \frac{M}{R_1^2}}{G \frac{M}{R_2^2}}$$

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{M}{R_1^2} \times \frac{R_2^2}{M}$$

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

$$\frac{g}{\frac{1}{2}g} = \frac{R_2^2}{R^2}$$

$$R_2^2 = 2R^2$$

$$R_2 = \sqrt{2R^2}$$

$$R_2 = R\sqrt{2}$$

Jadi, agar satelit tersebut memiliki kuat medan gravitasi setengah dari semula maka satelit tersebut harus mengorbit pada lintasan $R\sqrt{2}$

F. Penilaian Diri

Isilah pertanyaan pada tabel di bawah ini sesuai dengan yang kalian ketahui, berilah penilaian secara jujur, objektif, dan penuh tanggung jawab dengan memberi tanda pada kolom Jawaban.

| No | Pertanyaan | Jawaban | |
|---------------|--|---------|-------|
| | | Ya | Tidak |
| 1 | Apakah Ananda memahami konsep Hukum Newton tentang gravitasi? | | |
| 2 | Apakah Ananda mengetahui dan memahami besaran-besaran fisika yang terlibat dalam Hukum-Hukum Newton tentang gravitasi? | | |
| 3 | Apakah Ananda memahami tentang konsep gaya gravitasi (F) dan medan gravitasi (g)? | | |
| 4 | Apakah Ananda memahami beberapa contoh soal dan latihan soal yang telah dibahas di modul ini tentang hukum gravitasi newton yang berkaitan gaya gravitasi dan medan gravitasi? | | |
| Jumlah | | | |

Catatan:

Jika ada jawaban “Tidak” maka segera lakukan review pembelajaran.

Jika semua jawaban “Ya” maka Anda dapat melanjutkan kegiatan Pembelajaran berikutnya

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

GERAK SATELIT DAN HUKUM KEPLER

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran ini, peserta didik diharapkan dapat:

1. menentukan kecepatan orbit satelit pada ketinggian tertentu;
2. memahami dan menganalisis gerak satelit, gerak planet dalam tata surya berdasarkan hukum Kepler dan hukum gravitasi Newton; dan
3. menyimpulkan ulasan tentang hubungan antara kedudukan, kemampuan, dan kecepatan gerak satelit berdasarkan data dan informasi hasil eksplorasi dengan menerapkan hukum Kepler.

B. Uraian Materi

1. Gerak Satelit

Satelit adalah benda-benda langit yang mengitari planet dengan ukuran yang lebih kecil dari planet tersebut. Satelit dibagi menjadi dua, yaitu *satelit alamiah* misalnya bulan dan *satelit buatan* misalnya satelit Palapa. Pada satelit berlaku gaya sentripetal (F_s) dan gaya gravitasi (F_g).

Gaya Sentripetal (F_s)

Gaya sentripetal (F_s) merupakan gaya yang bekerja pada benda yang bergerak melingkar dan arahnya selalu menuju ke pusat rotasi.

$$F = m \cdot a$$

$F_s = m \cdot a_s$ dimana F_s = gaya sentripetal dan a_s = percepatan sentripetal
Sehingga gaya sentripetal dapat ditulis

$$F_s = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

Jika massa satelit adalah m , bergerak mengitari Bumi/planet dengan laju linear v_s , dan berjarak R dari pusat Bumi, maka gaya sentripetal pada satelit dapat ditulis

$$F_s = m \cdot \frac{v_s^2}{R}$$

Keterangan :

F_s = Gaya sentripetal (Newton)

m = Massa satelit (kg)

v_s = Laju linier satelit (m/s)

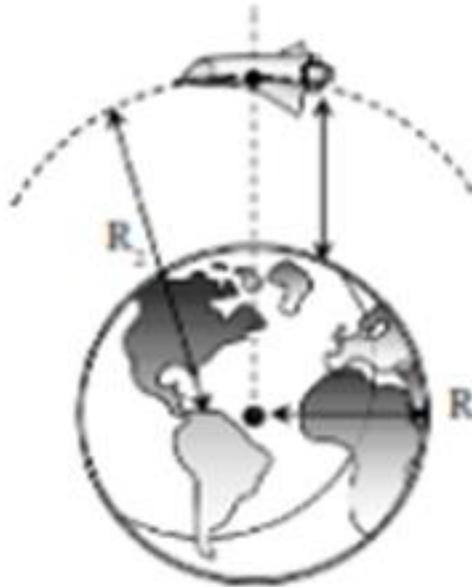
R = Jarak antara benda dengan pusat Bumi / planet (meter)

Gaya Gravitasi (F_g)

Berdasarkan kegiatan pembelajaran 1 telah dijelaskan bahwa gaya gravitasi dapat ditulis :

$$F_{12} = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r_{12}^2} \quad \text{atau} \quad F_g = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r_{12}^2}$$

Perhatikan gambar ilustrasi gerak satelit yang mengorbit pada bumi berikut !



Karena satelit bergerak selalu berada pada lintasan orbitnya, maka dapat disimpulkan bahwa :

$$F_s = F_g$$

$$m_s \cdot \frac{v_s^2}{R} = G \frac{m_B \cdot m_s}{R^2}$$

$$v_s^2 = G \frac{m_B}{R}$$

$$v_s = \sqrt{G \frac{m_B}{R}}$$

Atau

$$v_s = \sqrt{G \frac{m_B}{R^2} \times R}$$

$$v_s = \sqrt{g \cdot R}$$

Keterangan :

v_s = Kecepatan linier satelit pada orbit tertentu (m/s)

M = Massa planet (kg)

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

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

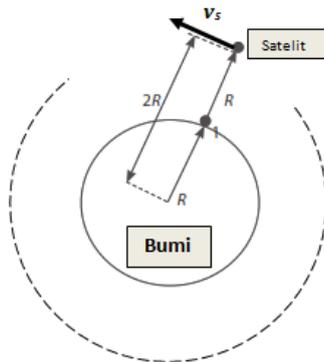
R = Jarak antara benda/satelit ke titik pusat planet/bumi (meter)

Contoh Soal 5 :

Diketahui jari-jari Bumi $R = 6,4 \times 10^6 \text{ m}$ dan percepatan gravitasi dipermukaan Bumi $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tentukanlah kecepatan linear satelit yang mengorbit Bumi pada ketinggian R dari permukaan Bumi.

Pembahasan :

Perhatikan gambar kejadian kasus berikut !



Diketahui :

$$R_1 = R = 6,4 \times 10^6 \text{ m}$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$R_2 = 2R$$

Ditanya :

Tentukan kecepatan linier satelit (v_s) saat mengorbit bumi pada ketinggian $R_2 = 2R$, diukur dari pusat bumi

Untuk menentukan kecepatan linier satelit (v_s) yang mengorbit pada ketinggian tertentu diatas permukaan bumi kita harus menentukan kuat medan gravitasi g di daerah tersebut, seperti yang dibahas pada **contoh soal 3** sebelumnya dan diperoleh

$$\frac{g_B}{g_S} = \left(\frac{R_S}{R_B}\right)^2$$

$$\frac{g_B}{g_S} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2$$

$$\frac{g_B}{g_S} = \left(\frac{2R}{R}\right)^2$$

$$\frac{g_B}{g_S} = \frac{4}{1}$$

$$g_S = \frac{g_B}{4}$$

$$g_S = \frac{10}{4} \quad \text{atau} \quad g_S = \frac{5}{2} \text{ m/s}^2$$

Jadi, kuat medan gravitasi satelit yang dirasakan dititik R_2 adalah $\frac{5}{2} \text{ m/s}^2$

Setelah diperoleh kuat medan gravitasi di titik R_2 , maka kita dapat menghitung kecepatan linier dalam ketika mengorbit bumi di ketinggian R_2 , yaitu :

$$v_s = \sqrt{g_S \cdot R}$$

$$v_s = \sqrt{\frac{5}{2} \cdot (6,4 \times 10^6)}$$

$$v_s = \sqrt{\frac{5}{2} \cdot (6,4 \times 10^6)}$$

$$v_s = \sqrt{(16 \times 10^6)}$$

$$v_s = 4000 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan linier satelit saat mengorbit mengelilingi bumi di titik $2R$ dari pusat bumi adalah **4000 m/s**

2. Hukum-Hukum Kepler

Sebelum Newton ada tiga astronom yang berperan besar mengubah pandangan kuno yang menganggap Matahari, Bulan, planet-planet dan bintang-bintang berevolusi mengitari bumi, serta menganggap bumi adalah pusat tata surya (*geosentris*). Ketiga ilmuwan tersebut adalah **Copernicus**, **Brahe** dan **Kepler**.

Johanes Kepler seorang ilmuwan asal Jerman menjadi asisten **Brahe** pada usia 29 tahun. Kepler mempelajari data pengamatan yang dikumpulkan Brahe selama 30 tahun dan meyakini bahwa geometri dan matematika dapat digunakan untuk menjelaskan angka, jarak dan gerak planet-planet.

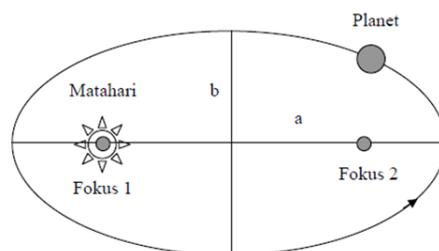
Kepler mempercayai bahwa Matahari mengerjakan sebuah gaya pada planet-planet dan ia menempatkan matahari sebagai pusat sistem (*heliosentris*). Setelah beberapa tahun menganalisis secara teliti data-data yang diperoleh dari Brahe, Kepler berhasil menemukan hukum-hukum yang menjelaskan gerak orbital dari setiap planet mengitari matahari.

Berikut hukum-hukum Kepler yang tentang gerak planet

a) Hukum I Kepler

“Semua planet bergerak pada lintasan elips mengitari Matahari dengan Matahari berada di salah satu fokus elips”

Perhatikan gambar berikut !

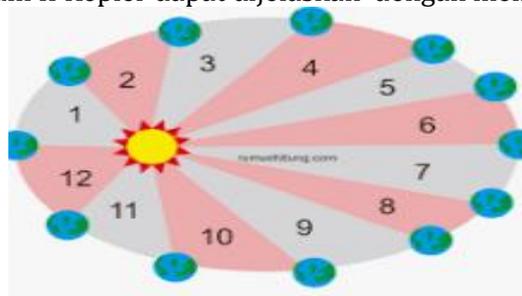


Meski secara teknis elips yang tidak sama dengan lingkaran, tetapi sebagian besar planet mengikuti orbit yang bereksentrisitas rendah, jadi secara kasar bisa dibayangkan mengaproksimasi lingkaran. Jika dilihat dari pengamatan jalan edaran planet, tidak jelas kalau orbit sebuah planet adalah elips. Namun, dari bukti perhitungan Kepler, orbit-orbit itu adalah elips, yang juga membolehkan benda-benda angkasa yang jauh dari Matahari untuk memiliki orbit elips, dan matahari berada di salah satu fokus elips.

b) Hukum II Kepler

“Suatu garis khayal yang menghubungkan Matahari dengan planet menyapu luas juring yang sama dalam selang waktu yang sama”

Hukum II Kepler dapat dijelaskan dengan memahami gambar berikut !



Jika waktu edar planet sama dalam hal ini $t_1 = t_2 = t_3$, maka luas daerah yang menyapu juring pada waktu yang sama memiliki luas (A) daerah yang sama ($A_1 = A_2 = A_3$)

c) **Hukum III Kepler**

Hukum I dan II Kepler dipublikasikan pada tahun 1609, yang berdasarkan data-data pengamatan yang diperoleh Brahe. Kemudian Kepler mencari hubungan antara gerak planet-planet yang berbeda, dan suatu penjelasan untuk menghitung gerak-gerak planet tersebut.

Dan sepuluh tahun kemudian (1619), Kepler berhasil mengemukakan hubungan tersebut dan mengungkapkannya pada Hukum III Kepler yaitu :

"Perbandingan kuadrat periode terhadap pangkat tiga dari setengah sumbu panjang elips adalah sama untuk semua planet"

Dan persamaannya dapat di tulis :

$$\frac{(\text{Periode})^2}{(\text{Radius})^3} = \text{Konstan} \quad \text{atau} \quad \frac{T^2}{R^3} = k$$

Persamaan Hukum III Kepler ini dapat dianalisa dengan menggunakan Hukum Gravitasi Newton, dimana gerak planet dapat dianalogikan sebagai gerak benda yang mengorbit pada matahari, sehingga dapat ditulis

$$F_s = F_g$$

$$m \cdot \frac{v^2}{R} = G \frac{m \cdot M}{R^2}$$

$$v^2 = G \frac{M}{R}$$

$$\omega^2 R^2 = G \frac{m_B}{R}$$

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R^2 = G \frac{M}{R}$$

$$\frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = G \frac{M}{R}$$

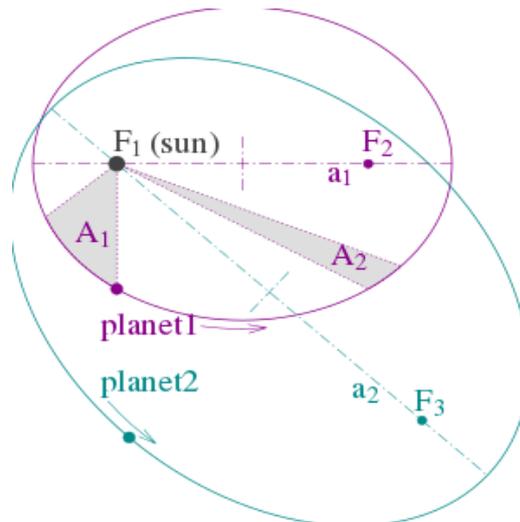
$$\frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = G \frac{M}{R}$$

$$\text{diperoleh} \quad \frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \quad \text{atau} \quad \frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{gR^2} = \text{Konstan}$$

Sehingga dapat disimpulkan

$$\frac{T^2}{R^3} = \text{Konstan} \rightarrow \text{TERBUKTI}$$

Dengan memahami Hukum I, II, dan III Kepler di atas Ananda bisa melakukan visualisasi pengetahuan Ananda pada gambar berikut :



Gambar di atas merupakan gambar yang langsung dapat memvisualisasi pemahaman Anda tentang Hukum I, II dan III Newton secara utuh dan menyeluruh.

Contoh Soal 6 :

Jarak rata-rata antara Matahari dan Merkurius adalah 0,4 kali jarak rata-rata Matahari dan Bumi. Jika periode revolusi Bumi adalah 1 tahun, Tentukan periode revolusi Merkurius adalah

Pembahasan

Diketahui:

$$R_{MM} = 0,4 R_{MB}$$

$$T_{MB} = 1 \text{ Tahun}$$

Ditanya: Tentukan periode revolusi Merkurius mengelilingi Matahari (T_{MM})

Dengan menerapkan Hukum III Kepler diperoleh

$$\frac{T^2}{R^3} = \text{Konstan}$$

$$\frac{T_{MB}^2}{R_{MB}^3} = \frac{T_{MM}^2}{R_{MM}^3}$$

$$\frac{1}{R_{MB}^3} = \frac{T_{MM}^2}{(0,4 R_{MB})^3}$$

$$\frac{1}{R_{MB}^3} = \frac{T_{MM}^2}{0,064 \times R_{MB}^3}$$

$$T_{MM}^2 = 0,064$$

$$T_{MM} = \sqrt{0,064}$$

$$T_{MM} = \mathbf{0,253 \text{ Tahun}}$$

Jadi, Periode revolusi Merkurius terhadap Matahari membutuhkan waktu **0,253 tahun**

C. Rangkuman

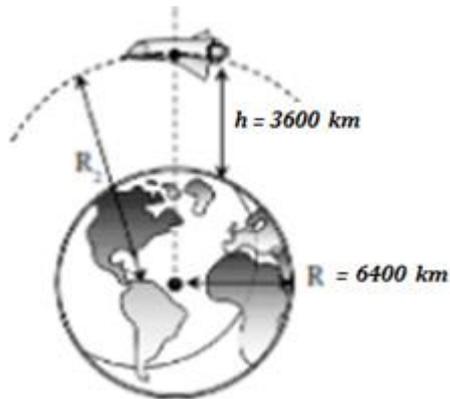
1. Satelit adalah benda-benda langit yang mengitari planet dengan ukuran yang lebih kecil dari planet tersebut. Satelit dibagi menjadi dua, yaitu *satelit alamiah* dan *satelit buatan*. Pagar satelit bergerak pada orbitnya, maka berlaku hubungan gaya sentripetal (F_s) dan gaya gravitasi (F_g).
2. Gaya sentripetal (F_s) merupakan gaya yang bekerja pada benda yang bergerak melingkar dan arahnya selalu menuju ke pusat rotasi.
3. Kecepatan linier pada gerak satelit yang mengorbit pada lintasan orbit tertentu dipengaruhi oleh jarak satelit ke pusat massa planet yang dijadikan pusat orbit (R) dan kuat medan gravitasi yang dirasakan satelit pada titik orbit satelit (g)
4. Terdapat 3 buah hukum Kepler yang membahas tentang gerak planet, yaitu :
 - a. Hukum I Kepler
"Semua planet bergerak pada lintasan elips mengitari Matahari dengan Matahari berada di salah satu fokus elips"
 - b. Hukum II Kepler
"Suatu garis khayal yang menghubungkan Matahari dengan planet menyapu luas juring yang sama dalam selang waktu yang sama"
 - c. Hukum III Kepler
"Perbandingan kuadrat periode terhadap pangkat tiga dari setengah sumbu panjang elips adalah sama untuk semua planet"
5. Hukum Newton tentang gravitasi memiliki keterkaitan yang erat dan mampu menjelaskan hukum-hukum Kepler tentang gerak planet yang telah lahir lebih dulu.

D. Latihan Soal

1. Sebuah satelit mengorbit setinggi 3.600.000 meter di atas permukaan Bumi. Jika jari-jari Bumi adalah 6.400.000 meter dan gerak satelit dianggap melingkar beraturan. Jika percepatan gravitasi di bumi g_B adalah 10 m/s^2 , Tentukan kecepatan linier satelit yang berada di orbit tersebut !
2. Dua buah satelit beredar mengitari Bumi dengan lintasan berbentuk elips. Jika perbandingan ketinggian kedua satelit dari pusat Bumi adalah 1 : 4, maka perbandingan periode revolusi kedua satelit tersebut adalah...
3. Dua planet P dan Q mengorbit Matahari. Apabila perbandingan antara jarak planet P dan planet Q ke Matahari adalah 4 : 9, dan periode planet P mengelilingi matahari 24 hari, Tentukan periode planet Q mengelilingi matahari.

Pembahasan Latihan Soal

1. Perhatikan gambar berikut !



Dengan menerapkan konsep Hukum Newton tentang gravitasi pada gerak satelit yang tertera pada **contoh soal 5** diperoleh :

$$v_s = \sqrt{g_s \cdot R_s}$$

$$v_s = \sqrt{\left(\frac{g_B \cdot R^2}{(R + h)^2}\right) \times (R + h)}$$

$$v_s = \sqrt{\frac{g_B \cdot R^2}{(R + h)}}$$

$$v_s = \sqrt{\frac{10 \times (6.400.000)^2}{(6.400.000 + 3.600.000)}}$$

$$v_s = \sqrt{\frac{(6.400.000)^2}{1.000.000}}$$

$$v_s = \frac{6.400.000}{1.000}$$

$$v_s = \mathbf{6.400 \text{ m/s}}$$

Jadi, kecepatan linier satelit pada orbit tersebut adalah **6.400 m/s**.

2. Penyelesaian

Diketahui :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{4}$$

Ditanya :

$$\frac{T_1}{T_2} = \dots ?$$

- Dengan menggunakan Hukum III Kepler diperoleh :

$$\frac{T^2}{R^3} = \text{Konstan}$$

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3}$$

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3$$

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{1}{4}\right)^3$$

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \frac{1}{64}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{1}{64}}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{8}$$

Jadi, perbandingan periode revolusi kedua satelit tersebut adalah **1 : 8**.

3. Penyelesaian

Diketahui :

$$R_P : R_Q = 4 : 9$$

$$T_P = 24 \text{ hari}$$

Ditanya : Periode planet Q mengelilingi matahari (T_Q)

Dengan menggunakan Hukum III Kepler, diperoleh :

$$\frac{T^2}{R^3} = \text{Konstan}$$

$$\frac{T_P^2}{R_P^3} = \frac{T_Q^2}{R_Q^3}$$

$$\frac{T_P^2}{T_Q^2} = \frac{R_P^3}{R_Q^3}$$

$$\left(\frac{24}{T_Q}\right)^2 = \left(\frac{4}{9}\right)^3$$

$$\frac{576}{T_Q^2} = \left(\frac{4}{9}\right)^3$$

$$\frac{576}{T_Q^2} = \frac{64}{729}$$

$$T_Q^2 = \frac{729 \times 576}{64}$$

$$T_Q^2 = 6561$$

$$T_Q = \sqrt{6561}$$

$$T_Q = \mathbf{81 \text{ hari}}$$

Jadi, periode planet Q mengelilingi Matahari membutuhkan waktu **81 hari**.

Tugas Pengayaan :**1. Tentukan besar massa Matahari !**

(**Petunjuk** : Terapkan hukum Newton tentang gravitasi, jadikan salah satu objek planet (misal : Bumi) yang mengelilingi /mengorbit pada Matahari, sengan menerapkan $F_s = F_g$, maka Ananda akan mendapatkan nilai dari massa Matahari)

2. Tentukan besar massa Bumi !

(**Petunjuk** : Terapkan hukum Newton tentang gravitasi, jadikan salah satu objek satelit (misal : Bulan) yang mengelilingi /mengorbit pada Bumi, sengan menerapkan $F_s = F_g$, maka Ananda akan mendapatkan nilai dari massa Bumi)

3. Tentukan kecepatan linier satelit ketika berada di orbit *Geosinkron* !

“Dengan ilmu segala yang tidak mungkin bisa menjadi mungkin”

E. Penilaian Diri

Isilah pertanyaan pada tabel di bawah ini sesuai dengan yang kalian ketahui, berilah penilaian secara jujur, objektif, dan penuh tanggung jawab dengan memberi tanda pada kolom Jawaban.

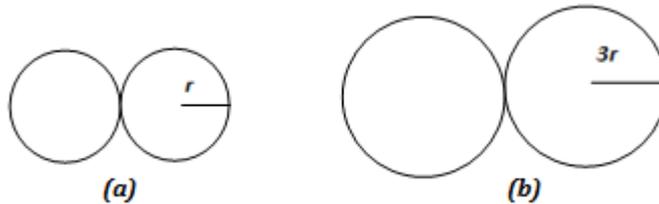
| No | Pertanyaan | Jawaban | |
|---------------|--|---------|-------|
| | | Ya | Tidak |
| 1 | Apakah Ananda memahami konsep Gerak Satelit dan Hukum-Huku Kepler? | | |
| 2 | Apakah Ananda mengetahui dan memahami hubungan yang saling menguatkan dan sangat erat antara konsep Hukum Gravitasi Newton, Gerak Satelit dan Hukum-Hukum Kepler? | | |
| 3 | Apakah Ananda memahami beberapa contoh soal dan latihan soal yang telah dibahas pada modul ini tentang Gerak Satelit dan Hukum-Hukum Kepler yang berkaitan Hukum Newton tentang gravitasi? | | |
| Jumlah | | | |

Catatan:

Jika ada jawaban “Tidak” maka segera lakukan review pembelajaran. Jika semua jawaban “Ya” maka Anda dapat melanjutkan kegiatan Pembelajaran berikutnya

EVALUASI

1. Perhatikan gambar berikut !



Dua bola timah identik dengan jari-jari r , bersentuhan dan saling tarik menarik dengan gaya gravitasi F (lihat gambar **a**). Pada gambar **b** dua bola yang identik dengan kasus gambar **a**, tetapi jari-jarinya pada kasus gambar **b** adalah $3r$. Maka gaya gravitasi yang terjadi pada kasus gambar **b** adalah...

- A. $\frac{1}{9} F$
- B. $\frac{1}{3} F$
- C. $3 F$
- D. $27 F$
- E. $81 F$
2. Dua planet A dan B masing-masing berjarak $2R$ dan $4R$ dari pusat bumi. Jika gaya tarik menarik antara planet A dan B terhadap bumi memiliki nilai yang sama, maka persamaan yang tepat adalah...
- A. $m_A = 4m_B$
- B. $m_A = 2m_B$
- C. $m_A = m_B$
- D. $m_A = \frac{1}{2}m_B$
- E. $m_A = \frac{1}{4}m_B$
3. Diketahui massa planet A adalah 4 kali massa planet B, dan jarak antar pusat planet A ke planet B adalah R . Suatu benda uji bermassa M yang berada pada jarak r dari pusat planet A dan pada garis lurus yang menghubungkan kedua planet memiliki gaya gravitasi nol. Maka nilai r tersebut adalah...
- A. $0,25 R$
- B. $0,50 R$
- C. $0,67 R$
- D. $0,75 R$
- E. $0,80 R$
4. Suatu tempat dengan ketinggian tertentu di atas permukaan bumi memiliki kuat medan gravitasi $\frac{1}{16}g$, dimana g adalah percepatan gravitasi di permukaan bumi. Jika jari-jari bumi adalah R , maka ketinggian tempat tersebut **diukur dari** permukaan bumi adalah...
- A. $4 R$
- B. $3 R$
- C. $2 R$
- D. $0,5 R$
- E. Nol
5. Sebuah benda di permukaan bumi memiliki berat 120 Newton. Jika benda tersebut di bawa ke planet Y, dimana planet Y tersebut memiliki massa 10 kali massa bumi, dan jari-jarinya 2 kali jari-jari bumi, maka berat benda tersebut ketika berada di planet Y adalah...

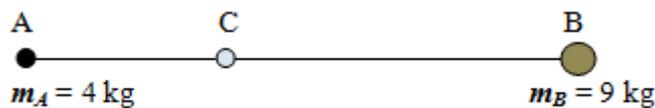
- A. 25 Newton
 - B. 50 Newton
 - C. 100 Newton
 - D. 250 Newton
 - E. 300 Newton
6. Satelit A dan B memiliki massa yang sama dan mengelilingi bumi dengan orbit berbentuk lingkaran. Satelit A berda pada ketinggian orbit R dan satelit B berada pada ketinggian orbit $2R$ *di atas* permukaan bumi. Perbandingan berat satelit A dan B adalah...
- A. 1 : 2
 - B. 2 : 1
 - C. 2 : 3
 - D. 4 : 9
 - E. 9 : 4

7. Perhatikan pernyataan berikut !
- I. Berubah-ubah
 - II. Paling cepat saat bumi paling dekat dengan mayahari
 - III. Paling lambat saat bumi paling jauh dengan matahari
 - IV. Konstan

Pernyataan tentang kecepatan bumi mengelilingi matahari yang paling tepat adalah pernyataan...

- A. I, II, III, dan IV
- B. I, II dan III
- C. I dan III
- D. II dan IV
- E. IV saja

8. Perhatikan gambar berikut !



Dua partikel A dan B terpisah sejauh 10 meter seperti gambar di atas.

Agar titik C tidak ada merasakan kuat medan yang bekerja, maka titik C harus berada...

- A. 4 meter dari A
 - B. 4 meter dari B
 - C. 5 meter dari A
 - D. 6 meter dari A
 - E. 8 meter dari A
9. Dua satelit P dan Q mengorbit sebuah planet yang sama dengan jari-jari orbitnya masing-masing R dan $2R$. Jika kecepatan orbit satelit A adalah v , maka kecepatan orbit satelit B adalah...
- A. v
 - B. $\sqrt{2}v$
 - C. $\frac{v}{\sqrt{2}}$
 - D. $2v$
 - E. $2\sqrt{3}v$

10. Perbandingan jarak rata-rata planet a dan B ke matahari adalah 1 : 4. Jika periode planet A adalah 88 hari maka periode planet B adalah...
- A. 144 hari
 - B. 225 hari
 - C. 625 hari
 - D. 704 hari
 - E. 910 hari

KUNCI JAWABAN EVALUASI

1. A
2. E
3. C
4. B
5. E
6. E
7. A
8. A
9. C
10. D

DAFTAR PUSTAKA

- Hari Subagia, Agus Taranggono. 2007. *Sains FISIKA 2*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kanginan, Marthen. 2016. *Fisika Untuk SMA/MA Kelas X*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Kanginan, Marthen. 2000. *Seribu Pena Fisika SMU Kelas 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Lasmi, Ni Ketut. 2015. *Seri Pendalaman Materi (SPM) Fisika*. Bandung: Penerbit Esis
- Sears, Zemansky. 1994. *Fisika Untuk Universitas 3 Optika Fisika Modern (Terjemahan)*. Bandung: Penerbit Binacipta.
- Surya, Yohanes.1996. *Olimpiade Fisika SMU Caturwulan Kedua Kelas 1*. Jakarta: Penerbit PT Primatika Cipta Ilmu.