



# **STRATEGI SKETSA PENGETAHUAN**



**Helmi Abdullah**

# **STRATEGI SKETSA PENGETAHUAN**

## UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

### **Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4**

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### **Pembatasan Pelindungan Pasal 26**

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

### **Sanksi Pelanggaran Pasal 113**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

# STRATEGI SKETSA PENGETAHUAN

Helmi Abdullah



Yayasan Ahmar Cendekia Indonesia

## **Strategi Sketsa Pengetahuan**

Penulis : Helmi Abdullah

Cetakan Pertama : Januari 2022

Cover : Canva

Tata Letak : Sutte

Hak Cipta 2022, pada Penulis.

Diterbitkan pertama kali oleh:

### **Yayasan Ahmar Cendekia Indonesia**

Jalan Karaeng Bontomarannu No. 57, Bura'ne, Boddia, Galesong, Kab. Takalar  
Sulawesi Selatan, 92254

Website : [www.ahmarcendekia.or.id](http://www.ahmarcendekia.or.id)

E-mail : [penerbit@ahmarcendekia.or.id](mailto:penerbit@ahmarcendekia.or.id)

Anggota IKAPI No. 025/SSL/2019

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak, menerjemahkan, memfotokopi/mencetak, atau menerbitkan sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

- Cet. I – Takalar: Yayasan Ahmar Cendekia Indonesia, 2022  
15.5x23 cm  
e-ISBN : 978-623-6809-16-7

## KATA PENGANTAR

Salah satu kelemahan mendasar dari peserta didik dalam menyelesaikan soal-soal fisika tingkat tinggi adalah “ketidak tahuannya” tentang bagaimana cara menyelesaikan soal tersebut. Padahal fisika telah menyiapkan pengetahuan tersendiri dalam menyelesaikan soal-soal fisika tingkat tinggi. Penulis telah menyelidiki bahwa umumnya peserta didik dalam menyelesaikan soal fisika hanya menggunakan satu strategi yaitu yang dinamakan Strategi Diketahui-Ditanyakan (SDD). Padahal strategi ini sangat sulit digunakan untuk menyelesaikan soal-soal fisika tingkat tinggi. Mengapa demikian? Karena SDD hanya mampu mendeteksi variable yang jelas tertulis dalam pernyataan soal. Sementara untuk soal-soal tingkat tinggi, kebanyakan pernyataan soalnya mengandung variable tersembunyi (variable laten). Sebagai contoh “Mobil melaju konstan 20m/s di jalan tol, jika panjang jalan tol 10.000m, maka tentukan berapa lama mobil berada di tol”. Semua variable yang diperlukan dalam menentukan lamanya mobil di tol jelas tertera dalam soal. Artinya soal ini tidak mengandung variable laten.

Lain halnya jika soalnya seperti “Truk melaju konstan 15m/s, dibelakang truk sejauh 1000m ada mobil melaju konstan 20m/s. Tentukan kapan mobil akan mendahului truk”. Dalam soal ini mengandung variable laten, sehingga untuk menyelesaikan dengan menggunakan SDD, maka yakin peserta didik akan kesulitan. Untuk mengatasi permasalahan ini, penulis menawarkan salah satu strategi yang cukup baik digunakan dalam menyelesaikan soal-soal fisika tingkat tinggi. Strategi ini penulis namakan “Strategi Sketsa Pengetahuan (SSP)”. Strategi ini merupakan hasil penelitian dari penulis sendiri (Abdullah, H 2014). Prinsip strategi ini menggunakan strategi sketsa gambar, artinya sebelum menyelesaikan soal, maka terlebih dahulu pernyataan soal dibuat dalam bentuk sketsa untuk  $t=0$  dan  $t=t$ . Berdasarkan sketsa tersebut, maka dilakukan perumusan dengan menggunakan formulasi dasar.

Disadari benar bahwa untuk menggunakan SSP memerlukan Latihan yang rutin. Karena dengan Latihan akan memantapkan bagaimana menggunakan strategi ini dalam menyelesaikan soal-soal fisika tingkat tinggi.

Harapan penulis, bahwa apa yang telah dituangkan dalam buku sederhana ini akan membawa perubahan pemikiran terhadap bagaimana seharusnya fisika itu di ajarkan. Semoga buku ini bermanfaat bagi siapa saja yang berminat mempelajarinya.

Sebelum penulis akhiri kata pengantar ini, maka sepatutnya penulis memanjatkan puji syukur dan terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan banyak pengetahuan dan ilmu yang tak ternilai harganya, demikian pula halnya terima kasih dan Shalawat kepada Nabi Muhammad SAW karena berkat ke Rasulannya maka Cahaya Ilahi dapat terpancar dengan jelas menerangi alam dunia ini. Demikian pula halnya buat Ija, Eka, dan Eca yang telah menemani penulis dalam menghadapi kehidupan ini. Semoga kebersamaan kita bersama Allah SWT dan Rasulallah SAW senangtiasa mendapat ke RidhaanNya. Aamiin

Makassar, Januari 2022

Helmi Abdullah

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
Bab 1 PERCEPATAN	
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Percepatan Nol	2
1.3 Percepatan Tak Nol	4
1.4 Soal Latihan	10
Bab 2 KECEPATAN RELATIF	
2.1 Pendahuluan	13
2.2 Perahu Melaju di Sungai	13
2.3 Berjalan di Tangga Berjalan	19
2.4 Berjalan di Kereta Api	23
2.5 Soal Latihan	32
Bab 3 FREE FALL & GERAK PROYEKTIL	
3.1 Pendahuluan	35
3.2 Gerak Jatuh Bebas	35
3.3 Gerak Proyektil	47
3.4 Soal Latihan	59
Bab 4 GAYA PENGGERAK	
4.1 Pendahuluan	67
4.2 Gerak Benda pada Bidang Licin	68
4.3 Gerak Benda pada Bidang Kasar	78
4.4 Soal Latihan	95
Bab 5 SISTIM KATROL	
5.1 Pendahuluan	101
5.2 Sistim Katrol Tunggal	101
5.3 Sistim Katrol Mejmuk	106
5.4 Soal Latihan	110



Bab.6	GERAK MENGGELINDING	
	6.1 Pendahuluan	115
	6.2 Menggelinding pada Bidang	115
	6.3 Menggelinding dan Rotasi	128
	6.4 Soal Latihan	134
	DAFTAR PUSTAKA	137

## BAB 1

### PERCEPATAN

#### 1.1 Pendahuluan

Jalan tol adalah jalan khusus yang hanya bisa dilalui oleh kendaraan beroda empat atau lebih. Jalan ini hanya memiliki satu jalur sehingga kendaraan bisa bebas mempercepat laju kemndaraannya dalam batas-batas kewajaran. Kendaraan yang bergerak di jalan tol adalah salah contoh **gerak benda di atas benda diam**. Dalam kaitannya dengan “pelajaran fisika”, hal yang akan dibahas adalah berkaitan dengan gerak lurus (*linier motion*), yaitu benda yang bergerak dengan lintasan lurus. Untuk itu, formulasi yang berkaitan dengan gerak lurus yang akan digunakan yaitu:

$$S = \bar{v}t \quad \dots (1.1)$$

dan

$$a = \frac{v_t - v_o}{t} \quad \dots (1.2)$$

Sebelum kita menggunakan kedua rumus di atas, maka perlu kita memahami besaran-besaran pada kedua persamaan, utamanya besaran  $\bar{v}$ . Untuk setiap gerak kendaraan dengan percepatan konstan (termasuk  $a=0$  adalah percepatan konstan juga), maka sesungguhnya besaran  $\bar{v}$  adalah menyatakan nilai rata-rata kecepatan kendaraan untuk dua kondisi. Misalnya, sebuah kendaraan memiliki kecepatan  $v_o$  (kecepatan awal) yaitu saat  $t=0$ , dan setelah  $t$  kecepatannya menjadi  $v_t$ , maka yang dimaksud kecepatan rata-rata pada persamaan (1.1) adalah:

$$\bar{v} = \frac{v_o + v_t}{2} \quad \dots (1.3)$$

Selain besaran  $\bar{v}$  yang harus kita fahami dengan baik, besaran  $a$  (percepatan) juga penting untuk kita mengerti dengan baik. Dalam hal ini, kita hanya membahas untuk percepatan konstan, artinya nilai percepatan tidak bergantung pada waktu atau nilainya tetap. Sebagai contoh,  $a = 2m/s^2$ . Apa makna dari  $2m/s^2$  tersebut?. Untuk memudahkan memahami maknanya, maka

nilai percepatan itu kita tulis seperti  $a = \frac{2m/s}{s}$ , artinya dalam setiap saat (waktu) kecepatan kendaraan akan bertambah sebesar 2m/s. Misalkan kendaraan di jalan tol bergerak dengan kecepatan awal 2m/s, jika ternyata percepatan kendaraan tersebut adalah 1m/s<sup>2</sup>, maka berapakah kecepatannya setelah bergerak 10s. Untuk menjawab ini, kita perlu perhatikan percepatan kendaraan yaitu 1m/s/s, artinya dalam setiap detik terjadi penambahan kecepatan sebesar 1m/s. Jadi jika selama 10s, maka pertambahannya kecepatan adalah 10m/s. Dengan demikian kecepatan kendaraan setelah bergerak 10s adalah 12m/s (kecepatan awal+pertambahan kecepatan).

## 1.2 Percepatan Nol

Kendaraan yang bergerak dengan  $a=0$  berarti kecepatan kendaraan tersebut memiliki kecepatan tetap. Artinya, pada kendaraan tersebut tidak ada penambahan atau pengurangan kecepatan. Kecepatan awalnya sama dengan kecepatan akhir. Untuk memahami lebih baik tentang kendaraan yang bergerak dengan  $a=0$ , maka berikut ini akan disajikan beberapa contoh soal. Diharapkan melalui contoh soal tersebut, pemahaman tentang konsep kecepatan lebih bermakna.

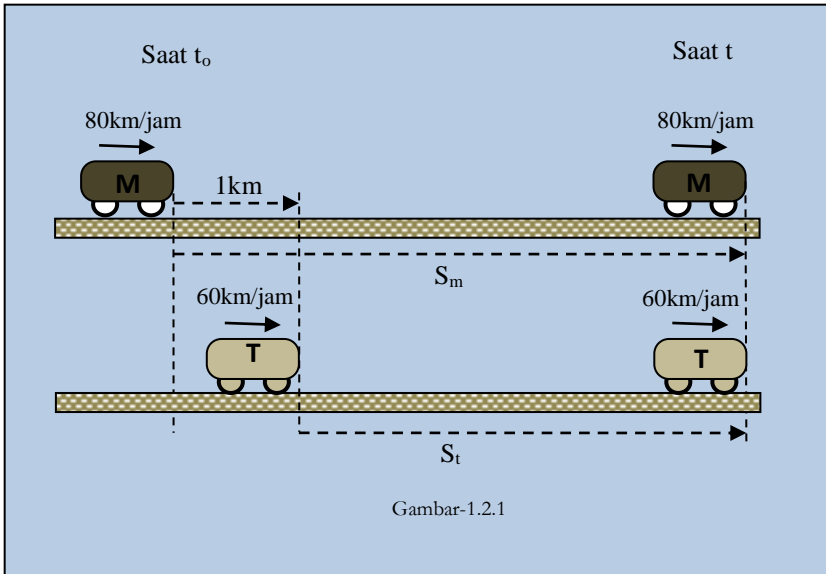
### Soal-1.2.1

Sebuah mobil melaju konstan 80km/jam. Pada saat  $t=0$ , di depannya pada jarak 1000m ada sebuah truk melaju konstan 60km/jam. Tentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan mobil untuk mendahului truk.

### Solusi Soal-1.2.1 (Cara Pertama)

Untuk memudahkan menjawab soal-1.1 ini, maka terlebih dahulu pernyataan soal tersebut di buatkan “sketsa pengetahuan”. Adapun sketsa pengetahuannya diperlihatkan pada gambar-1.2.1 di sebelah. Dari gambar-1.2.1 terlihat hubungan antara gerak mobil dan truk dinyatakan oleh persamaan:

$$S_m = 1 \text{ km} + S_t \quad (a)$$



Dan untuk  $S_t = v_t t$  dan  $S_m = v_m t$ , dengan hubungan (a) dapat ditulis:

$$v_m t = 1 \text{ km} + v_t t$$

$$t = \frac{1 \text{ km}}{v_m - v_t} = \frac{1 \text{ km}}{(80 - 60) \text{ km/jam}} = \frac{1}{20} \text{ jam} = 3 \text{ menit}$$

Soal-1.2.1 di atas dapat pula diselesaikan dengan pendekatan kecepatan relatif yaitu melalui formulasi pada persamaan (1.3) di atas, hanya saja untuk besaran  $\bar{v}$  tidak menyatakan kecepatan rata-rata tetapi “kecepatan relatif objek-1 terhadap objek-2”.

$$v_1 - v_2 = \bar{v} = \frac{S}{t} \quad \dots (1.4)$$

Catatan: Untuk  $v_1$  dan  $v_2$  berlaku prinsip vector, yaitu vektor kecepatan. Artinya kecepatan yang arah kekanan adalah (+) dan sebaliknya arahnya kekiri adalah (-).

### Solusi Soal-1.2.1 (Cara Kedua)

Berdasarkan gambar di atas bahwa kecepatan mobil dan truk adalah searah, maka kecepatan relatif mobil terhadap truk adalah:

$$v_{mt} = v_m - v_t = 80 - 60 = 20\text{km/jam}$$

Sehingga,

$$t = \frac{S}{\bar{v}} = \frac{1\text{km}}{20\text{km/jam}} = \frac{1}{20}\text{jam} = 3\text{menit}$$

## 1.3 Percepatan Tidak Nol

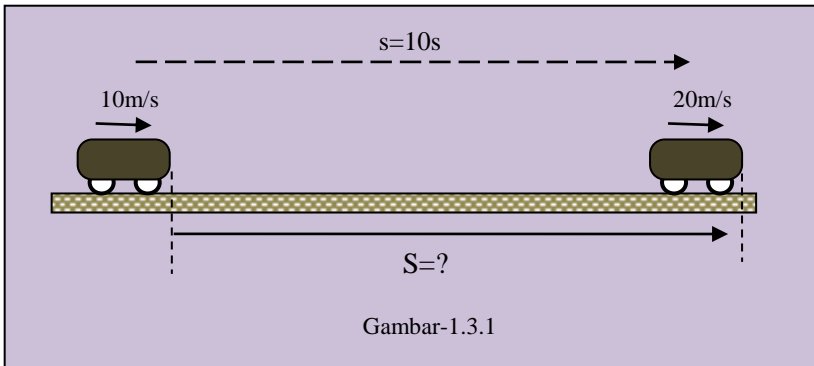
Gerak lurus untuk  $a \neq 0$  adalah benda atau kendaraan yang bergerak lurus dengan kecepatan yang berubah secara beraturan. Perubahan itu ada dua kemungkinan yakni penambahan kecepatan secara tetap ( $a > 0$ ) atau pengurangan kecepatan secara tetap ( $a < 0$ ). Misalkan  $a = 2\text{m/s}^2$ , artinya terjadi penambahan kecepatan sebesar  $2\text{m/s}$  dalam setiap detik. Sebagai contoh, berikut ini akan diberikan contoh-contoh soal.

### Soal-1.3.1

Sebuah mobil bergerak di jalan tol dengan kecepatan awal  $10\text{m/s}$  ( $36\text{km/jam}$ ). Setelah bergerak selama  $10\text{s}$ , kecepatannya menjadi  $20\text{m/s}$ . Tentukan berapa jarak yang ditempuh mobil tersebut selama  $10\text{s}$ .

### Solusi Soal-1.3.1 (Cara Pertama)

Sketsa pengetahuan dari pernyataan soal tersebut diperlihatkan pada gambar berikut.



Terlihat pada gambar-1.3.1 bahwa untuk setiap 10s terjadi pertambahan kecepatan sebesar 10m/s. Untuk percepatan konstan, maka dalam setiap detik terjadi pertambahan kecepatan 1m/s. Dengan demikian  $a = 1\text{m/s}^2$ . Dengan demikian jarak yang ditempuh oleh mobil tersebut selama 10 s adalah:

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = (10)(10) + (0,5)(1)(100) = 150\text{m}$$

Formulasi yang digunakan pada solusi-1.3.1 (cara pertama) ini tak lain formulasi yang banyak digunakan pada buku-buku fisika dasar (populer). Namun demikian, cukup dengan menggunakan persamaan (1.1) di atas, maka dapat ditetukan jarak tempuh mobil pada contoh soal-1.2.1, dengan catatan bahwa  $\bar{v}$  adalah kecepatan rata-rata. Solusi yang dimaksud adalah sebagai berikut.

**Solusi Soal-1.3.1 (Cara Kedua)**

Jarak yang ditempuh mobil dalam waktu 10s adalah:

$$S = \frac{v_t + v_0}{2} t = \frac{10 + 20}{2} (10) = 150\text{m}$$

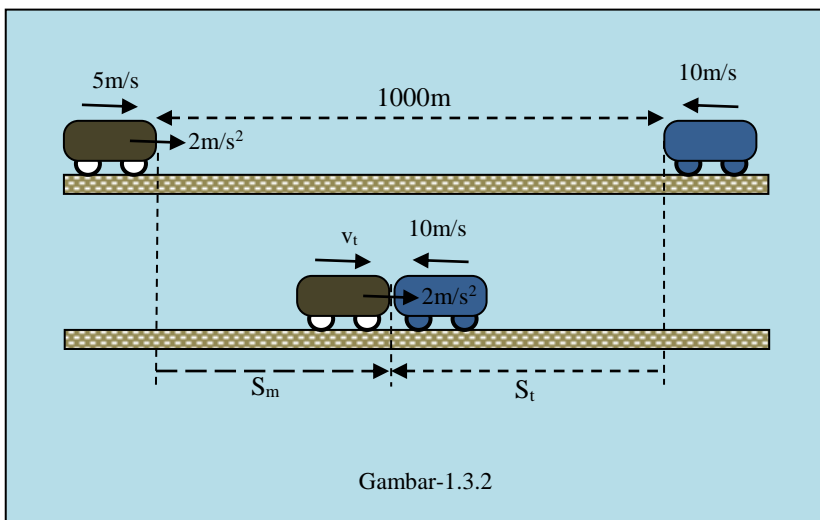
Contoh soal-1.3.1 hanya terdiri sebuah kendaraan, bagaimana halnya jika contoh soal yang akan ditampilkan terdiri dari dua kendaraan yang melaju di jalan tol. Satu kendaraan bergerak dengan kecepatan konstan dan yang bergerak di percepat. Bentuk contoh soalnya adalah sebagai berikut.

### Soal-1.3.2

Sebuah mobil pada saat  $t=0$  adalah kecepatannya adalah  $5\text{m/s}$ . Mobil tersebut bergerak dengan percepatan  $2\text{m/s}^2$ . Pada saat yang bersamaan ( $t=0$ ) yaitu pada jarak  $1000\text{m}$  ( $1\text{km}$ ) didepannya ada sebuah truk bergerak menghampiri mobil tersebut. Tentukan berapa lama yang dibutuhkan kedua mobil tepat saling berpapasan?

### Solusi Soal-1.3.2 (Cara Pertama)

Sketsa pengetahuan dari soal-1.3.2 adalah diperlihatkan pada gambar-1.3.2.



Gambar-1.3.2

Terlihat pada gambar-1.3.2 di atas, bahwa terdapat hubungan:

$$S = S_m + S_t$$

$$S_m = \frac{v_{om} + v_{tm}}{2} t = \frac{v_{om} + (v_{om} + at)}{2} t = \frac{10 + 2t}{2} t = 5t + t^2$$

$$S_t = v_t t = 10t$$

$$1000 = 15t + t^2$$

Dengan menyelesaikan persamaan kuadrat untuk fungsi  $t$ , maka diperoleh:

$$t = 25s$$

Selain dengan cara analisis di atas, soal-1.3.2 juga dapat diselesaikan dengan cara grafik seperti ditunjukkan pada solausi soal berikut ini.

### Solusi Soal-1.3.2 (Cara Kedua)

Solusi cara ketiga yaitu menggunakan kombinasi kecepatan rata-rata dan kecepatan relatif. Langkah pertama adalah menentukan kecepatan relative untuk  $v_{omt}$  dan kecepatan relative untuk  $v_{tmt}$ . Dari keterangan soal diperoleh untuk masing-masing kecepatan relative yang dimaksud yaitu:

$$v_{omt} = 5 - (-10) = 15m/s$$

$$v_{tmt} = [(5 + 2t)] - [-10] = 15 + 2t$$

Selanjutnya adalah digunakan persamaan (1.1), yaitu:

$$S = \bar{v}t,$$

$$1000 = \frac{(15) + (15 + 2t)}{2} t$$



$$t^2 + 15t - 1000 = 0$$

Maka hasil penyelesaian persamaan kuadrat diperoleh nilai yang mungkin adalah:

$$t = 25s$$

Untuk lebih memudahkan pemahaman tentang persamaan (1.1) dan (1.2) ditinjau dari kecepatan rata-rata dan kecepatan relative, maka berikut ini akan disajikan kembali contoh soal, yaitu:

### Soal-1.3.3

Sebuah mobil melaju di jalan tol dengan percepatan  $2\text{m/s}^2$  tepat disamping mobil patroli. Saat mobil berada  $500\text{m}$  dari mobil patroli dan memiliki kecepatan  $5\text{m/s}$ , mobil patroli mulai bergerak dengan percepatan  $4\text{m/s}^2$ . Kapan mobil patroli tersebut tepat akan mendahului mobil tersebut?

### Solusi Soal-1.3.3 (Cara pertama)

Adapun sketsa pengetahuan untuk soal-1.3.3 diperlihatkan pada gambar di sebelah. Terlihat pada gambar-1.3.3 bahwa untuk hubungan antara jarak tempuh mobil patroli dengan mobil, terhitung saat  $t=0$  sampai mobil patroli beriringan dengan mobil atau  $t$ , dirumuskan oleh:

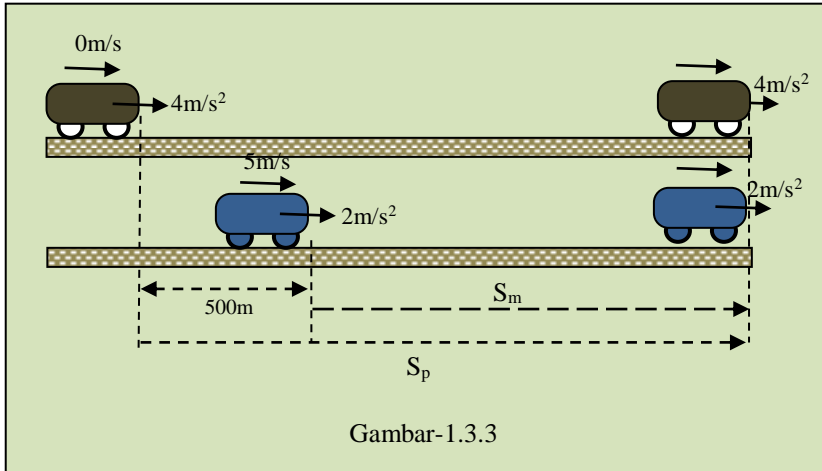
$$S_p = 500 + S_m$$

$$\frac{1}{2}a_p t^2 = 500 + [v_{om}t + \frac{1}{2}a_m t^2]$$

$$2t^2 = 500 + [5t + t^2]$$

$$t^2 - 5t - 500$$

Berdasarkan persamaan kuadrat di atas, maka diperoleh  $t$  yang mungkin untuk pertanyaan soal-1.3.3 di atas, yaitu  $t = 25s$ . Dengan demikian waktu yang dibutuhkan mobil patrol mengejar mobil adalah 25s.



Selain cara di atas, dapat pula diselesaikan soal-1.3.3 dengan menggunakan kombinasi antara kecepatan relative dan kecepatan rata-rata seperti solusi berikut ini.

### Solusi Soal-1.3.3 (Cara Kedua)

Pertama, ditentukan kecepatan relative mobil patrol terhadap mobil untuk masing-masing kecepatan awal dan kecepatan saat berpapasa. Yaitu:

$$v_{opm} = -5\text{ m/s}$$

dan

$$v_{tpm} = [4t - (5 + 2t)] = 2t - 5$$

Maka hubungan jarak mula-mula dengan kecepatan rata-rata adalah:

$$S = \bar{v}_{pm}t$$

$$500 = \left[ \frac{-5 + (2t - 5)}{2} \right] t$$

$$500 = -5t + t^2$$

$$t^2 - 5t - 500 = 0$$

Jadi dari persamaan kuadrat ini, maka dapat ditentukan waktu  $t$  yang mungkin yaitu  $t = 25s$

#### 1.4 Soal Latihan

Berikut ini disajikan soal-soal Latihan. Selesaikan soal-soal berikut ini dengan menggunakan strategi sketsa pengetahuan.

##### Soal-1.4.1

Sebuah mobil melaju konstan di jalan tol dengan kelajuan 60km/jam. Dari arah depan sebuah truk juga melaju konstan 40km/jam. Anggap saat  $t=0$  jarak keduanya adalah 5km. Tentukan (a) kapan kedua mobil akan berpapasan, dan (b) berapa jarak yang ditempuh mobil saat berpapasan dengan truk dihitung saat  $t=0$

##### Soal-1.4.2

Tiga kendaraan melaju konstan ditol. Mobil-1 dan mobil-2 searah sedangkan truk berlawanan arah dengan kedua mobil. Pada saat  $t=0$ , kedudukan kedua mobil terhadap truk adalah mobil-2 berjarak 2500m dari truk, dan mobil-1 berjarak 5000m. Jika kelajuan  $v_1 = 20\text{m/s}$ ,  $v_2=15\text{m/s}$ , dan  $v_{\text{truk}} = 10\text{m/s}$ , maka tentukanlah:

- Jarak mobil-1 dan mobil-2 saat mobil-2 berpapasan dengan truk.
- Jarak mobil-1 dan mobil-1 saat mobil-1 berpapasan dengan truk.

**Soal-1.4.3**

Sebuah mobil dari keadaan diam tepat di loket karcis masuk jalan tol. Lalu perlahan-lahan mobil bergerak dengan percepatan  $1\text{m/s}^2$  selama 20s, setelah itu mobil melaju konstan selama 120s, kemudian perlahan-lahan mobil tersebut memperlambat kelajuan  $2\text{m/s}$  dalam setiap detik hingga berhenti tepat di pintu keluar tol. Tentukan:

- a. Panjang total jalan tol tersebut.
- b. Kecepatan rata-rata mobil selama bergerak.

**Soal-1.4.4**

Sebuah mobil berada tepat pada lampu “trafick light”, pada saat lampu hijau menyala, sebuah truk melaju konstan tepat disamping mobil dengan kelajuan  $15\text{m/s}$  dan mobil sudah mulai juga bergerak. Jika percepatan mobil pada saat itu  $2\text{m/s}^2$ , maka tentukan:

- a. Berapa lama waktu yg dibutuhkan mobil akan mendahului truk.
- b. Berapa jarak dimana mobil akan mendahului truk dihitung saat berhenti.

Dengan demikian tinggi maksimum yang dicapai bola diukur dari tanah adalah:

$$h_{max} = 40 + 5 = 45m$$

### Soal-3.2.5

Dua buah benda mulai dari keadaan diam jatuh dari ketinggian yang sama dengan selisih 1,0s. Berapa lama setelah benda pertama jatuh benda kedua tertinggal 10m?

### Solusi Soal-3.2.5

Untuk soal ini, maka sketsa pengetahuan pada saat keduanya berjarak 10m adalah seperti diperlihatkan pada gambar di sebelah.

Misalkan  $h_1$  dan  $h_2$  adalah jarak masing-masing benda pertama dan kedua diukur dari lantai. Selisih waktu jatuhnya antara benda pertama dan kedua adalah 1s, dan anggap saat benda kedua dijatuhkan adalah  $t=0$ , sehingga diperoleh persamaan tinggi untuk kedua benda pada saat  $t$  adalah:

$$h_1 = \frac{1}{2}g(t + 1)^2$$

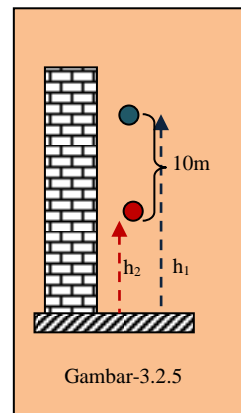
Dan untuk benda kedua adalah:

$$h_2 = \frac{1}{2}gt^2$$

Karena,  $(h_2 - h_1) = -10m$ , maka:

$$-10 = \frac{1}{2}g(t^2 - t^2 - 2t - 1)$$

$$t = 0,5s$$



Dengan demikian, jarak keduanya 10m pada saat benda pertama telah bergerak selama  $1+0,5=1,5s$  saat mula pertama dijatuhkan.

**Soal-3.2.6**

Bola logam dijatuhkan bebas dari suatu gedung. Seorang pengamat berdiri di jendela yang tingginya 1,2m dan dia mengamati bahwa bola tersebut membutuhkan waktu  $\frac{1}{8}s$  untuk melewati jendela tersebut. Bola terus jatuh dan bertumbukan elastik sempurna dengan lantai, dan muncul kembali di dasar jendela 2s setelah bola melewati jendela. Tentukan tinggi gedung tersebut (Ingat: untuk tumbukan lenting sempurna, maka berlaku kecepatan bola saat menyentuh lantai, sama dengan kecepatan bola saat meninggalkan lantai).

**Solusi Soal-3.2.6**

Sketsa pengetahuan soal ini adalah seperti diperlihatkan pada gambar di samping. Misalkan H adalah tinggi gedung, dan h adalah tinggi dasar jendela terhadap lantai. Misalkan  $t_1$  adalah waktu untuk mencapai bagian atas jendela, maka berlaku:

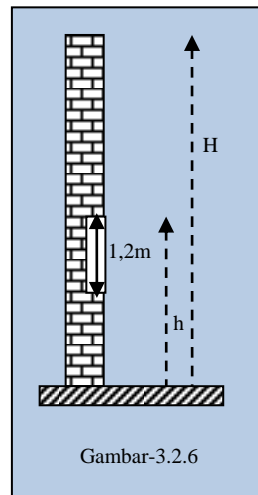
$$H - h - 1,2 = \frac{1}{2}gt_1^2 \dots (i)$$

Dan pada saat bola berada di dasar jendela, maka berlaku persamaan:

$$H - h = \frac{1}{2}g(t_1 + \frac{1}{8})^2 \dots (ii)$$

Jika persamaan (i) kita substitusi ke persamaan (ii), maka diperoleh

$$\frac{1}{2}g(t_1 + 0,125)^2 - 1,2 = \frac{1}{2}gt_1^2$$



Untuk  $g=10\text{m/s}^2$ , maka solusi persamaan kuadrat dari persamaan ini adalah:

$$t_1 = 0,9475 \approx 1\text{s}$$

Serta pada saat bola mencapai lantai berlaku:

$$H = \frac{1}{2}g(t_1 + 0,125 + 1)^2 \dots \text{(iii)}$$

Dengan memasukkan nilai  $t_1=1\text{s}$ , maka diperoleh tinggi maksimum gedung, yaitu:

$$H = 23,125\text{m} \approx 23\text{m}$$

### Soal-3.2.7

Sebuah elevator naik dengan percepatan ke atas  $a$ . Pada saat laju ke atasnya  $v$ , sebuah baut terlepas dari langit-langit yang tingginya dari lantai elevator  $h$ . Tentukan (a) waktu jatuh baut ke lantai elevator dan (b) jarak jatuhnya relatif terhadap lorong elevator.

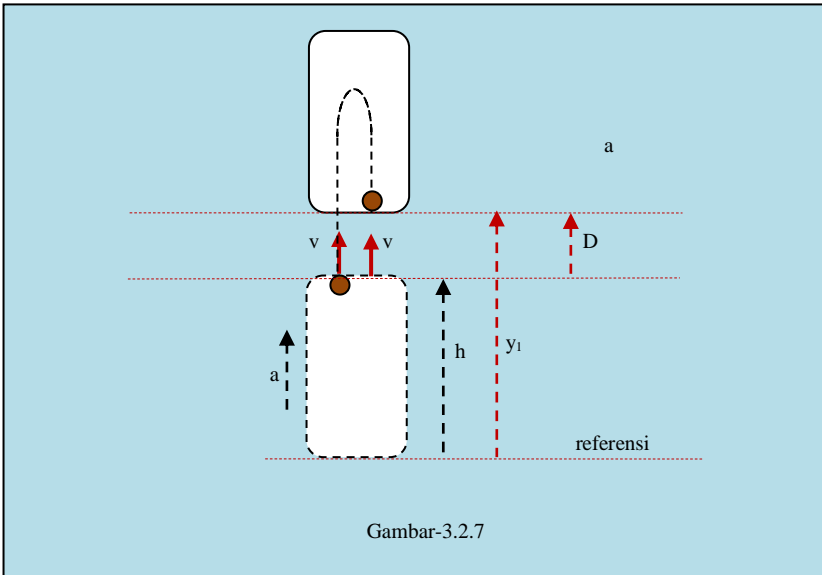
### Solusi Soal-3.2.7

Sketsa pengetahuan untuk soal ini adalah diperlihatkan pada gambar-3.2.7 di sebelah. Dari sketsa di atas terlihat bahwa saat elevator berkecepatan  $v$ , maka baut jatuh. Artinya untuk baut sendiri terlepas dari elevator, memiliki kecepatan yang  $v$ . Kecepatan inilah yang digunakan untuk bergerak ke atas dengan percepatan  $g$  yang arahnya ke bawah. Sehingga diperoleh:

$$y_1 = h + vt - \frac{1}{2}gt^2 \dots \text{(i)}$$

Dan untuk elevator sendiri juga bergerak ke atas dengan percepatan  $a$  yang arahnya ke atas, dengan mengambil titik acuan dasar elevator maka:

$$y_1 = vt + \frac{1}{2}at^2 \dots (ii)$$



Dengan mensubstitusikan persamaan (i) ke (ii), maka diperoleh hasil:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{a + g}}$$

Dan perpindahan bola menurut lorong elevator adalah:

$$D = y_1 - h = b \sqrt{\frac{2h}{a + g}} + h(a - 1)$$



### 3.3 Gerak Projektil (Gerak Peluru)

Di atas telah dibahas gerak peluru yang ditembakkan atau gerak bola yang dilempar secara vertikal (free fall). Kali ini pembahasan di arahkan pada gerak peluru yang ditembakkan atau gerak bola yang dilempar (termasuk ditendang) dengan membentuk sudut elevasi terhadap bidang horizontal.

Perlu diketahui bahwa penggunaan persamaan yang berlaku untuk benda yang bergerak vertikal (yang dimaksudkan adalah free fall) dan gerak dalam bidang horizontal adalah sama saja. Hanya saja pada gerak peluru dengan lintasan parabola terbentuk karena adanya perpaduan gerak vertikal dan gerak horizontal. Untuk memudahkan kembali mengingat persamaan yang telah dirumuskan di atas maka berikut ini akan dituliskan ulang persamaan-persamaannya. Ada dua jenis formulasi yang akan disajikan. Kedua-duanya memiliki kelebihan masing-masing. Adapun formulasi yang dimaksud dirangkum berikut ini.

Formulasi-1

$$y = \bar{v}_y t, x = \bar{v}_x t \text{ dan } h = \frac{1}{2} g t^2 \quad \dots (3.1)$$

Formulasi-2

$$y_t = y_0 + v_{oy} t - \frac{1}{2} g t^2 \text{ dan } x_t = v_x t \quad \dots (3.2)$$

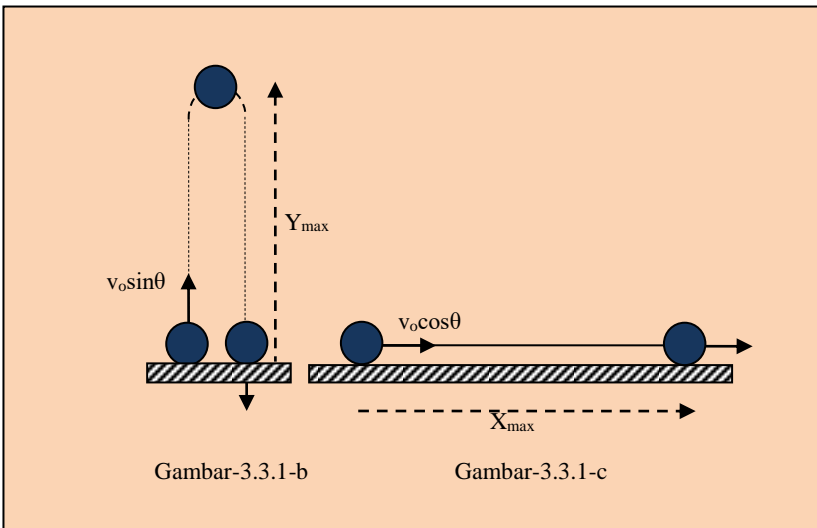
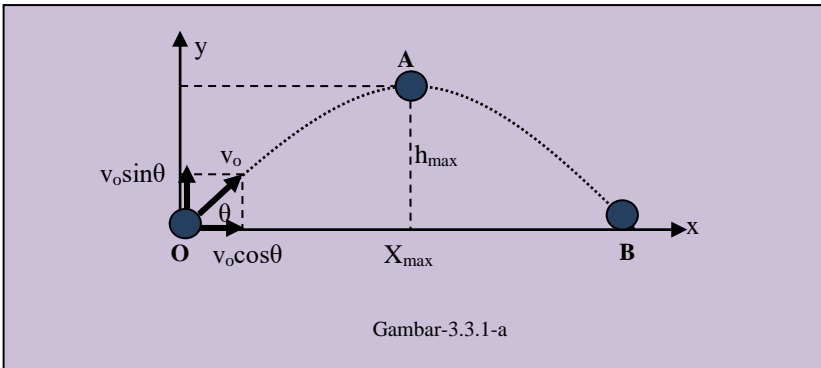
Formulasi ini akan digunakan untuk menyelesaikan contoh-contoh soal yang berkenaan dengan gerak peluru yang lintasannya parabola seperti berikut ini.

#### Contoh Soal-3.3.1

Seorang anak menendang sebuah bola dengan sudut elevasi  $\theta$  di lapangan. Jika kecepatan awal bola yang ditendang  $v_0$ , dan  $g$  adalah percepatan gravitasi bumi, maka tentukan: (a) tinggi maksimum bola dan (b) jarak terjauh yang dicapai bola.

**Solusi Soal-3.3.1**

Sketsa pengetahuan dari soal-3.3.1 diperlihatkan pada gambar-3.3.1-a.



Perlu dijelaskan, bahwa sesungguhnya gerak bola dengan lintasan parabola tak lain merupakan akibat dari perpadua dua jenis gerak yaitu : gerak vertical (free fall) dan gerak horizontal. Jika titik-titik O, A dan B di proyeksikan ke sumbu-y, maka bentuk lintasannya seperti gambar3.4.a, dan jika titik-titik O,A

dan B di proyeksikan ke sumbu-x maka bentuk lintasannya seperti gambar-3.3.1-c

Gambar-3.3.1-b adalah tak lain bola yang dilempar ke atas dengan kecepatan awal  $v_o \sin \theta$ , sehingga waktu lamanya bola berada diudara adalah:

$$t = 2 \frac{v_o \sin \theta}{g}$$

Waktu ini, sama dengan waktu yang dibutuhkan bola bergerak dari O-A-B (lintasa parabola). Dengan demikian jarak maksimum bola yang dicapai adalah:

$$X_{max} = v_o \cos \theta \frac{2v_o \sin \theta}{g} = \frac{2v_o^2 \sin 2\theta}{g}$$

Sedangkan tinggi maksimum yang dicapai bola adalah:

$$Y_{max} = \frac{v_o \sin \theta}{2} \frac{v_o \sin \theta}{g} = \frac{v_o^2 (\sin \theta)^2}{2g}$$

Perlu diingat! Bahwa persamaan  $X_{max}$  dan  $Y_{max}$  di atas tidak bisa diperlakukan secara umum. Kedua persamaan itu hanya berlaku untuk bola yang ditentang dalam bidang datar. Karena, bila bola ditentang di atas puncak gedung, maka formulasinya akan lain. Tetapi pada prinsipnya, bahwa dimanapun bola dilempar atau peluru di tembakkan, apakah dibidang horizontal atau di atas gedung, maka persamaan yang digunakan selalu berawal pada persamaan (3.1) atau (3.2) di atas. Persamaan (3.1) dan (3.2) masing-masing memiliki kelebihan dalam memecahkan persoalan gerak peluru. Persamaan (3.1) digunakan untuk kasus gerak parabola untuk menentukan tinggi maksimum atau jarak maksimum. Tetapi, jika untuk menentukan letak atau posisi

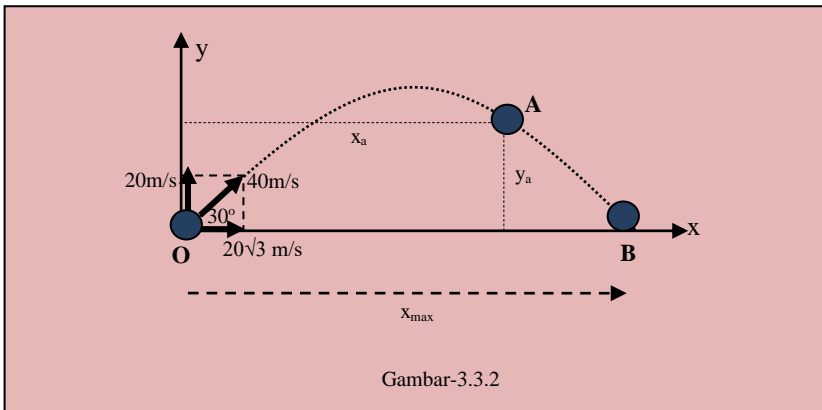
benda pada lintasan parabola, tampaknya persamaan (3.1) agak rumit, maka hal itu dapat di atasi dengan menggunakan persamaan (3.2).

**Contoh Soal-3.3.2**

Seorang anak menendang bola dengan sudut elevasi  $30^\circ$  dan kecepatan awal  $40\text{m/s}$ . Tentukan: (a) Titik koordinat bola saat  $t=3\text{s}$ , (b) Tinggi maksimum yang dicapai bola, dan (c) Kapan dan dimana bola kembali tiba di tanah.

**Solusi Soal-3.3.2**

Sketsa pengetahuan pernyataan soal-3.3.2 di atas adalah:



Anggap saat  $t=2\text{s}$ , posisi bola (koordinat-terhadap sumbu-xy) berada di A. Maka untuk persoalan ini, maka formulasi terbaik yang digunakan adalah persamaan (3.2). Karena persamaan ini menyatakan fungsi kedudukan benda pada lintasan parabola terhadap sumbu-xy. Dengan demikian untuk sumbu-y (dengan kerangka acuan di  $y=0$  atau ditanah) berlaku:

$$y_t = y_o + v_{oy}t - \frac{1}{2}gt^2 \text{ dan } x_t = v_x t$$

$$y_a = 0 + (20)(3) - 5(3)^2 = 15m$$

Sedangkan untuk sumbu-x, adalah:

$$x_a = (20\sqrt{3})(3) = 60\sqrt{3}m$$

Maka kedudukan bola saat  $t=3s$  adalah  $(60\sqrt{3},15)m$ . Adapun tinggi maksimum bola, ditentukan dengan terlebih dahulu mengetahui waktu mencapai tinggi maksimum. Perlu diketahui bahwa syarat untuk mencapai tinggi maksimum adalah  $v_y = 0$ . Lalu digunakan formulasi yaitu:

$$t = \frac{v_{oy}}{g} = \frac{20}{10} = 2s$$

Maka tinggi maksimum yang dicapai bola adalah:

$$h_{max} = \frac{v_{oy}}{2}(t) = \frac{20}{2}(2) = 20m$$

Kemudian untuk menghitung, dimana posisi bola jatuh kembali ketanah, maka harus diketahui berapa lama bola berada di udara. Jika waktu yang digunakan untuk mencapai tinggi maksimu adalah  $2s$ , maka waktu untuk mencapai jarak maksimum adalah 2 kali  $2s = 4s$ . Dengan demikian jarak tempuh bola dihitung saat ditendang adalah:

$$x_{max} = v_{ox}T = 20\sqrt{3}(4) = 80\sqrt{3}m$$

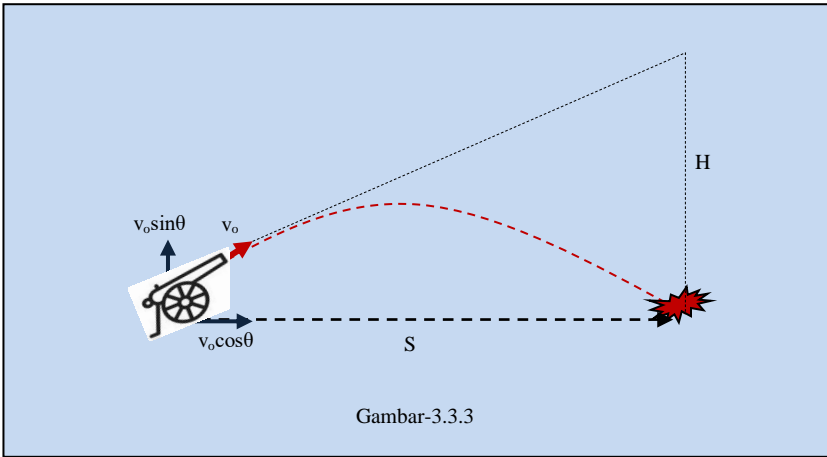
### Soal-3.3.3

Sebuah meriam menembakkan peluru dari suatu tempat bidang horizon ke target sasaran yang jauhnya  $S$ . Kecepatan peluru

yang keluar adalah  $v_o$ . Agar peluru mengenai sasaran, kearah tinggi berapa di atas sasaran meriam diarahkan?

**Solusi Soal-3.3.3 (cara pertama)**

Sketsa pengetahuan soal ini diperlihatkan pada gambar berikut ini.



Waktu untuk mencapai sasaran adalah:

$$t = \frac{2v_o \sin \theta}{g} \dots (i)$$

Dan

$$S = v_o \cos \theta t \dots (ii)$$

Jika persamaan (i) dan disubsitusi ke persamaan (ii), maka kita akan peroleh:

$$S = \frac{2v_o^2 \sin \theta \cos \theta}{g} \dots (iii)$$

Sedangkan:

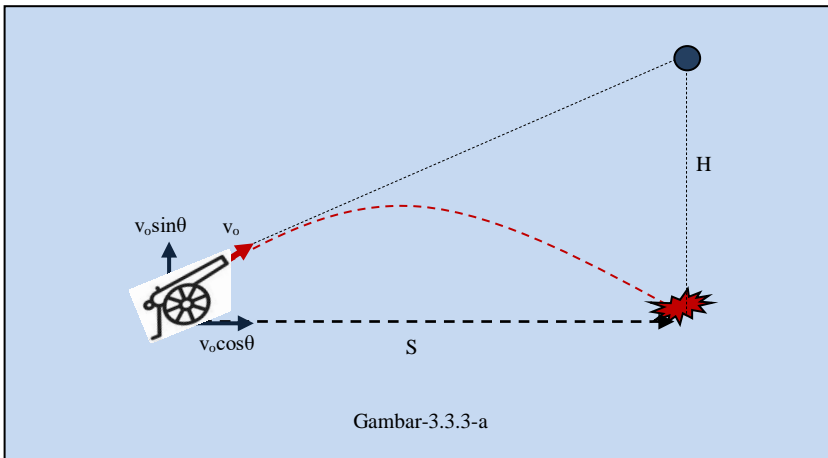
$$H = S \tan \theta = S \frac{\sin \theta}{\cos \theta} \dots (iv)$$

Dengan memasukkan persamaan (iii) ke persamaan (iv) maka kita peroleh:

$$H = \frac{2v_0^2}{g} \sin^2 \theta$$

### Solusi Soal-3.3.3 (cara kedua)

Soal ini dapat pula diselesaikan dengan cara sebagai yaitu: bahwa dengan menganggap bahwa ketinggian arah meriam di atas sasaran tembak, ibarat sebuah benda dijatuhkan dari ketinggian tersebut, dan saat yang bersamaan peluru dari meriam ditembakkan. Sehingga, atas dasar asumsi ini dapat dikemukakan bahwa waktu yang dibutuhkan benda jatuh bebas sama dengan waktu yang dibutuhkan peluru untuk bergerak parabol ke sasaran tembak. Gambaran sketsa pengetahuan untuk asumsi ini diperlihatkan pada gambar berikut ini.



Maka berlaku:

$$H = \frac{1}{2} g t^2 \dots (i)$$

Dan

$$t = \frac{2v_0 \sin \theta}{g} \dots \text{(ii)}$$

Persamaan (ii) disubstitusi ke persamaan (i), maka kita peroleh hasil:

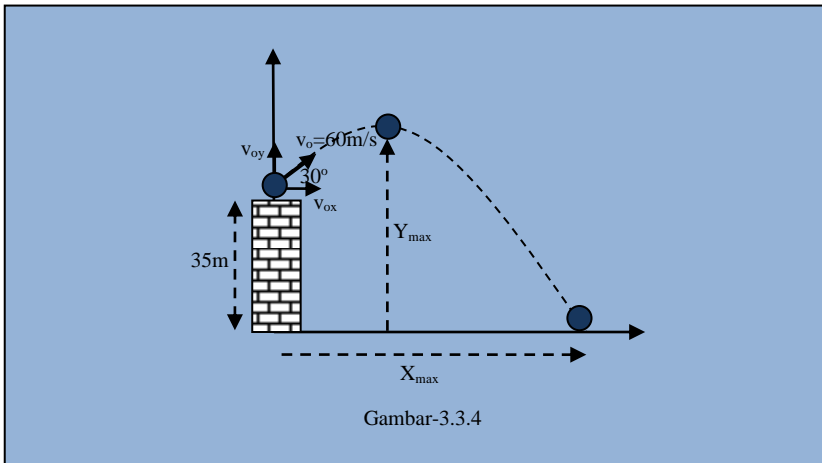
$$H = \frac{1}{2} g \frac{4v_0^2 \sin^2 \theta}{g^2} = \frac{2v_0^2 \sin^2 \theta}{g}$$

### Soal-3.3.4

Seorang anak menendang bola dari puncak gedung dengan sudut  $30^\circ$  terhadap bidang horizontal. Lamanya bola berada diudara adalah 7s. Jika kecepatan awal bola adalah 60m/s, maka tentukan: (a) tinggi gedung dan (b) jarak terjauh yang dicapai bola.

### Solusi Soal-3.3.4

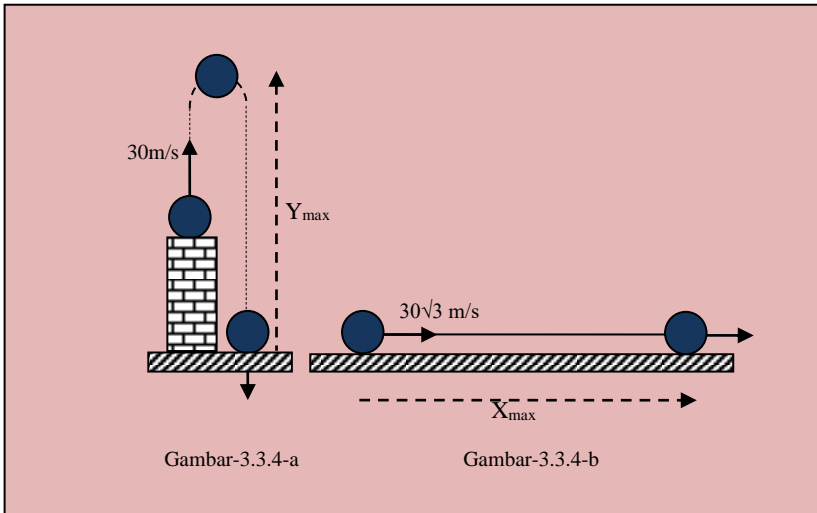
Sketsa pengetahuan dari pernyataan soal adalah gambar-3.3.4 berikut ini.



Gambar-3.3.4



Proyeksi  $v_o$  terhadap sumbu-x adalah  $v_{ox} = v_o \cos 30^\circ = 30\sqrt{3} \text{ m/s}$ . Dan proyeksi  $v_o$  terhadap sumbu-y adalah  $v_{oy} = v_o \sin 30^\circ = 30 \text{ m/s}$



Langkah berikutnya adalah menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan bola untuk mencapai tinggi maksimum. Untuk itu cukup digunakan kecepatan hasil proyeksi ke sumbu-y, karena hal itu ibarat bola yang dilempar ke atas dengan kecepatan 30m/s, dengan demikian waktu untuk mencapai tinggi maksimum adalah:

$$t = \frac{v_{oy}}{g} = \frac{30}{10} = 3 \text{ s}$$

Dengan demikian tinggi maksimum yang dicapai bola adalah:

$$Y_{max} = h + \frac{v_{oy}}{2} t = 35 + \frac{30}{2} (3) = 80 \text{ m}$$

Sementara waktu total berada diudara diperoleh dengan menjumlahkan waktu untuk mencapai tinggi maksimum dengan waktu bola berada ditinggi maksimum hingga ke tanah. Maka waktu maksimum tersebut adalah:

$$T = t + \sqrt{\frac{2h}{g}} = 3 + \sqrt{\frac{2(80)}{10}} = 7s$$

Jarak tempuh terjauh bola diukur dari kaki gedung adalah:

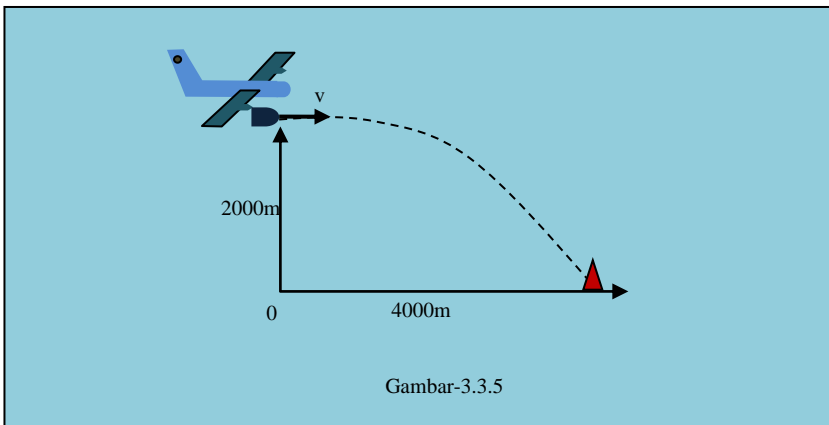
$$X_{max} = v_{ox}T = (30\sqrt{3})(7) = 210\sqrt{3}m$$

**Soal-3.3.5**

Pesawat tempur terbang datar 2000m dari permukaan tanah. Pesawat itu menjatuhkan bom hingga mengenai sasaran tembak pada jarak 4000m diukur dari garis vertical saat bom dijatuhkan. Tentukan kecepatan pesawat tersebut.

**Solusi Soal-3.3.5**

Sketsa pengetahuan soal-3.3.5 ini adalah diperlihatkan pada gambar-3.3.5 berikut.



Gambar-3.3.5

Pada saat  $t=0$ , kecepatan bom yang mengarah ke sumbu-x tak lain juga adalah kecepatan pesawat. Sehingga  $v_{ox}=v$  (lihat gambar) dan  $v_{oy} = 0$ . Berdasarkan keterangan ini, maka diperoleh hubungan:

$$y = \frac{1}{2}gt^2 \text{ dan } x = v_{ox}t = vt$$

Dari kedua persamaan diperoleh hubungan (besaran  $t$  saling disubsitusi), yaitu:

$$y = \frac{1}{2}g \left[ \frac{x}{v} \right]^2$$

Dan diperoleh:

$$v = x \sqrt{\frac{g}{2y}} = (4000) \sqrt{\frac{10}{2(2000)}} = 200 \text{ m/s}$$

### Soal-3.3.6

Seorang anak menendang bola dengan sudut elevasi  $45^\circ$  terhadap bidang datar. Bola tersebut tepat masuk pada jarring bola basket yang tingginya 4m dan jaraknya 9m dari titik tendang bola. Tentukan berapa kecepatan awal tendangan bola tersebut?

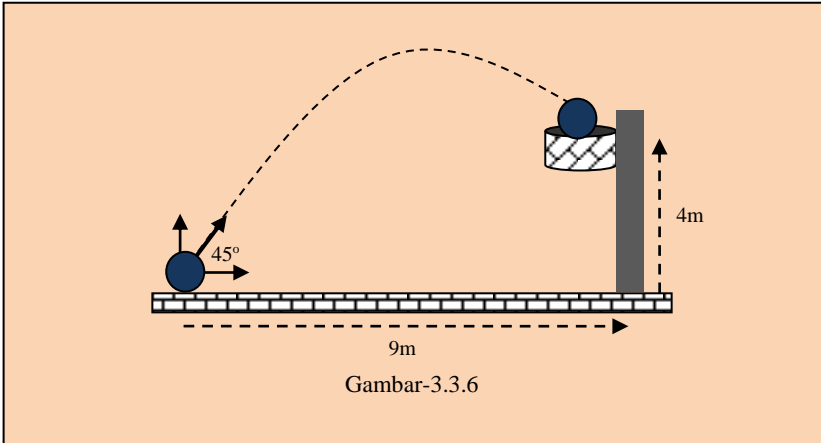
### Solusi Soal-3.3.6

Adapun sketsa pengetahuan dari pernyataan soal-3.3.6 ini, adalah seperti terlihat pada gambar-3.3.6 di sebelah. Untuk menyelesaikan soal ini, maka formulasi yang baik digunakan adalah persamaan (3.2) di atas, yaitu:

Untuk sumbu-y berlaku:

$$y_t = y_o + v_{oy}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$4 = 0 + v_o \sin 45^\circ t - 5t^2 \dots (i)$$



Dan untuk sumbu-x berlaku:

$$x_t = v_{ox}t$$

$$9 = v_o \cos 45^\circ t \dots (ii)$$

Besaran yang ada pada persamaan (i) dan (ii) saling disubstitusikan satu sama lain, maka diperoleh hasil seperti berikut:

$$4 = 9 - 5 \frac{81}{0,5v_o^2}$$

$$v_o = 9\sqrt{2}m/s$$

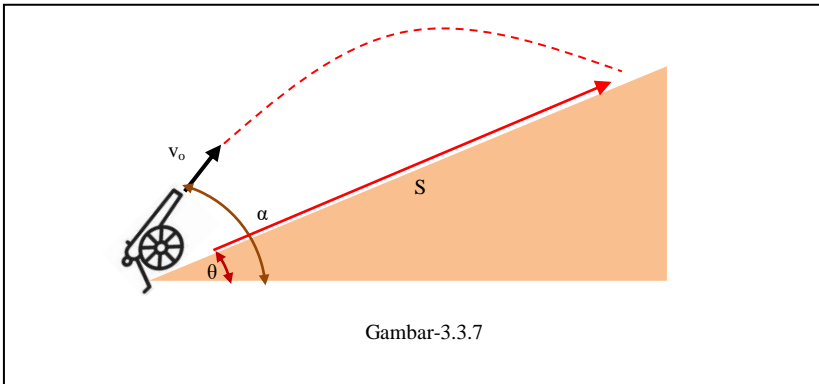
**Soal-3.3.7**

Sebuah meriam berada dikaki bukit, dipersiapkan untuk menembak ke lereng bukit. Kemiringan bukit adalah  $\theta$ , jika laju

awal peluru adalah  $v_0$ , maka rumuskan dengan sudut berapakah terhadap bidang horizontal agar jangkauan tembak peluru S ke bukit adalah maksimum.

### Solusi Soal-3.3.7

Sketsa pengetahuan untuk soal ini adalah seperti pada gambar-3.3.7 berikut ini.



Misalkan titik koordinat jatuhnya peluru di lereng bukit adalah  $(x,y)$ , maka untuk:

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2 \dots (i)$$

Dan

$$x = v_0 \cos \alpha t \dots (ii)$$

Substitusi persamaan (ii) ke persamaan (i) untuk  $t$ , maka diperoleh:

$$y = x t g \alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \dots (iii)$$

Sedangkan dari kemiringan bukit kita dapatkan bahwa untuk  $x = S \cos\theta$  dan  $y = S \sin\theta$ , maka persamaan (iii) menjadi:

$$S \sin\theta = S \cos\theta \tan\alpha - \frac{gS^2 \cos^2\theta}{2v_0^2 \cos^2\alpha}$$

Maka diperoleh:

$$S = 2v_0^2 \cos^2\alpha \frac{\cos\theta \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} - \sin\theta}{g \cos^2\theta}$$

Syarat agar S maksimum adalah

$$\frac{ds}{d\theta} = 0$$

Sehingga, jika kita turunkan fungsi S di atas terhadap  $\theta$  lalu di nolkan maka akan diperoleh hasil:

$$\alpha = \frac{\theta}{2} + \frac{\pi}{4}$$

### 3.4 Soal Latihan

Berikut diberikan sejumlah soal-soal latihan yang berkaitan dengan free fall dan gerak proyektil. Tujuannya adalah melatih dan meningkatkan kemampuan pemahaman konsep tentang free fall dan gerak proyektil

#### Soal-3.4.1

Seorang detektif mengejar sebuah truk yang telah merampok uang bank. Detektif tersebut, menunggunya di atas jembatan penyeberangan tepat di atas jalan yang akan dilalui truk. Pada saat truk melewati jembatan, sang detektif melompat dengan kecepatan  $a$  dalam arah datar. Jika laju truk konstan  $b$ , dan tinggi jembatan adalah  $h$ , maka tentukan berapa jauh jarak truk

bergerak dari garis vertikal jembatan agar detektif itu tepat mendarat di atas truk. (Nyatakan sebagai fungsi  $a, b, h$ , dan  $g$ )

### Soal-3.4.2

Seorang penerjung payung terjun bebas dari sebuah gedung. Setelah beberapa saat lamanya terjun, ia membuka parasutnya lalu bergerak ke bawah dengan kecepatan konstan  $b$  dalam waktu  $t$ . Jika waktu total yang dibutuhkan penerjung dari saat terjun hingga mendarat adalah  $T$ , maka tentukan tinggi gedung tersebut sebagai fungsi ( $b, t, T, v$  dan  $g$ ). Anggap gesekan udara diabaikan.

### Soal-3.4.3

Sebuah lift barang dari dasar lantai-1 bergerak ke lantai dasar tertinggi dari sebuah gedung hotel. Laju rata-rata lift  $2\text{m/s}$ , saat berada di lantai ke tiga dari puncak, sebuah mur jatuh menuju dasar lantai-1. Jika setiap tingkat ruang gedung tingginya  $4\text{m}$ . Tentukan jumlah tingkat gedung hotel tersebut.

### Soal-3.4.4

Sebuah roket cuaca meluncur ke atas secara vertikal dari keadaan diam dengan percepatan tetap  $a$ . Setelah bergerak setinggi  $H$ , sebuah mur jatuh. Tentukan berapa lama mur tersebut berada diudara semenjak roket diluncurkan hingga mur jatuh ke tanah. (Petunjuk: Nyatakan dalam besaran  $a, H$ , dan  $g$ )

### Soal-3.4.5

Seorang anak melempar bola ke atas. Jika lamanya bola berada di udara adalah  $6\text{s}$ , maka tentukan berapa besar kecepatan lemparan bola anak tersebut.

### Soal-3.4.6

Seorang anak melempar bola dari puncak suatu gedung. Jika kecepatan lemparan bola anak tersebut adalah  $30\text{m/s}$ , dan lamanya bola berada di udara adalah  $7\text{s}$ , maka tentukan tinggi gedung tersebut.

**Soal-3.4.7**

Seorang anak menjatuhkan sebuah bola kasti dari gedung 125m, dari dasar lantai juga ada seorang anak melempar bola bilyard ke atas dengan kecepatan 40m/s. tentukan berapa jarak kedua bola jika bola bilyard telah mencapai titik tertinggi.

**Soal-3.4.8**

Balon udara naik vertical ke atas dengan kecepatan rata-rata 10m/s. Seorang anak yang berada di lapangan melemparkan sebuah bola ke anak yang berada di balon udara. Ternyata anak tersebut dapat menangkap bola tersebut setelah balon udara berada pada jarak 40m dari tanah. Tentukan berapakah kecepatan lemparan bola anak yang ada di lapangan?

**Soal-3.4.9**

Seorang anak menendang bola dengan sudut elevasi  $30^\circ$  dan kecepatan awal 60m/s. Tentukan: (a) Titik koordinat bola saat  $t=2s$ , (b) Tinggi maksimum yang dicapai bola, dan (c) Kapan dan dimana bola kembali tiba di tanah.

**Soal-3.4.10**

Pesawat tempur terbang datar 1000m dari permukaan tanah. Pesawat itu menjatuhkan bom hingga mengenai sasaran tembak pada jarak 2000m diukur dari garis vertical saat bom dijatuhkan. Tentukan kecepatan pesawat tersebut.

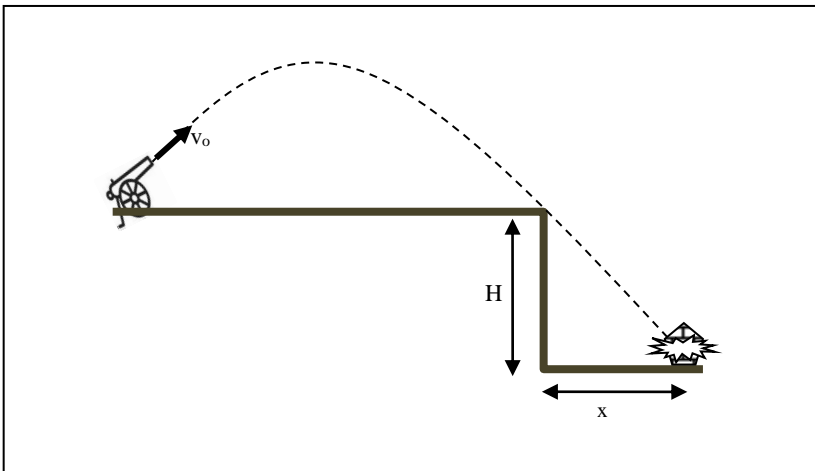
**Soal-3.4.11**

Sebuah balon udara mengudara dari lapangan ke atas dengan laju konstan 10m/s. Setelah bergerak 2s, seorang anak melempar bola dalam arah mendatar dengan kecepatan 20m/s. Tentukan: (a) tinggi maksimum yang dicapai bola dan (b) jarak terjauh diukur dari vertical gerak balon udara.



**Soal-3.4.12**

Sebuah meriam ditembakkan dari daratan dengan sudut elevasi  $37^\circ$  yang mengarah ke suatu tempat persembunyian pemberontak yang berada di dasar jurang. Kecepatan awal peluru meriam adalah  $100\text{m/s}$ , dan bagian tepi jurang tepat dilalui peluru meriam seperti diperlihatkan pada gambar berikut ini. Jika suara ledakan terdengar 15 detik setelah peluru meriam diluncurkan maka tentukan kedalaman jurang ( $H$ ) dan jarak sasaran ke tebing jurang ( $X$ )

**Soal-3.4.13**

Di tepi sungai telah menanti tentara dengan meriam yang siap di muntahkan pelurunya. Sebuah perahu perompak sedang berlayar dengan kelajuan  $b$  relatif terhadap arah arus. Laju perahu searah arus sungai. Perahu berlayar tepat ditengah-tengah sungai. Anggap meriam berada di tepi sungai. Pada saat tertentu, tentara menembakkan meriam dengan kecepatan awal  $v$  dan sudut elevasi  $\theta$  dan perahu perompak terkena tepat segaris dengan arah tembakan meriam yang tegak lurus dengan arah arus. Jika, kelajuan arus adalah  $c$  dan meriam ditembakkan pada saat perahu berjarak  $S$  dari titik perahu terkena, maka tentukan lebar sungai tersebut.

**Soal-3.4.14**

Sebuah roket meluncur ke atas dengan percepatan  $a$  dari landasan di tanah. Setelah bergerak setinggi  $h$  sekrap bagian bawah roket terlepas. Tentukan:

- a. Tinggi maksimum yang dicapai sekrap.
- b. Jika pada ketinggian maksimum tersebut, tiba ada angin bertiup kencang dari arah kanan dengan kelajuan  $v$ , maka dimanakan sekrap tersebut mendarat?

**Soal-3.4.15**

Sebuah roket diluncurkan dari tempat peluncuran dipadang pasir dengan sudut elevasi  $\theta$ . Roket tersebut dipercepat sebesar  $a$ . Setelah bergerak selama  $t$ , sebuah mur jatuh ke tanah. Tentukan jarak jatuhnya mur tersebut diukur dari tempat peluncuran. (Petunjuk: Nyatakan dalam besaran  $a, T, \theta$ , dan  $g$ )

**Soal-3.4.16**

Sebuah panzer dengan kecepatan  $20\text{m/s}$  bergerak menjauhi seorang prajurit yang sedang membidikkan meriam kearah panzer tersebut. Prajurit tersebut telah mengarahkan meriamnya dengan sudut  $37^\circ$  terhadap bidang datar. Jika laju awal peluru adalah  $40\text{m/s}$ . Maka tentukan pada jarak berapa panzer tersebut dari prajurit untuk segera menembakkan meriam.?

**Soal-3.4.17**

Dalam sebuah latihan menembak di barak militer. Seorang pelatih tentara menjatuhkan bola dari puncak menara setinggi  $100\text{m}$ . Pada jarak  $100\sqrt{3}\text{ m}$  ada seorang prajurit yang siap menembak jika pelatih tepat akan menjatuhkan bola tersebut. Tentukan dimana bola tersebut terkena tembakan jika kecepatan awal peluru adalah  $50\text{m/s}$

**Soal-3.4.18**

Di benteng pertahanan, seorang tentara berjaga-jaga di pos pengamatan yang tingginya  $h$  dengan meriam yang sudah terpasang. Dari arah depan, ia melihat

tank musuh akan menyerbu masuk ke benteng. Tentara penjaga pos tersebut mengetahui bahwa kelajuan tank adalah  $b$ . Sejurus kemudian, tentara tersebut menembakkan meriam dengan arah mendatar dan tepat mengenai tank tersebut, pada jarak  $S$  dari kaki pos pengamatan. Tentukan pada jarak berapa tank dari kaki pos pengamatan, meriam ditembakkan?

### Soal-3.4.19

Sebuah pesawat bomber terbang di atas ketinggian 1000m menjatuhkan bom dengan sasaran tembak sebuah gudang senjata gerilyawan. Pesawat bomber tersebut menjatuhkan bom tepat digaris vertical dimana seorang gerilyawan bersembunyi dengan meriamnya. Pada saat bersamaan bom dijatuhkan, gerilyawan juga menembakkan meriamnya dengan sudut  $30^\circ$  terhadap bidang horizon. Jika kecepata pesawat pembom 100m/s. maka tentukan: (a) posisi bom terkena tembakan meriam gerilyawan dan (b) jarak gudang senjata dengan posisi gerilyawan.

### Soal-3.4.20

Sebuah roket cuaca (gagal peluncuran), diluncurkan vertical ke atas. Gaya pendorong roket mampu mempercepat laju roket 10m/s dalam setiap 3 detik. Setelah bergerak selama 10s vertical ke atas, tiba-tiba ada angin kencang dalam arah mendatar berkecepatan 40m/s menghantam roket dan mengakibatkan gaya pendorong berhenti bekerja. Tentukan (a) berapa lama roket berada di udara sebelum jatuh terhempas di tanah? Dan (b) berapa jarak jatuhnya roket dihitung dari tempat peluncuran.

### Soal-3.4.21

Di puncak bukit setinggi 600m terdapat bongkahan batu besar yang sewaktu-waktu dapat meluncur ke bawah. Kemiringan bukit tersebut adalah  $37^\circ$ . Di kaki bukit telah bersiap sebuah meriam yang akan ditembakkan jika batu tersebut meluncur dengan sudut elevasi  $60^\circ$  terhadap garis horizon. Prajurit telah memperkirakan bahwa laju luncuran batu besar tersebut adalah 2m/s dalam setiap detik, dan akan hancur setelah menempuh jarak 400m dari

kedudukan semula batu tersebut. Tentukan berapa perkiraan kecepatan awal peluru yang dipersiapkan prajurit itu jika sewaktu-waktu batu itu meluncur ke bawah?

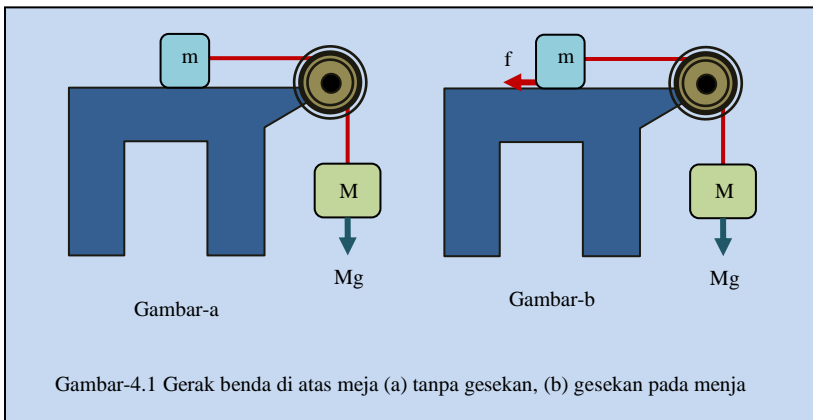
Halaman ini sengaja dikosongi  
<http://www.ahmarcendekia.or.id>

## BAB 4

### GAYA PENGGERAK

#### 4.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai percepatan sebuah benda karena pengaruh gaya. Untuk memudahkan pemahaman tentang gaya gerak, maka terlebih dahulu harus difahami dua istilah yaitu “gaya penggerak” dan “gaya penghambat”. Gaya penggerak adalah gaya yang sepenuhnya menggerakkan system benda, seperti gaya tarik dan gaya dorong, termasuk gaya gravitasi. Sedangkan gaya penghambat adalah gaya yang menghambat gerakan benda, seperti gaya gesekan. Sebagai contoh perhatikan gambar-4.1 berikut ini.



Gambar-4.1 Gerak benda di atas meja (a) tanpa gesekan, (b) gesekan pada meja

Pada gambar-4.1.a di atas, bahwa gaya penggerak adalah  $Mg$  sedangkan gaya penghambatnya tidak ada. Sementara, gambar-4.1.b, gaya penggerak adalah  $Mg$  dan gaya penghambatnya adalah  $f$ .

Selain istilah gaya penggerak dan gaya penghambat, diperkenalkan pula istilah “massa sistem” yaitu jumlah total massa yang bergerak. Perlu diketahui pula, bahwa massa sistem yang bergerak ada dua, yaitu massa translasi dan massa rotasi. Sebagai contoh, untuk gerak menggeinding ada dua sistem massa yang bergerak yaitu massa translasi dan massa rotasi. Apa itu massa rotasi?

Massa rotasi adalah nilai massa pada momen inersianya. Misalnya untuk katrol memiliki  $I = \frac{1}{2}mR^2$  maka massa rotasinya adalah  $\frac{1}{2}m$  dan massa translasinya adalah  $m$ , sehingga jumlah massa sistem untuk gerak menggelinding adalah  $(m + \frac{1}{2}m)$ . Berdasarkan uraian ini, maka persamaan hukum kedua Newton dirumuskan:

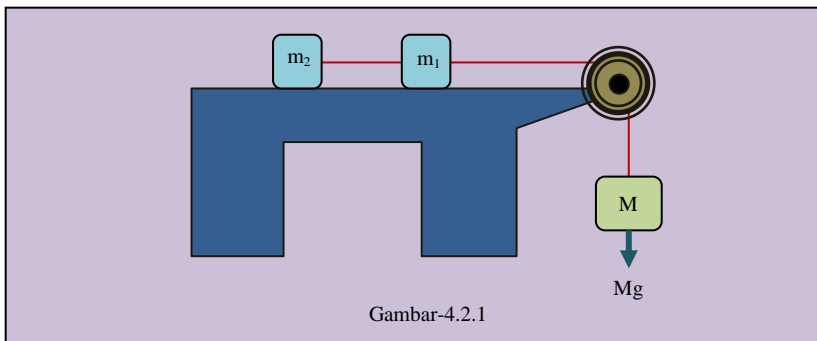
$$a = \frac{\sum F}{\sum m_s} = \frac{\sum F_{penggerak} - \sum F_{penghambat}}{\sum m_{translasi} + \sum m_{rotasi}} \quad \dots (4.1)$$

## 4.2 Gerak Benda Pada Bidang Licin

Persoalan gerak kali ini akan dikaji dengan memperhitungkan gaya penyebab objek atau benda bergerak. Meskipun demikian, aspek kinematika adalah pokok bahasan yang juga terkait dengan “gaya”. Jikalau pada bab-bab sebelumnya pembahasan diarah pada aspek kinematika, maka pada bab ini pembahasan juga diarahkan pada aspek dinamikanya, yaitu memperhitungkan gaya penggerak dan penghambatnya. Untuk itu contoh-contoh berikut ini akan memberikan pemahaman terhadap penggunaan persamaan (4.1) dan persamaan gerak lainnya seperti gerak lurus, gerak vertikal, dan gerak parabola.

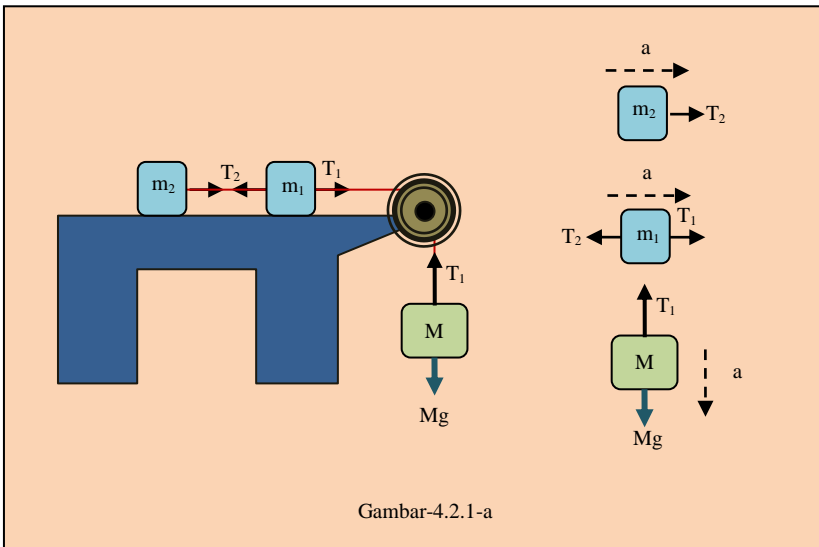
### Soal-4.2.1

Perhatikan sistem gerak pada gambar di bawah ini. Anggap massa katrol dan gesekan diabaikan. Jika  $M=2\text{kg}$ ,  $m_1=2\text{kg}$  dan  $m_2=1\text{kg}$ , maka tentukan percepatan dan tegangan talinya.



**Solusi Soal-4.2.1 (Cara Pertama)**

Ada dua cara yang akan digunakan untuk menyelesaikan soal ini, yaitu dengan cara konvensional, artinya cara yang digunakan seperti cara-cara yang lazim dilakukan oleh beberapa penulis dalam buku-buku fisika atau guru fisika. Mekanismenya adalah terlebih dahulu sistem benda pada gambar-4.2.1 di atas dibuatkan “sketsa pengetahuan dan Free Diagram” seperti terlihat pada gambar-4.2.1-a.



Gambar-4.2.1-a

Berdasarkan gambar-4.2.1-a, bahwa untuk balok  $m_2$  berlaku hubungan:

$$T_2 = m_2 a = a \quad \dots (i)$$

Sementara untuk balok  $m_1$ , juga diperoleh hubungan seperti berikut:

$$T_2 - T_1 = m_1 a = 2a \quad \dots (ii)$$



Hal yang sama juga berlaku untuk balok M yaitu:

$$Mg - T_1 = Ma$$

$$T_1 = 20 - 2a \quad \dots \text{(iii)}$$

Dengan memasukkan  $T_2$  di persamaan (i) dan  $T_1$  pada persamaan (iii) ke persamaan (ii), maka diperoleh hasil:

$$a = \frac{20}{5} = 4m/s^2$$

Maka:

$$T_2 = m_2 a = (1)(4) = 4N$$

$$T_1 = m_1 a + T_2 = (1)(4) + 4 = 8N$$

#### Solusi Soal-4.2.1 (Cara Kedua)

Solusi cara kedua ini dilakukan dengan menggunakan persamaan (4.1) di atas. Mekanismenya adalah menentukan jumlah gaya penggerak dan gaya penghambat. Untuk kasus ini ternyata gaya penggeraknya adalah  $Mg$  dan gaya penghambatnya nol. Sedangkan massa sistem yang bergerak adalah  $m_1 + m_2 + M$ , maka :

$$a = \frac{Mg}{m_1 + m_2 + M} = \frac{(2)(10)}{1 + 2 + 2} = 4m/s^2$$

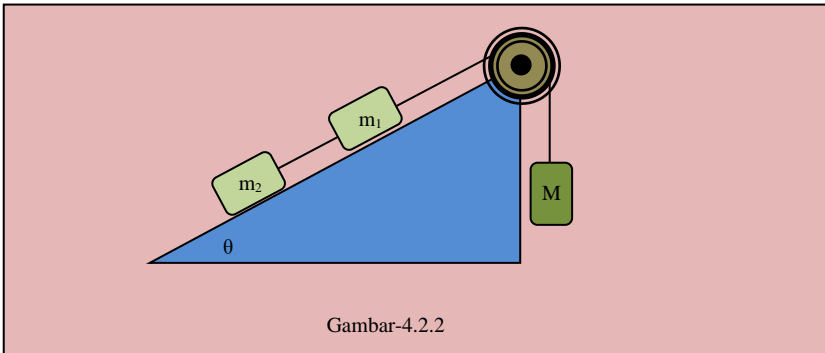
Dengan demikian:

$$T_2 = m_1 a = (1)(4) = 4N$$

$$T_1 = m_2 a + T_2 = (2)(2) + 4 = 8N$$

**Soal-4.2.2**

Perhatikan sistem gerak pada gambar di bawah ini. Benda berada di atas bidang miring. Anggap massa katrol. Jika  $M=2\text{kg}$ ,  $m_1=2\text{kg}$  dan  $m_2= 1\text{kg}$ , dan  $\theta=30^\circ$ . Tentukan percepatan dan tegangan talinya.



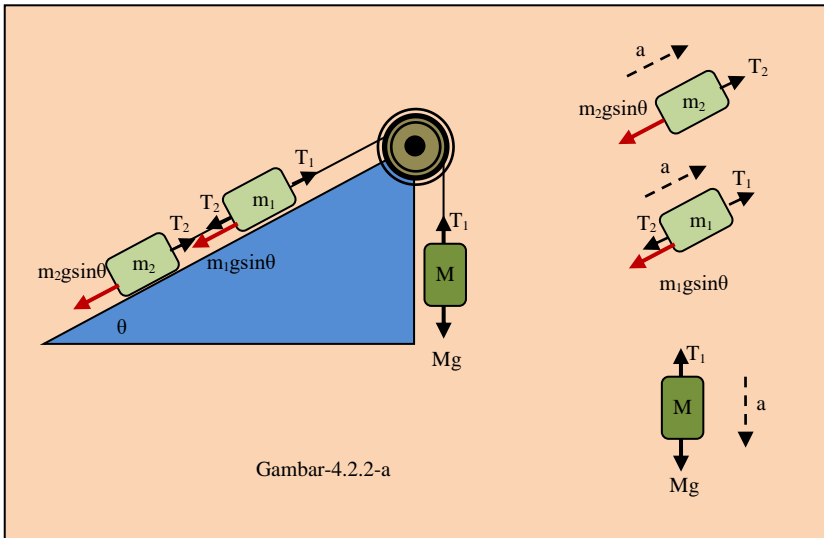
**Solusi Soal-4.2.2 (Cara Pertama)**

Cara yang dilakukan untuk menyelesaikan soal ini adalah sama dengan cara pertama solusi soal-4.2.1. Mekanismenya juga sama yaitu terlebih dahulu dibuat sketsa pengetahuan dan diagram bebas benda seperti diperlihatkan pada gambar-4.2.2-a di sebelah. Terlihat pada gambar-4.2.2-a tersebut bahwa penjumlahan gaya pada benda  $m_2$  adalah:

$$T_2 - m_2 g \sin \theta = m_2 a$$

$$T_2 = a + 5 \dots (i)$$

Sementara penjumlahan gaya-gaya yang bekerja pada benda  $m_1$  adalah



$$T_1 - T_2 - m_1 g \sin \theta = m_2 a$$

$$T_1 - T_2 = 2a + 10 \dots \text{(ii)}$$

Demikian pula untuk penjumlahan gaya untuk benda M adalah:

$$Mg - T_1 = Ma$$

$$T_1 = 20 - 2a \dots \text{(iii)}$$

Dengan mensubsitusi  $T_1$  persamaan (iii) dan  $T_2$  persamaan (i) ke persamaan (ii), maka diperoleh nilai a yaitu:

$$a = \frac{5}{5} = 1 \text{ m/s}^2$$

Dengan demikian, nilai tegangan tali adalah:

$$T_1 = 18N \text{ dan } T_2 = 6N$$

**Solusi Soal-4.2.2 (Cara Kedua)**

Solusi cara kedua dilakukan dengan menggunakan persamaan (4.1) di atas, mekanisme terlebih dahulu kita tentukan gaya penggerak dan gaya penghambatnya. Dari gambar-4.2.2-a terlihat bahwa gaya penggeraknya adalah

$$\sum F_g = Mg = 20N$$

Gaya penghambatnya adalah:

$$\sum F_h = m_1 g \sin \theta + m_2 g \sin \theta = 15N$$

Dengan demikian percepatannya adalah:

$$a = \frac{\sum F_g - \sum F_h}{M + m_1 + m_2} = \frac{5}{5} = 1m/s^2$$

Maka dengan menggunakan persamaan (i) dan (iii) maka diperoleh nilai:

$$T_1 = 18N \text{ dan } T_2 = 6N$$

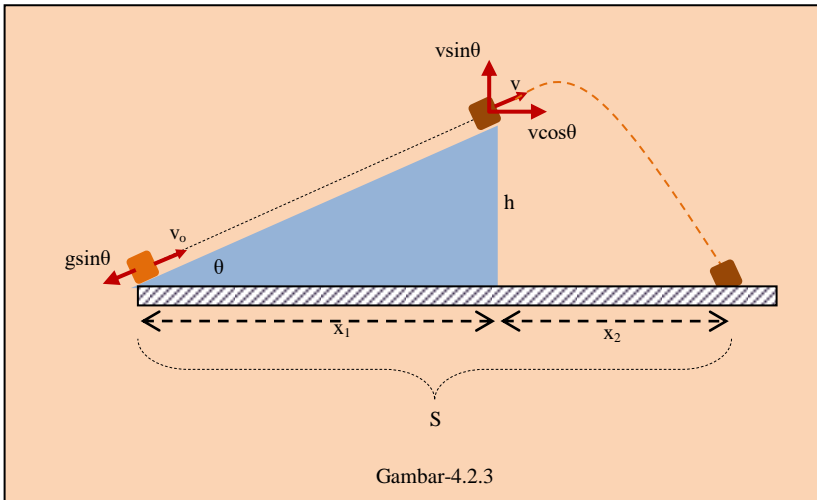
Kedua contoh soal di atas, memperlihatkan penggunaan persamaan (4.1). Berikutnya kita akan lihat bagaimana soal-soal seperti di atas dikembangkan dengan mengkombinasikan gerak lainnya, seperti soal-soal berikut ini.

**Soal-4.2.3**

Sebuah balok berada di dasar bidang miring licin dengan kemiringan  $30^\circ$  dan tingginya 15m. Balok tersebut dipukul searah permukaan bidang miring sedemikian sehingga bergerak ke dengan kecepatan  $10\sqrt{7}$  m/s. Tentukan jarak yang jatuhnya balok diukur dari titik mula-mula balok (didasar bidang miring).

**Solusi Soal-4.2.3**

Sketsa pengetahuan dari soal ini adalah sebagai berikut.



Kita harus mengecek terlebih dahulu, apakah balok tersebut berhenti saat mencapai puncak, atau masih ada sisa-sisa kecepatannya. Yang jelas bahwa selama bergerak di bidang miring, balok memperoleh perlambatan  $g \sin \theta$

Cukup kita gunakan persamaan:

$$v^2 = v_0^2 - 2g \sin \theta \cdot d = v_0^2 - 2gh$$

Atau

$$v = \sqrt{700 - 300} = 20 \text{ m/s} \dots (i)$$

Karena nilai  $v$  adalah positif, maka balok tersebut melanjutkan perjalanannya sehingga jatuh pada jarak  $S$  dari kedudukan semula (lihat gambar). Jika nilai  $v$  adalah negative, berarti balok tersebut bergerak kembali ke posisi semula.

Selanjutnya kita tinjau gerak parabola balok dengan kecepatan  $20 \text{ m/s}$ . Dengan mengambil referensi adalah lantai, maka

waktu untuk mencapai lantai dihitung saat mulai meninggalkan bidang miring diperoleh:

$$0 = h + v \sin \theta t - \frac{1}{2} g t^2$$

Dengan memasukkan nilai-nilai yang diketahui maka hasilnya adalah:

$$5t^2 - 10t - 15 = 0$$

Dengan menyelesaikan persamaan kuadrat ini, maka kita dapat harga  $t$  yang diinginkan yaitu:

$$t = 3s$$

Sehingga jarak jatuhnya balok diukur dari saat mula-mula balok akan dipukul adalah:

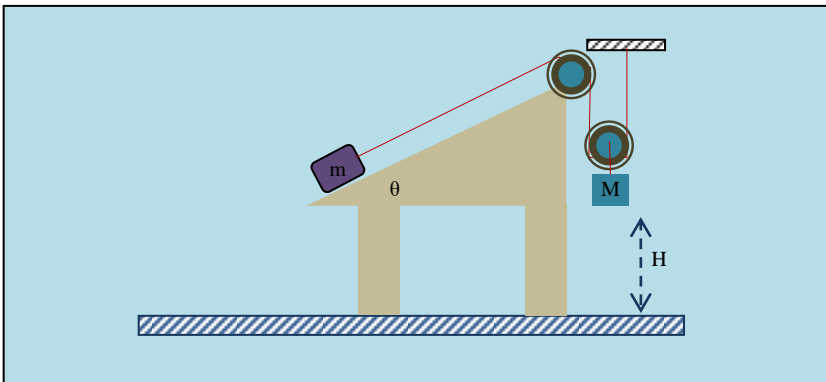
$$S = x_1 + x_2 = \frac{h}{\operatorname{tg} \theta} + v \cos \theta t$$

$$S = 15\sqrt{3} + 10 \left( \frac{1}{2} \sqrt{3} \right) (3)$$

$$S = 30\sqrt{3} \text{ m}$$

**Soal-4.2.4**

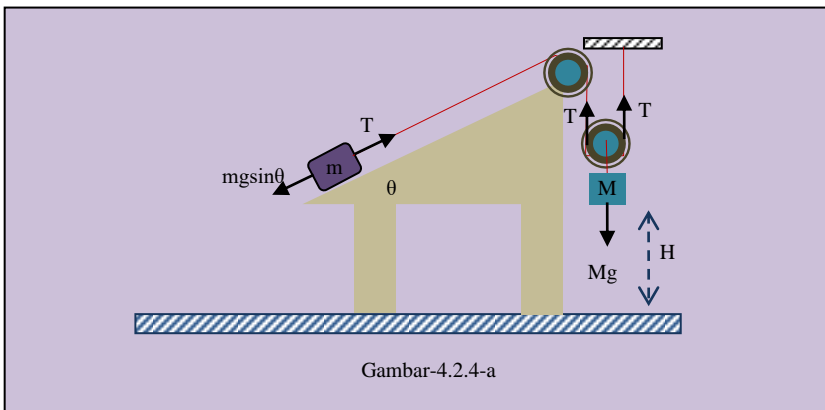
Perhatikan gambar berikut ini.



Gerak sistem balok pada pada bidang atap sebuah gedung sebagaimana diperlihatkan pada di atas. Panjang bidang miring atap 60m. Anggap Massa katrol dan gesekan di abaikan. Pada saat  $M=3\text{kg}$  menyentuh lantai, tali balok  $m=1\text{kg}$  talinya putus. Jika  $\theta=30^\circ$ , dan  $H=10\text{m}$ , maka tentukan berapa jarak antara  $M$  dan  $m$  di lantai?

### Solusi Soal-4.2.4

Sketsa pengetahuan saat balok belum putus



Maka

$$T - mg\sin\theta = 3a_1$$

$$T - 15 = 3a_1 \dots (i)$$

Sedangkan:

$$Mg - 2T = Ma_2$$

$$T = \frac{a_2 - 10}{2} \dots (ii)$$

Karena  $a_2 = 2a_1$ , maka persamaan (ii) menjadi:

$$T = \frac{2a_1 - 10}{2} \dots (iii)$$

Persamaan (iii) disubsitusi ke persamaan (i), maka diperoleh hasil:

$$a_1 = 10m/s^2$$

Percepatan  $a_1$  ini bekerja sejauh  $H=20m$  (jika  $M$  turun sejauh  $10m$ , maka  $m$  bergerak sejauh  $20m$  ( $2H$ )), sehingga kecepatan saat itu adalah:

$$v^2 = 2aH = (2)(20)(10)$$

$$v = 20 m/s$$

Selanjutnya kecepatan ini digunakan oleh balok untuk bergerak ke atas dengan perlambatan  $g\sin\theta=5m/s^2$ . Sehingga jarak sisa yang akan ditempuh adalah:

$$S = \frac{v^2}{2g\sin\theta} = \frac{400}{10} = 40m$$

Maka panjang lintasan total yang ditempuh balok di sepanjang bidang miring hingga berhenti adalah:

$$S_t = 2H + S = 2(10) + 40 = 60m$$

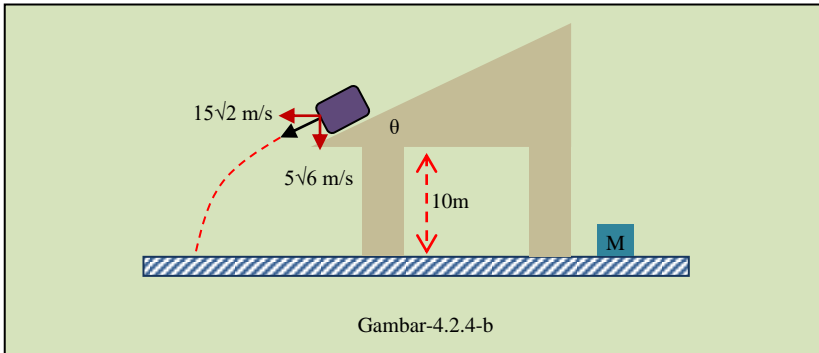
Kemudian, balok  $m$  meluncur ke bawah hingga mencapai bibir bidang miring. Kecepatan balok saat mencapai bibir bidang miring adalah:

$$v_t^2 = 2(g\sin\theta)(S_{tot})$$

$$v_t = \sqrt{2(5)(60)} = 10\sqrt{6}m/s$$

Kecepatan balok sebesar  $10\sqrt{6}m/s$  digunakan untuk bergerak ke lantai (bergerak parabola dengan sudut elevasi  $30^\circ$ ). Bentuk sketsa pengetahuan pada kondisi ini adalah:





Waktu yang dibutuhkan balok m untuk mencapai lantai adalah:

$$0 = 10 - 5\sqrt{6}t - 5t^2$$

$$t = \frac{1}{2}(\sqrt{6} + \sqrt{14})s$$

Maka,

$$x = 15\sqrt{2} \left[ \frac{1}{2}(\sqrt{6} + \sqrt{14}) \right] m = 15[\sqrt{12} + \sqrt{28}]m$$

Jadi jarak antara balok m dan M dilantai yaitu:

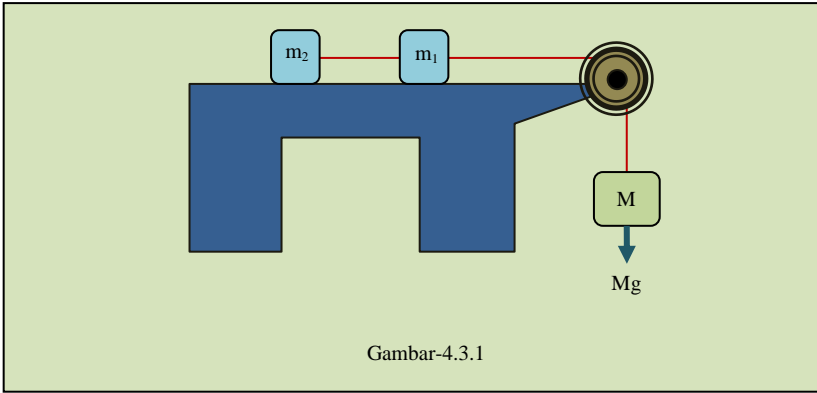
$$\Delta S = x + S_t \cos 30^\circ = (15[\sqrt{12} + \sqrt{28}] + 30\sqrt{3}) m$$

### 4.3 Gerak Benda Pada Bidang Kasar

Kali ini akan dibahas mengenai gerak dua objek di atas bidang yang kasar. Gaya gesekan merupakan ciri dari bidang kasar. Fungsi gaya gesekan sebenarnya ada dua yaitu sebagai gaya penghambat untuk gerak translasi dan sebagai gaya pemutar untuk gerak rotasi.

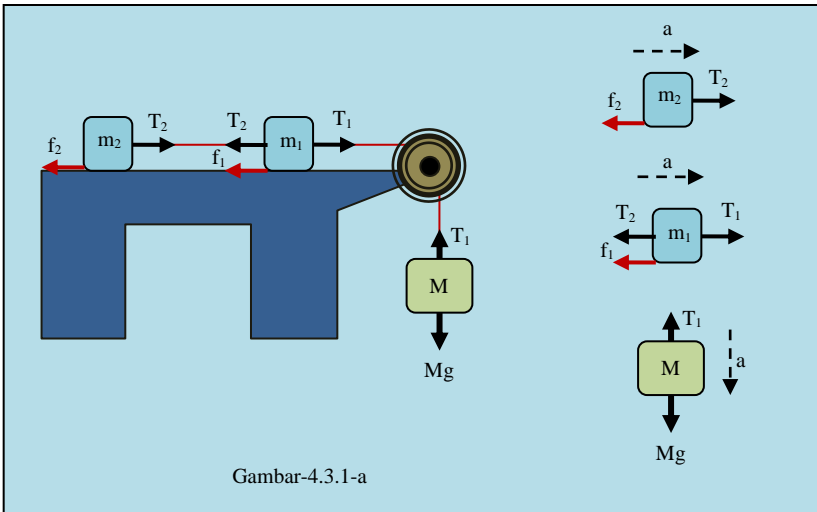
#### Soal-4.3.1

Perhatikan sistem gerak pada gambar di bawah ini. Benda  $m_1$ ,  $m_2$ , dan M masing-masing 1kg, 2kg, dan 2kg. Jika koefisien gesekan kinetik antara meja dan balok adalah 0,5, maka tentukan percepatan dan tegangan tali di antara dua balok.



**Solusi Soal-4.3.1 (Cara Pertama)**

Sketsa pengetahuan dan diagram bebas benda dari soal-4.3.1 seperti diperlihatkan pada gambar-4.3.1-a



Terlihat dari gambar-4.7 di atas, bahwa gaya-gaya yang bekerja pada benda  $m_2$  adalah:

$$T_2 - f_2 = m_2 a \dots (i)$$

dan

$$f_2 = \mu m_1 g = (0,5)(1)(10) = 5N$$

Maka persamaan (i) menjadi:

$$T_2 = a + 5 \dots (a) \dots (ii)$$

Untuk benda  $m_1$ , gaya yang bekerja adalah:

$$T_1 - T_2 - f_1 = m_1 a \dots (iii)$$

Sementara untuk  $f_1$  nilainya adalah:

$$f_1 = \mu m_1 g = (0,5)(2)(10) = 10N$$

Maka persamaan (iii), menjadi:

$$T_1 - T_2 = 2a + 10 \dots (iv)$$

Untuk benda M, gaya yang bekerja adalah:

$$Mg - T_1 = Ma$$

$$T_1 = 20 - 2a \dots (v)$$

Dengan mensubstitusi  $T_1$  (persamaan-v) dan  $T_2$  (persamaan-ii), ke persamaan (iv), maka diperoleh:

$$a = \frac{20 - 15}{5} = 1m/s^2$$

Sehingga nilai tegangan tali pada sistem gerak adalah:

$$T_1 = 18N \text{ dan } T_2 = 6N$$

**Solusi Soal-4.3.2 (Cara Kedua)**

Dari soal dapat diketahui jumlah gaya penghambatnya dan penggeraknya adalah :

$$\sum F_{penghambat} = \mu(m_1 + m_2)g = 15N$$

$$\sum F_{penggerak} = Mg = 20N$$

Dan jumlah massa sistem yang bergerak:

$$\sum m_s = m_1 + m_2 + M = 5 \text{ kg}$$

Maka dengan menggunakan persamaan (4.1) diperoleh:

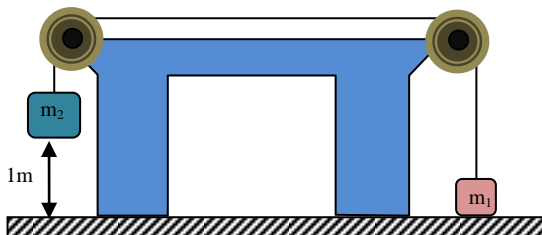
$$a = \frac{20 - 15}{5} = 1 \text{ m/s}^2$$

Dan dengan menggunakan persamaan (ii) dan (v), maka diperoleh tegangan tali sistem gerak adalah:

$$T_1 = 18N \text{ dan } T_2 = 6N$$

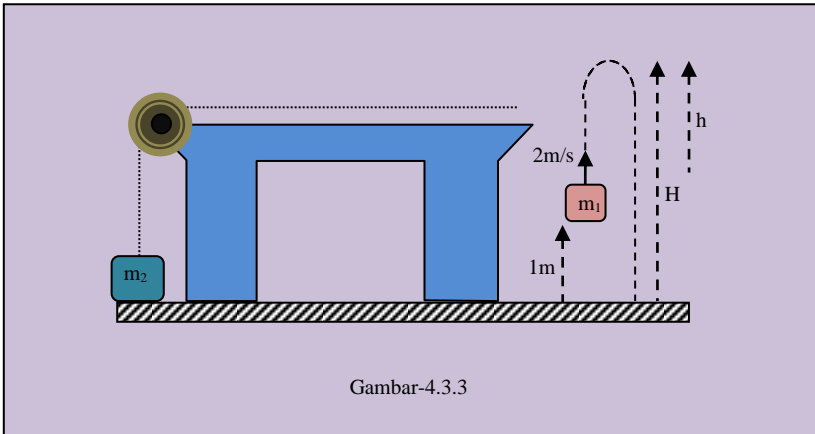
**Soal-4.3.3**

Sistem gerak gambar di bawah ini. Benda  $m_1=2\text{kg}$  berada di lantai, sedangkan  $m_2=3 \text{ kg}$  menggantung setinggi 1m dari lantai. Anggap gesekan dan massa katrol di abaikan. Jika sistem benda bergerak dan saat  $m_2$  akan mencapai lantai, tali pada  $m_1$  putus, maka tentukan tinggi maksimum yang dicapai  $m_1$



**Solusi Soal-4.3.3**

Sketsa pengetahuan dan diagram bebas untuk soal ini adalah:



Gambar-4.3.3

Dari penjelasan bab-bab yang lalu, bahwa untuk sistem gerak seperti ditunjukkan gambar di atas, maka dapat kita tentukan percepatan benda  $m_1$  (atau sistem), yaitu gaya pengeraknya adalah  $m_2g$  dan gaya penghambat  $m_1g$ , dan massa total sistem yang bergerak adalah  $(m_1+m_2)$ , sehingga nilai  $a$  sistem adalah:

$$a = \frac{(30 - 20)N}{2 + 3} = 2\text{ m/s}^2$$

Jadi percepatan  $2\text{ m/s}^2$  ini bekerja pada  $m_1$  sejauh  $1\text{ m}$ , maka kecepatan  $m_1$  saat tinggi  $1\text{ m}$  dari lantai (saat putus) adalah:

$$v = \sqrt{2ah} = \sqrt{(2)(2)(1)} = 2\text{ m/s}$$

Kecepatan  $2\text{ m/s}$  dari  $m_1$  inilah yang digunakan untuk bergerak ke atas (gerak benda dilempar dengan kecepatan  $2\text{ m/s}$ ). Maka ketinggian yang dicapai oleh  $m_1$  setelah putus adalah:

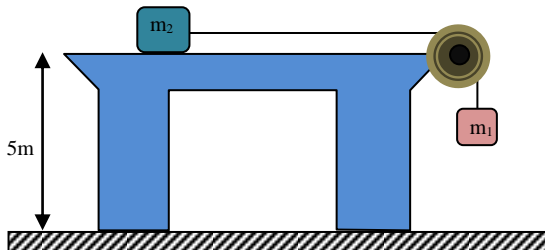
$$h = (1) \left( \frac{2}{10} \right) = 0,2m$$

Dengan demikian tinggi maksimum yang dapat dicapai oleh  $m_1$  adalah:

$$H = 1 + 0,2 = 1,2m$$

**Soal-4.3.4**

Perhatikan gambar. Jika  $m_1=3\text{kg}$ ,  $m_2=2\text{kg}$ , anggap meja licin serta massa katrol di abaikan. Jika balok  $m$  bergerak dan saat balok  $m_1$  bergerak ke bawah sejauh  $3\text{m}$ , tali  $m_2$  putus. Tentukan jarak  $m_1$  dan  $m_2$  dilantai?



**Solusi Soal-4.5.4**

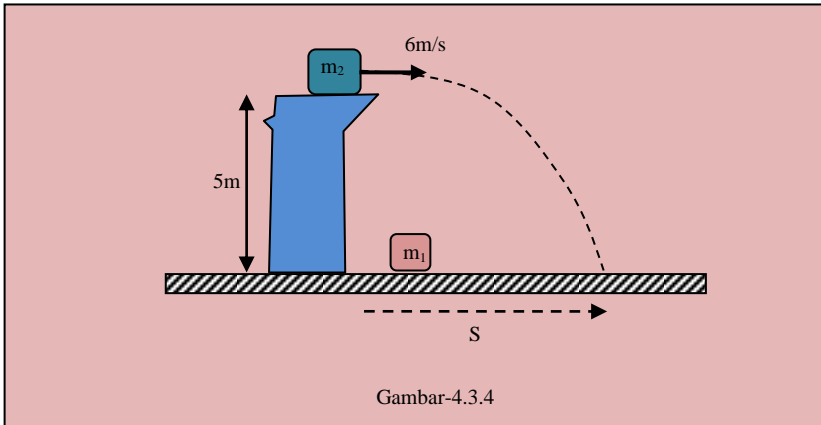
Percepatan sistem adalah:

$$a = \frac{30}{2 + 3} = 6m/s^2$$

Percepatan ini bekerja sejauh  $3\text{m}$ . Sesaat setelah  $m_2$  putus maka kecepatan  $m_2$  saat itu adalah:

$$v = \sqrt{2as} = \sqrt{(2)(6)(3)} = 6m/s^2$$

Sketsa pengetahuan sistem gerak setelah  $m_2$  putus adalah sebagai berikut.



Dari sketsa di atas, diperoleh bahwa waktu untuk yang diperlukan  $m_2$  mencapai lantai adalah:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{(2)(5)}{10}} = 1s$$

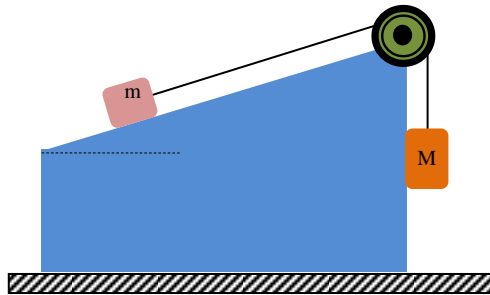
Dengan demikian jarak antara  $m_1$  dan  $m_2$  adalah:

$$S = vt = (6)(1) = 6m$$

#### Soal-4.3.5

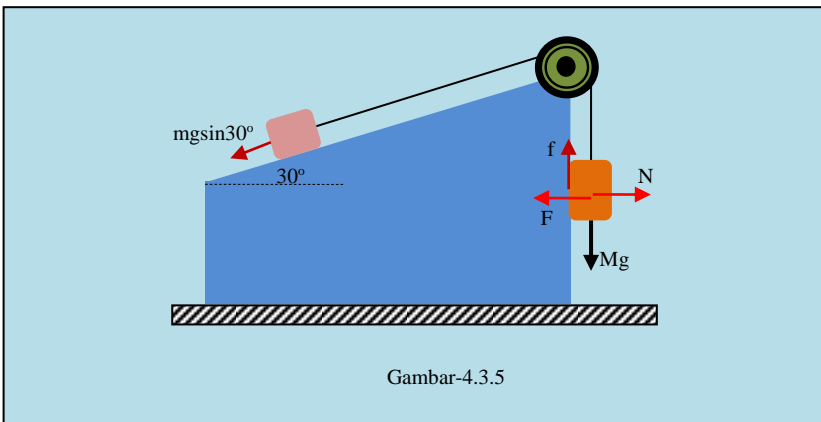
Balok bermassa  $m=2\text{kg}$  berada di atas bidang miring licin dengan kemiringan  $30^\circ$ . Balok itu dihubungkan dengan tali melalui sebuah katrol yang ujungnya dihubungkan dengan balok yang menempel pada dinding bidang miring kasar. Koefisien gesekan balok dan dinding adalah  $0,2$ , dan massa balok  $M=3\text{kg}$ . Maka tentukan gaya tekan balok terhadap

dinding, jika  $m_1$  bergerak sejauh 2m selama 2s. (Anggap massa katrol di abaikan)



**Solusi Soal-4.3.5**

Sketsa pengetahuan soal diperlihatkan pada gambar berikut



Dari sketsa tersebut kita peroleh percepatan sistem gerak  $m$  dan  $M$  adalah:

$$a = \frac{Mg - \mu N - mgsin\theta}{M + m} = \frac{30 - 0,2N - 10}{5} = \frac{20 - 0,2N}{5}$$



Dengan percepatan  $a$  tersebut, balok  $m$  dapat bergerak sejauh  $2\text{m}$  dalam setiap  $2\text{s}$ , maka hubungan percepatan dan jarak serta waktu tempuh balok  $m$  dirumuskan:

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

Sehingga dari persamaan ini kita peroleh:

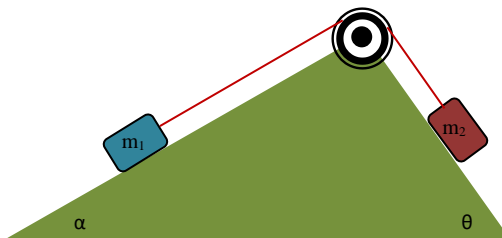
$$a = \frac{2S}{t^2} = \frac{(2)(2)}{2^2} = 1\text{m/s}^2$$

Dengan demikian gaya tekan balok terhadap dinding adalah sama dengan gaya normal (N), sehingga:

$$F = N = \frac{20 - 5a}{0,2} = \frac{20 - 5(1)}{0,2} = 75\text{N}$$

#### Soal-4.3.6

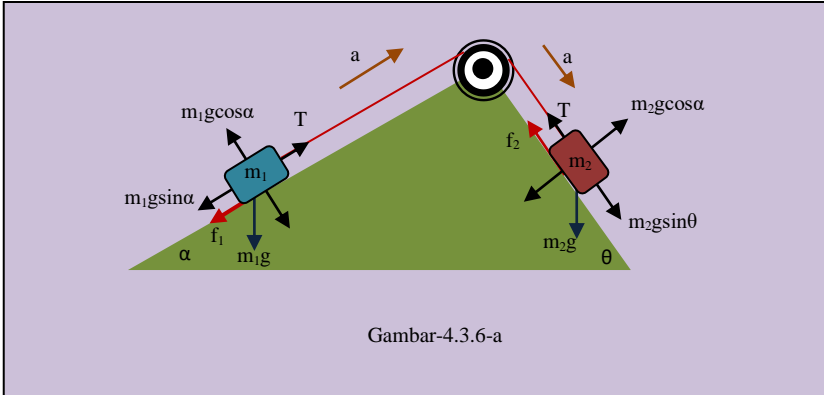
Dua buah balok  $m_1=1\text{kg}$  dan  $m_2=3\text{kg}$  berada di atas bidang miring segitiga seperti gambar berikut ini.



Koefisien gesekan pada  $m_1$  dan  $m_2$  terhadap bidang miring adalah  $0,5$ . Jika diketahui  $\alpha=37^\circ$  dan  $\theta= 53^\circ$ , maka tentukan tegangan tali.

**Solusi Soal-4.3.6**

Anggap bahwa  $m_2$  bergerak ke bawah (dengan alas an sudut kemiringan dan massanya lebih besar dari  $m_1$ ), maka sketsa pengetahuan untuk soal tersebut adalah:



Dengan menggunakan persamaan yang telah dirumuskan di atas, maka percepatan sistem gerak adalah:

$$a = \frac{m_2 g \sin \theta - \mu m_2 g \cos \theta - m_1 g \sin \alpha - \mu m_1 g \cos \alpha}{m_1 + m_2}$$

Dari keterangan soal diperoleh:

$$m_2 g \sin \theta = 24 N$$

$$\mu m_2 g \cos \theta = 9 N$$

$$m_1 g \sin \alpha = 6 N$$

$$\mu m_1 g \cos \alpha = 4 N$$

Hasil-hasil ini disubstitusi ke persamaan percepatan di atas, maka nilai percepatan sistem adalah:

$$a = \frac{5}{4} m/s^2$$

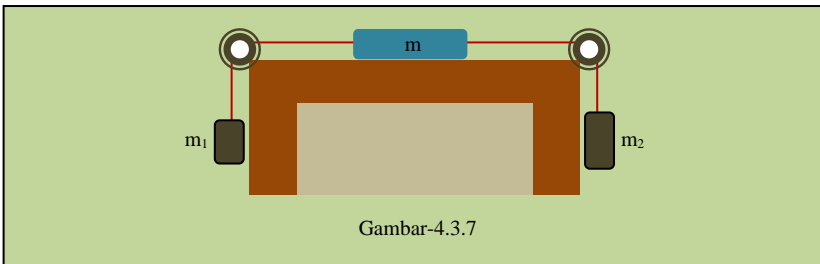
Dengan demikian tegangan tali sistem adalah:

$$T = m_2 g \sin \theta - (\mu m_2 g \cos \theta + m_2 a)$$

$$T = 11,25N$$

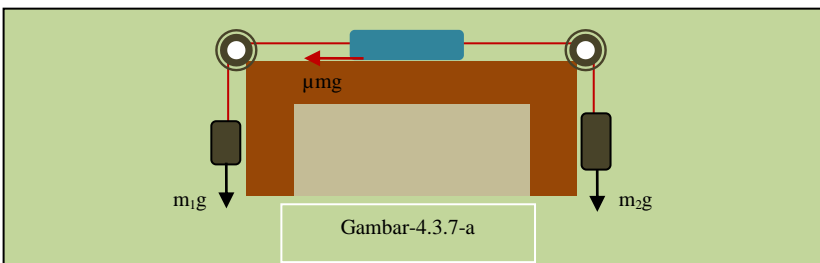
### Soal-4.3.7

Pada gambar di bawah memperlihatkan tiga buah balok  $m_1=1\text{kg}$ ,  $m=1\text{kg}$  dan  $m_2= 3\text{kg}$ . Jika koefisien gesekan antara balok  $m$  dengan meja adalah  $0,5$ . Maka tentukan tegangan tali pada sistem gerak tersebut.



### Solusi Soal-4.3.7

Berdasarkan data-data di atas, bahwa percepatan sistem adalah searah dengan gerak  $m_2$  yang menuju ke bawah. Sehingga sketsa pengetahuan soal di atas adalah sebagai berikut.



Berdasarkan gambar-4.3.7-a, diperoleh bahwa percepatan sistem adalah:

$$a = \frac{m_2g - \mu mg - m_1g}{m + m_1 + m_2}$$

maka

$$a = \frac{30 - 5 - 10}{5} = 3m/s^2$$

Dengan demikian tegangan tali antara balok m dengan balok  $m_1$  adalah:

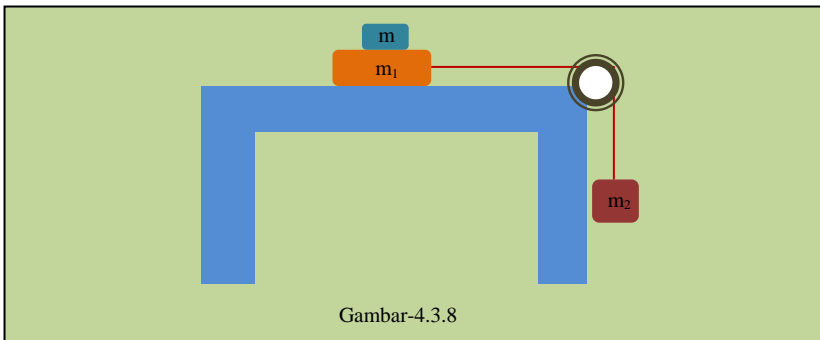
$$T_1 = m_1a + m_1g = 3 + 10 = 13N$$

Dan tegangan tali antara balok m dan  $m_2$  adalah:

$$T_2 = m_2g - m_2a = 30 - 9 = 21N$$

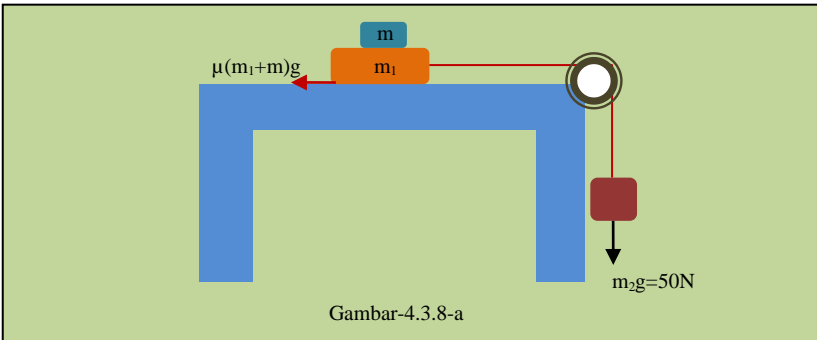
#### Soal-4.3.8

Ada tiga buah balok tersusun seperti gambar-4.3.8 berikut ini. Massa  $m_1 = 4\text{kg}$ ,  $m_2 = 5\text{kg}$ . Koefisien gesekan antara balok m dan  $m_1$  adalah 0,3, dan koefisien gesekan antara balok  $m_1$  dengan meja adalah 0,2. Tentukan berapa besar massa m jika balok m tidak slip (bergeser) selama sistem bergerak.



**Solusi Soal-4.3.8**

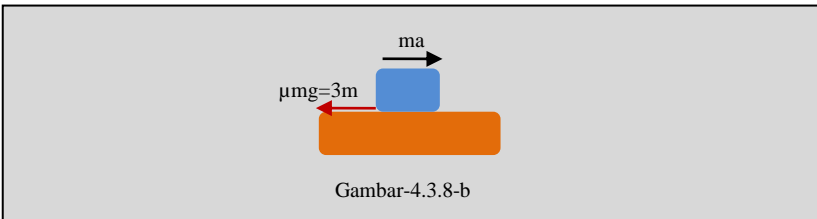
Adapun sketsa pengetahuan dan diagram bebas dari soal ini untuk menentukan percepatan sistem agar  $m$  tidak slip adalah:



Dan

$$a = \frac{50 - 2(4+m)}{m+m_1+m_2} \dots (i)$$

Dan untuk sisten gerak antara balok  $m$  dan  $m_1$ , sketsa pengeahuannya adalah:



Agar balok  $m$  tidak slip, maka berlaku syarat:

$$ma = \mu mg = 3m$$

$$a = 3m/s^2$$

Jadi agar balom  $m$  tidak slip, maka percepatan maksimum sistem adalah  $3m/s^2$ , dengan demikian persamaan (i) menjadi:

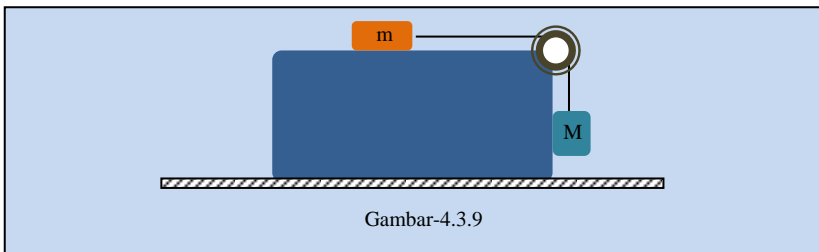
$$3 = \frac{50 - 8 - 2m}{9 + m}$$

Maka,

$$m = 3kg$$

### Soal-4.3.9

Gambar-4.3.9 di bawah ini memperlihatkan sebuah peti yang berada pada lantai licin. Di atas peti ada balok  $m=2kg$  yang terikat tali melalui sebuah katrol yang ujungnya diikat dengan balok  $M=4kg$ .

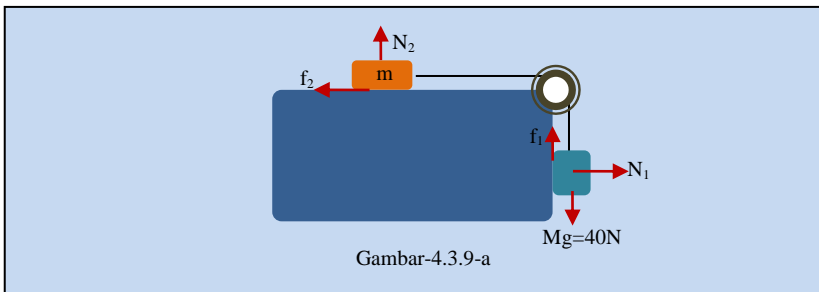


Jika koefisien gesekan antara  $m$  dan peti adalah  $0,5$  dan koefisien gesekan antara  $M$  dengan dinding peti adalah  $0,25$ , maka tentukan batas-batas percepatan peti yang diperkenankan agar balok  $m$  dan  $M$  tidak slip.

### Solusi Soal-4.3.9

Batas-batas percepatan yang diperkenankan peti bergerak dengan percepatan tertentu agar kedua balok tidak slip ada dua yaitu batas minimum dan batas maksimum.

- a. Untuk batas minimum, artinya kecenderungan balok  $M$  akan bergerak ke bawah, sehingga untuk kondisi ini sketsa pengetahuan dan diagram bebasnya adalah:



Dalam kasus ini, kita tidak bisa meninjau sistem secara keseluruhan, tetapi kita harus meninjau satu persatu untuk setiap sistem balok.

Misalkan untuk gerak balok M, ada dua gerakan yang terjadi yaitu gerak vertikal ke bawah (cenderung bergerak ke bawah) dan bergerak horizontal dengan percepatan sama dengan percepatan peti  $a_{min}$ . Jadi gerak horizontal M berlaku:

$$N_1 = M a_{min} = 4 a_{min} \dots (i)$$

Untuk gerak vertikal M berlaku:

$$Mg - f_1 - T = 0$$

$$40 - \mu_1 N_1 - T = 0$$

$$40 - a_{min} - T = 0 \dots (ii)$$

Sedangkan untuk gerak benda m, kita tinjau gerak horizontal dengan  $a_{min}$ . yaitu:

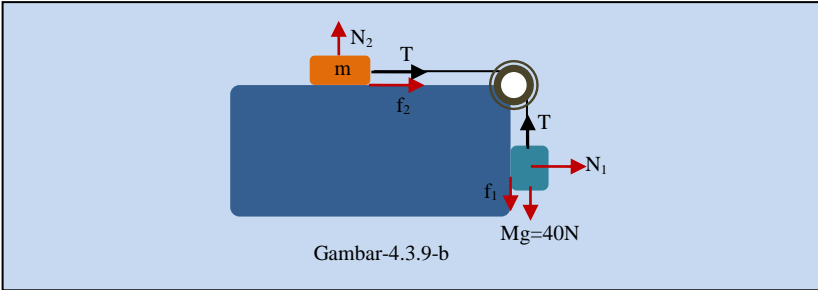
$$T - f_2 = m a_{min}$$

$$T - 10 = 2 a_{min} \dots (iii)$$

Substitusi antara persamaan (ii) dan (iii) menghasilkan nilai percepatan minimum yaitu:

$$a_{min} = 10 m/s^2$$

b. Untuk percepatan maksimum, maka balok M akan bergerak ke atas, sehingga berlaku:



Untuk balok M bergerak horizontal

$$N_1 = Ma_{max} = 4a_{max}$$

Dan gerak vertical

$$T - Mg - f_1 = 0$$

$$T - 40 - a_{max} = 0 \dots (iv)$$

Sementara untuk balok m berlaku (gerak horizontal)

$$T + f_2 = ma_{max}$$

$$T + \mu_2 mg = 2a_{max}$$

$$T + 10 = 2a_{max} \dots (v)$$

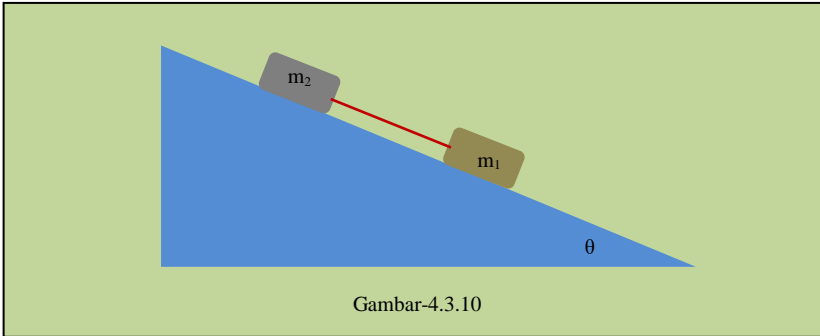
Dengan mensubsitisi antara persamaan (iv) dan (v), maka diperoleh:

$$a_{max} = 50m/s^2$$

### Soal-4.3.10

Dua balok bermassa  $m_1$  dan  $m_2$  dihubungkan dengan sebuah tali yang massanya diabaikan berada pada sebuah bidang miring, seperti terlihat pada gambar-4.3.10 berikut.

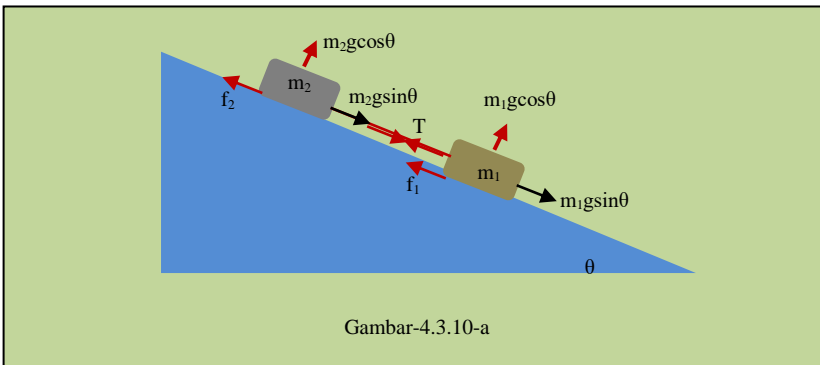




Diketahui bahwa balok  $m_1=3\text{kg}$ , dan  $m_2 = 2\text{kg}$ , sedangkan koefisien gesekan  $m_1$  terhadap bidang adalah  $\frac{1}{3}$  dan untuk  $m_2$  adalah  $\frac{1}{2}$ , maka tentukan tegangan tali  $T$  jika sudut kemiringan bidang adalah  $37^\circ$ .

#### Solusi Soal-4.3.10

Sketsa pengetahuan dan diagram bebas dari gambar-4.3.10 di atas adalah diperlihatkan pada gambar-4.3.10-a berikut ini..



Berdasarkan gambar-4.3.10-a, maka perlu kita tentukan gaya-gaya penggerak dan gaya penghambat (ingat, gaya tegangan tali saling meniadakan jika kita tinjau dalam satu sistem kesatuan). Maka percepatan sistem adalah:

$$a = \frac{(m_1 + m_2)g\sin\theta - (\mu_1 m_1 + \mu_2 m_2)g\cos\theta}{m_1 + m_2}$$

Dengan meamsukkan nilai-nilai yang telah ditentukan, maka kita peroleh nilai a yaitu:

$$a = \frac{30 - 16}{5} = \frac{14}{5} m/s^2$$

Selanjutnya kita perhatikan untuk gaya-gaya yang bekerja pada balok  $m_1$ , maka untuk  $m_1$  bergerak dengan percepatan yang telah ditentukan di atas, maka diperoleh tegangan tali yaitu:

$$T = m_1 g \sin\theta - \mu_1 m_1 g \cos\theta - m_1 a$$

Atau

$$T = 1,6N$$

Mari kita coba buktikan kebenaran nilai  $T=1,6N$  dengan memperhatikan gerak balok  $m_2$ . Maka berdasarkan keterangan gambar-4.3.10-a di atas, maka tegangan tali  $T$  adalah:

$$T = m_2 a + \mu_2 m_2 g \cos\theta - m_2 g \sin\theta$$

Dengan memasukkan nilai-nilai yang telah diketahui, maka diperoleh:

$$T = 1,6N$$

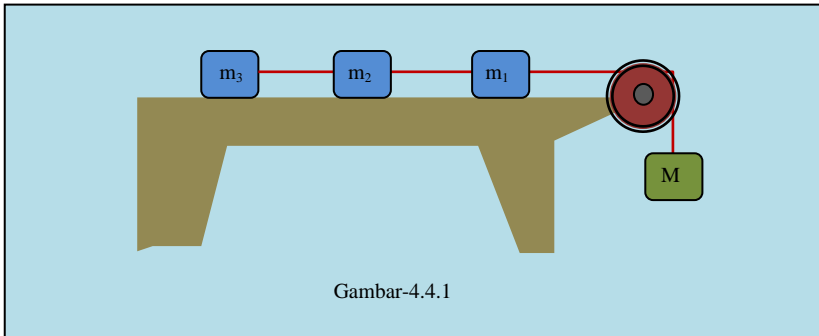
Jadi dengan tinjauan gerak masing  $m_1$  dan  $m_2$  menghasilkan nilai  $T$  yang sama. Jika hasilnya tidak sama, maka tali tersebut tidak menegang.

#### 4.4 Soal Latihan

Berikuti diberikan soal-soal Latihan. Tujuannya adalah memantapkan pemahaman dan penerapan konsep, prinsip, dan formulasi tentang gaya penggerak khususnya pada kasus gerak translasi.

**Soal-4.4.1**

Susunan tiga buah balok yang dihubungkan oleh tali berada bidang datar dan ditarik oleh sebuah benda bermassa  $M$  yang tergantung melalui sebuah katrol. Jika  $m_1 = 2\text{kg}$ ,  $m_2 = 1\text{kg}$ ,  $m_3 = 1\text{kg}$  dan  $M = 1\text{kg}$ .

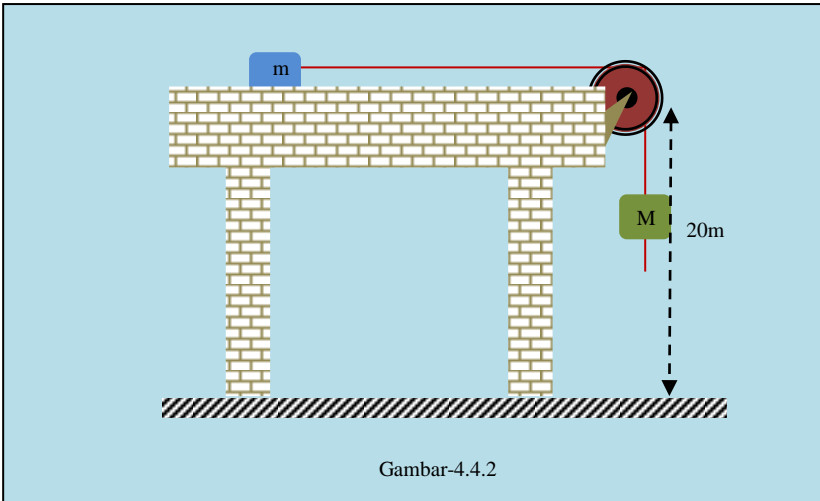


- Jika massa katrol dan gesekan di abaikan, maka tentukan tegangan di antara dua balok.
- Jika koefisien gesekan antara balok dengan meja adalah 0,2, massa katrol diabaikan, maka tentukan tegangan di antara dua balok
- Jika momen inersia katrol  $I = \frac{1}{2} m_k R^2$ , dan  $m_k = 2\text{kg}$ , dan anggap meja licin, tentukan tegangan tali di antara dua benda.
- Jika momen inersia katrol  $I = \frac{1}{2} m_k R^2$ , dan  $m_k = 2\text{kg}$ , serta koefisien gesekan antara balok dan meja adalah 0,2, maka tentukan tegangan tali di antara dua benda.

**Soal-4.4.2**

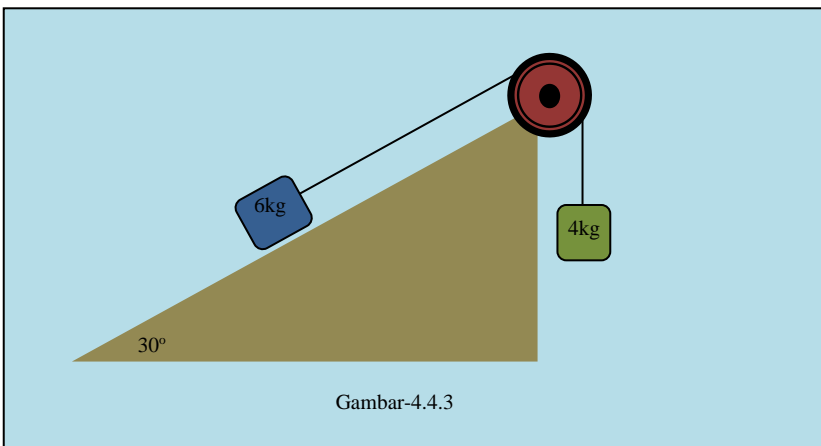
Perhatikan gambar-4.6.4 di sebelah. Sebuah pintu gerbang beton setinggi 20m, seorang pekerja akan menjatuhkan sebuah batu berbebentuk balok yang massanya 400kg dengan menggunakan katrol yang massa di abaikan. Beban penggantung yang digunakan massa 100kg (lihat gambar). Setelah batu balok bergerak sejauh 4m, tiba-tiba tali putus, akibatnya batu balok meluncur ke bawah, demikian juga beban penggantung jatuh. Jika ternyata waktu yang

dibutuhkan balok tiba ke tanah adalah 2 kali waktu yang dibutuhkan beban penggantung tiba di tanah, maka tentukan jarak mula-mula beban penggantung dari tanah.



**Soal-4.4.3**

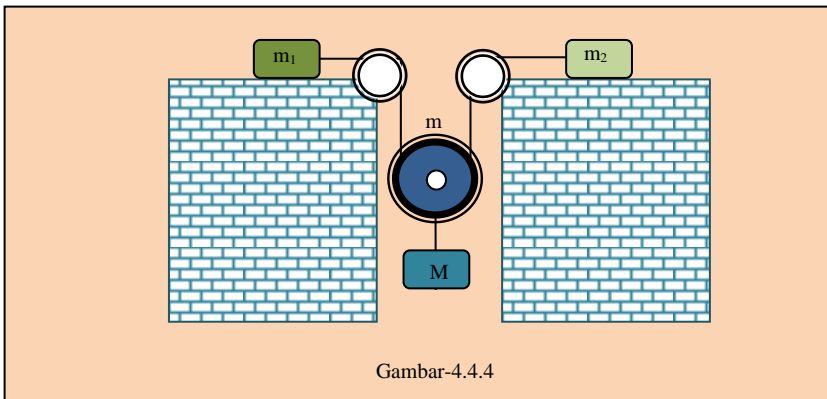
Perhatikan gambar-4.4.3 berikut ini.



Balok bermassa 6kg berada di atas bidang miring dengan sudut kemiringan  $30^\circ$ . Balok tersebut diikat dengan tali melalui sebuah katrol, dan ujung lainnya dengan beban penggantung yang massanya 4kg. Anggap gesekan dan massa katrol di abaikan. Pada saat sistem dilepaskan, maka kedua balok akan bergerak. Setelah bergerak beberapa saat, balok yang ada di atas bidang miring putus dan terus meluncur hingga tiba di tanah. Jika perbandingan antara jarak jatuhnya benda 6kg di hitung dari garis vertikal bibir bidang miring dan tingginya bidang miring adalah  $\frac{\sqrt{3}}{2}$ , maka tentukan berapa jauh benda tersebut bergerak dihitung saat mulai bergerak hingga talinya putus.

#### Soal-4.4.4

Perhatikan sistem gambar berikut ini, massa  $m_1$  dan  $m_2$  berada di atas meja yang terpisah. Keduanya dihubungkan dengan tali melalui katrol yang menggantung di antara dua bibir meja. Pada katrol digantung sebuah beban massanya  $M$ . Tentukan tegangan tali dan percepatan  $m_1, m_2$ , dan  $M$ , jika:

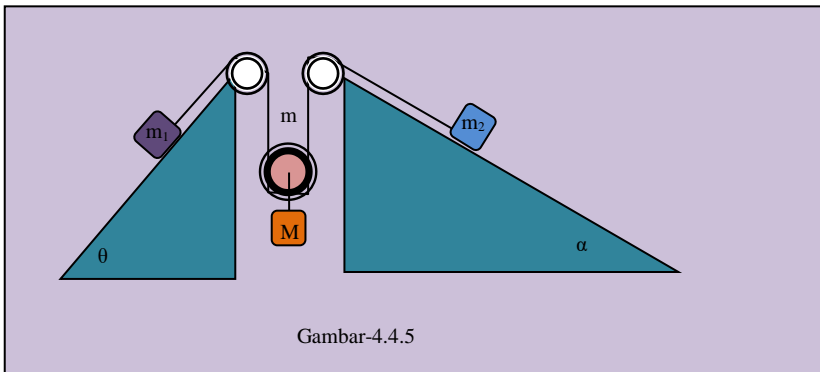


- Meja licin dan massa katrol di abaikan
- Meja licin tetapi massa katrol adalah  $m$
- Koefisien gesekan balok  $m_1$  adalah  $\mu_1$  dan  $m_2$  adalah  $\mu_2$  dan massa katrol di abaikan.

- d. Koefisien gesekan pada balok  $m_1$  adalah  $\mu_1$  dan  $m_2$  adalah  $\mu_2$  dan massa katrol adalah  $m$

**Soal-4.4.5**

Perhatikan gambar di bawah ini, sistem gerak dua benda yang berada di atas bidang miring. Anggap  $m_3$  bergerak ke bawah.



Gambar-4.4.5

Tentukan tegangan tali, percepatan  $m_1$ ,  $m_2$ , dan  $M$ , jika:

- Meja licin dan massa katrol di abaikan
- Meja licin tetapi massa katrol adalah  $m$
- Koefisien gesekan pada balok  $m_1$  adalah  $\mu_1$  dan  $m_2$  adalah  $\mu_2$  dan massa katrol di abaikan.
- Koefisien gesekan pada balok  $m_1$  adalah  $\mu_1$  dan  $m_2$  adalah  $\mu_2$  dan massa katrol adalah  $m$

Halaman ini sengaja dikosongi  
<http://www.ahmarcendekia.or.id>

## BAB 5 SISTIM KATROL

### 5.1 Pendahuluan

Hukum kedua Newton yang telah dirumuskan pada persamaan (4.1), kita tulis ulang seperti berikut ini.

$$a = \frac{\Sigma F}{\Sigma m_s} = \frac{\Sigma F_{penggerak} - \Sigma F_{penghambat}}{\Sigma m_{translasi} + \Sigma m_{rotasi}} \quad \dots (5.1)$$

Perlu hati-hati dalam menggunakan persamaan (5.1) di atas, karena pada beberapa kasus tertentu persamaan tersebut tidak dapat diterapkan untuk menentukan percepatan sistem. Persamaan (5.1) ini hanya dapat digunakan digunakan untuk sistem gerak benda yang terhubung dengan tali secara stasioner, artinya semua unit-unit benda saling terhubung secara stasioner (lurus). Sementara untuk sistem gerak benda yang bercabang memerlukan modifikasi lebih lanjut dari persamaan (5.1) tersebut. Selengkapnya mengenai hal ini akan dijelaskan pada soal-soal yang akan ditampilkan pada sub bab berikut ini.

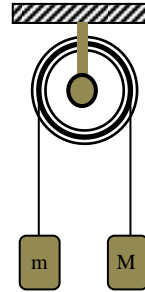
### 5.2 Sistim Katrol Tunggal

Katrol adalah alat yang banyak digunakan mengangkat beban dari bawah ke atas dan sebaliknya. Katrol termasuk alat yang digunakan orang untuk memudahkan mengangkat beban yang berat, seperti halnya bidang miring. Istilah memudahkan dalam hal ini bukan berkaitan dengan memudahkan usaha, tetapi mengurangi nilai berat beban yang akan diangkat tetapi usaha yang dibutuhkan adalah tetap. Kali ini akan dibahas hal yang berkaitan dengan katrol ditinjau dari prinsip dinamika. Untuk itu, sebagai awal pembahasan akan dibahas sistem gerak dengan menggunakan katrol tunggal. Berikut ini akan disajikan contoh soal untuk memudahkan memahami lebih jauh tentang hukum-hukum gerak.



**Soal-5.2.1**

Dua beban bermassa  $M$  dan  $m$  ( $M > m$ ) masing-masing diikatkan pada ujung tali melalui sebuah katrol. Anggap massa katrol diabaikan. Tentukan percepatan sistem dan tegangan tali.

**Solusi Soal-5.2.1 (Cara Pertama)**

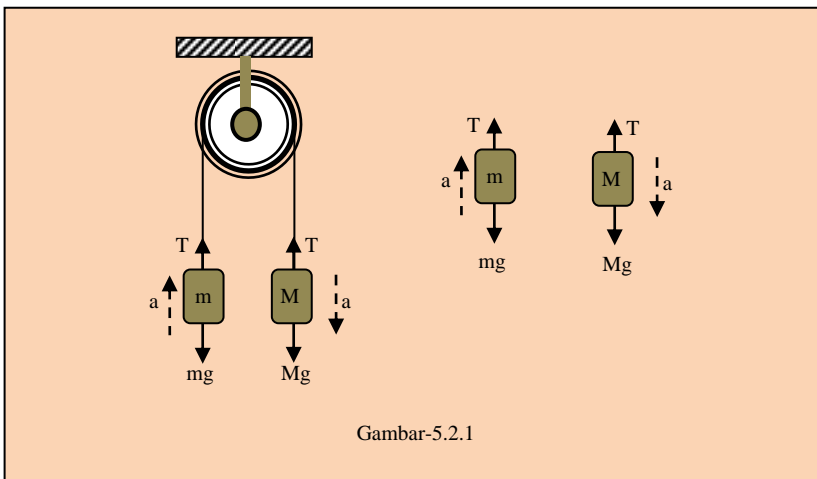
Sketsa pengetahuan dan diagram bebas soal ini diperlihatkan pada gambar-5.2.1.

Untuk benda  $m$ , gaya-gaya yang bekerja adalah:

$$T - mg = ma \dots (i)$$

Untuk benda  $M$ , gaya yang bekerja adalah:

$$Mg - T = Ma \dots (ii)$$



Gambar-5.2.1

Dengan mensubstitusi  $T$  dari persamaan (i) ke (ii), maka diperoleh hasil:

$$a = \frac{Mg - mg}{M + m}$$

$$T = m \left[ \frac{Mg - mg}{M + m} \right] + mg = 2Mg \frac{m}{M + m}$$

**Solusi Soal-5.2.1 (Cara Kedua)**

Terlihat pada gambar-5.5.1 bahwa yang menjadi gaya penggeraknya adalah  $Mg$  dan gaya penghambat adalah  $mg$ , sehingga dengan menggunakan persamaan (5.1) di atas, maka diperoleh percepatan sistem yaitu:

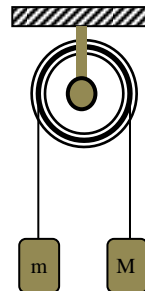
$$a = \frac{Mg - mg}{M + m}$$

Maka

$$T = m \left[ \frac{Mg - mg}{M + m} \right] + mg = 2Mg \frac{m}{M + m}$$

**Soal-5.2.2**

Dua beban bermassa  $M$  dan  $m$  ( $M > m$ ) masing-masing diikatkan pada ujung tali melalui sebuah katrol. Jika massa katrol adalah  $m_k$  maka tentukan percepatan sistem dan tegangan tali. Anggap ( $I = cm_k R^2$ )



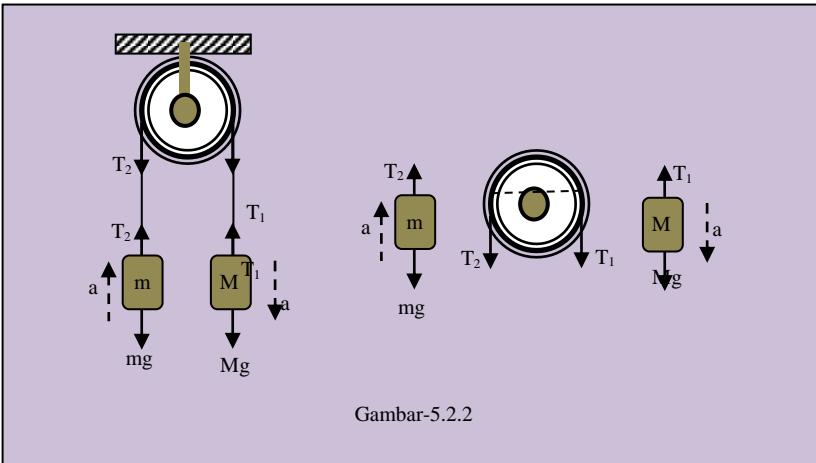
**Solusi Soal-5.2.2 (Cara Pertama)**

Sketsa pengetahuan dan diagram bebas soal diperlihatkan pada gambar di sebelah. Terlihat dari diagram bebas untuk  $m$  berlaku:

$$T_2 - mg = ma \dots (i)$$

Dan untuk katrol berlaku momen gaya, sehingga diperoleh:

$$T_1 - T_2 = cm_k a \dots (ii)$$



Sedangkan untuk benda M berlaku

$$Mg - T_1 = Ma \dots (iii)$$

Dengan mensubsitisi  $T_1$  pada persamaan (iii) dan  $T_2$  pada persamaan (i) ke persamaan (ii), maka diperoleh:

$$a = \frac{Mg - mg}{M + m + cm_k}$$

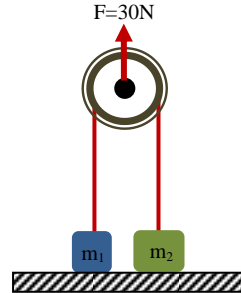
Maka tegangan tali adalah:

$$T_1 = \left[ \frac{2m + cm_k}{M + m + cm_k} \right] Mg$$

$$T_2 = \left[ \frac{2M + cm_k}{M + m + cm_k} \right] mg$$

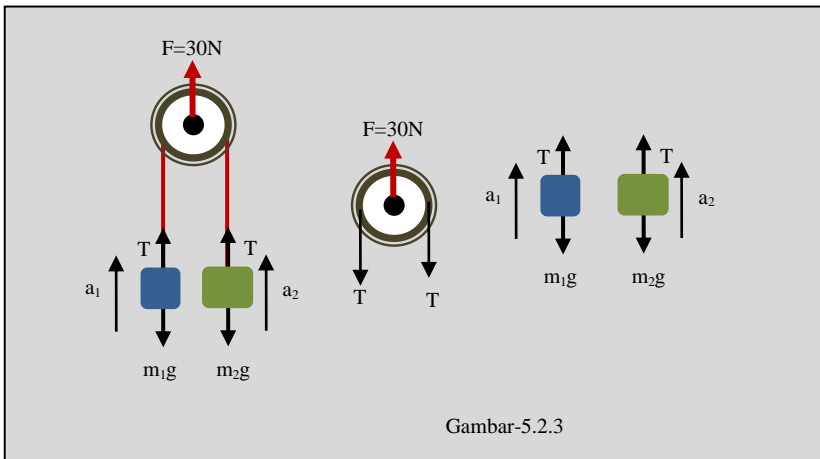
**Soal-5.2.3**

Katrol pada gambar di samping memperlihatkan dua buah balok yang mula-mula berada di atas lantai. Massa katrol dan gesekan di abaikan. Jika  $m_1=1\text{kg}$  dan  $m_2=2\text{kg}$ , maka tentukan percepatan kedua balok bila katrol ditarik perlahan 30N



**Solusi Soal-5.2.3**

Sketsa pengetahuan dan diagram bebas katrol diperlihatkan pada gambar-5.2.3 berikut ini.



Gambar-5.2.3

Terlihat pada gambar-5.2.3 di atas, bahwa untuk komponen gaya yang bekerja pada katrol adalah:

$$2T = F$$

$$T = \frac{1}{2}F = 15N \dots (i)$$

Sedangkan untuk balok  $m_1$ , berlaku

$$T - m_1g = m_1a_1$$

$$a_1 = \frac{T - m_1g}{m_1} = \frac{15 - (1)(10)}{1}$$

$$a_1 = 5\text{m/s}^2$$

Dan untuk balok  $m_2$ , berlaku:

$$T - m_2g = m_2a_2$$

$$a_2 = \frac{T - m_2g}{m_2} = \frac{15 - (2)(10)}{2}$$

$$a_2 = -2,5 \text{ m/s}^2$$

Artinya balok  $m_2$  bergerak ke bawah dengan percepatan  $2,5 \text{ m/s}^2$ .

### 5.3 Sistem Katrol Majemuk

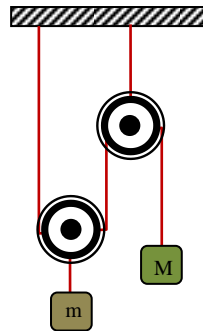
Di atas telah di bahas tentang katrol tunggal, berikut ini akan dikaji bagaimana persamaan gerak benda atau sistem jika katrolnya berseri atau tersusun beberapa katrol. Tentu saja persamaan (5.1) perlu kita hati-hati menggunakannya. Khusus untuk untuk katrol majemuk penentuan gaya penghambat dan gaya penggerak tidak sama cara dengan cara di atas. Karena dalam katrol majemuk, ada tegangan yang tak lain merupakan penjumlahan dua tegangan tali lainnya atau bahkan lebih.

Prinsip yang harus pula kita fahami adalah baik bidang miring, tuas, maupun katrol tidak akan pernah mengurangi usaha, tetapi yang dikurangi adalah “berat benda”. Misalkan, seorang anak tidak mampu mengangkat beras

yang beratnya 500N, dia hanya mampu mengangkat sebesar 250N, maka agar berat beras yang 500N dapat terangkat, digunakanlah bidang miring, tuas atau katrol. Khusus untuk katrol majemuk, bahwa makin banyak susunan katrol, maka semakin ringan beban yang diangkat. Bagaimana hal ini dapat terjadi? Berikut ini akan diberikan contoh soal katrol seri.

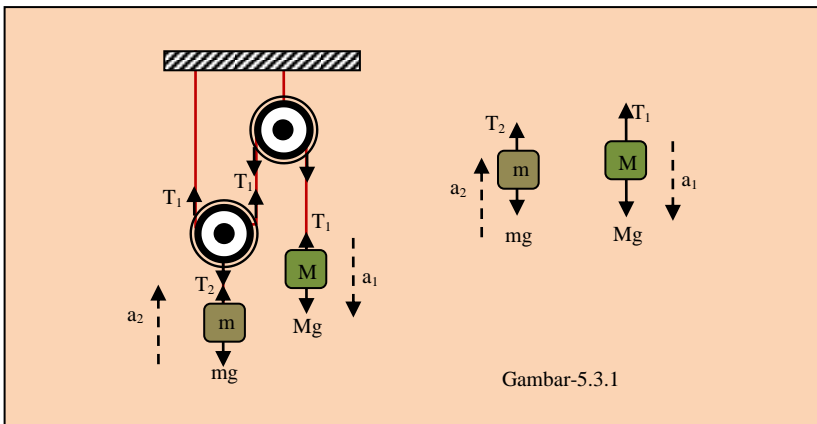
**Soal-5.3.1**

Pada gambar di samping memperlihatkan sistem dua katrol yang dipasang secara seri. Ada dua beban yang tergantung pada ujung-ujung tali yaitu M dan m. Anggap massa katrol di abaikan. Jika  $M > \frac{1}{2}m$ , maka beban M akan bergerak ke bawah. Tentukan percepatan M dan m serta tegangan tali yang tergantung dilangit-langit.



**Solusi Soal-5.3.1**

Sketsa pengetahuan dan diagram bebas benda pada katrol tersebut adalah:



Gambar-5.3.1

Terlihat pada gambar-5.3.1 di atas, dari diagram bebas diperoleh persamaan untuk benda m adalah:

$$T_2 - mg = ma_2 \dots (i)$$

Dimana  $T_2 = 2T_1$ , sehingga persamaan (i) menjadi:

$$2T_1 - mg = ma_2 \dots (ii)$$

Sedangkan hubungan antara  $a_1$  dan  $a_2$  adalah diperoleh melalui perbandingan jarak tempuh benda m dan M. Jika m menempuh jarak sejauh s, maka M telah menempuh sejauh 2s untuk waktu yang sama. Gunakan persamaan  $S = \frac{1}{2}at^2$  Maka perbandingan percepatan  $a_2$  (m) dengan  $a_1$  (M) adalah 1:2, maka  $a_2 = 2a_1$ . Untuk benda M diperoleh persamaan gerak:

$$Mg - T_1 = Ma_1$$

Atau

$$Mg - T_1 = \frac{1}{2}a_2 \dots (iii)$$

Dari persamaan (ii) dan (iii) diperoleh:

$$a_2 = \frac{2Mg - mg}{M + m}$$

Dan

$$a_1 = \frac{Mg - \frac{1}{2}mg}{M + m}$$

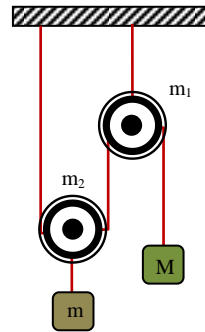
Dengan memasukkan persamaan  $a_2$  ke persamaan (iii) maka diperoleh:

$$T_1 = \frac{3m}{2(m + M)}Mg$$

$$T_2 = \frac{1}{2}T_1 = \frac{3m}{(m + M)}Mg$$

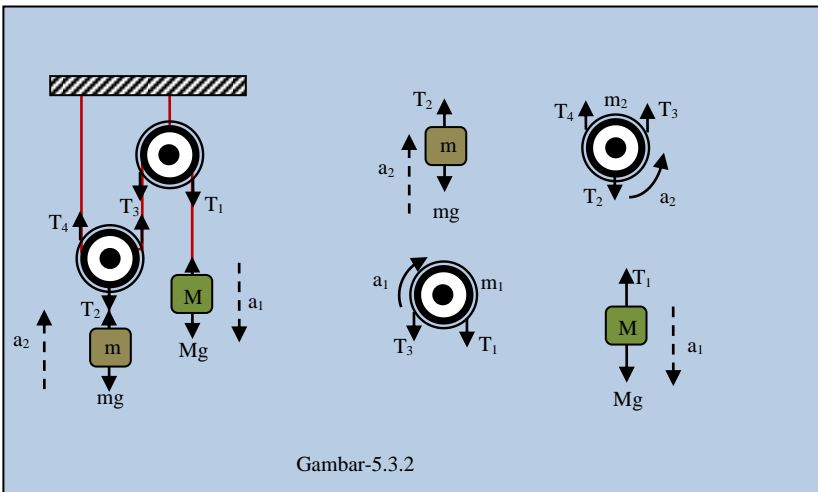
**Soal-5.3.2**

Pada gambar di samping memperlihatkan sistem dua katrol yang dipasang secara seri. Ada dua beban yang tergantung pada ujung-ujung tali yaitu M dan m. Massa katrol  $m_1$  dan  $m_2$ . Jika  $M > m$ , maka beban M akan bergerak ke bawah. Tentukan percepatan M dan m



**Solusi Soal-5.3.2**

Sketsa pengetahuan dan diagram bebasnya adalah:



Terlihat pada gambar-5.3.2 di atas, dari diagram bebas diperoleh persamaan untuk benda m adalah:

$$T_2 - mg = ma_2 \dots(i)$$

Dan untuk katrol  $m_2$  ( $I_2 = c_2 m_2 R^2$ ), berlaku momen gaya:



$$T_3 - T_4 = c_2 m_2 a_2 \dots (ii)$$

Sedangkan

$$T_2 = T_3 + T_4 \dots (iii)$$

Dari persamaan (i),(ii) dan (iii) diperoleh:

$$2T_3 - mg = [m + c_2 m_2] a_2 \dots (iv)$$

Untuk katrol  $m_1$ , ( $I_1 = c_1 m_1 R^2$ ) berlaku momen gaya:

$$T_1 - T_3 = c_1 m_1 a_1 \dots (v)$$

Dan untuk benda M berlaku:

$$Mg - T_1 = Ma_1 \dots (vi)$$

Dimana dapat ditentukan hubungan  $a_1$  dan  $a_2$  yaitu  $a_2 = 2a_1$ . Selanjutnya dari persamaan (iv),(v), dan (vi), maka diperoleh hasil:

$$a_1 = \frac{Mg - \frac{1}{2}mg}{[M + m + c_1 m_1 + c_2 m_2]}$$

Dan

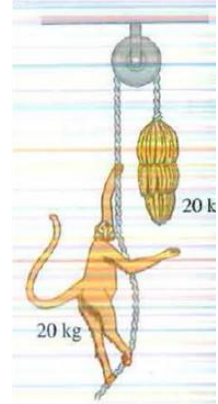
$$a_2 = \frac{2Mg - mg}{[M + m + c_1 m_1 + c_2 m_2]}$$

#### 5.4 Soal Latihan

Untuk memudahkan memahami dan menggunakan konsep dinamika gerak pada katrol, maka kerjakan soal latihan berikut ini.

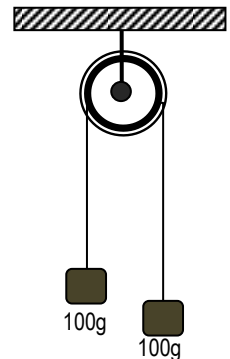
**Soal-5.3.1**

Seekor kera beratnya 200N dengan mata tertuju ke bawah berpegangan teguh pada seutas tali yang menggantung pada melalui sebuah katrol tanpa gesekan dan pada tali itu terikat pisang yang beratnya 200N seperti diperlihatkan pada gambar di samping. Kera itu memandang ke atas melihat pisang itu lalu memanjat tali itu untuk mengambilnya. (a) Waktu kera itu memanjat, apakah pisang tersebut bergerak naik, turun, atau tetap diam? (b) Waktu kera itu memanjat, apakah jarak antara kera dan pisang berkurang, bertambah, atau tidak berubah, (c) Kera itu melepaskan pegangannya dari tali. Bagaimana tentang jarak kera dan pisang tatkala kera jatuh, (d) Sebelum sampai ditanah, kera itu menyambar talu untuk menahan jatuhnya? Apa yang terjadi dengan pisang tersebut.



**Soal-5.3.2**

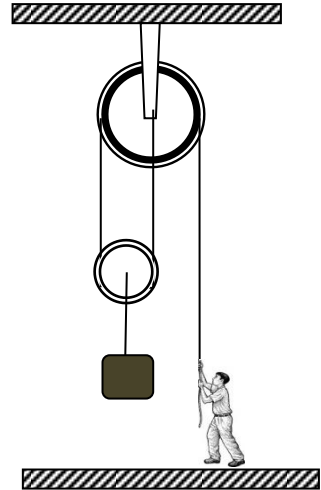
Dua balok 100g tergantung pada ujung-ujung tali yang massanya di abaikan melalui sebuah katrol tanpa gesekan seperti terlihat pada gambar di samping. Sebuah balok massanya 50g diletakkan di atas balok bagian kanan, lalu setelah 2 detik balok 50g tersebut diambil. (a) Berapa jauh setiap balok 100g bergerak selama 1 detik setelah balok 50g diambil? (b) Berapa tegangan tali sebelum balok 50g diambil? (c) Berapa tegangan tali yang menahan katrol sebelum balok di ambil ? anggap massa katrol di abaikan (gunakan  $g=10\text{m/s}^2$ )



**Soal-5.3.3**

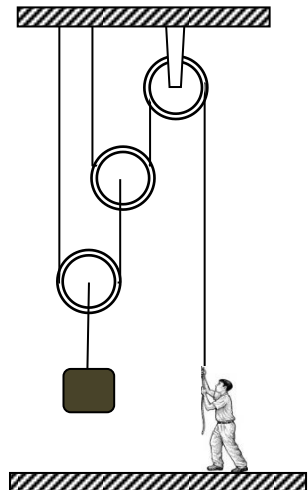
Sebuah balok akan diangkat ke atas menuju ketinggian dengan menggunakan sistim katrol seperti diperlihatkan pada gambar di samping. Massa balok adalah 100kg. Anggap massa tali, massa katrol dan gesekan antara tali dan katrol di abaikan. Maka tentukan:

- gaya tarikan pada ujung tali bebas agar balok terangkat dengan percepatan  $1\text{m/s}^2$ , dan
- tentukan pula besar gaya tarikan pada ujung tali bebas agar balok bergerak ke atas dengan kecepatan tetap.
- Gaya tahan penahan katrol di dinding langit-langit.  
(gunakan  $g=10\text{m/s}^2$ )

**Soal-5.3.4**

Sebuah balok akan diangkat ke atas menuju ketinggian dengan menggunakan sistim katrol seperti diperlihatkan pada gambar di samping. Massa balok adalah 100kg. Anggap massa tali, massa katrol dan gesekan antara tali dan katrol di abaikan. Maka tentukan:

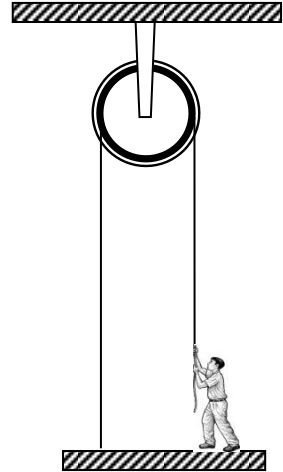
- gaya tarikan pada ujung tali bebas agar balok terangkat dengan percepatan  $1\text{m/s}^2$ , dan
- tentukan pula besar gaya tarikan pada ujung tali bebas agar balok bergerak ke atas dengan kecepatan tetap.
- Gaya tahan penahan katrol di dinding langit-langit.  
(gunakan  $g=10\text{m/s}^2$ )



**Soal-5.3.5**

Seorang yang berdiri di atas papan pada bagian ujungnya. Ujung papan yang lain diikatkan dengan tali lalu dilewatkan melalui sebuah katrol yang terpasang dilangit-langit. Ujung tali lainnya dipegang oleh orang yang berdiri. Kemudian orang tersebut menarik tali hingga ia bergerak ke atas. Jika massa orang adalah 60kg dan massa papan adalah 20kg, maka tentukan:

- (a) Tegangan tali
- (b) Gaya yang harus dikerjakan orang tersebut agar ia bisa terangkat dengan kecepatan tetap.



Halaman ini sengaja dikosongi  
<http://www.ahmarcendekia.or.id>

## BAB 6

### GERAK MENGGELINDING

#### 6.1 Pendahuluan

Mengelinding adalah fenomena gerak suatu benda yang disamping bergerak translasi juga melakukan rotasi. Dalam konteks ini, maka benda yang mengelinding memiliki dua jenis massa yaitu massa translasi dan massa rotasi sebagaimana diungkapkan pada persamaan (4.1) atau persamaan (5.1). Persamaan itu, kita tulis ulang untuk mengingatnya kembali.

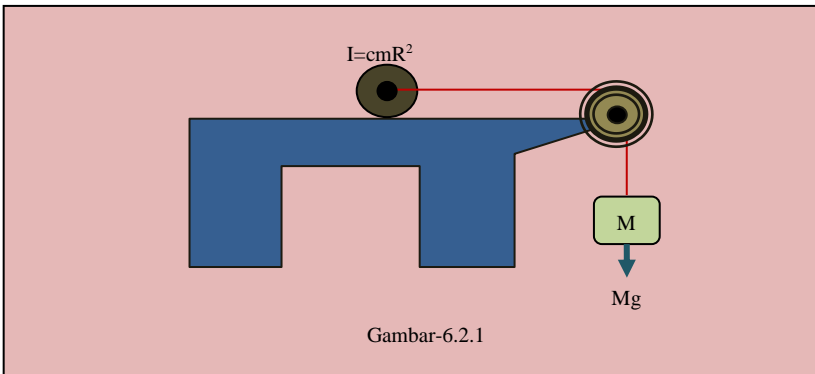
$$a = \frac{\sum F}{\sum m_s} = \frac{\sum F_{penggerak} - \sum F_{penghambat}}{\sum m_{translasi} + \sum m_{rotasi}} \quad \dots (6.1)$$

#### 6.2 Menggelinding Pada Bidang

Pada pembahasan berikut ini, kita akan menggunakan persamaan (6.1) untuk memecahkan persoalan menggelinding pada sebuah bidang, yaitu bidang datar dan miring. Perlu diingat bahwa konsekuensi penggunaan persamaan (6.1) mensyaratkan bahwa gaya gesekan yang bekerja sistem benda yang menggelinding tidak dapat digolongkan sebagai gaya penghambat, tetapi gaya gesekan tersebut adalah “gaya pemutar”, sehingga gaya gesekan tersebut tidak dimasukkan dalam kelompok gaya sebagaimana diungkapkan pada persamaan (6.1). Untuk lebih jelasnya berikut ini akan diberikan beberapa contoh gerak menggelinding.

##### Soal-6.2.1

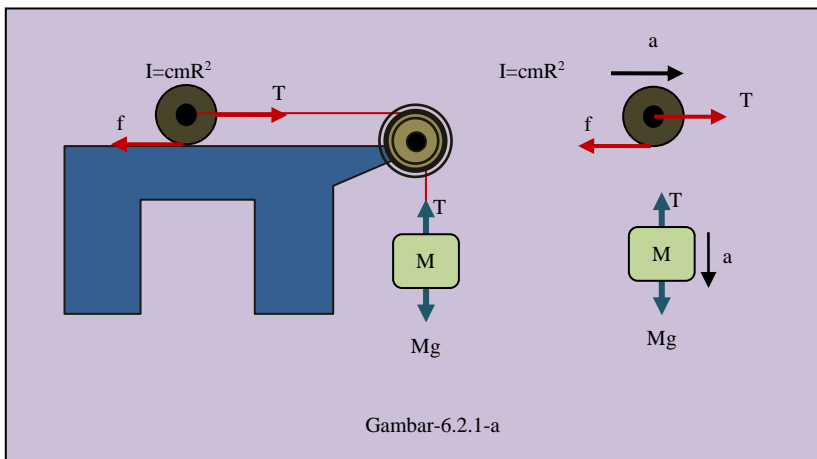
Sebuah silinder massanya  $m$ , berada di atas bidang datar dan ditarik oleh seutas tali melalui katrol yang dihubungkan dengan beban bermassa  $M$ , sehingga silinder tersebut menggelinding (lihat gambar). Jika momen inersia silinder tersebut  $I = cmR^2$ , maka tentukan percepatan dan tegangan tali. ( $c$  adalah konstanta momen inersia). Anggap massa katrol diabaikan.



Gambar-6.2.1

### Solusi Soal-6.2.1 (Cara Pertama)

Untuk gerak menggelinding, maka digunakan rumus tambahan yaitu momen gaya, momen inersi dan percepatan sudut, disamping rumus hukum kedua Newton. Sebelum diterapkan rumus-rumus tersebut, terlebih dahulu dibuat sketsa pengetahuan dan diagram bebas seperti pada gambar-6.2.1-a.



Gambar-6.2.1-a

Terlihat pada sketsa pengetahuan tersebut, bahwa untuk gerak silinder yang menggelinding berlaku:

$$T - f = ma \dots (i)$$

Perlu dicatat bahwa gaya gesekan  $f$  yang bekerja pada silinder tidak berperang sebagai gaya penghambat, tetapi sebagai gaya pemutar, sehingga berlaku:

$$fR = I\alpha = (cmR^2)\left(\frac{a}{R}\right)$$

Sehingga persamaan (i) menjadi:

$$T - cma = ma$$

$$T = (c + 1)ma \dots (ii)$$

Selanjutnya untuk gerak benda  $M$  berlaku:

$$Mg - T = Ma \dots (iii)$$

Dengan mensubsitusi  $T$  pada persamaan (ii) ke persamaan (iii), maka diperoleh:

$$a = \frac{Mg}{M + (c + 1)m}$$

$$T = \frac{(c + 1)m}{M + (1 + c)m} Mg$$

### Solusi Soal-6.2.1 (Cara Kedua)

Solusi cara kedua ini hanya untuk memberikan kemudahan dalam menentukan nilai  $a$ . Dengan menggunakan persamaan (4.1).

$$a = \frac{Mg}{m + cm + M} = \frac{Mg}{(1 + c)m + M}$$

Perlu diingat bahwa yang menjadi gaya penggerak adalah  $Mg$ , sedangkan gaya gesekan pada silinder bukan gaya penghambat tetapi gaya pemutar. Selanjutnya untuk sistem massa yang

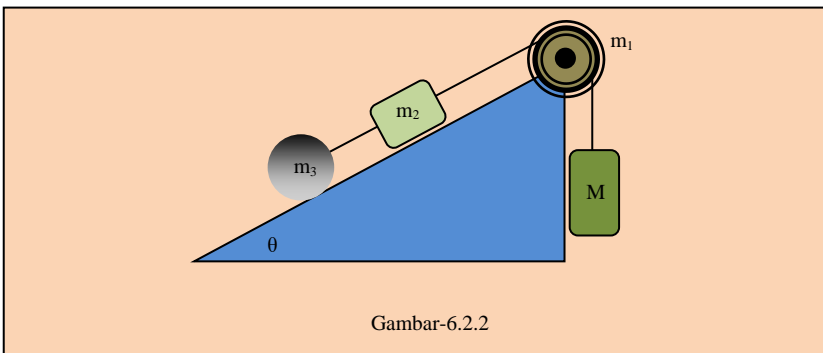


bergerak adalah untuk silinder ada dua jenis yaitu massa translasi ( $m$ ) dan massa rotasi ( $cm$ ), dan massa  $M$ . Dengan demikian, tegangan talinya adalah:

$$T = \frac{(c + 1)m}{M + (1 + c)m} Mg$$

### Soal-6.2.2

Perhatikan gambar di bawah ini. Massa bola pejal adalah  $m_3=2,5\text{kg}$ , massa balok di atas bidang miring  $m_2=1\text{kg}$ , massa katrol  $m_1=1\text{kg}$ , dan massa beban yang tergantung  $M= 5\text{kg}$ . Jika koefisien gesekan kinetisnya adalah  $0,5$  dan  $\theta= 37^\circ$  maka tentukan tegangan tali di antara dua benda.



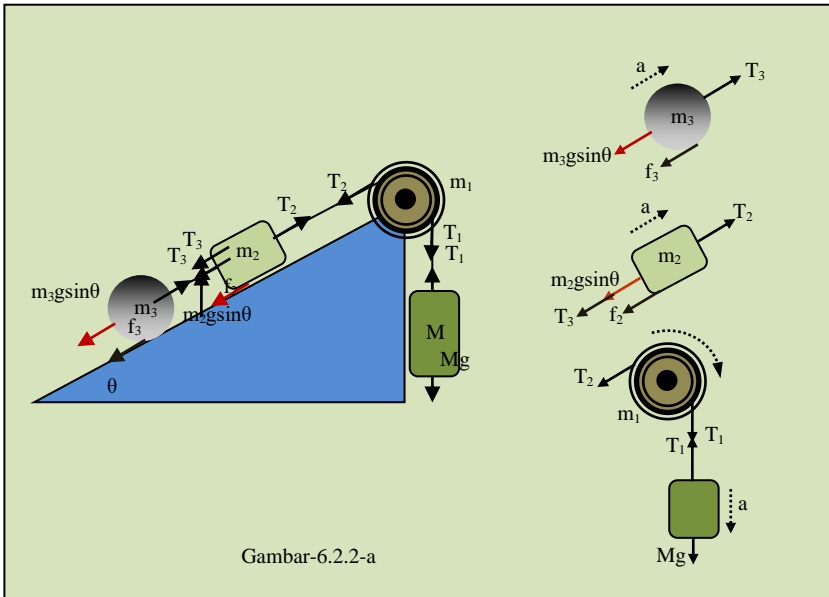
Gambar-6.2.2

### Solusi Soal-6.2.2 (Cara Pertama)

Jadi sketsa pengetahuan dan diagram bebas soal ini diperlihatkan pada gambar di sebelah. Untuk bola pejal dengan  $I_b = \frac{2}{5}m_3R^2$  yang menggelinding diperoleh persamaan gaya:

$$T_3 - f_3 - m_3g\sin\theta = m_3a \dots(i)$$

$$f_3 = \frac{2}{5}m_3a = a$$



Sehingga persamaan (i) menjadi:

$$T_3 = 3,5a + 15 \dots \text{(ii)}$$

Untuk benda  $m_2$  penjumlahan gayanya adalah:

$$T_2 - T_3 - f_2 - m_2 g \sin \theta = m_2 a \dots \text{(iii)}$$

Dimana

$$f_2 = \mu m_2 g \cos \theta = 4N$$

Maka persamaan (iii) menjadi:

$$T_2 - T_3 = 10 + a \dots \text{(iv)}$$

Untuk katrol momen gaya:

$$[T_1 - T_2]R = I_k \alpha$$

$$T_1 - T_2 = \frac{1}{2} m_3 a = 0,5a \dots \text{(v)}$$

Untuk benda M berlaku:

$$Mg - T_1 = Ma$$

$$T_1 = 50 - 5a \dots \text{(vi)}$$

Substitusi persamaan (vi) ke persamaan (v) maka diperoleh:

$$T_2 = 25 + 4,5a \dots \text{(vii)}$$

Substitusi persamaan (ii) ke persamaan (iv), maka diperoleh:

$$T_2 = 50 - 5,5a \dots \text{(viii)}$$

Kemudian dengan mensubstitusi persamaan (vii) ke (viii), diperoleh:

$$a = \frac{25}{10} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

Maka:

$$T_1 = 37,5 \text{ N}$$

$$T_3 = 23,75 \text{ N}$$

$$T_2 = 36,25 \text{ N}$$

#### Solusi Soal-4.3.4 (Cara Kedua)

Solusi cara kedua ini menggunakan persamaan (4.1), dimana persamaan ini dapat digunakan secara langsung untuk menentukan percepatan sistem. Seperti:

$$\sum F_{gerak} = Mg = (5)(10) = 50 \text{ N}$$

$$\sum F_{hambat} = m_3 g \sin \theta + m_2 g \sin \theta + f_2 \dots \text{(i)}$$

Perlu dicatat bahwa  $f_2$  gaya gesekan pada bola bukanlah gaya penghambat melainkan gaya pemutar. Jadi  $f_2$  tidak dimasukkan dalam persamaan gaya penghambat. Dengan demikian:

$$\sum F_{hambat} = 25N$$

Sedangkan untuk massa sistem yang bergerak merupakan jumlah massa translasi dan massa rotasi.

$$\sum m_s = m_3 + \frac{2}{5}m_3 + m_2 + \frac{1}{2}m_1 + M = 10kg$$

Perlu diingat juga bahwa bola memiliki dua jenis massa yaitu massa translasi ( $m_3$ ) dan massa rotasi ( $\frac{2}{5}m_3$ ) karena bola menggelinding. Sementara katrol hanya memiliki massa rotasi ( $\frac{1}{2}m_1$ ) karena tidak melakukan gerak translasi.

Dengan demikian percepatan sistem adalah:

$$a = \frac{\sum F_{gerak} - \sum F_{hambat}}{\sum m_s} = \frac{25N}{10kg} = 2,5m/s^2$$

Maka:

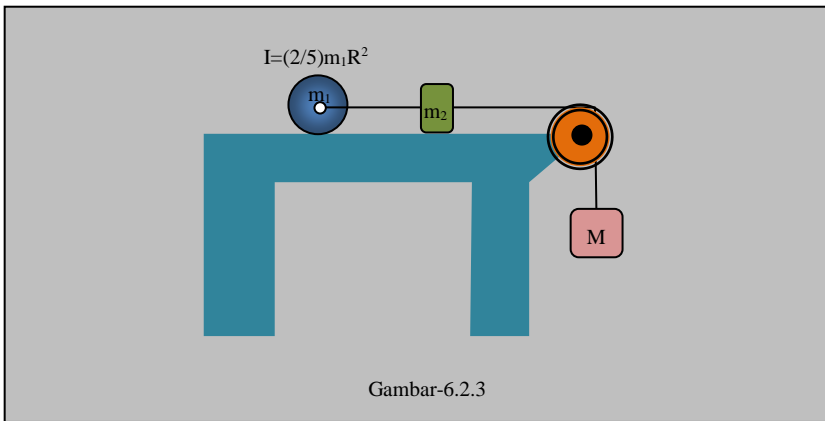
$$T_1 = 37,5N$$

$$T_3 = 23,75N$$

$$T_2 = 36,25N$$

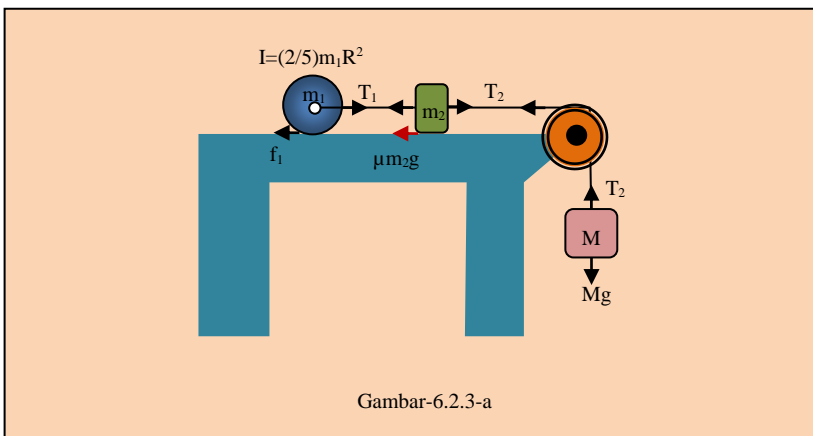
### Soal-6.2.3

Pada gambar di sebelah memperlihatkan gandengan antara balok dan bola pejal di atas meja. Kedua benda tersebut dihubungkan tali melalui sebuah katrol dan ujungnya digantungkan beban. Anggap massa katrol diabaikan, dan koefisien gesekan balok dengan meja 0,5. Jika  $m_1 = 5kg$ ,  $m_2 = 1kg$ , dan  $M = 2kg$ , maka tentukan percepatan dan tegangan tali di antara dua benda.



### solusi Soal-4.5.6

Hal yang pertama harus dilakukan adalah menentukan percepatan sistem. Dengan menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada bab yang lalu, maka berdasarkan gambar sketsa berikut ini, maka dapat ditentukan gaya penggerak yaitu  $Mg$ , gaya penghambat  $\mu m_2 g$ .



Perlu diingat bahwa  $f_1$  yang bekerja pada bola pejal bukanlah gaya gesekan sebagai penghambat, tetapi  $f_1$  adalah gaya gesekan

yang berfungsi sebagai pemutar bola. Sehingga percepatan sistem adalah:

$$a = \frac{Mg - \mu m_2 g}{M + m_1 + \frac{2}{5}m_1 + m_2}$$

Maka:

$$a = \frac{20 - 5}{2 + 5 + 2 + 1} = 1,5m/s^2$$

Dan tegangan tali

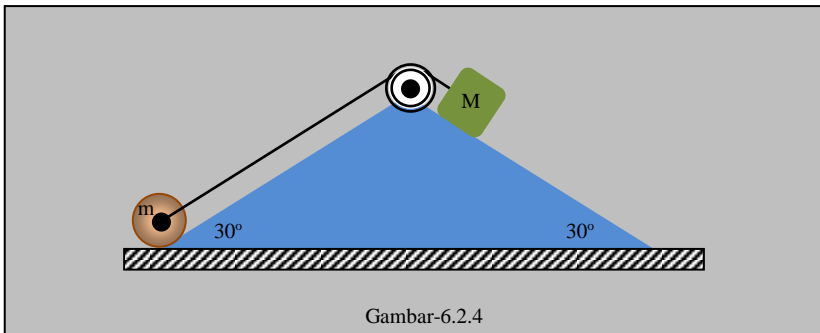
$$T_2 = Mg - Ma = 20 - 3 = 17N$$

Dan

$$T_1 = T_2 - m_2 a - \mu m_2 g = 17 - 1,5 - 5 = 10,5N$$

### Soal-6.2.4

Perhatikan gambar-6.2.4 berikut ini.



Massa  $M=13\text{kg}$  dan  $m=5\text{kg}$ . Jika sisi bidang miring tempat bertumpu balok  $M$  adalah licin, dan bola pejal  $m$  menggelinding ( $I = \frac{2}{5}mR^2$ ). Sesaat setelah sistem dilepas, maka balok bergerak ke bawah. Setelah balok menempuh jarak  $1\text{m}$ , ternyata

tali pada bola putus. Tentukan, berapa jarak lagi yang ditempuh bola untuk sampai ke atas?

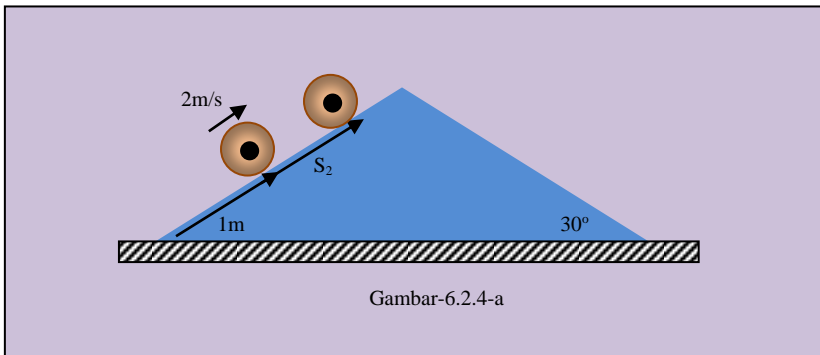
### Solusi Soal-6.2.4

Berdasarkan keterangan gambar di atas, maka percepatan bola sebelum talinya putus adalah:

$$a = \frac{Mg\sin 30^\circ - mg\sin 30^\circ}{M + m + \frac{2}{5}m} = \frac{40}{20} = 2\text{m/s}^2$$

Kecepatan bola sesaat talinya putus adalah:

$$v = \sqrt{2aS_1} = \sqrt{(2)(2)(1)} = 2\text{m/s}$$



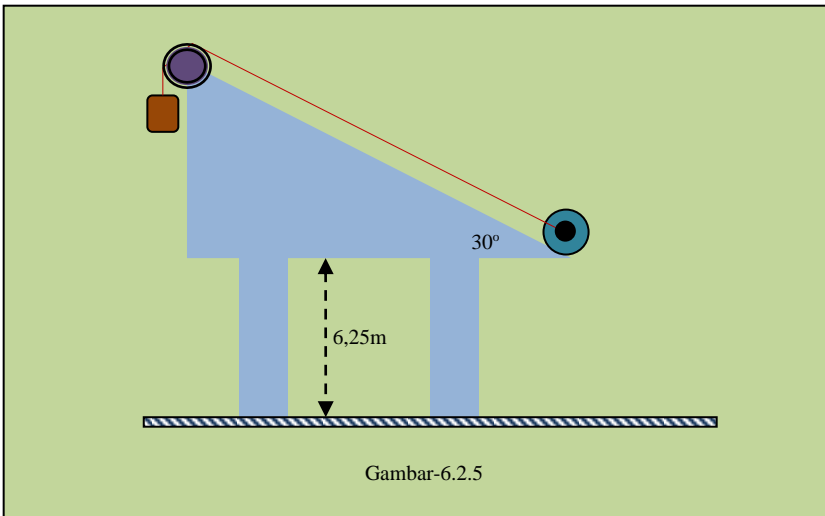
Jadi bola masih akan bergerak ke atas sejauh  $S_2$  dengan sisa kecepatan  $2\text{m/s}$  dan perlambatan  $g\sin 30^\circ$ . Dengan demikian sisa jarak yang ditempuh adalah:

$$S_2 = \frac{v^2}{2g\sin 30^\circ} = 0,4\text{m}$$

### Soal-6.2.5

Sebuah bidang miring dengan sudut kemiringan  $30^\circ$  berada di atas pada ketinggian  $\frac{10}{3}\text{m}$  dari lantai. Pada bidang miring

tersebut terdapat silinder pejal yang massanya 2kg ( $I = \frac{1}{2}mR^2$ ) dan dihubungkan oleh tali melalui sebuah katrol dan ujung lainnya diikatkan dengan balok yang massanya 5kg. Anggap massa katrol di abaikan, dan mula-mula silinder dipegang, lalu dilepas dan ternyata silinder menggelinding. Pada saat balok telah bergerak sejauh 1m, ternyata tali pada silinder putus, maka tentukan dimana silinder jatuh?



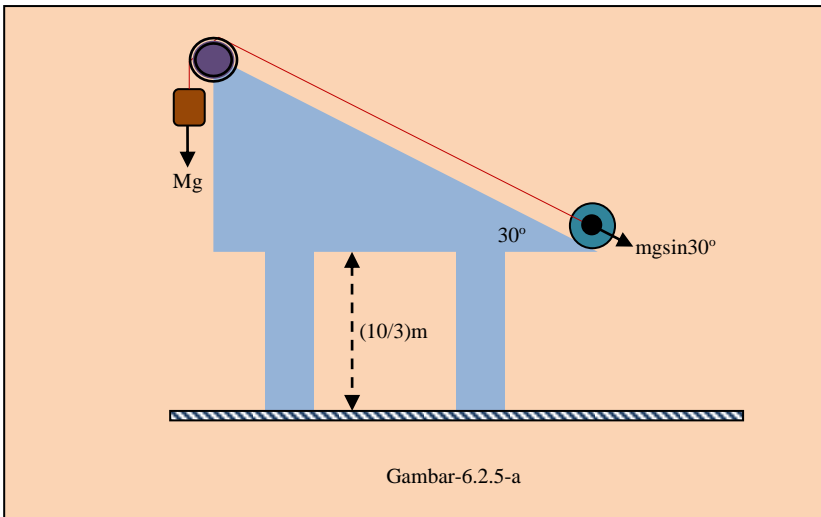
**Solusi Soal-6.2.5**

Sektsa pengetahuan soal ini selengkapnya diperlihatkan pada gambar-6.2.5a di sebelah. Berdasarkan prinsip hukum Newton kedua, maka percepatan sistem adalah:

$$a = \frac{Mg - mg\sin 30^\circ}{M + m + \frac{1}{2}m} = \frac{50 - 10}{8} = 5m/s^2$$



Percepatan ini digunakan oleh silinder untuk bergerak ke atas sejauh 1m (saat tali di silinder putus). Saat tali silinder putus, maka kecepatan pusat silinder saat itu adalah:



$$v = \sqrt{2aS} = \sqrt{(2)(5)(1)} = \sqrt{10}m/s$$

Setelah tali putus, kecepatan sebesar  $\sqrt{10}m/s$  inilah digunakan bergerak ke atas dengan perlambatan sebesar:

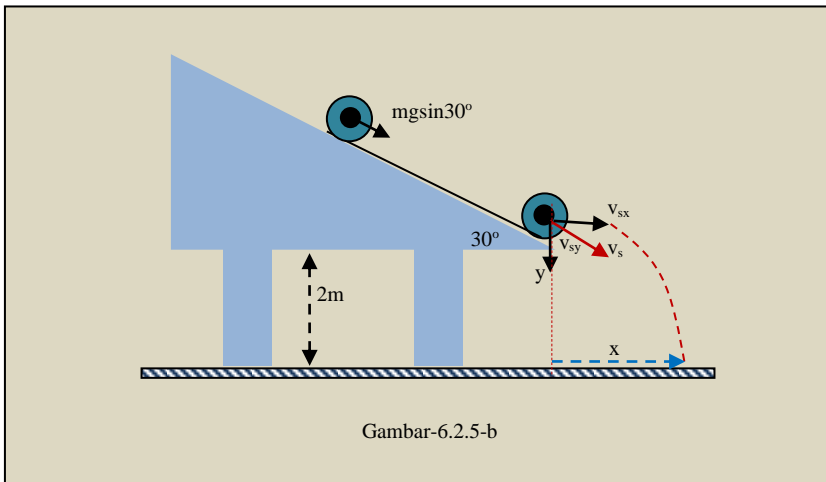
$$a_2 = \frac{g \sin 30^\circ}{1 + \frac{1}{2}} = \frac{10}{3} m/s^2$$

Dengan demikian, jarak yang ditempuh silinder setelah tali putus:

$$S_1 = \frac{v^2}{2a_2} = \frac{10}{2(\frac{10}{3})} = 1,5m$$

Jadi jarak total yang dicapai sepanjang bidang miring oleh silinder adalah  $S_{tot} = 1 + 1,5 = 2,5m$ . Pada jarak ini silinder diam

sesaat lalu menggelinding lagi ke bawah. Adapun sketsa pengetahuan pada kondisi ini adalah:



Maka percepatan linier silinder saat menggelinding turun ke bawah adalah:

$$a_s = \frac{mgsin30^\circ}{m + \frac{1}{2}m} = \frac{10}{3} m/s$$

Dengan demikian kecepatan linier pusat silinder saat berada di bibir bidang miring adalah:

$$v_s = \sqrt{2a_s S_{tot}} = \sqrt{(2) \left(\frac{10}{3}\right) (2,5)} = \sqrt{\frac{50}{3}} m/s$$

Selanjutnya, kecepatan silinder untuk komponen sumbu-y adalah  $\sqrt{\frac{50}{3}} \sin 30^\circ = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{50}{3}} m/s$  dan untuk komponen sumbu-x adalah  $\sqrt{\frac{50}{3}} \cos 30^\circ = \frac{1}{2} \sqrt{50} m/s$ .

Kemudian kita tentukan waktu yang dibutuhkan silinder untuk sampai ke lantai. Kita gunakan kecepatan komponen sumbu-y, karena tinggi bagian dasar bidang miring diketahui yaitu  $(10/3)$  m, maka berlaku:

$$v_{tsy}^2 = v_{sy}^2 + 2gh = \frac{50}{12} + 2(10) \left(\frac{10}{3}\right) = \frac{75}{2}$$

atau:

$$v_{tsy} = \sqrt{\frac{75}{2}} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{50}{3}} \text{ m/s}$$

Dengan demikian waktu untuk mencapai lantai adalah:

$$t = \frac{S}{\bar{v}_s} = \frac{\frac{10}{3}}{\frac{\frac{3}{2} \sqrt{\frac{50}{3}} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{50}{3}}}{2}} = \frac{10}{3} \sqrt{\frac{3}{50}} \text{ s}$$

Dengan demikian posisi silinder jatuh dilantai adalah:

$$x = v_{sx}t = \left(\frac{1}{2} \sqrt{50}\right) \left(\frac{10}{3} \sqrt{\frac{3}{50}}\right) = \frac{5\sqrt{3}}{6} \text{ m}$$

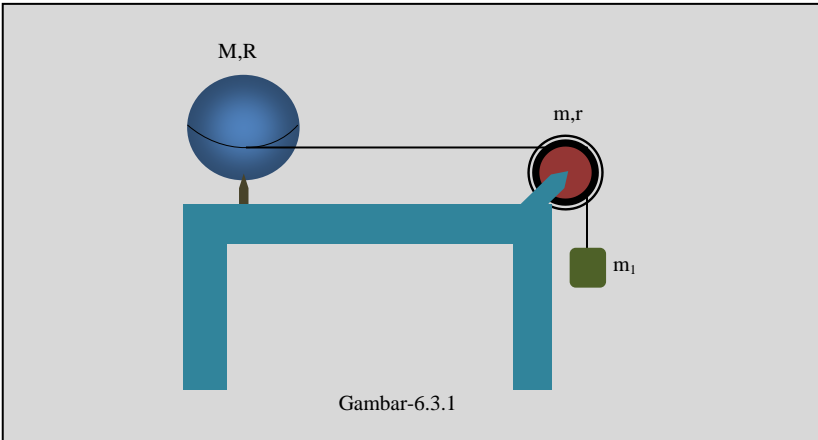
### 6.3 Menggelinding dan Rotasi

Pada bagian ini kita bahas rupa-rupa persoalan menggelinding yaitu dalam setiap soal beragam konsep, teori atau hukum yang terkandung didalamnya, tetapi dalam soal tersebut tetap ada aspek “konsep menggelinding dan juga gerak rotasi”.

#### Soal-6.3.1

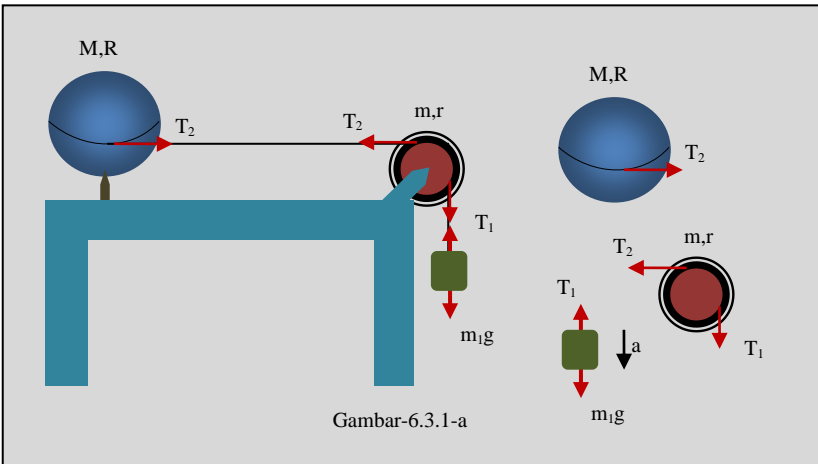
Sebuah kulit bola (globe) yang seragam dapat berputar pada sumbu vertikal tanpa gesekan. Seutas tali ringan dililitkan di bagian tengah secara mendatar, kemudian ujung tali yang lain

digantungkan beban melalui sebuah katrol yang terpasang diujung meja. Tentukan laju beban setelah beban turun sejauh  $h$ ? ( Resnick & Halliday, 1995)



**Solusi Soal-6.3.1**

Sketsa pengetahuan dan diagram bebas dari pernyataan soal diatas adalah:



Untuk gerak bola sferis (bola berongga dengan ketebalan tipis)

( $I_b = \frac{2}{3}MR^2$ ) berlaku:

$$T_2 R = I_b \alpha = \frac{2}{3}MR^2 \frac{a}{R}$$

$$T_2 = \frac{2}{3}Ma \dots (i)$$

Untuk gerak katrol ( $I_k = \frac{1}{2}mr^2$ ) berlaku:

$$(T_1 - T_2)R = I_k \alpha = \frac{1}{2}mr^2 \frac{a}{r}$$

$$T_1 - T_2 = \frac{1}{2}ma \dots (ii)$$

Untuk gerak benda  $m_1$  berlaku:

$$m_1 g - T_1 = m_1 a$$

$$T_1 = m_1 g - m_1 a \dots (iii)$$

Jika persamaan (i) dan (iii) disubsitusi ke persamaan (ii), maka kita dapat persamaan a, yaitu:

$$a = \frac{m_1 g}{\frac{2}{3}M + \frac{1}{2}m + m_1}$$

Untuk menentukan percepatan sistem dapat pula kita gunakan persamaan (6.1). Dimana untuk sistem gerak di atas yang menjadi gaya penggeraknya adalah  $m_1 g$ , dan massa totalnya adalah  $\frac{2}{3}M + \frac{1}{2}m + m_1$ . Massa translasi bola dan katrol adalah nol, sehingga yang digunakan adalah massa rotasinya, dengan demikian:

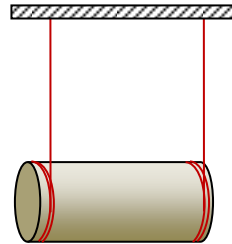
$$a = \frac{m_1 g}{\frac{2}{3}M + \frac{1}{2}m + m_1}$$

Maka kecepatan setelah bergerak sejauh  $h$  dari keadaan diam adalah:

$$v = \sqrt{\frac{2m_1gh}{\frac{2}{3}M + \frac{1}{2}m + m_1}}$$

**Soal-6.3.2**

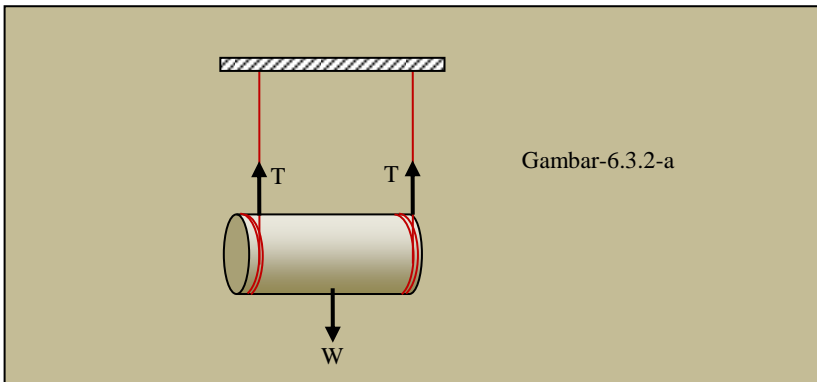
Sebuah silinder panjang  $L$  dan jejari  $R$  dan berat  $W$ . Dua tali dililitkan pada keliling silinder di ujung-ujung silinder, dan kedua ujung tali digantung di langit-langit. Silinder dijaga agar tetap berada dalam posisi datar, dan kemudian dilepaskan. Tentukan besar dari: (a) tegangan kedua tali, dan (b) percepatan linier silinder ketika jatuh.



Gambar-6.3.2

**Solusi Soal-6.3.2**

Sketsa pengetahuan dan diagram bebas gaya dari pernyataan soal tersebut adalah:



Gambar-6.3.2-a

Berdasarkan hukum kedua Newton maka berlaku persamaan gerak silinder yaitu:

$$W - 2T = ma \dots (i)$$

Perlu dicatat, bahwa ada 2 tegangan tali yang nilainya sama bekerja pada silinder.  $T$  ini berfungsi sebagai gaya pemutar terhadap pusat silinder. Karena setiap kedua  $T$  berada diujung silinder, sehingga untuk setiap nilai  $T$  akan berbagi massa dengan  $T$  lainnya. Maka momen gaya pada silinder adalah:

$$T = \frac{Ia}{R^2} = \frac{\frac{1}{2}(\frac{1}{2}m)R^2 a}{R^2} = \frac{1}{4}ma \dots (ii)$$

Dengan mensubstitusi (ii) ke (i), maka diperoleh hasil percepatan silinder adalah:

$$a = \frac{2}{3}g \dots (iii)$$

Sementara untuk nilai  $T$  diperoleh dengan mensubstitusi persamaan (iii) ke persamaan (i), maka diperoleh:

$$T = \frac{W}{6}$$

Solusi soal-6.3.2 ini juga dapat dengan mudah ditentukan percepatan silinder dengan menggunakan persamaan (6.1) diatas, yaitu:

$$a = \frac{mg}{m + \frac{1}{2}m} = \frac{2}{3}g$$

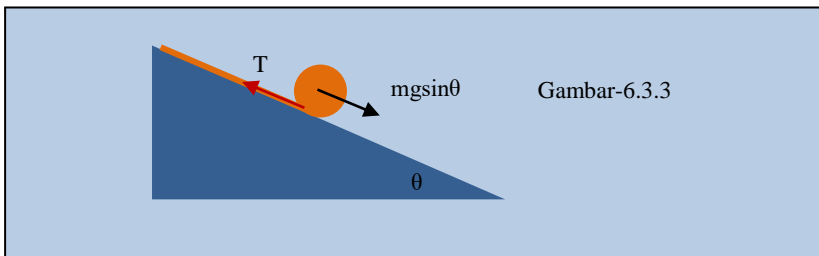
### Soal-6.3.3

Pita fleksibel panjangnya  $L$  digulung dengan rapat membentuk piringan. Gulungan kemudian di gelindingkan di atas bidang miring dengan sudut kemiringan  $\theta$ . Ujung pita diikatkan diujung bidang miring. Saat pita dilepaskan, maka pita terurai kembali.

Tunjukkan waktu yang dibutuhkan pita untuk terurai seluruhnya dimana  $t$  merupakan fungsi dari  $L, \theta$ , dan  $g$  (Resnick & Halliday, 1995)

### Solusi Soal-6.3.3

Sketsa pengetahuan dan diagram bebas gaya dari pernyataan soal ini adalah:



Hukum kedua Newton untuk kasus di atas adalah:

$$mgsin\theta - T = ma \dots (i)$$

Dan  $T$  sebagai gaya pemutar terhadap gulungan pita silinder diperoleh:

$$T = \frac{1}{2}ma \dots (ii)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (ii) ke persamaan (i), maka diperoleh:

$$a = \frac{2}{3}gsin\theta \dots (iii)$$

Kemudian dengan menggunakan persamaan kinematika gerak yaitu:

$$L = \frac{1}{2}at^2 \dots (iv)$$

Kemudian persamaan (iii) disubstitusi ke persamaan (iv), maka diperoleh:



$$t = \sqrt{\frac{3L}{g \sin \theta}}$$

Solusi lain untuk menentukan percepatan gerak pita dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (6.1) di atas, yaitu:

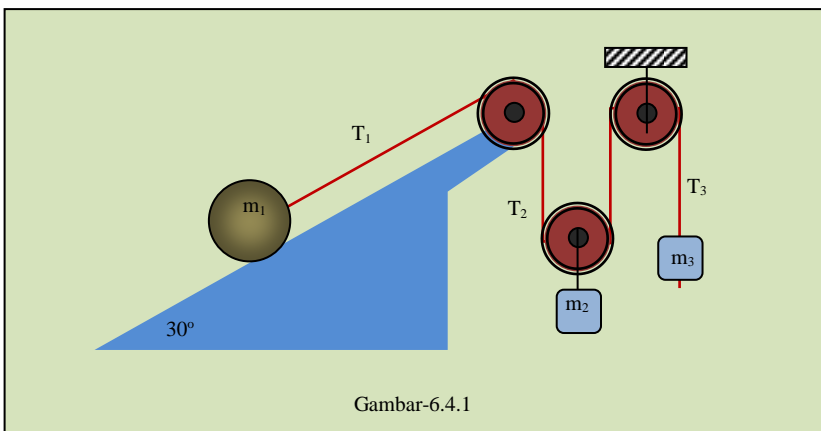
$$a = \frac{mg \sin \theta}{m + \frac{1}{2}m} = \frac{2}{3}g$$

#### 6.4 Soal Latihan

Berrikut ini diberikan soal-soal latihan. Soal Latihan ini sangat diharapkan dapat dikerjakan agar pemahaman dan penerapan konsep tentang menggelinding dapat baik.

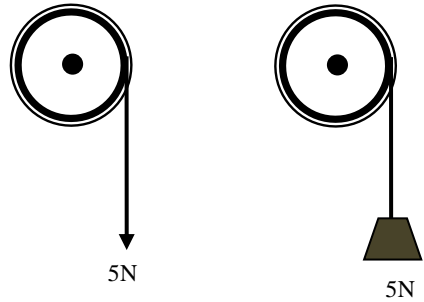
##### Soal-6.4.1

Sebuah silinder pejal menggelinding pada bidang miring, seperti ditunjukkan pada gambar di sebelah.  $I = \frac{1}{2}m_1R^2$ . Jika massa katrol di abaikan, maka tentukan tegangan tali  $T_1$ ,  $T_2$ , dan  $T_3$  pada sistem gerak pada gambar tersebut (Nyatakan sebagai  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$ , dan  $g$ ), jika: (a)  $m_1$  bergerak ke bawah, (b)  $m_2$  beregerak ke bawah, dan (c)  $m_3$  bergerak ke bawah



**SOAL-6.4.2**

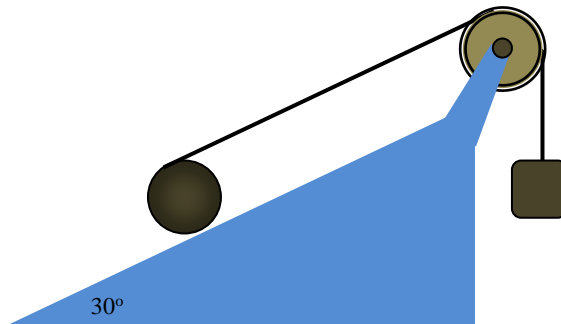
Seutas tali dililitkan keliling pada tepi sebuah roda yang radiusnya 50cm, dan suatu tarikan sebesar 5N dilakukan perlahan-lahan pada tali tersebut, seperti terlihat pada gambar di sebelah. Roda itu digantungkan pada sebuah dinding dengan gandar tanpa gesekan melalui pusat roda secara horizontal. Momen inersia roda adalah  $30\text{kgm}^2$ , maka: (a)



Hitunglah percepatan sudut roda itu, (b) Buktikanlah bahwa usaha yang dilakukan dalam membuka lilitan tali sepanjang 5m sama dengan energi kinetic yang diperoleh roda tersebut. (c) Jika pada tali dipasang beban seberat 5N, hitunglah percepatan sudut roda tersebut.

**Soal-6.4.3**

Sebuah silinder pejal massanya 25kg dengan jari-jari 8cm, dililitkan pita tipis pada kelilingnya dan ujungnya dilewatkan melalui sebuah katrol tetap yang ringan dan licin. Ujung pita dihubungkan dengan sebuah benda yang tergantung vertikal yang beratnya 5kg. Jika bidang tempat silinder bergerak memiliki kemiringan  $30^\circ$  terhadap horizontal, maka tentukan: (a) percepatan silinder saat bergerak di bidang miring, dan (b) tegangan pita. Anggap tidak terjadi slip.



Halaman ini sengaja dikosongi  
<http://www.ahmarcendekia.or.id>

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, H (2018). The role of the “knowledge sketch strategy” towards the understanding of metacognitive knowledge, *The Online Journal of New Horizons in Education*, Volume 8, issue 1. January.
- Abdullah, H (2014). Problem solving of Newton’s second law through a system of total massa motion, *Asian Pasific Forum on Science Learning and Teaching*, Volume 15, Issue 2, Article 15. P.1 (Dec).
- Abdullah H, D.Malago,J, Bundu.D, & Thalib S.B (2013). The use of metacognitive knowledge patterns to compose physics higher order thinking problems, *Asian Pasific Forum on Science Learning and Teaching*, Volume 14, Issue 2, Article 9. P.1 (Dec).
- Amin. B.D, Abdullah.H, & D.Malago.J (2018). Sketch strategy of knowledge in physics learning and its influence on metacognitive. *Educational Research and Reviews*, Vol 13 (7).pp. 230-235.
- Halliday & Resnick (1995). *Physics 3<sup>rd</sup> Edition*, (Tranlated in Indonesian, by Silaban & Sucipto Penerbit Erlangga Indonesia.

Halaman ini sengaja dikosongi  
<http://www.ahmarcendekia.or.id>

Salah satu kelemahan mendasar dari peserta didik dalam menyelesaikan soal-soal fisika tingkat tinggi adalah “ketidak tahuannya” tentang bagaimana cara menyelesaikan soal tersebut. Padahal fisika telah menyiapkan pengetahuan tersendiri dalam menyelesaikan soal-soal fisika tingkat tinggi. Penulis telah menyelidiki bahwa umumnya peserta didik dalam menyelesaikan soal fisika hanya menggunakan satu strategi yaitu yang dinamakan Strategi Diketahui-Ditanyakan (SDD). Padahal strategi ini sangat sulit digunakan untuk menyelesaikan soal-soal fisika tingkat tinggi. Mengapa demikian? Karena SDD hanya mampu mendeteksi variable yang jelas tertulis dalam pernyataan soal. Sementara untuk soal-soal tingkat tinggi, kebanyakan pernyataan soalnya mengandung variable tersembunyi (variable laten). Sebagai contoh “Mobil melaju konstan 20m/s di jalan tol, jika panjang jalan tol 10.000m, maka tentukan berapa lama mobil berada di tol”. Semua variable yang diperlukan dalam menentukan lamanya mobil di tol jelas tertera dalam soal. Artinya soal ini tidak mengandung variable laten.

Lain halnya jika soalnya seperti “Truk melaju konstan 15m/s, dibelakang truk sejauh 1000m ada mobil melaju konstan 20m/s. Tentukan kapan mobil akan mendahului truk”. Dalam soal ini mengandung variable laten, sehingga untuk menyelesaikan dengan menggunakan SDD, maka yakin peserta didik akan kesulitan. Untuk mengatasi permasalahan ini, penulis menawarkan salah satu strategi yang cukup baik digunakan dalam menyelesaikan soal-soal fisika tingkat tinggi. Strategi ini penulis namakan “Strategi Sketsa Pengetahuan (SSP)”. Strategi ini merupakan hasil penelitian dari penulis sendiri (Abdullah, H 2014). Prinsip strategi ini menggunakan strategi sketsa gambar, artinya sebelum menyelesaikan soal, maka terlebih dahulu pernyataan soal dibuat dalam bentuk sketsa untuk  $t=0$  dan  $t=t$ . Berdasarkan sketsa tersebut, maka dilakukan perumusan dengan menggunakan formulasi dasar.

## **Yayasan Ahmar Cendekia Indonesia**

Jalan Karaeng Bontomarannu No. 57,  
Bura'ne, Boddia, Galesong  
Kab. Takalar Sulawesi Selatan, 92254  
<http://www.ahmarcendekia.or.id>  
[penerbit@ahmarcendekia.or.id](mailto:penerbit@ahmarcendekia.or.id)  
WhatsApp: +6282-124121223

Pendidikan

U15+

ISBN 978-623-6809-16-7 (PDF)



9

786236

809167