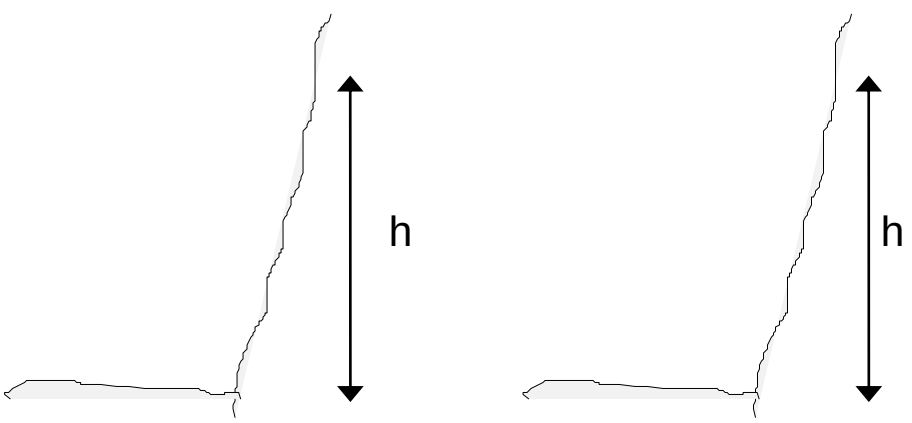
VI. KEKEKALAN TENAGA

1. GAYA KONSERVATIF DAN GAYA NON KONSERVATIF

Gaya konservatif adalah gaya yang dapat menerima kembali usaha yang telah dilakukan. Misalnya :

 Gaya gravitasi. Orang yang sedang memanjat tebing, ada usaha untuk melawan gaya luar yaitu gaya gravitasi. Bila pemanjat tersebut tergelincir, gaya gravitasi memberikan kembali usaha yang telah dilakukan padanya, sehinggga orang tersebut jatuh bebas.



Bila ketingggian yang dipanjat adalah h maka usaha yang dilakukan :

$$W = F\ d \cos \theta$$
$$= - mg\ h$$

Setelah tergelincir usaha yang diperoleh kembali :

$$W = F\ d \cos \theta$$
$$= mg\ h$$

Saat tiba kembali ke titik asal, usaha total yang telah dialkukan :

$$W = - mgh + mgh$$
$$W = 0$$

Jadi , "*bila total usaha yang dilakukan oleh sebuah gaya yang bekerja pada sebuah benda yang bergerak dalam lintasan tertutup besarnya nol, maka gaya tersebut adalah konservatif*". Secara matematis dapat ditulis :

$$\int F \cdot dr = 0$$

Sedangkan gaya-gaya yang tidak memenuhi kondisi tersebut dinamakan gaya non konservatif. Misalnya gaya gesek. Untuk gaya-gaya non konservatif usaha yang dilakukan tidak tak tergantung pada lintasan.

2. TENAGA POTENSIAL

Usaha yang dilakukan untuk melawan gaya konservatif "disimpan", dan usaha tersebut dapat diperoleh kembali dalam bentuk tenaga kinetik. Usaha yang tersimpan tersebut dsb tenaga potensial.

Didefinisikan tenaga potensial sebagai usaha yang dilakukan oleh gaya konservatif.

$$\Delta U_{AB} = - W = - \int F \cdot dr$$

tanda negatip menyatakan "tenaga yang tersimpan". Yang terukur tersebut adalah beda tenaga potensial. Untuk menyatakan tenaga potensial diperlukan suatu referensi dimana tenaga potensial di tempat tersebut adalah nol, U = 0.

Dari teorema Usaha-Tenaga : $W = \Delta K$

$$\Delta U = - \Delta K$$

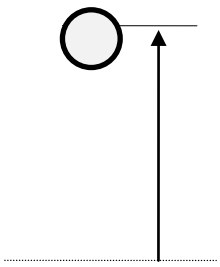
$$\Delta U + \Delta K = 0$$

Dan karena U hanya tergantung pada posisi partikel saja maka,

$$U + K = \text{konstan} = E \text{ (tenaga mekanik)}$$

Tenaga mekanis total partikel selama gerak selalu konstan. Pernyataan ini juga sering disebut hukum kekekalan tenaga mekanik untuk gaya-gaya konservatif.

2.1. Tenaga Potensial Gravitasi.



Benda bermassa m dipindahkan dari dasar ke suatu ketinggian h. Gaya konservatif pada benda tersebut adalah F = -mg. j dan pergeserannya h j maka dari persamaan tenaga potensial :

$$\Delta U_{AB} = -\int_{h_1}^{h_2} F \,.\, dr$$

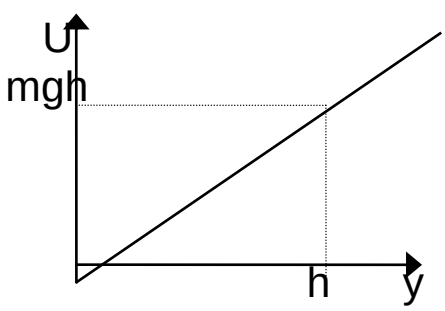
$$\Delta U_{AB} = -\int_{h_1}^{h_2} -mg\, j \,.\, dy\, j$$

$$\Delta U_{AB} = \int_{h_1}^{h_2} mg \; dy$$

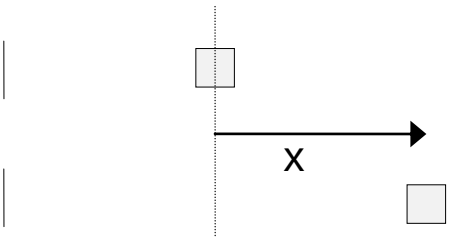
$$\Delta U_{AB} = mgh_2 - mgh_1$$

Bila $U_A = 0$ untuk $h_1 = 0$, tenaga potensial gravitasi di B pada ketinggian h dapat ditentukan :

$$U = mgh$$



2.2. Tenaga Potensial Pegas



Pegas ditekan/diregangkan pada jarak x dari titik kesetimbangan. Gaya pemulih pada pegas F = - kx, maka tenaga potensial pegas

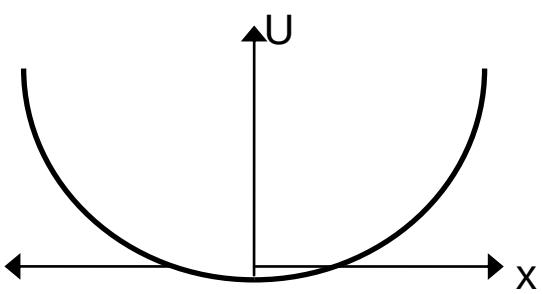
$$U = -\int_{x_1}^{x_2} (-kx)\, dx$$

$$U = \int_{x_1}^{x_2} kx\, dx$$

$$U = 1/2\ k\ x_2^{\,2} - ½\ k\ x_1^{\,2}$$

Pada titik kesetimbangan , $x_1 = 0$ dan $U_1 = 0$ maka U pada jarak x adalah

$$U = 1/2\ k\ x_2^{\,2}$$



3. KEKEKALAN TENAGA

Bila dalam suatu benda bekerja beberapa gaya, maka dari teorema Usaha dan tenaga dapat ditulis :

$$W_1 + W_2 + ... + W_n = \Delta K$$

Untuk semua gaya bersifat konserfatif :

$$\sum W_c = - \sum \Delta U$$

$$\Delta K + \sum \Delta U = 0$$

$$\Delta E = 0$$

Tenaga mekanik sistem konstan. Tenaga dalam sistem kekal.

Bila terdapat gaya yang tak-konservatif, misal oleh gaya gesek,

$$W_f + \sum W_c = \Delta K$$

$$\Delta K + \sum \Delta U = W_f$$

$$\Delta E = W_f$$

Bila tenaga yang “hilang” dalam gesekan berubah menjadi tenaga internal, yaitu naiknya temperatur bahan, $W_f = - U_{int}$, maka

$$\Delta E + U_{int}, = 0$$

Sehingga jika hanya gaya konservatif dan gaya gesek yang bekerja pada sistem, tidak ada perubahan tenaga mekanik dan tenaga internal sistem, hilangnya tenaga mekanis sama dengan tenaga internal yang diperoleh. Tenaga total sistem kekal.

Bila terdapat gaya tak-konservatif lain selain gaya gasek maka,

$$W_f + \sum W_c + \sum W_{nc} = \Delta K$$

dimana :

$\sum W_c = - \sum \Delta U$

$W_f = - U_{int}$,

$\sum W_{nc}$ = - (perubahan tenaga bentuk lain)

maka

$$\Delta K + \sum \Delta U + U_{int}, + (\text{perubahan tenaga bentuk lain}) = 0$$

Tenaga dapat beralih ragam dari satu bentuk ke bentuk lain tetapi tidak dapat dimusnahkan atau diciptakan; tenaga total sistem selalu konstan.