

**BAB II**

**IDENTIFIKASI MISKONSEPSI SISWA MELALUI METODE**  
***CERTAINTY OF RESPONSE INDEX (CRI)* TERMODIFIKASI PADA**  
**MATERI USAHA DAN ENERGI**

**A. Miskonsepsi**

**1. Definisi Miskonsepsi**

Sebelum siswa masuk atau mengikuti proses pembelajaran secara formal di kelas, peserta didik sudah membawa atau memiliki berbagai konsepsi dalam benak mereka yang berkaitan dengan sub materi/topik yang akan dipelajari berdasarkan pengalaman sebagai hasil interaksinya dengan alam. Konsepsi awal siswa tersebutlah yang kadang-kadang tidak sesuai dengan konsepsi para ilmuwan atau para ahli khususnya dalam bidang fisika yang biasa disebut dengan miskonsepsi atau salah konsep.

Menurut David Hammer dalam Tayubi (2005:5) mendefinisikan miskonsepsi sebagai “*strongly held cognitive structures that are different from the accepted understanding in a field and that are presumed to interfere with the acquisition of new knowledge,*” yang berarti bahwa miskonsepsi dapat dipandang sebagai suatu konsepsi atau struktur kognitif yang melekat dengan kuat dan stabil dibenak siswa yang sebenarnya menyimpang dari konsepsi yang dikemukakan para ahli, yang dapat menyesatkan para siswa dalam memahami fenomena alamiah dan melakukan eksplanasi ilmiah.

Suparno (Suparno,2013:4). dalam bukunya yang berjudul “*Miskonsepsi dan Perubahan Konsep dalam Pendidikan Fisika*” berpendapat bahwa miskonsepsi atau salah konsep menunjuk pada suatu konsep yang tidak sesuai dengan pengertian ilmiah atau pengertian yang diterima para pakar dalam bidang itu Begitu pula dengan pendapat Fowler (1987) dalam Suparno (2013:6) yang menjelaskan lebih rinci arti miskonsepsi. Ia memandang miskonsepsi sebagai pengertian yang tidak akurat akan konsep, penggunaan konsep yang salah, kekacauan dalam konsep-konsep yang berbeda, dan hubungan hirarkis konsep-konsep yang tidak benar.

## **2. Ciri-Ciri Miskonsepsi**

Adapun ciri-ciri miskonsepsi adalah :

1. Seringkali miskonsepsi terus menerus mengganggu pemahaman siswa dalam belajar;
2. Seringkali terjadi regresi, dimana setelah masalah miskonsepsi diperbaiki, suatu saat akan muncul lagi;
3. Miskonsepsi sulit sekali diperbaiki;
4. Siswa yang bisa dan yang tidak bisa kedua-duanya punya miskonsepsi, lalu dibuat suatu perpaduan kelompok (Berg dalam Ramlah, 2013).

### 3. Penyebab Terjadinya Miskonsepsi

Para peneliti miskonsepsi menemukan berbagai hal yang menjadi penyebab terjadinya miskonsepsi pada. Secara garis besar, penyebab terjadinya miskonsepsi pada siswa dapat diringkas menjadi lima kelompok, yaitu : siswa, guru, buku teks, konteks, dan metode mengajar (Suparno, 2013:9).

Menurut Winny dan Taufik (2008), sebab-sebab terjadinya miskonsepsi yaitu kondisi siswa, guru, metode mengajar, buku dan konteks. Secara lebih jelas penyebab dari adanya miskonsepsi adalah sebagai berikut:

#### a. Kondisi siswa

Miskonsepsi yang berasal dari siswa sendiri dapat terjadi karena asosiasi siswa terhadap istilah sehari-hari sehingga menyebabkan miskonsepsi.

#### b. Guru

Jika guru tidak memahami suatu konsep dengan baik yang akan diberikan kepada muridnya, ketidakmampuan dan ketidakberhasilan guru dalam menampilkan aspek-aspek esensi dari konsep yang bersangkutan, serta ketidakmampuan menunjukkan hubungan konsep satu dengan konsep lainnya pada situasi dan kondisi yang tepat pun dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya miskonsepsi pada siswa.

c. Metode mengajar

Penggunaan metode belajar yang kurang tepat, pengungkapan aplikasi yang salah serta penggunaan alat peraga yang tidak secara tepat mewakili konsep yang digambarkan dapat pula menyebabkan miskonsepsi pada pikiran siswa.

d. Buku

Penggunaan bahasa yang terlalu sulit dan kompleks terkadang membuat anak tidak dapat mencerna dengan baik apa yang tertulis di dalam buku, akibatnya siswa menyalahartikan maksud dari isi buku tersebut.

e. Konteks

Dalam hal ini penyebab khusus dari miskonsepsi yaitu penggunaan bahasa dalam kehidupan sehari-hari, teman, serta keyakinan dan ajaran agama.

Adapun miskonsepsi yang disebabkan oleh siswa yaitu:

a. Prakonsepsi atau Konsepsi Awal Siswa

Menurut Suparno (2013:35) prakonsepsi yang dimiliki siswa menunjukkan bahwa pikiran anak sejak lahir tidak diam, tetapi terus aktif untuk memahami sesuatu. Dalam pengertian piaget, pikiran anak terus menyesuaikan diri dengan situasi yang dialami sehingga dapat mengerti apa yang dialami dalam hidup. Sebelum peserta didik masuk atau mengikuti proses pembelajaran secara formal di kelas, peserta didik sudah membawa atau memiliki suatu konsep dalam benak

mereka yang berkaitan dengan sub materi/topik yang akan dipelajari sebagai hasil interaksinya dengan alam. Konsep awal siswa tersebutlah yang seringkali mengandung miskonsepsi atau salah konsep.

b. Pemikiran Asosiatif Siswa

Marshall dan Gilmour (1990) dalam Suparno (2013:36) melaporkan bahwa pengertian yang berbeda dari kata-kata antara siswa dan guru juga dapat menyebabkan miskonsepsi. Kata yang digunakan oleh guru dalam proses pembelajaran diasosiasikan lain oleh siswa, karena dalam kehidupan mereka kata dan istilah itu mempunyai arti yang lain.

c. Pemikiran Humanistik

Gilbert, dkk dalam Suparno (2013:36) berpendapat bahwa siswa kerap kali memandang semua benda dari pandangan manusiawi. Tingkah laku benda dipahami seperti tingkah laku manusia hidup, sehingga tidak cocok.

d. *Reasoning* yang Tidak Lengkap/Salah

Menurut Comins dalam Suparno (2005:38) miskonsepsi juga dapat disebabkan oleh *reasoning* atau penalaran siswa yang tidak lengkap atau salah. *Reasoning* yang salah dapat terjadi karena logika yang salah dalam mengambil kesimpulan atau generalisasi suatu konsep, sehingga terjadi miskonsepsi. Pengamatan yang tidak lengkap dan teliti pun dapat menyebabkan kesimpulan yang salah.

e. Intuisi yang Salah

Intuisi yang salah dan perasaan siswa juga dapat menyebabkan miskonsepsi. Pemikiran atau pengertian intuitif itu biasanya berasal dari pengamatan akan suatu benda atau suatu kejadian yang terus menerus, akhirnya secara spontan, bila menghadapi persoalan fisika tertentu, yang muncul dalam benak siswa adalah pengertian spontan itu.

f. Tahap Perkembangan Kognitif Siswa

Dalam tahap perkembangan pemikiran *operational concrete*, siswa baru dapat berpikir berdasarkan hal-hal yang konkrit, yang nyata dapat dilihat dengan indra. Dalam hal ini, bahan fisika perlu disusun menurut tahap perkembangan kognitif siswa.

g. Kemampuan Siswa

Kemampuan siswa juga dapat berpengaruh atas terjadinya miskonsepsi pada siswa itu sendiri. Siswa yang kurang mampu dalam pelajaran fisika, sering mengalami kesulitan dalam menangkap konsep yang benar dalam proses belajar. Secara umum, siswa yang integansi matematis-logisnya rendah, akan mengalami kesulitan dalam menangkap konsep-konsep fisika. Siswa yang memiliki IQ yang rendah juga dapat mengalami miskonsepsi.

h. Minat Siswa

Berbagai studi menunjukkan bahwa minat siswa terhadap fisika juga berpengaruh pada miskonsepsi. Secara umum dapat dikatakan,

siswa yang berminat pada fisika cenderung mempunyai miskonsepsi lebih rendah daripada siswa yang tidak berminat pada fisika (Suparno,2013:41).

#### 4. Identifikasi Miskonsepsi

Dari beberapa paparan mengenai penyebab terjadinya miskonsepsi, maka dibutuhkan suatu usaha untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa agar kondisi tersebut dapat dicegah dan segera diatasi. Miskonsepsi ini jelas akan sangat menghambat keberhasilan baik itu dari segi proses pembelajaran atau pada hasil belajar siswa dan membuat siswa sulit untuk membangun konsep yang baru. Prakonsepsi yang salah itu membuat mereka sulit menghubungkan konsep sebelum dengan yang sudah dipelajari, jika tidak segera ditanggulangi akan sangat mengganggu bagi keberhasilan pembelajaran.

Berbagai cara telah dilakukan oleh para peneliti khususnya dalam bidang fisika untuk mengatasi miskonsepsi. Menurut Suparno (2013:55) langkah-langkah yang dapat digunakan untuk membantu mengatasi miskonsepsi antara lain

- a. Mencari atau mengungkap miskonsepsi yang dilakukan siswa,
- b. Mencoba menemukan penyebab miskonsepsi tersebut,
- c. Mencari perlakuan yang sesuai untuk mengatasi.

Untuk itu diperlukan diperlukan suatu cara untuk mengidentifikasi atau mendeteksi miskonsepsi tersebut. Beberapa cara yang sering digunakan oleh para peneliti dan guru, diantaranya:

a. Peta Konsep (*Concept Maps*)

Menurut Suparno (2013:121) peta konsep dapat digunakan untuk mendeteksi miskonsepsi siswa dalam bidang fisika. Miskonsepsi siswa dapat diidentifikasi dengan melihat apakah hubungan antara konsep-konsep itu benar atau salah. Biasanya miskonsepsi dapat dilihat dalam proporsi yang salah dan tidak adanya hubungan yang lengkap antar konsep.

Peta konsep yang mengungkap hubungan berarti antara konsep-konsep dan menekankan gagasan-gagasan pokok, yang disusun hirarkis, dengan jelas dapat mengungkap miskonsepsi siswa yang digambarkan dalam peta konsep tersebut (Novak & Gowin, 1984; Feldshine,1987; Fowler,1987; Moreira,1987) dalam Suparno (2013:121)

b. Tes *Multiple Choice* dengan *Resioning* Terbuka

Menurut Amir dkk (1987) dalam Suparno (2013:123), menggunakan tes pilihan ganda (*multiple Choice*) dengan pertanyaan terbuka dimana siswa harus menjawab dan menulis mengapa ia mempunyai jawaban seperti itu.

c. Tes Esai Tertulis

Guru dapat mempersiapkan suatu tes esai yang memuat beberapa konsep fisika yang memang hendak diajarkan atau yang sudah diajarkan. Dari tes tersebut dapat diketahui miskonsepsi yang dibawa siswa dan dalam bidang apa. Setelah ditemukan miskonsepsinya,

dapatlah beberapa siswa diwawancarai untuk lebih mendalami, mengapa mereka mempunyai gagasan seperti itu (Suparno, 2013:126).

d. Wawancara Diagnosis

Wawancara dapat membantu kita dalam mengenal secara mendalam letak miskonsepsi siswa dan mengapa siswa sampai pada pemahaman seperti itu. Guru memilih beberapa konsep fisika yang diperkirakan sulit dimengerti siswa, atau beberapa konsep fisika yang pokok dari bahan yang hendak diajarkan. Kemudian siswa diajak untuk mengekspresikan gagasan mereka mengenai konsep-konsep diatas. Dari sini dapat dimengerti konsep alternatif yang ada dan sekaligus ditanyakan dari mana mereka memperoleh konsep alternatif tersebut (Suparno, 2013:126).

e. Diskusi dalam Kelas

Dalam kelas siswa diminta untuk mengungkapkan gagasan mereka tentang konsep yang sudah diajarkan atau yang hendak diajarkan. Dari diskusi kelas itu dapat dideteksi juga apakah gagasan mereka itu tepat atau salah. Dari diskusi itu, guru atau seorang peneliti dapat mengerti konsep-konsep alternatif yang dipunyai siswa (Suparno, 2013:127-128).

f. Praktikum dengan Tanya Jawab

Praktikum yang disertai dengan tanya jawab antara guru dengan siswa yang melakukan praktikum juga dapat digunakan untuk mendeteksi apakah siswa mempunyai miskonsepsi tentang konsep

pada praktikum itu atau tidak. Selama praktikum, guru selalu bertanya bagaimana konsep siswa dan bagaimana siswa menjelaskan persoalan dalam praktikum tersebut (Suparno, 2013:128).

g. Metode *Certainty of Response Index (CRI)*

Alternatif lain yang dapat digunakan untuk mendeteksi adanya miskonsepsi pada siswa ialah dengan menggunakan metode CRI (*certainty of response index*) yang dikembangkan oleh Hasan.S.,dkk (1999). Metode *Certainty Of Response Index (CRI)* merupakan teknik untuk mengukur miskonsepsi seseorang dengan cara mengukur tingkat keyakinan/kepastian seseorang dalam menjawab setiap pertanyaan yang diberikan. Selain dapat digunakan untuk mengidentifikasi miskonsepsi, CRI juga dapat membedakan antara siswa yang tahu konsep dan siswa yang tidak tahu konsep. Tingkat keyakinan/kepastian jawaban tercermin dalam skala CRI yang diberikan bersamaan dengan tiap soal yang diberikan.

**B. Metode *Certainty of Response Index (CRI)***

Metode *Certainty Of Response Index (CRI)* merupakan teknik untuk mengukur miskonsepsi seseorang dengan cara mengukur tingkat keyakinan atau kepastian seseorang dalam menjawab setiap pertanyaan yang diberikan. Selain digunakan untuk mengidentifikasi miskonsepsi, CRI juga dapat membedakan antara siswa yang tahu konsep dan siswa yang tidak tahu konsep. Tingkat keyakinan/kepastian jawaban tercermin dalam skala CRI yang diberikan bersamaan dengan tiap soal yang diberikan.

CRI biasanya didasarkan pada suatu skala dan diberikan bersamaan dengan setiap jawaban soal. Tingkat kepastian jawaban soal tercermin dalam skala CRI yang diberikan, CRI yang rendah menandakan ketidakyakinan konsep pada diri responden dalam menjawab pertanyaan, dalam hal ini jawaban biasanya ditentukan atas dasar tebakan semata. Sebaliknya CRI yang tinggi mencerminkan keyakinan dan kepastian konsep yang tinggi pada diri responden, dalam hal ini unsur tebakan sangat kecil. Seorang responden mengalami miskonsepsi atau tidak tahu konsep dapat dibedakan secara sederhana dengan cara membandingkan benar tidaknya jawaban suatu soal dengan tinggi rendahnya indeks kepastian jawaban (CRI) yang diberikannya untuk soal tersebut (Tayubi, 2005:6).

**Tabel 2.1** Ketentuan CRI dalam membedakan tingkat pemahaman siswa

Kriteria jawaban	CRI rendah (<2,5)	CRI tinggi (>2,5)
Jawaban benar	Tidak tahu konsep ( <i>lucky guess</i> )	menguasai konsep dengan baik
Jawaban salah	tidak tahu konsep	Kemungkinan terjadi miskonsepsi

(Tayubi, 2005:7)

Dengan kata lain, ketika seorang responden (siswa) diminta untuk memberikan CRI bersamaan dengan setiap jawaban pada suatu pertanyaan (soal). Pada dasarnya siswa diminta untuk memberikan penilaian terhadap dirinya sendiri akan kepastian yang dia miliki dalam memilih aturan-aturan, prinsip-prinsip dan hukum-hukum yang telah tertanam dibenaknya hingga dia dapat menentukan jawaban dari suatu pertanyaan. Dari ketentuan-ketentuan CRI tersebut, menunjukkan bahwa ketika CRI digunakan

bersamaan dengan sebuah jawaban dari suatu pertanyaan kemungkinan besar kita dapat membedakan antara siswa yang tahu konsep, miskonsepsi, dan tidak tahu konsep. Skala CRI yang digunakan dalam penelitian ini ialah skala 3 (1-3).

CRI biasanya didasarkan pada suatu skala, sebagai contoh skala enam (0-5) seperti pada tabel berikut :

**Tabel 2.2** CRI skala 3 dan kriterianya

CRI	Kriteria
1	Tidak Yakin
2	Ragu-ragu
3	Yakin

**Tabel 2.3** CRI skala 4 dan kriterianya

CRI	Kriteria
1	Sangat tidak yakin
2	Tidak yakin
3	Yakin
4	Sangat yakin

(Nursiwin, 2014:4)

**Tabel 2.4** CRI skala 6 dan kriterianya

CRI	Kriteria
0	<i>(Totally guessed answer)</i>
1	<i>(Almost guess)</i>
2	<i>(Not Sure)</i>
3	<i>(Sure)</i>
4	<i>(Almost certain)</i>
5	<i>(Certain)</i>

(Tayubi, 2005:6)

### C. Miskonsepsi Siswa dalam Materi Usaha dan Energi

Miskonsepsi siswa yang ditemukan dalam bidang mekanika pada konsep Usaha dan Energi, yaitu siswa sulit memahami mengapa jika seorang mendorong mobil dengan sekuat tenaga, bahkan sampai berkeringat, orang tersebut tidak melakukan kerja. Mereka berpikir, jika seseorang melakukan aktivitas dengan suatu energi, ia membuat suatu kerja. Jelas gagasan ini bertentangan dengan prinsip fisika yang diterima para ahli. Beberapa siswa juga mempunyai miskonsepsi tentang energi pada benda yang diam. Menurut mereka, benda yang diam tidak mempunyai energi. Padahal di dalam fisika, ada energi potensial yang terjadi karena kedudukan suatu benda, meskipun benda itu diam ( $\text{energi potensial} = mgh$ ).

Beberapa siswa mempunyai kesulitan memahami konsep kekal energi. Mereka mengalami, dalam hidup mereka, jika mengendarai mobil atau sepeda motor cukup lama, bensinnya akan habis, jika mereka bekerja terlalu giat, mereka akan lelah kehabisan tenaga atau merasa lapar. “bagaimana mungkin bahwa energi itu tetap/kekal ?” demikian mereka meragukan (Suparno, 2013:18).

### D. Materi Usaha dan Energi pada Buku teks

#### 1. Usaha

##### a. Pengertian Usaha

Dalam kehidupan sehari-hari, usaha sering diartikan sebagai kegiatan untuk mencapai suatu tujuan tertentu, misalnya, seorang siswa yang belajar untuk menghadapi ujian, maka siswa tersebut

dikatakan sedang melakukan usaha. Sedangkan dalam fisika, usaha tidak terlepas dari gaya dan perpindahan. Bila gaya bekerja pada sebuah benda sehingga benda berpindah selama benda bekerja, maka gaya tersebut melakukan usaha, misalnya, ketika kita mendorong sebuah meja sehingga meja berpindah, maka kita dikatakan melakukan usaha.

Bila benda tetap diam selama gaya bekerja, berarti gaya tidak melakukan usaha. Demikian pula seorang anak yang mendorong sebuah pohon besar. Meskipun anak tersebut kehabisan tenaga, tapi dia dikatakan tidak melakukan usaha selama pohon tersebut tidak berpindah tempat.

Dalam fisika, usaha didefinisikan sebagai besarnya gaya dikalikan dengan perpindahan. Rumus usaha dinyatakan sebagai berikut:

$$W = F \cdot s \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan  $W$  = usaha (J),  $F$  = gaya (N), dan  $s$  = perpindahan benda. Satuan usaha menurut sistem SI adalah Newton meter (N m) atau joule (J) (Harjono, 2007:24).

#### b. Macam-Macam Usaha

Usaha yang dilakukan oleh sebuah gaya bisa bernilai positif, negatif, atau nol. Selain itu, usaha bisa juga dilakukan oleh beberapa gaya sekaligus. Untuk lebih jelasnya, akan dijelaskan dibawah ini satu demi satu.

### 1) Usaha Bernilai Positif

Misalnya gaya  $F$  bekerja pada sebuah benda sehingga benda berpindah. Bila arah gaya sama dengan arah perpindahan benda, maka usaha dikatakan bernilai positif.

### 2) Usaha Bernilai Negatif

Ketika kita mengangkat sebuah benda secara vertikal ke atas, gaya yang dilakukan oleh tangan kita melakukan usaha positif. Disebut demikian karena arah gaya sama dengan arah perpindahan benda, yaitu ke atas. Namun, gaya gravitasi melakukan usaha negatif karena arah perpindahan benda berlawanan dengan arah gaya gravitasi. Arah gaya gravitasi ke bawah, sedangkan arah perpindahan benda ke atas. Gaya gravitasi melakukan usaha positif, misalkan ketika buah jatuh dari pohonnya. Demikian pula ketika benda jatuh dari ketinggian tertentu dari atas tanah.

Usaha yang selalu negatif dilakukan oleh gaya gesekan ( $f_s$ ). Hal ini disebabkan arah gaya gesekan selalu berlawanan dengan arah perpindahan benda.

### 3) Usaha Bernilai Nol

Usaha yang bernilai nol terjadi bila arah gaya tegak lurus terhadap arah perpindahan benda. Usaha bernilai nol terjadi ketika seseorang menahan buku dengan tangannya. Gaya keatas yang dilakukan oleh tangan orang itu untuk menahan berat buku

tidak melakukan usaha. Hal itu disebabkan karena gaya yang diberikan oleh tangan tidak menyebabkan buku berpindah keatas.

Usaha bernilai nol bisa juga terjadi bila gaya yang diberikan pada benda tidak menyebabkan benda berpindah tempat. Misalnya, ketika orang mendorong tembok. meskipun orang tersebut kepayahan, namun selama tembok tidak bergerak maka tidak ada usaha yang dilakukannya.

#### 4) Usaha Bersama

Usaha bersama adalah usaha yang dilakukan oleh beberapa gaya pada sebuah benda. Arah gaya yang bekerja pada benda bisa saja sama, tapi bisa saja berbeda. Usaha bersama yang dilakukan oleh dua gaya searah sama dengan jumlah usaha yang dilakukan oleh masing-masing gaya tersebut (Harjono, 2007:26).

##### a) Usaha oleh gaya-gaya yang searah

Untuk menghitung besar usaha yang dilakukan oleh gaya-gaya yang searah. Misalnya, sebuah kotak yang ditarik oleh dua orang dengan gaya-gaya ( $F_1$  dan  $F_2$ ) yang arahnya sama adalah perpaduan (resultan) kedua gaya itu atau jumlah aljabar gaya-gaya tersebut.

$$\Sigma F = F_1 + F_2 \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Maka usaha yang dilakukan kedua orang tersebut adalah:

$$\begin{aligned}
 W &= (F_1 + F_2) s \\
 &= F_1 \cdot s + F_2 \cdot s \\
 &= W_1 + W_2 \quad \dots\dots\dots (2.3)
 \end{aligned}$$

Jadi usaha bersama yang dilakukan oleh dua buah gaya yang searah sama dengan jumlah usaha yang dilakukan oleh setiap gaya (Purwanti, 2005:116).

b) Usaha oleh gaya-gaya yang berlawanan

Menurut Harjono (2007:28) usaha yang dilakukan oleh beberapa gaya yang arahnya berlawanan sama dengan selisih usaha yang dilakukan oleh masing-masing gaya. Untuk menghitung besar usaha yang dilakukan oleh gaya-gaya yang arahnya berlawanan adalah selisih kedua gaya itu.

$$\Sigma F = F_1 - F_2 \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Misalnya, gaya yang dilakukan oleh kelompok A adalah  $F_A$  dan gaya oleh kelompok B adalah  $F_B$  dalam permainan tarik tambang. Jika tanda pada tambang berpindah ke kanan (searah dengan  $F_B$ ) berarti gaya yang dilakukan oleh kelompok lebih besar gaya yang dilakukan oleh kelompok A. Dapat dituliskan  $F_B > F_A$ . Maka usaha total yang dilakukan oleh kedua gaya tersebut adalah:

$$\begin{aligned}
 W_{total} &= (F_B - F_A) s \\
 &= W_B - W_A \quad \dots\dots\dots (2.5)
 \end{aligned}$$

(Purwanti, 2005:118)

Jadi usaha bersama yang dilakukan oleh dua buah gaya yang arahnya berlawanan sam dengan selisih usaha yang dilakukan oleh tiap-tiap gaya itu. Apabila dua gaya segaris yang berlawanan arah tersebut besarnya sama, tidak akan menghasilkan usaha (usahanya nol). Apabila dua gaya segaris dan berlawanan arah tersebut besarnya sama, maka tidak akan menghasilkan usaha (usaha bernilai nol).

## 2. Energi

### a. Pengertian Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. Sebuah benda dikatakan mempunyai energi bila benda itu menghasilkan gaya yang dapat melakukan kerja (Harjono, 2007:14). Suatu benda dapat dikatakan mempunyai energi apabila benda itu dapat menghasilkan sesuatu (gaya) yang dapat melakukan kerja (usaha) (Purwanti, 2005:104).

Dalam Satuan Internasional (SI), besar energi dinyatakan dengan satuan joule (J). satu joule sama dengan 1 Newtonmeter ( $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$ ). Satuan energi lainnya adalah erg dan kalori (Purwanti, 2005:105).

### b. Energi Mekanik

Jika ditinjau dari kedudukan dan gerak benda, energi dibagi menjadi dua macam yaitu energi kinetik dan energi potensial. Dalam fisika, kedua energi tersebut dikenal sebagai energi mekanik.

### 1) Energi Kinetik

Energi kinetik ialah energi yang dimiliki benda karena geraknya. Sebuah benda yang bergerak mempunyai energi kinetik, karena benda yang bergerak dapat menghasilkan gaya yang dapat melakukan kerja. Misalnya, sebuah batu yang dilempar dapat memecahkan kaca. Energi kinetik dapat dihitung melalui rumus berikut:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :  $m$ . = Masa benda (kg)  
 $v$ . = Kecepatan benda ( $m/s$ )  
 $E_k$  = Energi potensial (joule)  
 (Harjono, 2007:17)

### 2) Energi Potensial

Energi Potensial ialah energi yang dimiliki oleh suatu benda karena letak atau kedudukannya dari acuan tertentu. Jika sebuah benda berada pada suatu titik acuan tertentu, benda tersebut dapat menghasilkan gaya untuk melakukan usaha. Misalnya, buah kelapa yang ada di pohonnya memiliki energi potensial. Bila buah kelapa tersebut jatuh mengenai kaca atau genting, dapat menghasilkan usaha yang berupa kaca atau genting tersebut pecah.

Secara matematis, energi potensial dirumuskan sebagai berikut:

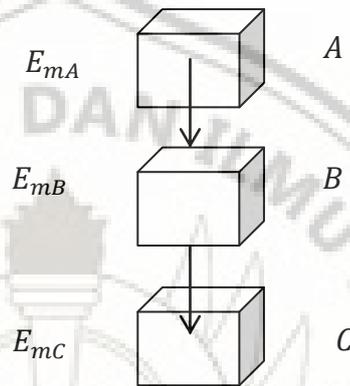
$$E_p = mgh \dots\dots\dots(2.7)$$

(Harjono, 2007:17)

Keterangan :

- m. = Masa benda (kg)
- g. = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- h. = Jarak benda dari acuan (m)
- $E_p$  = Energi potensial (joule)

### 3) Hubungan antara Energi Kinetik dan Energi Potensial



**Gambar 2.1** Kotak jatuh

Perhatikan benda yang jatuh dari ketinggian tertentu atau yang dilemparkan ke atas. Sepanjang gerakan benda tersebut terjadi perubahan bentuk energi, dari energi potensial ke energi kinetik dan sebaliknya dari energi kinetik ke energi potensial.

Jumlah antara energi potensial ( $E_p$ ) dan energi kinetik ( $E_k$ ) akan selalu sama (konstan) selama tidak ada gaya luar yang mempengaruhi. Dengan kata lain,  $E_p + E_k = C$ . Dalam hal ini, C adalah bilangan konstan atau tetap. Selanjutnya, jumlah antara energi potensial dengan energi kinetik disebut dengan energi mekanik ( $E_m$ ).

$$E_m = E_p + E_k = m g h + \frac{1}{2} m v^2 \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

Atau,

$$E_m = \frac{1}{2} K x^2 + \frac{1}{2} m v^2 \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

Hubungan antara energi potensial ( $E_p$ ) dan energi kinetik ( $E_k$ ) ini menjadi dasar hukum kekekalan energi mekanik.

Hukum kekekalan energi mekanik menyatakan: *jumlah energi potensial dan energi kinetik dititik manapun dalam medan gravitasi selalu sama.* bila dinyatakan dengan persamaan, hubungan energi tersebut adalah sebagai berikut:

$$E_{mA} = E_{mB} = E_{mC} \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

$$E_{pA} + E_{kA} = E_{pB} + E_{kB} = E_{pC} + E_{kC} \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

(Purwanti, 2005:112)

#### 4) Hukum Kekekalan Energi

Ketika batu meluncur turun ke lantai maka batu memiliki energi potensial dan juga energi kinetik. Jumlah energi potensial dan energi kinetik batu ketika meluncur sama dengan energi potensial batu ketika berada diatas meja. Ketika batu tiba dilantai, timbul energi bunyi dan energi panas. Jumlah energi bunyi dan energi panas sama dengan jumlah energi potensial dan energi kinetik batu ketika sedang meluncur. Jadi, energi yang dimiliki benda sebelum dan sesudah terjadi perubahan energi adalah sama. Dengan kata lain, energi yang dimiliki oleh benda selalu konstan (tetap), meskipun terjadi perubahan energi. Pernyataan ini dengan hukum kekekalan energi.

Hukum kekekalan energi dapat juga dinyatakan dalam bentuk lain, yaitu *energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, tapi hanya berubah bentuk*. Ketika kita mendorong meja, terjadi perubahan energi dari energi kimia menjadi energi kinetik. Kita tidak menciptakan energi kinetik pada meja dan energi kimia yang ada dalam tubuh kita pun tidak musnah energi hanya berubah bentuk (Harjono, 2007:20).

#### 5) Hubungan Antara Usaha dan Energi

Jika sebuah mobil memiliki energi kimia yang tersimpan dalam bahan bakarnya energi tersebut menghasilkan gaya mesin yang dapat digunakan untuk menarik mobil lain atau mengangkat penumpang. Karet ketapel memiliki energi potensial yang menghasilkan gaya elastis.

Berdasarkan contoh diatas, disimpulkan bahwa terdapat hubungan antara usaha dan energi. Besar usaha pada dasarnya sama dengan perubahan energi yang terjadi. Oleh karena itu, satuan usaha sama dengan satuan energi, yaitu joule (J).

Telah kita pahami bahwa gaya dapat mengakibatkan perubahan kecepatan pada pada suatu benda dengan diberikan gaya, sebuah benda yang mula-mula diam dapat bergerak dengan kecepatan tertentu. Dengan demikian, gaya yang dikerahkan pada benda menyebabkan benda berpindah posisi, maka usaha yang dilakukan menyebabkan terjadinya perubahan

energi kinetik pada benda. Hal ini dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$F_s = \frac{1}{2} m (v_t^2 - v_0^2) \quad \dots\dots\dots(2.14)$$

Selain perubahan kecepatan, jika gaya bekerja dalam arah vertikal dan menghasilkan perpindahan pada benda, maka usaha yang dilakukan mengakibatkan perubahan energi potensial pada benda. Secara matematis, perubahan energi potensial oleh adanya usaha dinyatakan sebagai

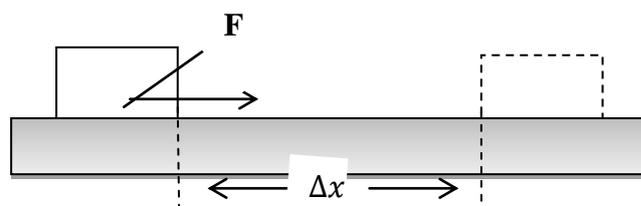
$$F_s = mg (h_2 - h_1) \quad \dots\dots\dots(2.15)$$

(Harjono, 2007:21)

## E. Materi Usaha dan Energi pada Buku Universitas

### 1. Usaha atau Kerja

Menurut Tipler (1998:164) Kerja yang dilakukan oleh suatu gaya didefinisikan sebagai hasil kali perpindahan titik tangkap gaya dengan komponen gaya dalam arah perpindahan. Sedangkan menurut Giancoli (2001:173) usaha diberi pengertian yang spesifik untuk mendeskripsikan apa yang dihasilkan oleh gaya ketika ia bekerja pada benda sementara benda tersebut bergerak dalam jarak tertentu.



**Gambar 2.2** Gaya konstan  $F$  yang bekerja pada suatu benda dengan sudut  $\theta$  terhadap perpindahan  $\Delta x$  (Tipler, 2001:173)

Jika gaya  $F$  membuat sudut  $\theta$  dengan perpindahan  $\Delta x$ , seperti pada gambar 2.2, kerja yang dilakukan adalah:

$$W = F \cos \theta \Delta x = F_x \Delta x \quad \dots\dots\dots(2.16)$$

Kerja adalah besaran skalar yang bernilai positif bila  $\Delta x$  dan  $F_x$  mempunyai tanda yang sama dan bernilai negatif jika mereka mempunyai tanda yang berlawanan. Dimensi kerja adalah dimensi gaya dikali dimensi jarak. Satuan kerja dan energi dalam SI adalah Joule (J), yang sama dengan hasil kali newton dan meter.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

(Tipler, 2001:173)

Usaha akan bernilai positif jika mempunyai sebuah komponen gaya dalam arah yang sama dengan perpindahan. Pada saat gaya mempunyai sebuah komponen yang berlawanan dengan perpindahan maka usaha akan bernilai negatif. Pada saat gaya tegak lurus terhadap perpindahan maka usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut bernilai nol (Young & Freedman, 2002:162). Jadi, usaha dapat dikatakan bernilai positif, apabila ada gaya yang bekerja pada sebuah benda sehingga benda mengalami perpindahan dimana arah perpindahan benda searah dengan arah gaya yang diberikan, maka usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut adalah usaha positif, contohnya, ketika kita mendorong sebuah meja, dimana meja tersebut berpindah searah dengan gaya dorong yang kita berikan, maka usaha yang kita lakukan adalah usaha positif. Usaha dikatakan negatif, apabila ada gaya yang bekerja pada sebuah benda dan benda mengalami perpindahan dimana arah perpindahan benda berlawanan

dengan arah gaya yang diberikan, maka usaha yang dilakukan oleh gaya tersebut adalah usaha negatif, contohnya usaha gaya gravitasi pada benda yang terangkat, usaha dikatakan bernilai nol, apabila ada gaya yang bekerja pada sebuah benda tegak lurus terhadap arah perpindahan benda.

## 2. Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. Jika kerja dilakukan oleh suatu sistem, energi dipindahkan antara kedua sistem tersebut. Sebagai contoh, jika anda menari sebuah kereta luncur, kerja yang anda lakukan sebagian menjadi energi gerak kereta luncur, yang dinamakan energi kinetiknya, dan sebagian menjadi energi termal yang muncul dari gesekan antara kereta luncur dan salju. Pada saat yang sama, energi kimia internal tubuh anda berkurang ketika anda menarik kereta luncur itu (Tipler, 1998:156). Ada beberapa bentuk energi, yaitu energi kinetik dan energi potensial.

### a. Energi Kinetik

Energi kinetik merupakan besaran skalar karena bergantung pada massa dan kelajuan partikel (Tipler, 1998:158). Energi kinetik dan usaha mempunyai satuan yang sama yaitu Joule (J). Dalam satuan internasional (SI) besaran  $EK = \frac{1}{2}mv^2$  mempunyai satuan  $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ .

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 \text{ sehingga}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$1 \text{ J} = 1 (\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2) \cdot \text{m}$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

Ada hubungan yang penting antara kerja total yang dilakukan pada sebuah partikel itu. Jika  $F_x$  adalah gaya neto yang bekerja pada sebuah partikel, hukum kedua Newton memberikan

$$F_x = ma_x \quad \dots\dots\dots(2.17)$$

Untuk sebuah gaya konstan, percepatan adalah konstan, dan kita dapat menghubungkan jarak yang ditempuh partikel dengan kelajuan awal dan akhirnya dengan menggunakan rumus percepatan konstan:

$$v^2 = v_0^2 + 2a \Delta x \quad \dots\dots\dots(2.18)$$

Jika kelajuan awal adalah  $v_i$  dan kelajuan akhir adalah  $v_f$  maka kita dapatkan

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a_x \Delta x \quad \dots\dots\dots(2.19)$$

Karena kerja yang dilakukan oleh gaya neto sama dengan gaya total yang dilakukan pada partikel,

$$W_{total} = F_x \Delta x = ma_x \Delta x \quad \dots\dots\dots(2.20)$$

Dengan mensubstitusi  $\frac{1}{2}(v_f^2 - v_i^2)$  untuk  $a_x \Delta x$ , kita dapatkan

$$W_{total} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \quad \dots\dots\dots(2.21)$$

Besaran  $\frac{1}{2}mv^2$  dinamakan energi kinetik  $K$  dari partikel.

Besaran ini adalah besaran skalar yang bergantung pada massa dan kelajuan partikel:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad \dots\dots\dots(2.22)$$

Besaran di ruas kanan persamaan (2.20) adalah perubahan energi kinetik partikel, yaitu, energi kinetik pada akhir selang  $\frac{1}{2}mv_f^2$

dikurang energi kinetik pada awal selang  $\frac{1}{2}mv_i^2$ . Oleh karena itu, kerja total yang dilakukan pada partikel sama dengan perubahan energi kinetik partikel:

$$W_{total} = \Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \quad \dots\dots\dots(2.23)$$

Hasil ini dikenal sebagai teorema kerja-energi. Teorema ini berlaku baik gaya netonya konstan maupun tidak (Tipler, 1998:158). Menurut Giancoli (2001:179)  $\frac{1}{2}mv^2$  disebut sebagai energi kinetik ( $E_k$ ) translasi dari benda, dan dapat ditulis sebagai berikut:

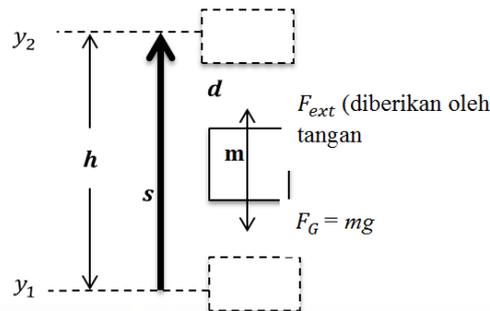
$$W_{tot} = EK_2 - EK_1 \text{ atau}$$

$$W_{tot} = \Delta EK \quad \dots\dots\dots(2.24)$$

Persamaan (2.24) dapat dinyatakan sebagai kerja total yang dilakukan pada sebuah benda sama dengan energi kinetiknya. Pernyataan diatas merupakan prinsip usah-energi (Giancoli, 2001:180).

b. Energi Potensial

Energi potensial adalah energi yang tersimpan yang dihubungkan dengan konfigurasi sistem, seperti misalnya, jarak pisah antara benda dengan bumi (Tipler, 1998:159). Menurut Giancoli (2001:182) energi potensial merupakan energi yang dihubungkan dengan gaya-gaya yang bergantung pada posisi atau konfigurasi benda dengan lingkungannya.



**Gambar 2.3** Seseorang memberikan gaya ke atas  $F_{ext} = mg$  untuk mengangkat sebuah benda dari  $y_1$  ke  $y_2$  (Giancoli, 2001:182).

Berdasarkan gambar (2.3) untuk mengangkat sebuah batu vertikal dengan massa ( $m$ ), gaya ke atas yang diberikan sama dengan beratnya ( $w$ ). jadi untuk mengangkat batu tanpa percepatan setinggi  $h$  dari posisi  $y_1$  ke  $y_2$  (dipilih arah ke atas positif), orang harus melakukan usaha yang sama dengan hasil kali gaya yang diperlukan ke atas dan jarak vertikal  $h$ , yaitu:

$$\begin{aligned}
 W_{ext} &= F s \cos \theta \\
 W_{ext} &= m \cdot g \cdot s \cos 0^\circ \\
 W_{ext} &= m \cdot g \cdot s \cdot 1 \\
 W_{ext} &= m \cdot g (y_2 - y_1) \dots\dots\dots(2.25)
 \end{aligned}$$

(Giancoli, 2001:182)

Keterangan:

- $W$  = kerja, satuan joule (J)
- $F$  = Gaya, satuan newton per meter (N/m)
- $S$  = Perpindahan, satuan meter (m)
- $m$  = Massa benda, satuan kilogram (kg)
- $g$  = Gaya gravitasi, satuan meter per sekon kuadrat ( $m/s^2$ )
- $h$  = Ketinggian, satuan meter (m)
- $y_1$  = Posisi akhir, satuan meter (m)
- $y_2$  = Posisi awal, satuan meter (m)

Gravitasi juga bekerja pada benda sewaktu bergerak dari  $y_1$  ke  $y_2$ , dan melakukan usaha padanya yang sama dengan:

$$\begin{aligned}
 W_g &= F_g \cos \theta \\
 &= mg \cos 180^\circ \\
 &= Mg \cos(-1) \\
 &= -Mgs \\
 &= -mgs(y_2 - y_1) \dots\dots\dots(2.26)
 \end{aligned}$$

Dari persamaan (2.25) dan (2.26) dapat disimpulkan bahwa energi potensial gravitasi sebuah benda adalah hasil kali beratnya dan ketinggiannya di atas tingkat acuan tertentu. Dapat ditulis dalam persamaan berikut:

$$E_{p_{grav}} = mgh \dots\dots\dots(2.27)$$

(Giancoli, 2001:183)

Keterangan:

$$E_{p_{grav}} = \text{energi potensial gravitasi (kg m}^2/\text{s}^2)$$

Makin tinggi suatu benda di atas tanah, makin besar pula energi potensial gravitasi yang dimilikinya (Giancoli, 2001:183). Jadi dapat dikatakan bahwa energi potensial gravitasi bergantung pada ketinggian vertikal benda di atas tingkat acuan tertentu. Dari persamaan (2.25) diperoleh:

$$\begin{aligned}
 W_{ext} &= m \cdot g (y_2 - y_1) \\
 &= m \cdot g y_2 - m \cdot g y_1 \\
 &= E_{p_2} - E_{p_1} \\
 &= \Delta E_p \dots\dots\dots(2.28)
 \end{aligned}$$

Persamaan (2.28) menunjukkan bahwa usaha yang dilakukan oleh gaya ke atas untuk menggerakkan massa ( $m$ ) dari ketinggian  $y_1$  ke  $y_2$  (tanpa percepatan) sama dengan perubahan energi potensial benda antara titik 1 dan titik 2. Untuk  $\Delta E_p$  dalam hubungannya dengan usaha yang dilakukan gravitasi diperoleh dari persamaan (2.28) yaitu:

$$W_G = mg (y_2 - y_1)$$

$$W_G = \Delta E_p \dots\dots\dots(2.29)$$

(Giancoli, 2001:184)

Keterangan:

$W_G$  = usaha oleh gaya gravitasi (N.m)

$\Delta E_p$  = Perubahan energi potensial benda ( $\text{kg m}^2/\text{s}^2$ )

### c. Hukum Kekekalan Energi

*“Bertambah atau berkurangnya energi sistem selalu dapat dijelaskan sebagai akibat munculnya atau hilangnya suatu jenis energi di suatu tempat lain”*. Hasil eksperimen ini dikenal sebagai hukum kekekalan energi. Hukum ini merupakan salah satu hukum yang paling penting dalam semua bidang ilmu. Misalnya  $E_{sis}$  adalah energi total suatu sistem tertentu,  $E_{in}$  adalah energi yang dimasukkan kedalam sistem, dan  $E_{out}$  adalah energi yang meninggalkan sistem. Hukum kekekalan energi menyatakan:

$$E_{in} - E_{out} = \Delta E_{sis} \dots\dots\dots(2.30)$$

(Tipler, 1998:162)