

BAB 8 MOMENTUM LINIER



8.1. pendahuluan

Apa yang terjadi ketika dua kendaraan bertabrakan ? *mungkin pengendara atau penumpangnya babak belur dan langsung digiring ke rumah sakit.* Kondisi mobil atau sepeda motor mungkin hancur berantakan... Kalau kita tinjau dari ilmu fisika, fatal atau tidaknya tabrakan antara kedua kendaraan ditentukan oleh [momentum](#) kendaraan tersebut. masa sich ? serius... terus momentum tu apa ? sebelum berkenalan dengan momentum, pahami penjelasan gurumuda berikut ini terlebih dahulu.

Dalam ilmu fisika terdapat dua jenis momentum yakni *momentum linear* dan [momentum sudut](#). Kadang-kadang *momentum linear* disingkat *momentum*. Dirimu jangan bingung ketika membaca buku pelajaran fisika yang hanya menulis "momentum". Yang dimaksudkan buku itu adalah momentum linear. Seperti pada gerak lurus, kita seringkali hanya menyebut kecepatan linear dengan "kecepatan". Tetapi yang kita maksudkan sebenarnya adalah "kecepatan linear". Momentum linear merupakan momentum yang dimiliki benda-benda yang bergerak pada lintasan lurus, sedangkan momentum sudut dimiliki benda-benda yang bergerak pada lintasan melingkar. pengertian momentum itu apa ? terus apa hubungannya dengan tabrakan alias [tumbukan](#) dan impuls ? nah, sekarang tarik napas panjang sepuas2nya.... Seperti biasa, kita akan bergulat lagi dengan ilmu fisika. Kali ini bertarung dengan momentum, tumbukan dan impuls.

8.2. Momentum

Dalam fisika, *momentum suatu benda didefinisikan sebagai hasil kali massa benda dengan kecepatan gerak benda tersebut*. Secara matematis ditulis :

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v}$$

\mathbf{p} adalah lambang momentum, m adalah massa benda dan \mathbf{v} adalah kecepatan benda. Momentum merupakan besaran vektor, jadi selain mempunyai besar alias nilai, momentum juga mempunyai arah. Besar momentum $p = mv$. Terus arah momentum bagaimana-kah ? arah momentum sama dengan arah kecepatan. Misalnya sebuah mobil bergerak ke timur, maka arah momentum adalah timur, tapi kalau mobilnya bergerak ke selatan maka arah momentum adalah selatan. Bagaimana dengan satuan momentum ? karena $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$, di mana satuan $m = \text{kg}$ dan satuan $v = \text{m/s}$, maka satuan momentum adalah kg m/s . Nama lain dari kg m/s adalah gorumuda. He2.... Cuma canda. Tidak ada nama khusus untuk satuan momentum.

Dari persamaan di atas, tampak bahwa momentum (\mathbf{p}) berbanding lurus dengan massa (m) dan kecepatan (\mathbf{v}). Semakin besar kecepatan benda, maka semakin besar juga momentum sebuah benda. Demikian juga, semakin besar massa sebuah benda, maka momentum benda tersebut juga bertambah besar. *Perlu anda ingat bahwa momentum adalah hasil kali antara massa dan kecepatan*. Jadi walaupun seorang berbadan gendut, momentum orang tersebut = 0 apabila dia diam alias tidak bergerak. Jadi momentum suatu benda selalu dihubungkan dengan massa dan kecepatan benda tersebut. Kita tidak bisa meninjau momentum suatu benda hanya berdasarkan massa atau kecepatannya saja.

Contohnya begini, sebut saja mobil gorumuda dan mobil gurutua. Apabila kedua mobil ini bermassa sama tetapi mobil gorumuda bergerak lebih kencang (v lebih besar) daripada mobil gurutua, maka *momentum* mobil gorumuda lebih besar dibandingkan dengan *momentum* mobil gurutua. Contoh lain, misalnya mobil gorumuda memiliki massa besar, sedangkan mobil gurutua bermassa

kecil. Apabila kedua mobil ini kebut2an di jalan dengan kecepatan yang sama, maka tentu saja momentum mobil gurunuda lebih besar dibandingkan dengan momentum mobil gurutua.

8.2.1. Momentum Anguler (L)

MOMENTUM ANGULER adalah hasil kali (cross product) momentum linier dengan jari jari R. Jadi setiap benda yang bergerak melingkar pasti memiliki momentum anguler.

$$L = m v R = m w R^2$$

$$L = p R$$

Momentum anguler merupakan besaran vektor dimana arah L tegak lurus arah R sedangkan besarnya tetap.

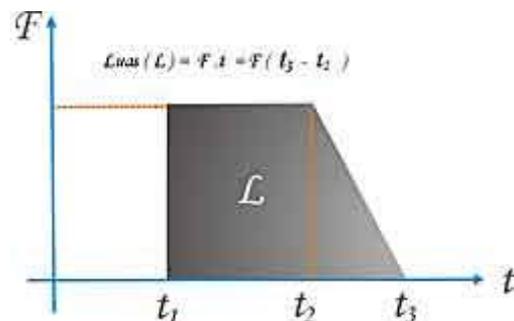
Jika pada benda bekerja gaya **F tetap** selama waktu t, maka IMPULS I dari gaya itu adalah:

t1

$$I = \int_{t_1}^{t_2} F dt = F (t_2 - t_1)$$

I = Perubahan momentum

$$Ft = m v_{akhir} - m v_{awal}$$



Impuls merupakan besaran vektor. Pengertian impuls biasanya dipakai dalam peristiwa besar dimana $F \gg$ dan $t \ll$. Jika gaya F

tidak tetap (F fungsi dari waktu) maka rumus $I = F \cdot t$ tidak berlaku.

Impuls dapat dihitung juga dengan cara menghitung luas kurva dari grafik gaya F vs waktu t .

8.3. Hubungan Momentum dan tumbukan

Pada pembahasan di atas, akan melihat hubungan antara momentum dengan tumbukan. Pernahkah dirimu menyaksikan tabrakan antara dua kendaraan beroda di jalan ? apa yang dirimu amati ? *yang pasti penumpangnya babak belur dan digiring ke rumah sakit dalam tempo yang sesingkat2nya...* tapi maksudnya, bagaimana kondisi kendaraan tersebut ? kendaraan tersebut mungkin hancur lebur dan mungkin langsung digiring ke bengkel khan ? *paling singgah bentar di kantor polisi.*

Sekarang coba dirimu bandingkan, bagaimana akibat yang ditimbulkan dari tabrakan antara dua sepeda motor dan tabrakan antara sepeda motor dengan mobil ? *anggap saja kendaraan tersebut bergerak dengan laju sama.* Tentu saja tabrakan antara sepeda motor dan mobil lebih fatal akibatnya dibandingkan dengan tabrakan antara

dua sepeda motor. Kalo ga percaya silahkan buktikan Massa mobil jauh lebih besar dari massa sepeda motor, sehingga ketika mobil bergerak, momentum mobil tersebut lebih besar dibandingkan dengan momentum sepeda motor. Ketika mobil dan sepeda motor bertabrakan alias bertumbukan, maka pasti sepeda motor yang terpental. Bisa anda bayangkan, apa yang terjadi jika mobil bergerak sangat kencang (v sangat besar) ?

Bisa mengatakan bahwa makin besar momentum yang dimiliki oleh sebuah benda, semakin besar efek yang timbulkan ketika benda tersebut bertumbukkan. Kalo dirimu kurus, coba aja bertabrakan

dengan temanmu yang gendut... sebaiknya jangan dicoba, karena pasti ntar dirimu yang terpentol dan meringis kesakitan...

Sebelum kita melihat hubungan antara momentum dan impuls, terlebih dahulu di pahami [hukum II Newton](#) dalam bentuk momentum.

8.3.1. Hukum II Newton Bentuk momentum

Pada pokok bahasan [Hukum II Newton](#), kita telah belajar bahwa jika ada gaya total yang bekerja pada benda maka benda tersebut akan mengalami percepatan, di mana arah percepatan benda sama dengan arah gaya total. *Jika dirimu masih bingung dengan Hukum II warisan eyang Newton, sebaiknya segera meluncur ke TKP dan pelajari dulu.* Nah, apa hubungan antara hukum II Newton dengan momentum ? yang benar, bukan hubungan antara Hukum II Newton dengan momentum tetapi hubungan antara ***gaya total*** dengan ***momentum***. Sekarang pahami penjelasan gurumuda berikut ini.

Misalnya ketika sebuah mobil bergerak di jalan dengan kecepatan tertentu, mobil tersebut memiliki ***momentum***. Nah, untuk mengurangi kecepatan mobil pasti dibutuhkan gaya (*dalam hal ini gaya gesekan antara kampas dan ban ketika mobil direm*). Ketika kecepatan mobil berkurang (v makin kecil), momentum mobil juga berkurang. Demikian juga sebaliknya, sebuah mobil yang sedang diam akan bergerak jika ada gaya total yang bekerja pada mobil tersebut (*dalam hal ini gaya dorong yang dihasilkan oleh mesin*). Ketika mobil masih diam, momentum mobil = 0. pada saat mobil mulai bergerak dengan kecepatan tertentu, mobil tersebut memiliki momentum. Jadi kita bisa mengatakan bahwa perubahan momentum mobil disebabkan oleh gaya total. Dengan kata lain, ***laju perubahan momentum suatu benda sama dengan gaya total yang bekerja pada benda tersebut***. Ini adalah hukum II Newton dalam bentuk momentum. Eyang newton pada mulanya menyatakan hukum II newton dalam bentuk momentum. Hanya eyang menyebut hasil kali $m\mathbf{v}$ sebagai "kuantitas gerak", bukan momentum.

Secara matematis, versi momentum dari Hukum II Newton dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\Sigma F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

ΣF = gaya total yang bekerja pada benda

Δp = perubahan momentum

Δt = selang waktu perubahan momentum

*Catatan = lambang momentum adalah **p** kecil, bukan P besar. Kalau P besar itu lambang daya. **p** dicetak tebal karena momentum adalah besaran vektor.*

Dari persamaan ini, kita bisa menurunkan persamaan Hukum II Newton “yang sebenarnya” untuk kasus massa benda konstan alias tetap.

Sekarang kita tulis kembali persamaan di atas :

$$\Sigma F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Jika v_0 = kecepatan awal, v_t = kecepatan akhir,
maka persamaan di atas akan menjadi :

$$\Sigma F = \frac{mv_t - mv_0}{\Delta t}$$

$$\Sigma F = \frac{m(v_t - v_0)}{\Delta t}$$

$$\Sigma F = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Sigma F = ma$$

ini adalah persamaan Hukum II Newton untuk kasus massa benda tetap, yang sudah kita pelajari pada pokok bahasan Hukum II Newton. Gurumuda menyebutnya di atas sebagai Hukum II Newton “yang sebenarnya”.

Terus apa bedanya penggunaan hukum II Newton “yang sebenarnya” dengan hukum II Newton versi momentum ? Hukum II Newton versi momentum di atas lebih bersifat umum, sedangkan Hukum II Newton “yang sebenarnya” hanya bisa digunakan untuk kasus massa benda tetap. Jadi ketika menganalisis hubungan antara

gaya dan gerak benda, di mana massa benda konstan, kita bisa menggunakan Hukum II Newton “yang sebenarnya”, tapi tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan *Hukum II Newton versi momentum*. Ketika kita meninjau benda yang massa-nya tidak tetap alias berubah, kita tidak bisa menggunakan Hukum II Newton “yang sebenarnya” ($F = ma$). Kita hanya bisa menggunakan *Hukum II Newton versi momentum*. Contohnya roket yang meluncur ke ruang angkasa. Massa roket akan berkurang ketika bahan bakarnya berkurang atau habis. Paham khan ?

Nah, sekarang mari kita jalan-jalan menuju Impuls...

8.4. Hubungan Momentum dan Impuls

Pernahkah dirimu dipukul teman anda ? *kok ngajak berantem sih...*

coba lakukan percobaan impuls dan momentum berikut... pukul tangan seorang temanmu menggunakan jari anda. Tapi jangan yang keras ya. Gunakan ujung jari anda. Coba tanyakan kepada temanmu, mana yang lebih terasa sakit; ketika dipukul dengan cepat (*waktu kontak antara jari pemukul dan tangan yang dipukul sangat singkat*) atau ketika dipukul lebih lambat (*waktu kontak antara jari pemukul dan tangan yang dipukul lebih lambat*). Kalau dilakukan dengan benar (besar gaya sama), biasanya yang lebih sakit adalah ketika tanganmu dipukul dengan cepat. Ketika dirimu memukul tangan temanmu, tangan dirimu dan tangan temanmu saling bersentuhan, dalam hal ini saling bertumbukan.

Ketika terjadi tumbukan, gaya meningkat dari nol pada saat terjadi kontak dan menjadi nilai yang sangat besar dalam waktu yang sangat singkat. Setelah turun secara drastis menjadi nol kembali. Ini yang membuat tangan terasa lebih sakit ketika dipukul sangat cepat (*waktu kontak antara jari pemukul dan tangan yang dipukul sangat singkat*).

Hukum II Newton versi momentum yang telah kita turunkan di atas menyatakan bahwa laju perubahan momentum suatu benda sama dengan gaya total yang bekerja pada benda tersebut. Besar gaya yang

bekerja pada benda yang bertumbukan dinyatakan dengan persamaan :

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \rightarrow \text{persamaan 1}$$

Persamaan ini berlaku untuk masing2 benda yang bertumbukan. Jika kedua ruas kita kalikan dengan Δt , maka persamaan 1 berubah menjadi :

$$F\Delta t = \frac{\Delta p}{\Delta t} \Delta t$$

$$F\Delta t = \Delta p$$

$$F\Delta t = mv_t - mv_o$$

Besaran di ruas kiri, hasil kali gaya dan selang waktu gaya bekerja, disebut impuls. Dengan kata lain, impuls merupakan perubahan total momentum (ruas kanan). Secara matematis ditulis :

$$I = F\Delta t = \Delta p = mv_t - mv_o$$

Ingat bahwa impuls diartikan sebagai gaya yang bekerja pada benda dalam waktu yang sangat singkat. Konsep impuls membantu kita ketika meninjau gaya-gaya yang bekerja pada benda dalam selang waktu yang sangat singkat. Misalnya ketika ronaldinho menendang bola sepak, atau ketika tanganmu dipukul dengan cepat.

8.5. Penerapan Konsep Impuls dalam kehidupan sehari-hari

Pada penjelasan di atas sudah dijelaskan bahwa impuls merupakan gaya yang bekerja pada benda dalam waktu yang sangat singkat. Konsep ini sebenarnya sering kita alami dalam kehidupan sehari-hari. Ketika pada tubuh kita dikerjakan gaya impuls dalam waktu yang sangat singkat maka akan timbul rasa sakit. Semakin cepat gaya impuls bekerja, bagian tubuh kita yang dikenai gaya impuls dalam waktu sangat singkat tersebut akan terasa lebih sakit. Karenanya, penerapan konsep impuls ditujukan untuk memperlama selang waktu bekerjanya impuls, sehingga gaya impuls yang bekerja menjadi lebih kecil. Apabila selang waktu bekerjanya gaya impuls

makin lama, maka rasa sakit menjadi berkurang, bahkan tidak dirasakan.

Beberapa contoh penerapan konsep impuls dalam kehidupan sehari-hari adalah sebagai berikut :

1. Sarung Tinju



Pernah nonton pertandingan Tinju di TV ? nah, sarung tinju yang dipakai oleh para petinju itu berfungsi untuk memperlama bekerjanya gaya impuls. ketika petinju memukul lawannya, pukulannya tersebut memiliki waktu kontak yang lebih lama. Karena waktu kontak lebih lama, maka gaya impuls yang bekerja juga makin kecil. Makin kecil gaya impuls yang bekerja maka rasa sakit menjadi berkurang... ya, lumayan... untuk memperpanjang hidup para petinju

2. Palu alias pemukul

Mengapa palu tidak dibuat dari kayu saja, kok malah dipakai besi atau baja ? tujuannya supaya selang waktu kontak menjadi lebih singkat, sehingga gaya impuls yang dihasilkan lebih besar. Kalau gaya impulsnya besar maka paku, misalnya, akan tertanam lebih dalam

3. Matras



Matras sering dipakai ketika dirimu olahraga atau biasa dipakai para pejudo. Matras dimanfaatkan untuk memperlama selang waktu bekerjanya gaya impuls, sehingga tubuh kita tidak terasa sakit ketika dibanting. Bayangkanlah ketika dirimu dibanting atau berbenturan dengan lantai... sakit khan ? hal itu disebabkan karena waktu kontak antara tubuhmu dan lantai sangat singkat. Tapi ketika

dirimu dibanting di atas matras maka waktu kontaknya lebih lama, dengan demikian gaya impuls yang bekerja juga menjadi lebih kecil.

4. Helm



Kalau anda perhatikan bagian dalam helm, pasti anda akan melihat lapisan lunak. Kaya gabus atau spons... lapisan lunak tersebut bertujuan untuk memperlama waktu kontak seandainya kepala anda terbentur ke aspal ketika terjadi tabrakan. Jika tidak ada lapisan lunak tersebut, gaya impuls akan bekerja lebih cepat sehingga walaupun memakai helm, anda akan pusing-pusing ketika terbentur aspal.

Referensi :

1. Giancoli, Douglas C., 2001, *Fisika Jilid I (terjemahan)*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
2. Halliday dan Resnick, 1991, *Fisika Jilid I, Terjemahan*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
3. Kanginan, Marthen, 2000, *Fisika 2000, SMU kelas 1, Caturwulan 2*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
4. Tipler, P.A., 1998, *Fisika untuk Sains dan Teknik-Jilid I (terjemahan)*, Jakarta : Penerbit Erlangga.
5. Young, Hugh D. & Freedman, Roger A., 2002, *Fisika Universitas (terjemahan)*, Jakarta : Penerbit Erlangga