

MEKANIKA GERAK

A. Konsep dan Prinsip dalam Mekanika Gerak

1. Konsep Mekanika Gerak

Mekanika gerak sesungguhnya merupakan sebuah studi terhadap pengaruh-pengaruh yang ditimbulkan oleh daya (seperti daya tarik bumi, gesekan, tahanan angin, dsb.) pada benda yang bergerak dan tidak bergerak (Carr, 1997; Bartlett, 1997). Pengetahuan tentang mekanika pada awalnya digunakan untuk merancang benda yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari, seperti bangunan, jembatan, kapal, pesawat, dll. Kemudian, ketika kebutuhan akan gerak manusia semakin tinggi, maka mekanika ini pun digunakan untuk mempelajari pengaruh daya di atas pada manusia, dan sebaliknya, pengaruh daya yang dikerahkan manusia ketika bergerak.

Jelas sekali bahwa daya tarik bumi, gesekan, dan tahanan udara berlaku baik pada kegiatan-kegiatan manusia dalam gerak (olahraga) maupun pada kegiatan non-olahraga. Upaya seorang pelompat tinggi yang melawan daya tarik bumi, misalnya, sama seperti pesawat udara yang sedang tinggal landas. Demikian juga, tahanan udara dan gesekan sama-sama melawan lajunya mobil dan pelari sprint.

2. Prinsip-Prinsip Mekanika

Dalam olahraga, prinsip mekanika tidak lain adalah ketentuan mendasar yang mengatur aksi manusia. Misalnya jika seorang pelatih dan atlet mengerti ciri-ciri dan cara kerja daya tarik bumi, mereka akan tahu apa yang harus dilakukan untuk melawan pengaruh daya tadi, dan sekaligus dapat memanfaatkannya.

Seorang pelompat indah yang menyadari bahwa daya tarik bumi beraksi secara tegak lurus pada permukaan tanah akan memiliki pengertian yang lebih baik dalam hal tolakan yang bagaimana yang memberikan jalur layangan yang optimal untuk lompatan. Demikian juga seorang pegulat akan mengetahui bahwa daya tarik bumi merupakan sahabatnya ketika lawannya sudah kehilangan keseimbangan.

Terdapat banyak sekali daya di bumi ini di samping daya tarik bumi, tahanan udara dan gesekan. Daya-daya tersebut beraksi dalam cara yang bervariasi. Seorang pelatih atau guru yang mengerti bagaimana semua daya itu bekerja akan mengetahui lebih baik dalam menganalisis teknik gerak anak asuhnya untuk kepentingan peningkatan performanya. Demikian juga jika atlet atau siswa mengetahui prinsip-prinsip mekanika, maka mereka akan lebih mudah mempelajari teknik gerakannya serta mengetahui secara sadar sesuatu yang salah dalam gerakannya.

Dalam olahraga, hukum gerak dan mekanika gerak tidak hanya berlaku pada atlet sendiri. Prinsip mekanika pun digunakan untuk memperbaiki efisiensi peralatan olahraga dan fasilitas lainnya. Sepatu atletik, skating, dan ski dirancang berdasarkan pengertian daya-daya eksternal yang terdapat di bumi. Pengetahuan tersebut telah menjadi alat dalam meningkatkan standar performa dalam setiap cabang olahraga.

Apa guru penjas perlu mengetahui prinsip-prinsip mekanika tersebut? Tentu. Guru penjas akan tertolong dalam melaksanakan tugasnya untuk mengantar para siswa menguasai teknik gerak atau keterampilan secara memadai. Yang terlebih penting, prinsip mekanika ini akan berguna untuk menyebabkan siswanya mengetahui prinsip-prinsip tersebut sebagai bekal praktis dalam melakukan kegiatan olahraga, termasuk juga dalam menempuh tugas kehidupannya sehari-hari.

3. Berat Tubuh

Berat tubuh adalah konsep yang diberikan pada ukuran dari jumlah massa tubuh (misalnya, tulang, otot, lemak, jaringan, dll.) yang dibawa oleh kita kemanapun. Semakin banyak jumlah massa dalam tubuh akan semakin berat. Dalam istilah mekanika, berat tubuh seseorang mewakili daya tarik bumi (gravitasi) yang menarik tubuh, dan sebaliknya, mewakili tarikan tubuh terhadap bumi (Carr, 1997). Apa yang kita baca pada timbangan berupa angka tertentu mewakili seberapa banyak tarikan yang terjadi antara tubuh dan bumi. Bumi menarik tubuh kita ke bawah, dan kebalikannya, tubuh kita menarik bumi ke atas.

Derajat besaran tarikan antara tubuh dan bumi bergantung pada seberapa banyak massa bumi dan seberapa banyak massa tubuh dimiliki. Lebih besar tarikan, semakin besar angka diperlihatkan pada timbangan. Dengan demikian, tubuh yang lebih berat (massa tubuhnya lebih banyak) akan menekan bumi lebih besar daripada tubuh yang lebih ringan.

4. Massa Tubuh

Apa yang dimaksud dengan massa tubuh atau cukup disebut massa? Massa secara sederhana berarti substansi atau zat. Jika suatu benda memiliki substansi dan berada dalam suatu ruang, benda itu memiliki massa. Yang lebih penting, jika benda itu memiliki massa, maka ia akan dapat menarik benda lain yang memiliki massa juga. Atlet, misalnya, terbuat dari otot, tulang, lemak, serat, dan cairan, yang kesemuanya merupakan substansi atau zat yang karenanya memiliki massa. Jadi atlet, karena mempunyai massa, dapat menarik bumi, dan bumi, karena memiliki massa juga, menarik atlet.

Seorang pegulat kelas berat memiliki massa lebih besar daripada seorang pesenam. Tarikan antara bumi dengan pegulat kelas berat lebih besar daripada tarikan antara bumi dengan pesenam.

5. Bagaimana Berat dan Massa Berhubungan

Tarikan daya tarik bumi memancar dari intinya benar-benar menyerupai riak-riak dari lemparan batu ke air. Lebih dekat tubuh ke inti bumi, lebih kuat juga tarikannya. Sebab bumi tidak benar-benar bulat sempurna, seorang atlet berada lebih jauh dari inti bumi jika berdiri di sepanjang katulistiwa daripada berdiri di kutub utara atau kutub selatan. Karenanya, seorang atlet atau benda lain seperti misalnya lembing, akan lebih ringan ketika

berada di katulistiwa daripada kalau berada di kedua kutub tadi. Jika seorang atlet memanjat ke puncak gunung di daerah khatulistiwa, ia akan berada lebih jauh dari inti bumi, dan beratnya akan berkurang lebih banyak lagi.

Kemudian kita juga harus mempertimbangkan dua hal lain, yaitu: rotasi bumi di sekitar porosnya dan fakta bahwa putaran bumi menyebabkannya menonjol keluar di daerah khatulistiwa dan mengempes di wilayah kutub. Ini berarti bahwa lebih dekat kita ke khatulistiwa, lebih besar jalur putaran yang harus ditempuh ketika bumi berputar pada porosnya. Akibatnya, atlet atau suatu benda di khatulistiwa bergerak lebih dari 1000 mil per jam lebih cepat dari pada di daerah kutub. Lebih cepat kita bergerak selama putaran bumi harian, lebih besar upaya massa tubuh kita melayang atau menjauh dari permukaan bumi. Artinya tubuh kita akan terasa lebih ringan daripada kalau kita berada di daerah kutub.

6. Inertia

Kata inertia berarti bertahan terhadap aksi atau terhadap perubahan. Inertia dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk membedakan orang yang lamban untuk melakukan suatu aksi. Jadi dalam kehidupan sehari-hari, istilah inertia bisa juga berarti 'malas'. Dalam istilah mekanika gerak, inertia berarti lebih dari sekedar malas karena hal itu juga menggambarkan keinginan dari suatu benda untuk terus melakukan apa yang sedang dilakukannya—bahkan ketika sedang bergerak (Carr, 1997). Seluruh benda cenderung bertahan tidak bergerak. Tetapi jika suatu daya cukup besar untuk membuatnya bergerak dalam arah tertentu, benda itu cenderung ingin mempertahankan gerakannya dalam arah yang sama pada kecepatan yang tetap.

Bagaimana masa berhubungan dengan inertia

Sekali bergerak, lebih banyak massa yang dimiliki suatu benda, lebih besar pula keinginannya bertahan untuk terus bergerak. Namun demikian, dalam pergerakan di bumi, faktor atau daya lain ikut berpengaruh, sehingga kecepatan konstan jarang terjadi dalam waktu lama. Daya-daya tersebut di antaranya adalah hambatan angin, daya tarik bumi, gesekan, serta daya-daya lain yang dikerahkan oleh lawan yang bersifat berlawanan yang memperlambat dan akhirnya menghentikan gerakannya.

Lebih besar dan berat massa tubuh seseorang, maka makin besar pula tahanannya terhadap perubahan. Jadi, atlet yang berat tubuhnya besar harus mengerahkan daya otot yang lebih besar pula untuk menyebabkan massa tubuhnya bergerak. Sekali ia bergerak dalam arah tertentu, ia pun harus mengerahkan tenaga yang besar pula untuk menghentikan atau mengubah arah gerak tubuhnya. Ini berarti, bahwa atlet dengan massa tubuh ringan mempunyai inertia yang lebih kecil dan memerlukan tenaga yang lebih kecil pula untuk bergerak atau menghentikan gerakannya.

Contoh menarik tentang berlakunya inertia terjadi ketika atlet berada di udara. Anggaplah dua orang bungee jumper yang terjun dari sebuah jembatan tinggi. Orang satu ukuran badannya dua kali lebih besar dari yang lain. Mereka terjun pada saat yang

bersamaan. Maka siapa yang akan sampai terlebih dahulu? Dari penjelasan tentang massa tubuh dan daya tarik bumi di bagian sebelumnya, barangkali Anda akan berpikir bahwa pelompat yang lebih besar akan sampai lebih dulu, karena bumi akan menarik massa yang lebih besar dua kali lebih kuat. Ternyata, kedua pelompat menyentuh air pada saat yang bersamaan. Mengapa? Karena dalam hal ini inerti bekerja. Orang yang lebih besar mempunyai inerti dua kali lebih besar sehingga bertahan terhadap daya tarik bumi sebesar dua kali lipat juga. Dalam situasi demikian tahanan udara memainkan peranan yang tidak dapat diabaikan sehingga kedua pelompat sampai pada saat yang bersamaan.

7. Kecepatan, Akselerasi dan Kelajuan (Velocity)

Dalam menggambarkan kedua pelompat *bungee* di atas, dapat dipelajari akselerasi ketika mereka jatuh ke bumi. Pemahaman terhadap perbedaan antara *kecepatan* dan *akselerasi*, dan kemudian berkenalan dengan istilah *kelajuan*—suatu istilah akan sering ditemukan dalam bahan pelatihan ini. Guru akan dapat menghitung kecepatan lari seorang sprinter. Contoh: Jika seorang sprinter berlari sepanjang 100 m dalam 10 detik, kita tahu bahwa atlet itu telah berlari menempuh jarak (100 m) dalam waktu tertentu (10 detik). Dari informasi ini Anda dapat menggunakan istilah rata-rata kecepatan, yaitu 35 km/jam atau 10.9 yard per detik. 35 km/jam adalah *kecepatan* rata-rata lari sepanjang 100 m. Dengan rata-rata ini kita tidak mengetahui kecepatan tertinggi dari pelari itu; tidak juga menerangkan tentang tingkat *akselerasinya*.

Sprinter yang memiliki rata-rata kecepatan 35 km/jam sepanjang 100 m sebenarnya bisa saja berlari lebih cepat atau lebih lambat dari 35 km per jam selama fase lomba yang berbeda. Sesaat setelah start pelari tersebut sedang menambah kecepatan dan untuk sementara berlari jauh lebih pelan dari kecepatan rata-ratanya. Kemudian setelahnya barulah pelari itu bisa berlari lebih cepat dari rata-rata.

Penting juga disadari bahwa kecepatan masih bisa ditingkatkan walaupun tingkat akselerasinya mulai berkurang. Selama proses akselerasi masih ada, bahkan dalam batas minimal sekalipun, kecepatan masih bisa meningkat. Ketika deselerasi (kebalikan dari akselerasi) terjadi, barulah kecepatan akan menurun. Seberapa banyak kecepatan meningkat atau menurun bergantung pada tingkat akselerasi atau deselerasi.

Akselerasi tetap (*uniform acceleration*) dan deselerasi tetap (*uniform deceleration*) mengandung arti bahwa benda atau pelari meningkatkan atau menurunkan kecepatannya pada tingkat yang teratur. Ini dicontohkan oleh laju suatu benda yang berakselerasi ke kecepatan 10 m/detik pada detik pertama, 20 m/detik pada detik kedua, dan 30 m/detik pada detik ketiga. Jadi, untuk setiap detiknya benda itu meningkat kecepatannya pada tingkat yang sama, yaitu 10 m/detik. Jika ditulis, akselerasi tadi adalah 10 m/detik/detik atau 10 m/detik^2 . Perhatikan, bahwa dalam hal ini ada satu unit jarak (yaitu 10 m) dan ada dua unit waktu (yaitu: detik/detik) kapanpun kita menunjuk pada akselerasi. Deselerasi tetap terjadi dalam cara yang sama, yaitu kecepatan menurun pada tingkat yang sama pada setiap detiknya.

Akselerasi dan deselerasi tetap tidak selalu terjadi dalam olahraga. Ketika atlet atau benda seperti bola atau lembing bergerak, daya yang bermacam-macam seperti gesekan dan tahanan udara mempengaruhinya. Daya tersebut menyebabkan akselerasi atau deselerasinya bervariasi sehingga tidak tetap lagi. Contoh yang baik dari akselerasi dan deselerasi tetap terjadi pada layangan sesaat seperti pada loncat indah atau senam. Dalam situasi demikian tahanan udara dapat dibikan. Daya tarik bumi secara tetap memperlambat atau mendeselerasi atlet ketika mereka naik melayang pada kecepatan 9.8 m/detik untuk setiap detik layangannya (disebut 9.8 m/detik²) dan mengakselerasi secara tetap pada kecepatan 9.8 m/detik² ketika layangan turun. Kadang-kadang juga istilah deselerasi disebut sebagai akselerasi negatif dan akselerasi disebut akselerasi positif.

Bagaimana istilah kelajuan (*velocity*) bisa cocok dengan gambaran tentang kecepatan dan akselerasi di atas? Kelajuan sebenarnya hanya merupakan gambaran yang lebih lengkap dari kecepatan. Kalau kecepatan hanya menunjuk pada jarak tempuh waktu, sedangkan kelajuan menggambarkan *jarak tempuh waktu* sekaligus *arahnya*. Misalnya, 9.8 m/detik hanya menunjuk pada kecepatan; 9.8 m/detik ke arah selatan menunjuk pada kelajuan. Kecepatan menyatakan tentang seberapa cepat. Kelajuan menyatakan seberapa cepat dan ke arah mananya.

8. Bagaimana Daya Tarik Bumi Mempengaruhi Penampilan

Pada bagian awal dari bahasan ini, kita coba mendiskusikan bagaimana daya tarik bumi mempunyai pengaruh yang berbeda-beda. Bagaimana perbedaan daya tarik bumi ini mempengaruhi penampilan olahraga?

Atlet yang bertanding di Olimpiade 1968 yang berlangsung di Mexico City, di mana tempatnya merupakan dataran tinggi dan dekat ke khatulistiwa, pasti akan mengalami tarikan bumi yang lebih ringan daripada atlet yang bertanding di Olimpiade 1952 yang berlangsung di Helsinki atau Olimpiade 1980 di Moskow. Dua kota terakhir terletak di garis lintang utara dan dekat ke ketinggian air laut. Tubuh atlet atau benda yang dilempar, pasti akan terasa lebih ringan di tempat tinggi daripada di dataran rendah.

Namun demikian, atlet yang bertanding di dataran tinggi sebaliknya akan mengalami perjuangan yang lebih besar dalam hal bernapas karena perbedaan kandungan udara atau oksigen. Kandungan oksigen di dataran tinggi tersedia lebih tipis daripada di dataran rendah. Artinya, atlet yang bertanding di Mexico City harus bernapas lebih sering untuk memenuhi kebutuhannya. Karenanya bisa diduga bahwa atlet yang paling menderita adalah para pelari jarak menengah dan jauh. Sedangkan para pelompat akan diuntungkan karena tubuhnya terasa lebih ringan. Bob Beamon, pelompat jauh yang mempertahankan lompatan rekor dunianya karena bertahan selama 23 tahun, dianggap diuntungkan oleh dataran tinggi Mexico City.

Rekor lompatan Beamon dipecahkan oleh pelompat jauh Mike Powell pada tahun 1991 pada lomba yang berlangsung di Tokyo. Tokyo adalah kota yang terletak di dataran yang lebih rendah daripada Mexico City. Kita bisa menduga bahwa jika lompatan Powell di

Tokyo tersebut dilakukan di Mexico City pasti hasilnya akan jauh lebih baik. Bukti tambahan dari bantuan yang didapat karena dataran tinggi ini terjadi pada lompatan Ivan Pedrova dari Kuba yang melampaui rekor Mike Powell yang sudah bertahan selama 4 tahun. Itu terjadi di Italia yang juga merupakan dataran tinggi.

9. Titik Berat Tubuh

Tarikan gravitasi bumi merupakan salah satu daya penentang terbesar yang ditemui para atlet. Untuk melayang di udara setinggi mungkin, memelihara keseimbangan tubuh, melempar jauh, semuanya memerlukan pemahaman tentang bagaimana daya tarik ini bekerja.

Daya tarik bumi menarik tubuh atlet dengan berfokus pada titik berat tubuhnya. Hal yang sama berlaku juga pada benda apapun yang masih berada di sekitar wilayah kerja gravitasi bumi. Tanpa memperhatikan apakah tubuh dalam keadaan berdiri diam atau bergerak dari satu posisi ke posisi lainnya, daya tarik bumi selalu berkonsentrasi pada titik berat tubuh atlet.

Titik berat tubuh adalah titik di mana seluruh massa tubuh berpusat. Jika tubuh berbentuk seperti sebuah peluru (untuk tolak peluru) yang bulat bundar, maka amatlah mudah membayangkan bahwa titik berat tubuh itu pasti ada di tengah-tengah. Demikian juga jika kita membayangkan tubuh kita seperti sebuah penggaris. Kita akan dengan mudah menemukan titik tengahnya, misalnya dengan cara menimbang penggaris tersebut di ujung jari tangan.

Tubuh kita jelas berbeda dari peluru dan penggaris karena tidak terbuat dari materi yang sama dan tidak terdistribusi secara merata dari kepala hingga kaki. Tetapi tubuh kita dibuat dari berbagai bentuk dan substansi seperti tulang, otot, lemak, dan jaringan, yang kesemuanya berbeda dalam kepadatannya. Tulang dan otot lebih padat daripada lemak dan karenanya memiliki lebih banyak massa yang terhimpun dalam ruang yang dimilikinya.

Bumi menarik lebih kuat pada bagian-bagian tubuh yang lebih padat dan lebih banyak massanya daripada terhadap bagian yang kurang massanya. Ini berarti bahwa titik berat tubuh tidak terletak benar-benar di tengah seperti pada peluru atau penggaris. Jika tubuh kita memiliki massa yang lebih banyak pada bagian atas tubuh, maka titik berat tubuh akan relatif lebih atas atau lebih tinggi. Sebaliknya jika tubuh bagian bawah yang memiliki massa lebih besar, maka titik berat pun akan lebih rendah letaknya. Tetapi di lihat dari banyaknya massa, maka titik berat tubuh akan selalu tepat di tengah massa, sehingga ukuran massa bagian atas tubuh akan sama beratnya dengan massa bagian bawah tubuh dilihat dari titik berat itu sendiri.

a. Letak Titik Berat Tubuh

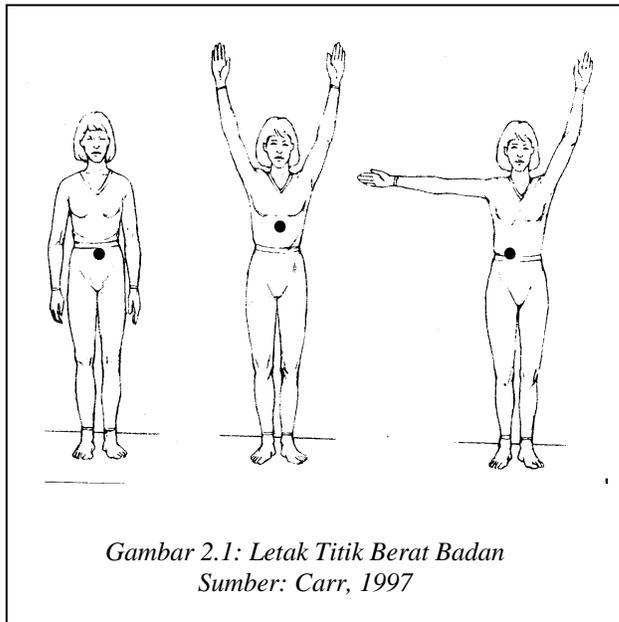
Di manakah letak titik berat tubuh itu? Untuk umumnya orang dewasa yang berdiri dengan kedua lengan di samping badan, maka titik berat tubuh itu terletak di sekitar pinggang atau sekitar satu inchi di atas pusar. Untuk perempuan, titik itu akan terletak lebih

rendah. Alasannya, perempuan biasanya memiliki bahu yang lebih kecil dan pinggul yang lebih besar, sehingga massa tubuhnya lebih banyak di bagian bawah. Sebaliknya, pria umumnya mempunyai pinggul lebih kecil dan bahu yang lebih besar.

b. Pergeseran Titik Berat Tubuh

Titik berat tubuh jarang berdiam di tempat yang sama sepanjang waktu. Bahkan ketika tidur, pergeseran sedikit dari posisi tubuh sudah akan membuat titik berat tubuh berpindah posisinya. Artinya, ketika tubuh berpindah posisi, massa tubuhpun berubah distribusinya.

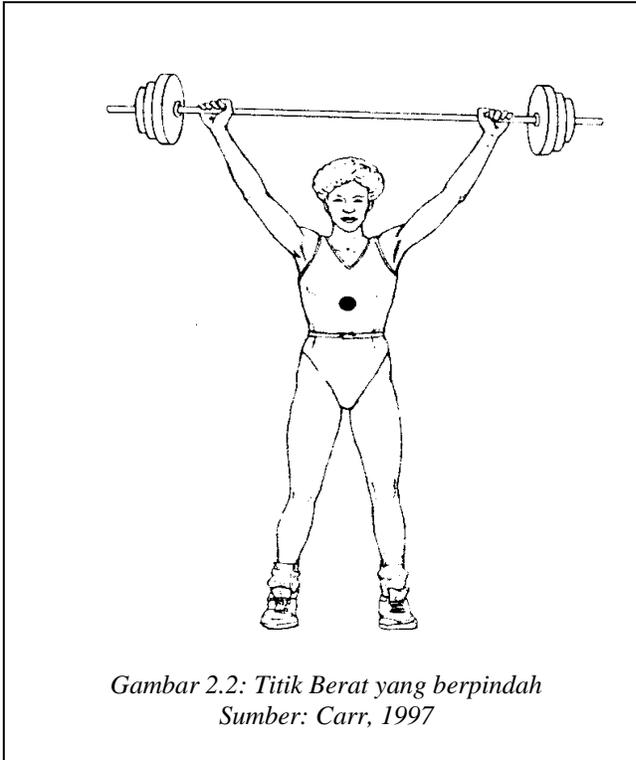
Jika seorang atlet berdiri tegak dan kemudian menggerakkan kakinya ke depan untuk melangkah, posisi titik berat tubuhnya bergeser ke arah yang sama. Jika atlet menggerakkan kaki dan lengannya, titik berat tubuh bergeser lebih jauh ke depan sebab lebih banyak massa tubuh yang berpindah.



Jarak yang ditempuh titik berat tubuh ketika berpindah bergantung pada seberapa banyak massa tubuh yang berpindah dan sejauh mana massa itu berpindah. Tungkai memiliki massa yang banyak dan berat, maka keduanya menyebabkan pergeseran yang besar pada titik berat tubuh daripada ketika lengan yang bergerak. Membungkuk akan menggeser titik berat tubuh sama seperti ketika menekuk kepala. Pergeseran dari titik berat tubuh selalu berhubungan dengan jumlah massa tubuh yang dipindahkan serta jarak yang dipindahkannya (lihat gambar 2.1)

Apa yang akan terjadi jika kita memegang raket atau mengangkat barbel yang berat ke atas kepala? Dalam kedua situasi tersebut, pertimbangkan untuk menggabungkan titik berat dari massa tubuh dan massa benda yang dipegang. Mengangkat barbel dengan lengan lurus ke atas kepala akan menggeser titik berat gabungan ke atas sebab massa yang besar dari barbel telah diangkat secara vertikal di atas lengan. Semakin panjang dan semakin besar lengan serta semakin besar barbel, akan semakin tinggilah titik berat gabungan dari tubuh dan barbel tadi (lihat gambar 2.2)

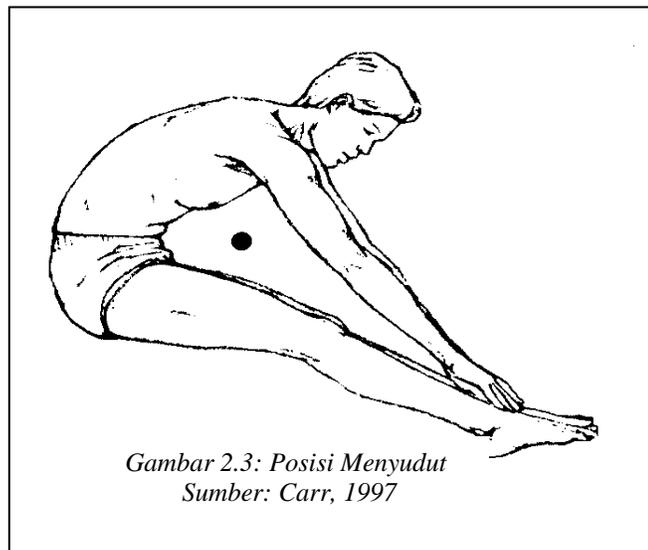
Jika kita tidak lagi memegang barbel, maka titik berat hanya akan disesuaikan relatif ke posisi tubuh sendiri. Jadi jika kita menurunkan kembali lengan kita, maka titik berat pun otomatis akan kembali ke bawah. Barbel sendiri tentu saja memiliki titik berat massanya sendiri.



*Gambar 2.2: Titik Berat yang berpindah
Sumber: Carr, 1997*

Pertanyaan berikut muncul. Apakah mungkin menggeser titik berat tubuh keluar dari tubuh sendiri? Ya, tentu saja. Semakin fleksibel tubuh kita, maka semakin mudahlah pergeseran itu terjadi. Jika tubuh kita membungkuk ketika kita berdiri, pada saat itu sebenarnya titik berat tubuh kita akan berada di luar wilayah tubuh. Atau anggaplah seorang peloncat indah yang melakukan posisi menyudut dengan kedua tangan menyentuh jari kakinya dan bungkuk pada panggul. Posisi ini menyebabkan letak titik berat tubuhnya bergerak ke depan dan tidak lagi di dalam wilayah tubuh (lihat gambar 2.3)

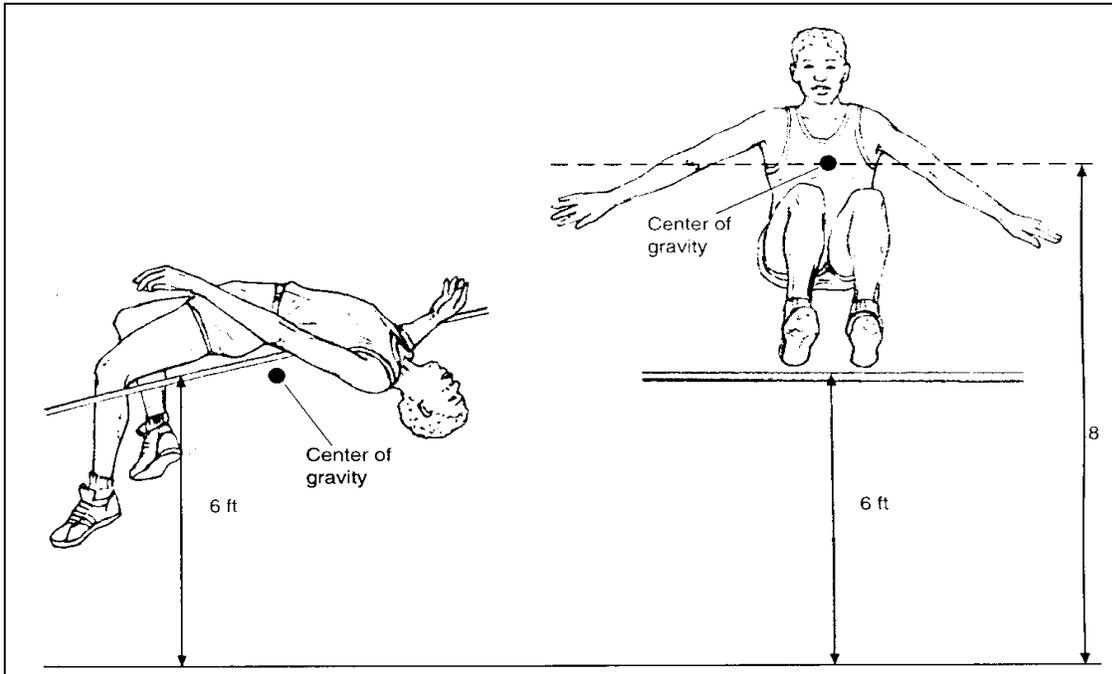
Demikian juga dengan pesenam yang sedang melakukan posisi kayang atau melenting pada gerakan back-walkover. Pada posisi inipun titik berat bergeser ke luar wilayah tubuh, walaupun hanya untuk sementara. Titik berat tubuh berpindah sejalan dengan bergesernya massa tungkai, tubuh bagian atas, dan lengan. Semakin ekstrim lengkungan tubuh, semakin besar pergeseran dari titik berat tubuh.



*Gambar 2.3: Posisi Menyudut
Sumber: Carr, 1997*

Posisi melenting dari pesenam tak ubahnya seperti posisi melenting dari seorang pelompat tinggi yang sedang melakukan gaya flop melewati mistar. Tubuh yang benar-benar fleksibel dapat membuat titik berat tubuhnya lewat di bawah mistar sementara tubuh itu sendiri lewat di atas mistar.

Keuntungan dari teknik melewati mistar ini dapat dimengerti jika atlet yang sama melewati mistar dengan menggunakan teknik lompat jongkok misalnya (Lihat gambar 2.5).



Gambar 2.5; Saat Melewati Mistar Sumber: Carr, 1997

10. Bagaimana Daya Tarik Bumi Mempengaruhi Layangan

Seorang atlet yang sedang melayang di udara memiliki titik berat yang sama seperti atlet yang sedang kontak dengan bumi. Gerak tubuh di udara memposisikan kembali titik berat relatif ke gerak tubuh atlet seperti sedang berada di bumi. Di bumi, atlet cenderung melupakan tarikan bumi, sampai ia jatuh kembali ke bumi. Di udara pengaruh tarikan bumi sungguh nyata. Seorang pelompat indah yang menolak ke atas dari papan lompat segera diperlambat oleh tarikan bumi ketika naik dan dipercepat pada saat turun. Seperti dapat diamati, tarikan bumi dalam memperlambat pelompat ketika naik sama besar seperti mempercepat pelompat ketika turun.

Ketika seorang atlet di udara, tarikan bumi berkonsentrasi pada titik berat tubuh atlet. Tidak ada bedanya apakah atlet tersebut melakukan atau membuat posisi membulatkan tubuh atau bergerak tak terkontrol dengan gerak lengan dan kaki ke sana kemari. Menggerakkan lengan dan kaki di udara secara terus menerus memang merubah letak titik berat tubuh seperti ketika berada di darat, tetapi bumi tetap mengarahkan tarikannya pada titik berat tubuh atlet. Tarikan bumi ini juga berlaku pada benda yang tidak berubah seperti lembing atau bola. Perbedaannya hanya terletak pada bahwa atlet bisa merubah bentuknya sesuai keinginan di udara, sementara benda lain tetap dalam bentuknya.

Meskipun tarikan bumi selalu menarik titik berat tubuh, hal itu tidak pernah menghentikan tubuh itu sendiri dari kemampuannya untuk merubah bentuknya selama di atas. Tubuh yang dibulatkan selama di udara (*tight tuck*) menyebabkan pelompat atau pesenam berputar lebih cepat, tetapi putaran itu tidak pernah merubah fokus tarikannya dari titik berat tubuh.

Dalam nomor di mana atlet berada di udara dalam waktu yang singkat (seperti: lompat tinggi, lompat jauh, senam, skating, dan lompat indah), atlet menentukan jalur layangan dari titik berat tubuhnya pada saat tinggal landas (*take off*). Jadi, tidaklah mungkin untuk atlet merubah jalur layangan paraboliknya ketika ia sudah di udara. Menggerak-gerakkan lengan dan kakinya ketika melayang tiidak akan juga merubah jalur layangan tersebut.

11. Bagaimana Perbedaan Kepadatan Tubuh Beprpengaruh

Kepadatan menunjuk pada jumlah substansi atau massa yang ‘dipadatkan’ dalam sebuah ruang. Semakin banyak massa yang dimampatkan semakin padat benda itu. Contoh nyata hal ini adalah perbandingan ukuran massa kapas dan ukuran massa besi yang berbeda, padahal beratnya sama. Di antara benda berbahan metal, besi memiliki kepadatan yang lebih sedikit daripada timah, sehingga 5 kg peluru yang terbuat dari besi bentuknya lebih besar daripada 5 kg peluru dari timah.

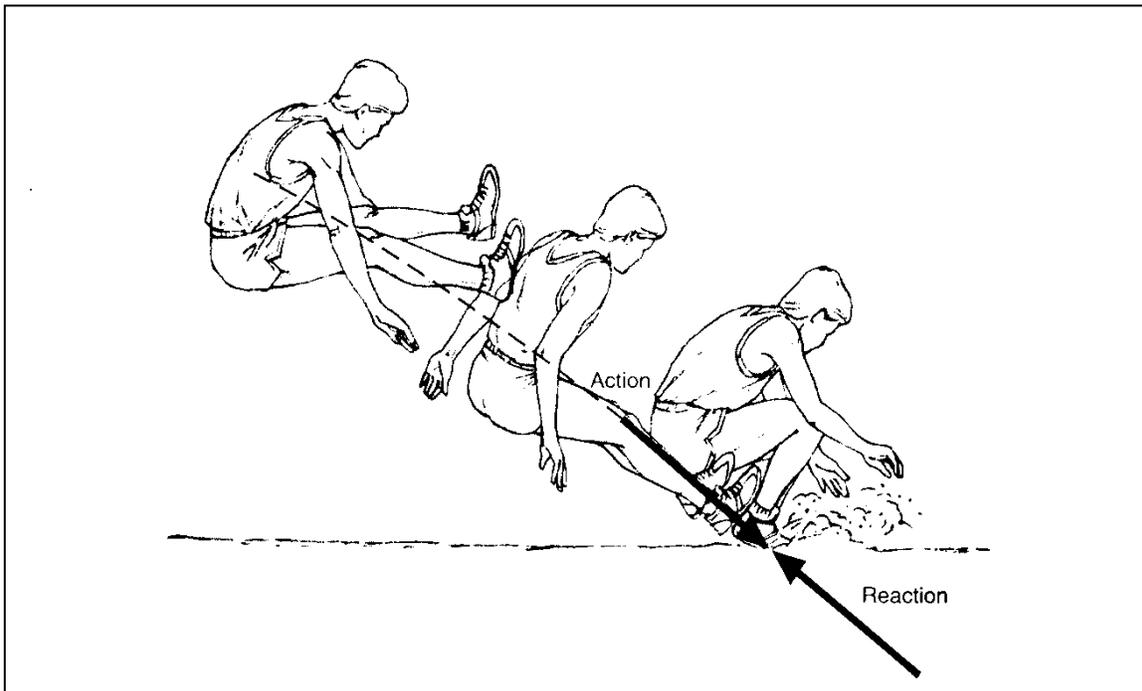
Dalam tubuh manusia, tulang dan otot bersifat lebih padat daripada lemak. Jadi mungkin saja, seorang atlet berukuran kecil tapi berotot memiliki massa dan berat tubuh yang lebih besar daripada atlet yang nampaknya lebih besar tetapi lebih banyak mengandung lemak.

Karena otot lebih padat daripada lemak, seorang binaragawan yang menghabiskan waktu yang tak seimbang dalam mengembangkan bagian atas tubuhnya akan meningkatkan massa ototnya di daerah tersebut. Ini berarti bahwa mereka juga akan meninggikan letak titik berat tubuhnya. Atlet yang titik berat tubuhnya lebih tinggi akan sangat dirugikan dalam cabang olahraga yang memerlukan stabilitas tinggi (gulat atau judo).

12. Bagaimana Daya Reaksi Bumi Berlaku pada Atlet

Sebab tarikan massa tubuhnya terhadap benda lain yang memiliki massa, atlet yang berdiri di bumi akan menarik ke atas massa bumi dan pada saat yang sama ditarik oleh daya tarik bumi ke arah intinya. Semakin besar massa tubuh atlet, semakin kuat pulalah tarikannya. Ini berarti bahwa seorang atlet menekan ke bumi dengan daya yang sama yang dikeluarkan bumi untuk menariknya. Atau dengan kata lain, besarnya daya yang dikeluarkan oleh atlet sama besar dengan berat tubuhnya sendiri. Namun begitu, pada saat yang bersamaan, bumi pun memberikan dorongan yang sama besar pula pada tubuh ke arah sebaliknya. Dengan demikian kita bisa mengatakan bahwa tekanan berat tubuh si atlet disebut aksi, dan dorongan bumi terhadap tubuh atlet disebut reaksi (Gambar 2.6).

Daya dorong ke atas ke tubuh atlet disebut **daya reaksi bumi**. Ini merupakan contoh dari sebuah prinsip yang dikenal yang disebut hukum reaksi, yaitu: ada aksi ada reaksi. Jika Anda mendorong, menekan, atau memukul sesuatu, hal itu akan kembali pada Anda sebesar tenaga yang Anda keluarkan. Semakin keras kita memukul suatu benda (aksi), semakin besar pula benda itu mengembalikan tenaga pantulannya pada, misalnya, tangan Anda (reaksi).



Gambar 2.6; Sikap Pendaratan, Sumber: Carr, 1997

Ketika seorang atlet berdiri tanpa gerak di permukaan bumi, daya dorong ke bawah yang dikeluarkan atlet dan daya dorong ke atas yang dikeluarkan bumi akan saling menghilangkan, sehingga atlet tersebut tidak akan pergi kemanapun. Artinya, jika atlet itu tidak mengerahkan daya untuk mendorong bumi di luar berat badannya sendiri, maka bumi pun tidak akan menolak badan atlet tersebut, sehingga tubuhnya akan tetap menempel di permukaan bumi.

Besaran (magnitude) daya reaksi bumi yang mendorong atlet bergantung pada seberapa besar atlet itu memberikan dorongan ke bawah pada bumi. Dengan demikian, daya reaksi bumi itu bukan hanya tergantung pada seberapa berat si atlet, tetapi juga pada gerak apapun yang dilakukan si atlet. Misalnya, jika si atlet mendarat pada akhir layangan lompat jauh, di mana si atlet mengerahkan daya yang besar pada bumi, maka bumipun akan merespons dengan daya yang sama pada atlet tersebut.

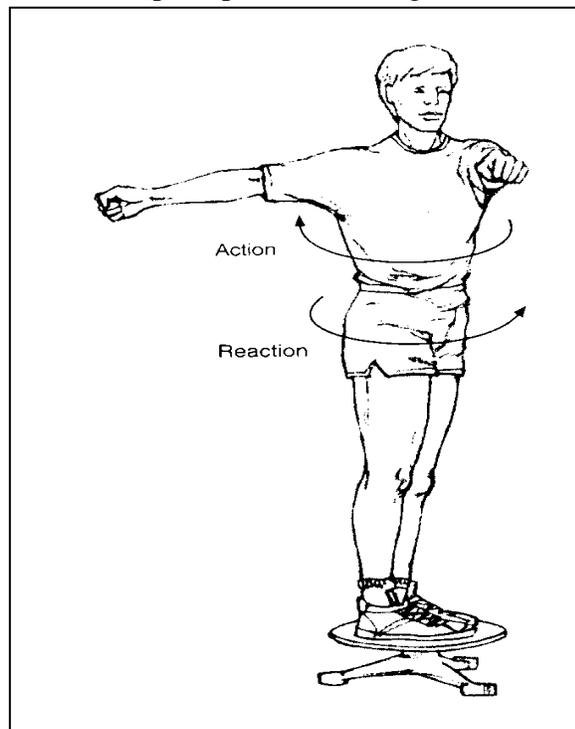
Daya si atlet ke bumi dan dorongan balik dari bumi merupakan faktor penting dalam menentukan seberapa banyak friksi (*friction*) yang terjadi antara atlet dan permukaan bumi. Friksi tersebut penting untuk terjadinya traksi (*traction*), dan traksi penting untuk gerakan.

Dalam semua cabang olahraga, berapa besar friksi dan traksi yang diperlukan bergantung pada apa ingin atlet lakukan. Kadang-kadang atlet menginginkan friksi dan traksi yang maksimal dan pada kesempatan lain justru atlet menginginkan yang minimal. Contoh yang paling baik dari bervariasinya keperluan friksi ini terjadi pada ski. Pemain ski biasanya mengistilahkannya dengan ‘memberati dan meringani’ (*weighting and unweighting*) alat skinya. Meluruskan kaki dan menekan ke bawah akan memberati ski dan menekannya ke bawah ke salju. Sebagai reaksinya, dorongan ke atas dari bumi pun meningkat. Hasilnya, alat skinya akan memperoleh kontak yang ketat dengan salju dan ini menyebabkan meningkatnya friksi.

Sebaliknya, membengkokkan kedua kaki dengan menariknya ke dada akan meringani alat ski. Aksi ini menyebabkan daya ke bawah berkurang dan bumi otomatis mengurangi dorongan ke atasnya. Hasilnya, friksi antara alat ski dan salju berkurang. Memberati dan meringani ski pada saat yang tepat membantu pemain ski dalam menampilkan belokan, dan manuver lain secara lebih mudah.

Di udara, ketika melayang, daya reaksi dari bumi tentu tidak lagi mempengaruhi si atlet. Karenanya, si atlet akan merasakan keadaan “tanpa bobot”. Ketika pelompat galah atau pelompat indah jatuh ke bawah, daya tarik bumi mempercepat seluruh bagian dari tubuh atlet ke arah bumi dalam kecepatan yang sama. Tidak ada bagian tubuh yang bergerak lebih cepat dari bagian lain. Rasa berat dari lengan dan kaki yang biasanya sangat dirasakan ketika sedang di permukaan bumi, tidak akan terasa nyata ketika di udara.

Tanpa adanya dorongan balik dari bumi, atlet yang sedang melayang di udara benar-benar akan menyadari bahwa setiap aksi tubuhnya akan menghasilkan tenaga reaksi yang sama dan bertentangan sifatnya. Menggerakkan bagian tubuh tertentu akan menyebabkan bergerak bagian tubuh yang lain dalam arah yang berlawanan. Tidaklah mungkin menghentikan terjadinya hubungan daya-saling-berlawanan tersebut meskipun si atlet menghendakinya. Padahal ketika di bumi, kita tidak pernah merasakan



fenomena demikian.

Tapi, benarkah orang tidak pernah merasakan gejala daya-saling-berlawanan tersebut ketika dia kontak dengan bumi? Sebenarnya tidak juga demikian, karena kita dapat mencobanya dengan beberapa cara. Masalahnya ketika orang duduk di kursi putar. Caranya, duduklah di kursi yang bisa berputar, kemudian rentangkan kedua lengan ke samping. Dari posisi itu, cobalah ayunkan kedua lengan ke satu sisi, misalnya ke kiri. Benar, lengan kita akan mengayun dan sebagian tubuh bagian atas kita akan berputar ke arah kiri. Tetapi, pada saat yang bersamaan, ternyata kedua kaki dan sebagian tubuh bagian bawah kita akan bergerak ke arah yang berlawanan, padahal kita tidak menghendakinya. Itulah yang disebut daya-saling-berlawanan (reaksi) yang akan dirasakan seorang atlet ketika kita sedang di udara. Bedanya, ketika di udara, tubuh kita tidak mendapat friksi sama sekali dari bumi, sehingga daya-berlawanan itu akan terasa lebih besar (Gambar 2.7).

13. Daya (Force)

Setiap kali seorang atlet menampilkan keterampilan gerak, atlet tersebut akan mengerahkan dan menghasilkan daya internal dalam tubuh dengan mengkontraksikan otot-otot. Otot menarik tendon, dan tendon menarik tulang. Daya yang dikerahkan oleh atlet kemudian berlawanan dengan daya eksternal yang dihasilkan oleh daya tarik bumi, daya reaksi bumi, friksi, tahanan udara, dan dalam banyak cabang olahraga, berlawanan dengan daya yang dikerahkan oleh pemain lawan.

Apakah gerangan yang dimaksud dengan daya? Apa artinya, dan menunjuk pada gejala apakah daya itu?

Satu hal yang pasti, orang tidak akan pernah bisa melihat suatu daya, tetapi orang hanya bisa melihat dan merasakan pengaruhnya. *Daya* adalah suatu dorongan atau suatu tarikan yang mengubah atau ‘cenderung’ mengubah keadaan suatu benda atau tubuh termasuk mengubah keadaan gerak benda itu. Berikut adalah contoh yang akan menjelaskan apa yang dimaksud dengan keadaan ‘cenderung’.

Bayangkan seorang lifter yang sedang mencoba mengangkat barbel dari lantai. Si atlet berjongkok dan menggapaikan lengannya untuk meraih barbel dan segera mengerahkan tenaga untuk mengangkat barbel tersebut. Ika atlet itu berusaha cukup keras dan mengerahkan daya yang cukup besar, barbel itu akan terangkat ke atas. Tetapi bagaimana jika tenaga atlet tersebut ternyata tidak cukup besar untuk mengangkat barbel? Dalam situasi ini kita bisa mengatakan bahwa terdapat kecenderungan bagi si atlet untuk menggerakkan barbel itu. Artinya, kondisi itu lebih dekat (hampir) untuk menggerakkan barbel ketika si atlet mencoba menariknya daripada jika si atlet tidak berusaha sama sekali.

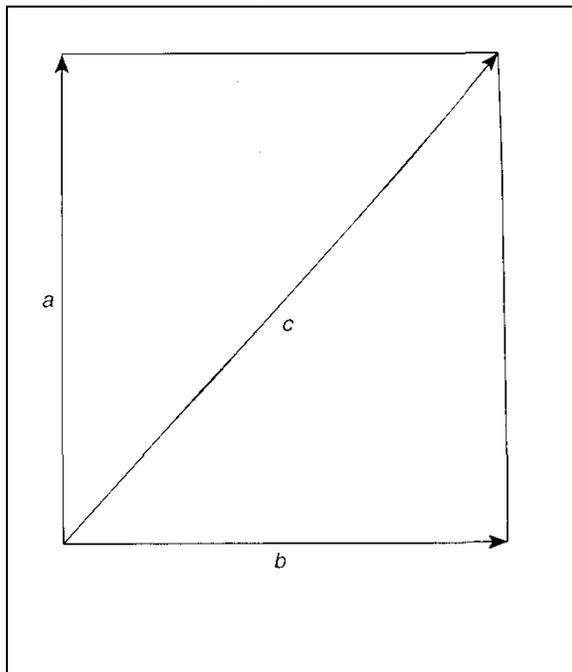
Jika atlet lain segera membantu mengangkat barbel itu dan menambahkan dayanya pada daya yang sudah dikerahkan oleh atlet pertama, daya gabungan itu mungkin akan dianggap cukup untuk mengangkat barbel itu dari permukaan bumi. Kecenderungan ke arah gerak yang disebabkan oleh atlet pertama berubah menjadi suatu aksi dengan bantuan daya dari atlet kedua. Daya yang dikerahkan oleh satu atlet ditambah dengan daya dari atlet lain.

Dalam skenario tersebut, kita bisa menganggap bahwa daya yang dikerahkan oleh kedua atlet itu terjadi pada arah yang sama. Kondisi sebaliknya malah akan terjadi jika si atlet kedua malahan mengerahkan daya ke arah yang sebaliknya, sehingga kecenderungan yang disebabkan daya atlet pertama malah akan menghilang oleh daya dari atlet kedua yang melawannya.

14. Vektor Daya

Dalam kasus angkat besi tadi kita membayangkan bahwa dua atlet menggabungkan daya otot mereka untuk mengangkat barbel dalam arah vertikal. Gabungan dari daya mereka menjadi jumlah total tertentu dan diarahkan pada satu arah tertentu. Ketika arah dan jumlah dari daya yang dikerahkan tadi diketahui, gabungan dari dua daya itu disebut suatu vektor daya. Istilah vektor secara sederhana diartikan sebagai suatu kuantitas yang memiliki arah. Dalam kasus angkat berat di atas, sejumlah tertentu dari daya divektorkan dalam suatu arah vertikal.

Dalam mekanika, vektor daya sering diwakili secara diagram oleh anak panah. Kepala anak panah menunjukkan dalam arah mana daya tersebut beraksi, dan panjang dari anak panah tersebut mewakili skala jumlah daya yang sedang dikerahkan.

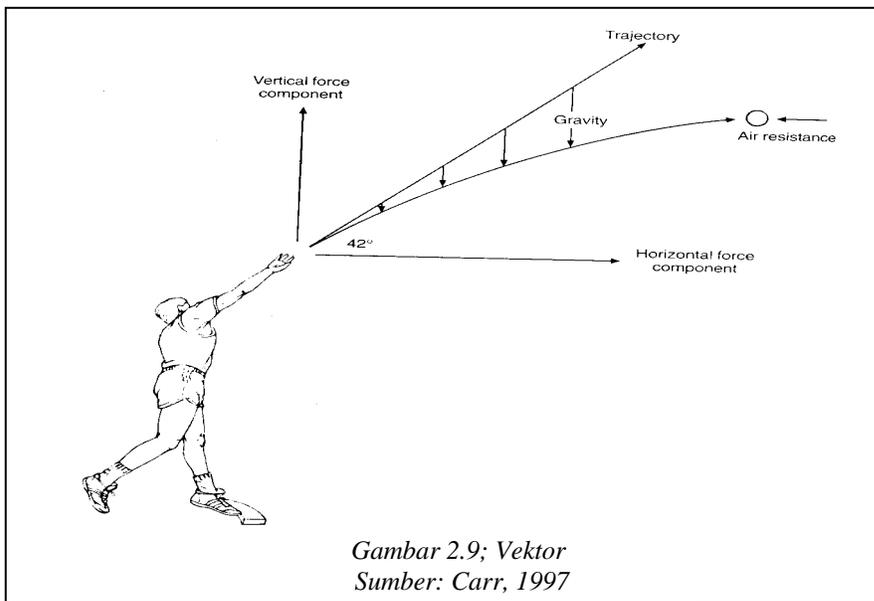


Dalam situasi angkat berat di mana satu atlet mengangkat secara vertikal dan yang satu menarik secara horisontal, hasilnya adalah bahwa mereka menarik barbel sebagian ke atas dan sebagian ke samping. Tergantung pada jumlah daya yang dikerahkan oleh masing-masing atlet, barbel akan bergerak (atau vektor) dalam arah yang disebut *resultan vektor daya*. Resultan vektor daya dalam situasi tersebut adalah ekuivalen dari dua daya yang secara bersamaan menarik barbel dalam arah yang berbeda. Gambaran kasar tentang apa yang terjadi dapat didiagramkan dengan menggunakan sebuah “parallelogram daya”. Satu anak panah (a) ditarik dengan panjang dan arahnya mewakili daya yang dikerahkan oleh atlet yang mengangkat barbel secara vertikal. Anak panah kedua (b) ditarik untuk mewakili daya yang dikerahkan oleh atlet yang menarik barbel secara horisontal. Satu parallelogram (sisi sebaliknya dan sudutnya yang sama) kemudian ditarik. Garis diagonal (c) mewakili resultan vektor daya. Anak panah dan kepanjangannya menunjukkan resultante daya dan arah yang ditarik oleh kedua atlet (lihat gambar 2.8).

Ketika seorang atlet menampilkan keterampilan gerak, beberapa daya biasanya beraksi pada saat yang bersamaan. Marilah kita lihat daya-daya tersebut pada sebuah penampilan tolak peluru.

Bayangkan seorang atlet tolak peluru yang berprestasi sedang menolakkan pelurunya dengan sudut naik sekitar 42 derajat dari garis horisontal. Untuk menolakkan peluru ke atas, si atlet harus mengerahkan daya dalam arah tersebut. Kemudian atlet tersebut mengerahkan beberapa (tapi tidak semuanya) dayanya dalam arah vertikal. Untuk menolakkan peluru secara horisontal, ia pun mengerahkan daya ke arah tersebut. Gabungan daya vertikal dan daya horisontal itu memberikan sudut trajektori sebesar 42 derajat.

Tentu saja penolak tersebut tidak akan menolak dengan mengerahkan seluruh dayanya hanya ke arah vertikal saja atau horisontal saja. Jika atlet berbuat demikian, misalnya ke arah vertikal saja, maka peluru itu akan tertolak ke atas dan segera kembali lagi ke bawah di tempat yang sama. Sebaliknya, jika peluru diarahkan benar-benar hanya horisontal, maka peluru itu akan segera jatuh dalam jarak yang dekat. Jadi sebuah sudut naik akan tergambar, merupakan bagian dari arah vertikal dan arah horisontal. Untuk atlet yang melepaskan peluru sekitar 2.3 meter (7 feet) atau lebih di atas garis horisontal, sudut naiknya berkisar antara 35 hingga 42 derajat.



Selama peluru itu melayang, daya tarik bumi menarik peluru secara langsung ke bawah. Jadi tarikan bumi melawan vektor daya vertikal yang dikerahkan atlet pada peluru. Di samping tarikan bumi, tahanan udara juga memberikan perlawanannya pada peluru walaupun sangat kecil. Hasil dari perlawanan

tersebut menentukan jarak yang ditempuh peluru (lihat gambar 2.9)

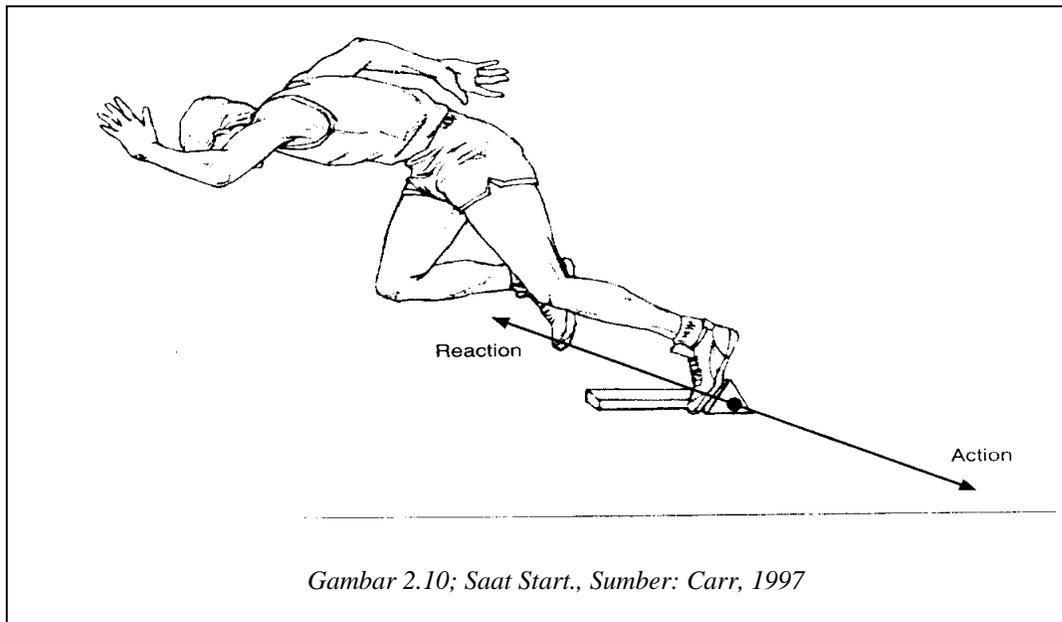
Terdapat banyak contoh dalam olahraga di mana atlet menggabungkan daya-dayanya untuk menghasilkan jarak yang dikehendaknya. Pemain bertahan sepak bola yang berpengalaman mengetahui benar, seberapa lama sebuah bola akan melayang dalam jarak tertentu. Para pemain itu akan menaksir kelajuan (velocity) dari para pemain depan ketika

berlari ke posisi yang terbuka. Ketika pemain bertahan membuat passing ke lapangan depan, mereka mempertimbangkan beberapa hal: (a) kelajuan (kecepatan dan arah) yang harus diberikan pada bola yang ditendang, dan (b) kelajuan pemain depan dalam berlari untuk menerima passing tersebut. Jika pemain bertahan menendang bola dengan jumlah daya yang benar dan memberinya trajektory (sudut naik) yang benar, bola tersebut akan jatuh tepat di kaki pemain yang berlari lurus. Prinsip yang sama berlaku pada pengumpan (quarterback) pada American Football yang ingin mengumpan penerima yang berlari memotong lapangan, atau pemain basket yang mencoba mengoper seorang temannya yang berhasil mematahkan penjagaan lawan. Dalam semua kasus tersebut, pengumpan melakukan suatu analisis vektor secara mental untuk memastikan bahwa bola tiba pada titik tertentu bersamaan dengan pemain penerimanya.

B. Prinsip Mekanika pada Kerja atau Olahraga

1. Daya Pada Kerja

Bayangkan seorang sprinter yang sedang berada dalam posisi “siap” pada start jongkok. Ketika pistol start berbunyi, segera sprinter itu mendorong keluar dari balok start. Dalam situasi ini, sprinter tersebut mengerahkan daya dengan meluruskan kakinya pada balok start. Balok tersebut, tentu saja menempel ke bumi.



Daya (dalam hal ini dorongan kaki) yang dikerahkan si sprinter kepada balok start adalah “aksi”. Reaksi (dorongan kembali) datang dari bumi yang mendorong dengan tenaga sama besar dan dalam arah yang berbeda melalui balok ke arah sprinter (lihat gambar 2.10).

Reaksi ini mengulang situasi tentang aksi dan reaksi yang telah didiskusikan pada bagian sebelumnya.

Daya yang dikerahkan oleh otot-otot pelari mampu mengatasi inerti dari dari atlet dan pelari tersebut mulai berakselerasi. Jika tarikan bumi tidak hadir dan tidak ada juga pengaruh tahanan udara, pelurusan kaki si pelari tersebut akan menyebabkan dirinya bergerak sepanjang jalur yang sama dalam waktu yang tak terbatas. Hal ini merupakan ekspresi dari inerti. Ketika massa tubuh pelari bergerak, tubuh itu akan mempertahankan gerakannya secara tak terbatas dalam arah ke mana daya tadi mengarahkannya. Daya tarik bumi, friksi, dan tahanan udara menjadi rem pada kondisi gerak yang tak berakhir tersebut.

Akselerasi dari setiap massa tubuh pelari berbanding lurus dengan seberapa banyak daya yang dikerahkan dan jangka waktu dari dikerahkannya daya itu. Dengan demikian, berbanding terbalik dengan seberapa besar massa tubuh dari si atlet. Ini mengandung arti bahwa jika dua pelari mengerahkan daya otot yang sama pada tubuh mereka dalam masa waktu yang sama, pelari yang tubuhnya lebih besar (massa tubuhnya lebih besar) akan berakselerasi lebih lambat. Demikian juga, jika dua pelari yang memiliki massa tubuh sama mengerahkan daya dalam masa waktu yang sama, maka pelari yang mengerahkan daya yang lebih besarlah yang akan berakselerasi lebih cepat.

Dengan meluruskan kakinya secara kuat ketika melakukan start, seorang pelari mendorong melawan massa tubuhnya sendiri dan melawan massa bumi melalui balok start. Pelari tersebut bergerak ke satu arah dan bumi bergerak ke arah sebaliknya, namun secara tak berarti dan bisa diabaikan. Dengan demikian, bumi dan pelari bergerak ke arah yang berlawanan, hanya sifatnya relatif pada ukuran massanya masing-masing.

Anda dapat menggambarkan hubungan antara pelari dan bumi ini dengan mengandaikan adanya sebuah per yang diletakkan di antara sebuah peluru dan sebuah bola pingpong. Bayangkan per tersebut dalam keadaan tertekan oleh peluru dan bola pingpong. Ketika per itu dibiarkan terentang, maka per itu akan memberikan tekanan baik pada peluru maupun pada bola pingpong tersebut, sehingga keduanya bergerak pada arah yang berlawanan. Dari peristiwa itu, dapat dibayangkan bahwa benda yang akan bergerak banyak pastilah bola pingpong. Sedangkan peluru barangkali hanya bergerak sedikit, atau mungkin tidak bergerak sama sekali. Seperti itulah dorongan timbal balik antara bumi dan atlet. Oleh karena itu semakin besar massa benda yang melawan bumi, maka akan semakin besar pula kemungkinan bahwa bumi akan bergeser oleh adanya pertentangan daya yang terjadi.

2. Momentum

Seorang atlet yang bergerak merupakan contoh dari massa yang bergerak. Karena massa tubuh atlet bergerak, kita mengatakan bahwa atlet itu memiliki sejumlah momentum. **Momentum** menggambarkan jumlah gerak yang terjadi. Seberapa banyak momentum yang dimiliki atlet bergantung pada seberapa besar massa tubuh atlet dan seberapa cepat atlet itu

bergerak. Meningkatnya massa tubuh atlet atau kecepatannya, atau keduanya, akan meningkatkan momentum si atlet.

Dengan demikian, dalam istilah mekanika, momentum selalu melibatkan adanya kelajuan dan massa dari atlet atau suatu benda. Pelari sprint yang tubuhnya besar dan mampu memiliki kelajuan lari yang sama dengan pelari yang lebih kecil tubuhnya tentu memiliki momentum yang lebih besar. Demikian juga situasinya, seorang pelari dengan massa tubuh yang kecil tetapi memiliki kelajuan lari yang lebih tinggi akan memiliki momentum yang lebih besar.

Untuk menutupi kelemahan dalam hal perbedaan massa tubuh, seorang atlet dengan massa tubuh kecil harus berlari lebih cepat untuk menyamai besaran momentum dari atlet yang massa tubuhnya besar. Sebagai contoh, jika seorang pelari yang beratnya 100 kg dapat berlari 20 detik dalam jarak 100 meter, maka atlet yang beratnya hanya 50 kg harus berlari dalam jarak yang sama sekitar 10 detik untuk bisa menyamai momentumnya.

Momentum terjadi kapanpun seorang atlet atau suatu objek bergerak, dan momentum memainkan peranan penting khususnya dalam cabang olahraga yang melibatkan tumbukan serta *impact*. Satu cara mudah memikirkan peranan momentum adalah dengan melihatnya sebagai suatu senjata yang digunakan atlet untuk memberi pengaruh pada atlet lain. Satu pukulan dengan kelajuan tinggi oleh seorang pemain hockey dapat memberikan momentum yang cukup untuk memukul seorang penjaga gawang ke belakang. Contoh yang sama terjadi pada pukulan servis seorang pemain tenis, yang karena dilakukan begitu kuatnya sehingga menyebabkan bola tenis tersebut bergerak sedemikian cepatnya, sampai-sampai membuat raket lawannya bergerak ke belakang.

Pemain hoki es tercatat sebagai atlet yang bisa bergerak dalam kelajuan yang tinggi yang bisa menghasilkan momentum yang sangat besar ketika terjadi tabrakan dengan pemain lain. Sedangkan para pemain *American Football*, terutama para penyerang dan pemain bertubuhnya yang bertubuh besar-besar, bisa dianggap sebagai pemain yang berusaha memanfaatkan gabungan antara kelajuan dan massa tubuh untuk menghasilkan momentum besar, yang hasilnya digunakan sebagai senjata untuk menabrak atau menghentikan lawannya. Para pemain yang memiliki momentum besar nampaknya bisa mendominasi tabrakan dengan pemain lain.

Dalam kasus tersebut, kita bisa melihat bahwa jika ingin menambah momentum, dua hal harus dilakukan. Pertama adalah meningkatkan kelajuan (*velocity*) dan kedua menambah massa tubuh. Dalam olahraga, cara terbaik untuk meningkatkan kelajuan adalah dengan melakukan latihan kecepatan dan percepatan. Sedangkan untuk menambah massa tubuh, cara terbaik adalah dengan meningkatkan kualitas dan kuantitas massa otot daripada menambah massa lemak. Massa otot tambahan akan memberikan power untuk membantu atlet bergerak lebih cepat dan bermanuver secara lebih efisien.

Penting untuk diingat bahwa tidak semua situasi keolahragaan memerlukan momentum yang maksimum. Banyak sekali keterampilan yang justru memerlukan momentum tersebut dalam batas yang terkontrol. Misalnya, seorang pengumpan lebih sering diharuskan melempar bola sedekat atau setepat mungkin pada sasaran. Karenanya momentum yang

diberikan pada bola harus benar-benar akurat sehingga melaju dengan jarak yang diinginkan. Dalam kasus ini, momentum yang diperlukan tidak perlu momentum maksimal.

3. Impulse

Daya otot harus dikerahkan ketika seorang atlet bergerak atau mempercepat suatu benda dan memberinya momentum. Daya yang dikerahkan atlet selalu memerlukan waktu. Ketika atlet mengerahkan sejumlah daya tertentu pada suatu objek pada waktu tertentu, maka atlet tersebut sudah menerapkan *impulse* pada objek tersebut. Di samping itu, tentu saja atlet pun dapat menerapkan suatu impulse pada tubuhnya sendiri, atau pada atlet lain.

Dari peristiwa tersebut dapat dinyatakan bahwa banyak daya dan waktu digabungkan bergantung pada kemampuan fisik si atlet. Seorang atlet yang memiliki kekuatan dan kelenturan dapat mengerahkan daya yang besar dalam jangka waktu lebih lama. Hal penting yang sama berlaku bahwa gabungan dari daya dan waktu bergantung pada kebutuhan keterampilan. Beberapa keterampilan memerlukan daya yang kuat yang dikerahkan pada waktu yang singkat, keterampilan lain memerlukan daya yang lebih sedikit tetapi dikerahkan dalam waktu lama. Variasi dalam daya dan waktu ini sungguh tidak terbatas. Beberapa contoh di bawah ini akan menggambarkan variasi tersebut dalam penerapannya.

a. Impulse dalam Karate

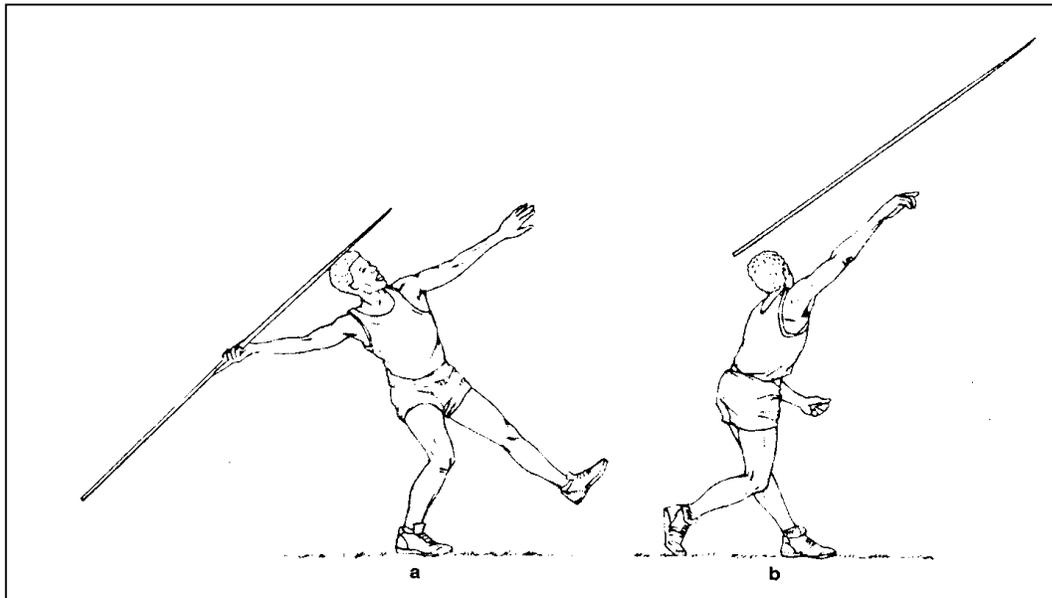
Salah satu prestasi yang mengagumkan dalam pukulan karate adalah memecahkan benda keras dengan kepalan tangan. Tangan karateka tersebut mengerahkan daya yang besar pada sebalok benda dengan jangka waktu yang singkat. Kemampuan tersebut akan tambah mengagumkan jika kita mempertimbangkannya dalam konteks aksi dan reaksi. Dalam konteks tersebut, apa yang dilakukan atlet (aksi) pada balok itu akan dikembalikan oleh balok itu pada tangan atlet (reaksi). Tidak diragukan, reaksi balok tersebut akan mematahkan setiap tulang pada tangan atlet. Para ahli sudah meneliti kasus ini dan menjelaskan mengapa karateka tersebut tidak mengalami patah tulang. Ternyata, tulang dapat menahan tekanan 40 kali lebih besar daripada benda keras. Alasannya, tulang tangan bukanlah merupakan suatu unit tunggal, melainkan merupakan jaringan tulang yang dihubungkan oleh materi elastis. Tambahan pula, hasil latihan bertahun-tahun telah membuat tangan karateka dapat menahan daya lebih besar dari 250 kg.

Impulse yang dikerahkan oleh karateka menekan permukaan atas dari benda keras dan menarik permukaan yang lebih bawah bercerai berai di titik mana balok tersebut disangga. Retakan nampak pada permukaan bawah dan balok tersebut patah jadi dua. Untuk mampu melakukan itu, diperlukan bertahun-tahun sebelum atlet mampu menguasai posisi tubuh yang tepat dan mengembangkan kelajuan tangannya secara tepat.

b. Impulse pada Lempar Lembing

Lempar lembing berbeda dari pukulan karate karena lembing memerlukan jenis impulse yang berbeda. Di sini daya dikerahkan secara maksimal dalam jangka waktu yang lebih lama. Kekuatan dan kelenturan yang besar diperlukan dalam nomor ini. Seorang pelempar lembing yang baik akan mempercepat lembing dengan menariknya jauh dari belakang tubuh dan melepaskannya jauh di depan tubuh. Lengan yang panjang dipandang bermanfaat sama halnya dengan sebuah kecondongan tubuh ke belakang ketika memasuki posisi lempar. Dengan cara ini, atlet mengerahkan daya di sepanjang jarak yang besar (maksimal) dan dalam waktu yang cukup lama pada lembing. Mungkin untuk penonton, gerakan melempar itu tidak tidaklah lama, sebab pelempar yang baik akan melakukannya dengan cepat. Tetapi ketika seorang pelempar elite dibanding dengan pemula, perbedaan mencolok antara keduanya dapat dengan mudah dilihat, meskipun bagi orang yang tidak begitu mengenal nomor ini.

Untuk menganalisisnya, kita bisa melihat bahwa, pertama, pelempar elite pasti jauh lebih kuat dan mengerahkan daya pada lembing dengan lebih besar. Kedua, kelenturan yang tinggi dan latihan teknik yang intensif telah memungkinkan pelempar atlet tersebut mengakselerasi lembingnya dalam jarak yang panjang. Akibatnya, daya yang lebih besar diterapkan pada jangka waktu yang lebih panjang pada lembing. Hasilnya, impulse yang dikerahkan pada lembing lebih besar dan karenanya lembing akan bergerak dalam kelajuan yang tinggi ketika dilepas dari tangan pelempar (lihat gambar 2.11)



Gambar 2.11; Gerak Lempar Lembing
Sumber: Carr, 1997

c. Impulse pada Tolakan Lompat Tinggi

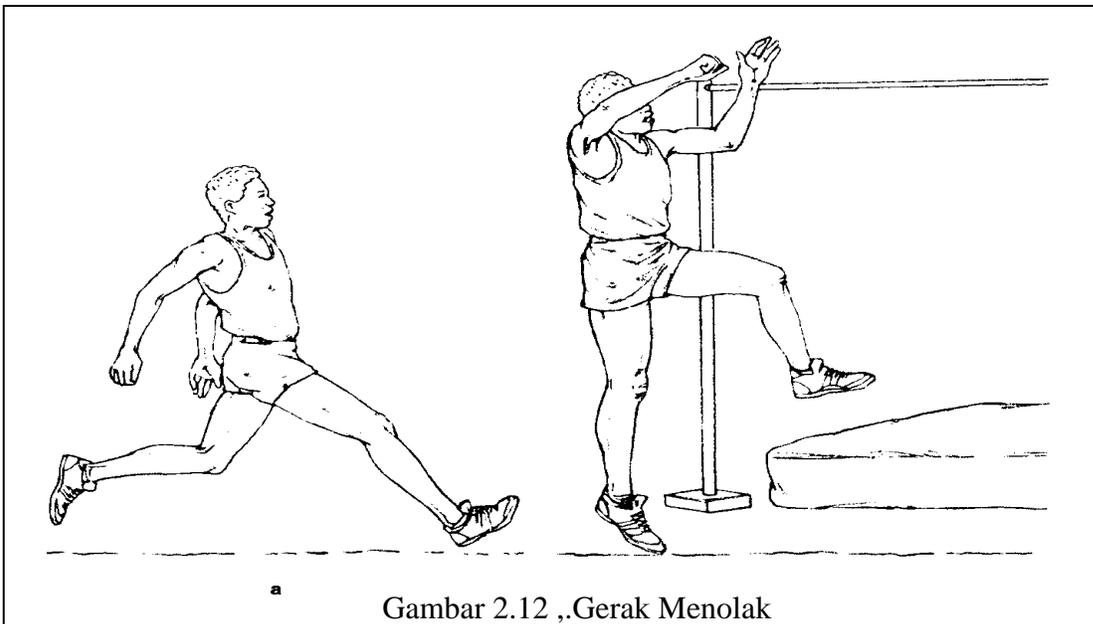
Lompat tinggi memiliki sifat yang hampir sama dengan lempar lembing dalam hal keharusan atlet untuk menciptakan kelajuan pelepasan yang besar. Dalam lompat tinggi, atlet sendiri adalah sebuah proyektil yang dilontarkan ke udara dengan daya otot si atlet

sendiri. Sedangkan dalam lempar lembing, lembing itulah yang menjadi proyektilnya yang dilontarkan oleh pelempar. Karena pelompat ingin melompat setinggi-tingginya, kita mungkin berpikir bahwa akan lebih bagus bahwa ketika menolak pelompat itu mengerahkan dayanya sebesar mungkin dalam jangka waktu sebesar mungkin (lama).

Jika begitu pemikirannya, mungkin saja kita akan menyarankan agar si atlet memulai menolaknya pada posisi jongkok penuh (*full squat*) dan menolak hingga kakinya lurus penuh. Tentu saja, mulai menolak dari posisi jongkok penuh akan memaksimalkan waktu pengerahan daya oleh otot-otot tungkai. Sayangnya, hal itu tidaklah benar. Dalam posisi jongkok penuh, si atlet tidak dapat mengembangkan daya maksimum karena otot-otot kaki berada dalam posisi merugikan untuk mendorong atlet ke atas.

Apa yang akan kita temui ternyata sebaliknya, karena seluruh pelompat tinggi yang baik akan mengerahkan dayanya dalam jangka waktu yang pendek dan memulai penolakan ke atas dari posisi yang menyerupai posisi seperempat ($1/4$) jongkok. Jika pelompat tinggi tidak dapat menggunakan posisi jongkok, adakah cara lain yang dapat memperpanjang jangka waktu dalam pengerahan dayanya? Jawabnya adalah ya. Sama seperti pelempar lembing, semua pelompat akan mencondongkan tubuhnya ke belakang ketika mereka menanamkan kaki tolaknya sebelum menolak. Saat pelurusan dari posisi condong belakang itu memungkinkan pelompat menempuh waktu yang lebih lama dalam menerapkan daya ke bumi, sehingga reaksinya adalah melontarkan atlet ke atas (lihat gambar 2.12).

Teknik yang sama digunakan juga oleh pemain voli ketika mereka melompat untuk menyemes (*spike*) dan memblok bola. Demikian juga para pemain bola ketika mereka melompat untuk menyundul bola, termasuk oleh para pemain basket ketika mereka melompat untuk melakukan *lay up shot*. Penggunaan posisi tubuh condong ke belakang sebelum menolak membantu semua atlet melompat tinggi di udara.



Gambar 2.12 „Gerak Menolak
(Carr, 1997)

d. Impulse dan Tempo dalam Sprint dan Dayung

Sprint, skating, dan dayung memiliki sifat gerak yang sama karena atlet mengulang keterampilan atau gerak yang sama dalam suatu siklus lomba. Ini berbeda dengan lompat tinggi yang menyebabkan atletnya beristirahat setelah suatu lompatan, atau berbeda dengan spike voli yang pada kesempatan berikutnya melakukan keterampilan lain seperti blok atau passing.

Pelari sprint elite mengulang gerakan larinya kira-kira untuk 10 detik dalam satu lomba 100 meter. Pedayung berulang-ulang menarik dayungnya untuk sekitar 6 menit dalam suatu lomba. Pada keseluruhan masa lomba, para atlet ini mengubah-ubah jumlah dan jangka waktu ketika mengerahkan daya dengan otot-ototnya. Pada saat permulaan lomba, para pedayung menggunakan ulangan dayungan yang lebih banyak pada setiap menitnya ketika mereka berakselerasi daripada pada akhir jarak yang ditempuh. Setiap tarikan pada dayung berlangsung cepat, kuat, tetapi menempuh jarak yang pendek.

Demikian juga pelari sprint dan skater yang menggunakan langkah-langkah pendek, cepat, dan tidak beraturan ketika mereka memulai akselerasi di awal lomba. Ketika gerakan sudah mencapai kelajuan yang tinggi, mereka biasanya mengurangi frekuensi langkahnya tetapi jarak langkah atau kelebaran langkah jadi meningkat. Mengapa hal itu bisa terjadi? Jawabannya adalah, daya besar yang dikerahkan secara cepat dan berulang-ulang pada jarak langkah yang pendek atau jarak gerak yang pendek, merupakan cara yang paling efisien untuk mengatasi inerti. Itulah cara terbaik bagi pelari atau pedayung untuk berakselerasi dan sampai pada tingkat kelajuan topnya.

Sayangnya, tingkat ulangan langkah atau tarikan dayung yang tinggi memerlukan banyak sekali energi. Dan meskipun di atas dikatakan bahwa ulangan yang cepat itu merupakan cara terbaik untuk mengatasi inerti dan mencapai tingkat kelajuan puncak, tetapi dianggap tidak efisien kalau hal itu terus dilakukan ketika kelajuan puncak tercapai. Karenanya, ketika kelajuan puncak dicapai, pelari atau pedayung akan menurunkan repetisi geraknya dan menarik atau mendorong perangkat geraknya (lengan atau kaki) lebih panjang (lurus). Pedayung menarik dayungnya pada jarak yang lebih panjang, menggunakan jarak gerak yang lebih besar. Maksudnya untuk apa? Untuk mengerahkan daya yang lebih besar dari pengambilan jarak tempuh yang lebih panjang. Dengan demikian, meskipun tingkat ulangan dikurangi, daya yang dikerahkan tetap besar. Perubahan ini membantu atlet memelihara tingkat kelajuannya tanpa harus “kehabisan energi” di tengah jalan.

e. Menggunakan Impulse untuk Memperlambat dan Berhenti

Marilah kita melihat impulse dalam cara yang berbeda. Dalam bagian ini kita akan melihat impulse digunakan untuk memperlambat dan menghentikan laju suatu benda.

Berikut adalah contohnya.

Seorang pemain hoki memukul bola sehingga bola itu melintasi lapangan. Friksi dengan rumput ditambah dengan sejumlah tahanan udara menyebabkan bola itu melambat dan akhirnya berhenti sendiri. Daya yang kecil dari friksi dan tahanan udara diterapkan pada bola dalam jangka waktu yang cukup lama (termasuk jaraknya). Hasilnya, daya tadi secara bertahap mengurangi momentum bola hingga ke titik nol. Memang, daya yang ditimbulkan oleh friksi dan tahanan udara tersebut sangat kecil, tetapi berlangsung secara bertahap membesar di sepanjang jarak tertentu.

Bandingkan daya yang bekerja pada bola hoki tersebut dengan daya yang berlaku pada pemain basket yang melompat ke atas untuk melakukan *slam dunk* dan setelahnya mendarat dengan kaki lurus. Massa tubuh pemain yang jatuh dari ketinggian lompatan *slam dunk* tadi jatuh ke lantai dan berhenti secara cepat. Daya reaksi dari lantai (bumi) akan memukul kembali si atlet dengan besaran daya yang sama yang dibawanya. Sayangnya, waktu yang dipakai oleh si atlet untuk menyerap (*absorb*) daya balikan tadi sangat kecil. Bisa jadi, kejutan dan tekanan pada tubuh atlet akan cukup besar, sehingga bisa menyakitkan atau meningkatkan kecenderungan cedera.

Apa yang sebenarnya harus dilakukan oleh atlet untuk mengatasi masalah tersebut? Seharusnya, si atlet mendarat dengan menekuk pergelangan kaki, lutut, dan panggulnya. Dalam istilah mekanika, pembengkokan persendian tadi sama dengan upaya untuk memperlama jangka waktu pendaratan untuk menyerap daya yang dikembalikan oleh bumi tadi. Pada setiap waktu, dalam waktu yang lebih lama seperti bola hoki dihentikan oleh rumput dan tahanan udara, akan menyebabkan daya yang disalurkan bumi pada tubuh atlet itu akan berkurang.

Namun demikian ada kalanya, tergantung cabang olahraganya, dalam melakukan gerak olahraga kita dihadapkan pada situasi sulit untuk memperpanjang waktu untuk mengurangi *impact*. Seorang pemain baseball di base pertama yang menggapaikan lengannya untuk menangkap bola dengan lengan lurus, tidak dapat selalu menarik lengannya ke belakang untuk memperlama waktu kontak dengan bola. Tetapi *glove*-nya lah yang akan membantu. Bantalan serta cekungan untuk bola pada *glove* akan memperlama saat kontak dengan bola. Hal itu akan membantu menyerap daya pelembar yang disalurkan pada bola. Di samping memperbesar jangka waktu ketika daya dikerahkan pada tubuh, pada suatu proses penghentian gerak besarnya titik kontak juga bersifat amat menentukan.

Dalam kasus pendaratan tadi, banyaknya permukaan tubuh yang kontak dengan tanah pun turut mempengaruhi daya serap daya yang dibawa tubuh. Jika si atlet merasa bahwa kedua kakinya yang sudah bengkok dirasa belum mampu menghentikan daya tubuh, maka si atlet bisa menyentuh kedua tangannya ke lantai ketika posisi jongkok sudah dicapai. Atau bisa juga si atlet melakukan gerak berguling ke belakang dari posisi jongkok. Kedua peristiwa itu diartikan secara mekanika sebagai upaya memperbesar titik kontak dengan lantai.

Banyak cabang olahraga yang mengharuskan atlet diajari teknik khusus sehingga mampu memperbesar jarak dan waktu pengerahan daya pada tubuh mereka sendiri. Dengan melakukannya, mereka dapat mengurangi dan mencegah resiko cedera karena dapat mengurangi tekanan pada tubuhnya.

Atlet sendiri bukan satu-satunya faktor yang bisa mencegah terjadinya cedera dengan menggunakan teknik tertentu ketika terlibat dalam suatu situasi benturan. Mereka akan mendapat bantuan juga dari perlengkapan yang dirancang untuk memperlama waktu dan memperbesar daerah kontak ketika daya dikenakan pada tubuh mereka. Helm, bantalan, glove, kantong udara, body protector, adalah alat-alat yang mewakili tugas tersebut. Total daya yang dikerahkan pada tubuh atlet bisa jadi tidak berubah, tetapi dengan memperlama waktu dan daerah kontakannya, daya tadi dapat dikurangi pada setiap waktu dan setiap titik pada tubuh atlet.

4. Kerja

Istilah kerja dalam pengertian sehari-hari biasanya berarti “setiap kegiatan yang dilakukan setiap orang untuk mencari nafkah”. Arti kata “kerja” tersebut selalu dipertentangkan dengan kata “bermain” yang mengandung arti sebagai kegiatan yang bukan untuk mencari nafkah, tetapi lebih bersifat kegiatan bersenang-senang.

Dalam mekanika, ‘kerja’ berarti bahwa suatu daya telah dikerahkan pada suatu tahanan melalui suatu jarak tertentu. Dengan kata lain, kerja dalam istilah mekanika adalah daya kali jarak ($\text{kerja} = \text{daya} \times \text{jarak}$). Sebab jarak dilibatkan, sesuatu yang nyata kelihatan terjadi dan suatu benda atau tubuh atlet bergerak dari satu titik ke titiklain. Kita telah mendiskusikan contoh dari kerja mekanika tersebut di bagian sebelumnya. Pelempar lembing yang mengerahkan daya pada lembing melalui suatu jarak, artinya telah melakukan suatu ‘kerja’ pada lembing itu. Dalam hoki, ketika rumput secara bertahap menyebabkan bola hoki berhenti bergerak, artinya rumput itu telah mengerahkan suatu daya pada bola itu. Gambaran tersebut merupakan contoh ‘kerja’ mekanika juga. Dalam kedua kasus tersebut, daya telah dikerahkan dalam suatu jarak tertentu.

Dalam latihan beban, mengangkat dumbbell adalah contoh dari kerja mekanik. Atlet mengerahkan daya pada dumbbell, dan hasilnya dumbbell tersebut terangkat dalam jarak tertentu. Dengan kata lain, jika seseorang mengerahkan daya pada suatu benda, dan benda tersebut tidak menunjukkan perubahan posisi apa-apa, maka tidak ada ‘kerja mekanika’ yang sudah dilakukan karena tidak ada yang bergerak. Sebesar apapun daya dikerahkan seorang atlet, tidak ada yang dikatakan ‘kerja mekanika’ yang berlangsung. Mengerahkan daya dengan cara kontraksi isometrik, hanya dikatakan sebagai terjadinya kerja fisiologis, bukan kerja mekanis.

5. Energi

Energi adalah kapasitas seorang atlet atau suatu benda untuk melakukan ‘kerja’. Dalam membicarakan masalah mekanika gerak, maka energi yang dihasilkan dapat digambarkan dalam tiga bentuk energi yang berbeda.

a. Energi Kinetik

Energi kinetik adalah kapasitas dari suatu objek atau atlet untuk melakukan ‘kerja’ karena benda atau atlet itu sedang ada dalam kondisi bergerak. Semakin besar massa benda yang bergerak itu, dan semakin cepat benda itu bergerak, semakin besar kapasitas benda itu untuk melakukan suatu ‘kerja’. Setiap benda yang bergerak pasti memiliki momentum dan sekaligus energi kinetik.

b. Energi Potensial

Energi potensial merupakan bentuk energi yang tersimpan (energi yang tersedia dan siap untuk digunakan untuk melakukan suatu kerja). Suatu benda atau atlet memiliki energi potensial ketika benda atau atlet itu mempunyai ‘ketinggian’ (melayang di atas permukaan bumi). Semakin tinggi dan semakin besar benda itu maka semakin besar energi potensialnya.

c. Energi Balikan (strain energy)

Energi balikan merupakan bentuk lain dari energi yang tersimpan. Suatu benda memiliki energi balikan jika benda itu mempunyai kemampuan untuk melambung kembali (rebound) atau meluruskan diri kembali setelah benda itu ditekan, dibengkokkan, ditarik, dipuntir, atau didorong dari posisi, bentuk, atau keadaannya semula. Jelas, suatu kerja harus dilakukan untuk membuat benda itu sampai pada kondisi seperti itu. Dan ketika benda itu berubah lalu memiliki kemampuan untuk kembali ke bentuk asalnya, berarti bahwa benda itu memiliki kemampuan untuk melakukan ‘kerja’ pula. Otot yang kembali ke posisi awal setelah diregang merupakan contoh dari energi balikan pada suatu kerja. Contoh yang paling jelas dari adanya energi balikan adalah pada galah fiberglass yang dipakai pada lompat galah seperti pada contoh di bawah ini.

d. Energi Kinetik, Potensial, dan Balikan dalam Aksi

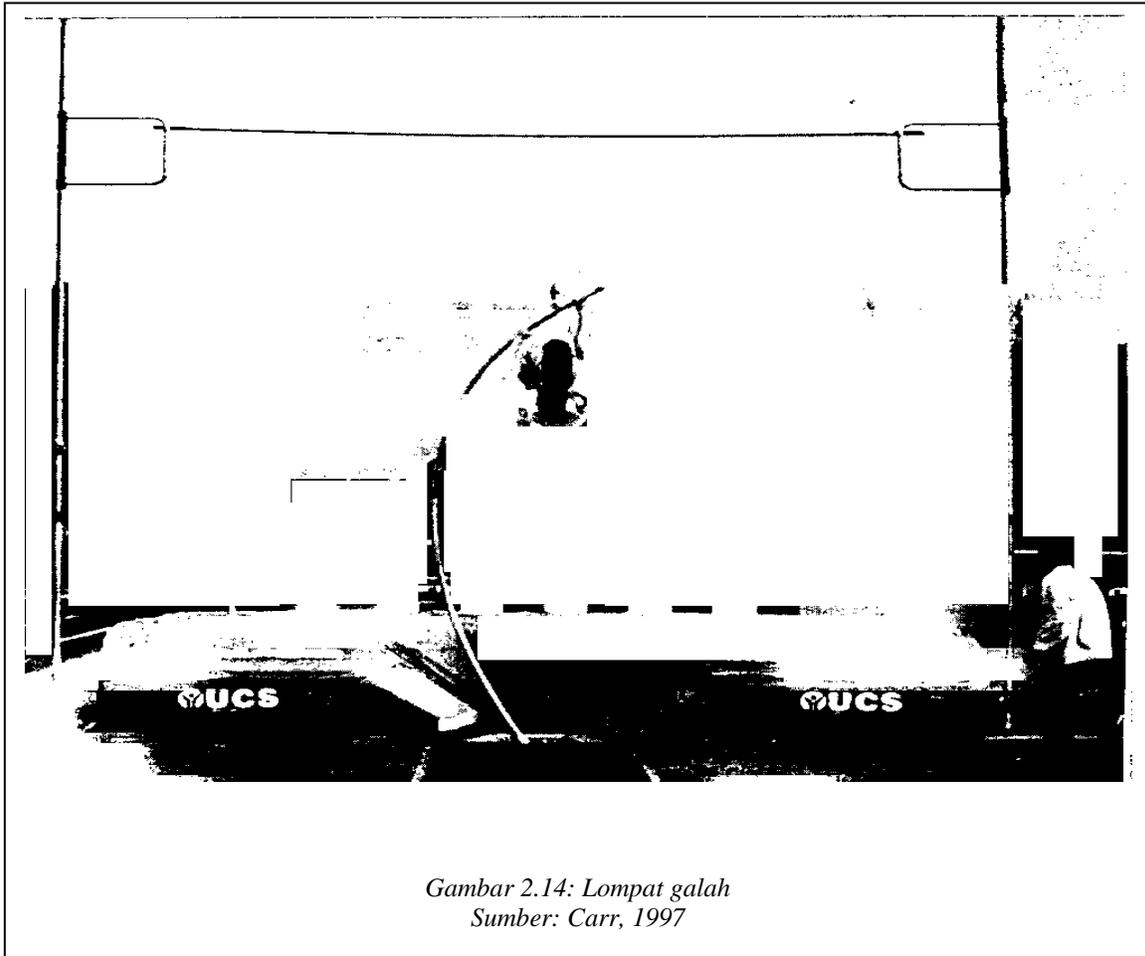
Energi kinetik, potensial dan balikan akan didemonstrasikan melalui gambaran pelaksanaan lompat galah. Dalam nomor ini, seorang atlet seperti Sergei Bubka akan melakukan sprint cepat sepanjang lajur awalan dengan membawa galahnya untuk mengembangkan energi kinetik. Energi kinetik (energi yang dibangun dalam keadaan bergerak) yang dibangun pada saat awalan ini digunakan untuk membengkokkan galah ketika pelompat mulai menolak dan galah tersebut akan menyimpan apa yang disebut energi balikan.

Pembengkokan galah merupakan satu bentuk kerja mekanika. Jika atlet berlari lebih lambat, bengkoknya galah juga berkurang, sehingga energi balikan yang tersimpan juga lebih sedikit. Itu sebabnya, mengapa pada nomor lompat galah ini diperlukan kemampuan sprint yang tinggi. Semakin cepat awalan si pelompat, semakin tinggi pula batas pegangan yang dapat dilakukan pada galah tersebut. Pegangan pada galah yang tinggi akan membantu membengkokkan galah yang keras dan kuat secara lebih baik. Jika atlet mampu membengkokkan galah demikian, maka semakin besar energi balikan yang tersimpan pada galah tersebut.

Selama lompatan, galah tersebut akan kembali ke posisinya yang lurus (energi balikan), mengangkat si pelompat ke arah mistar. Energi balikan tersebut saat berikutnya diubah menjadi energi kinetik bagi si pelompat (sebab pelompat dilontarkan ke atas), dan karena si pelompat diangkat ke atas (di ketinggian), maka energi potensial si pelompat pun semakin besar (gambar 2.14)

Pada puncak ketinggian, ketika pelompat tidak bisa menaik lagi, energi kinetik si pelompat menjadi nol, sebab untuk sesaat si pelompat tidak bergerak lagi. Tetapi energi potensialnya menjadi sangat besar karena si pelompat berada di puncak ketinggian. Baru ketika si pelompat bergerak turun kembali ke bumi dan berakselerasi setiap saat, maka energi potensialnya diubah menjadi energi kinetik secara bertahap. Sesaat sebelum tubuhnya mendarat menghantam matras pendaratan, kecepatannya menjadi sangat tinggi dan nilai energi kinetiknya juga sangat tinggi. Massa tubuh pelompat karenanya akan menekan matras pendaratan dengan kuat, dan menghasilkan panas pada permukaan matras itu akibat kontak tubuhnya dengan matras. Penekanan pada matras pendaratan dan panas yang dihasilkannya merupakan gambaran dari kerja oleh energi kinetik si pelompat.

Betapa banyak contoh lain pada cabang olahraga dalam hal ketiga bentuk energi yang digambarkan di atas tadi. Membengkokkan busur dalam panahan atau menekan kuat pada papan lompat ketika menolak dalam loncat indah adalah contoh dari kerja yang dilakukan oleh suatu benda untuk membangun energi balikan. Dalam senam, seorang yang melompat pada trampolin adalah sama dengan upaya meregang per spiralnya. Per yang teregang mengandung energi balikan. Energi balikan inilah yang melontarkan pesenam ke udara. Pesenam itu akan sampai pada nolnya energi kinetik ketika sesaat ia ada pada kondisi tidak bergerak di puncak layangannya. Pada posisi ini energi potensialnya sangat besar, tetapi energi kinetiknya nol. Baru ketika ia melayang turun, kecepatannya bertambah lagi dan energi kinetiknya bertambah kembali. Energi kinetik yang dihasilkan selama jatuh ke trampolin digabung dengan daya yang dikerahkan oleh otot-otot si pesenam, akan kembali meregang per spiral trampolin dengan energi yang lebih besar, sehingga berikutnya akan melontarkan pesenam lebih tinggi lagi ke udara.



Gambar 2.14: Lompat galah
Sumber: Carr, 1997

6. Bagaimana Energi Kinetik dan Momentum Berhubungan

Semua benda yang sedang bergerak akan memiliki momentum dan sekaligus energi kinetik. Bergantung pada seberapa besar massa yang dimiliki dan seberapa cepat benda itu bergerak, benda tersebut akan memiliki kapasitas untuk menerapkan daya terhadap objek lain (atau terhadap dirinya sendiri) dalam jarak dan waktu tertentu. Kita dapat melihat bagaimana momentum dan energi kinetik dihubungkan serta bagaimana perbedaannya.

Cara paling mudah untuk memikirkan energi kinetik adalah dengan memandangnya sebagai kemampuan dari suatu objek yang sedang bergerak untuk melakukan suatu 'kerja' pada apapun yang dikenainya. Objek yang bergerak itu dapat berupa benda apa saja termasuk tubuh kita sendiri. Benda itu dapat pula seorang atlet yang berlari ke arah lawannya, atau sebatang anak panah yang ditembakkan ke arah suatu target. Jika benda yang bergerak itu memiliki kemampuan untuk melakukan kerja, maka benda itu dapat menerapkan daya melalui jarak tertentu pada apapun yang dihantamnya.

Dua komponen yang dimiliki energi kinetik adalah massa dan kelajuan. Dari kedua komponen itu, kelajuan (*velocity*) dipandang lebih penting, sebab setiap peningkatan dalam

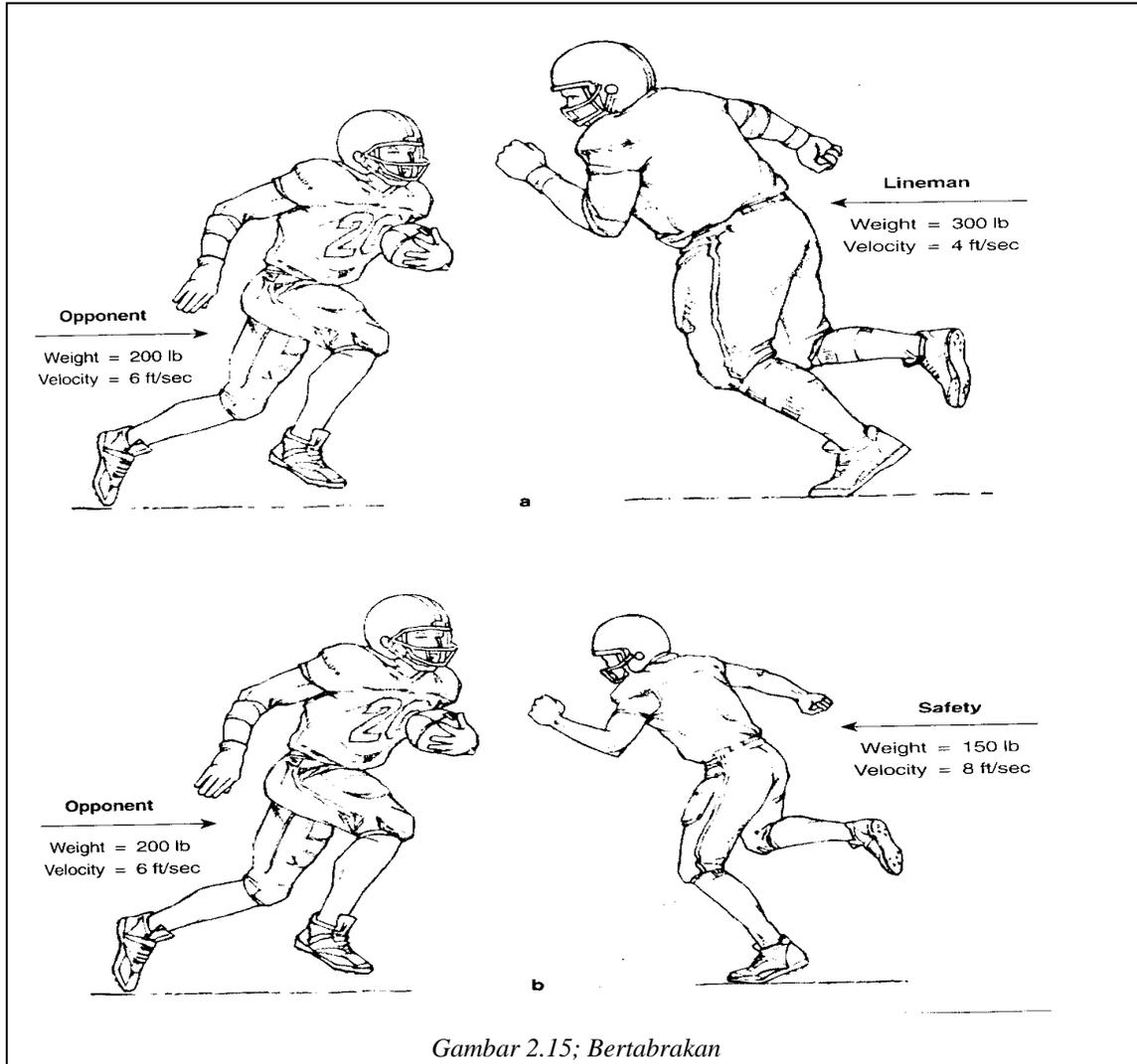
kelajuan akan menambah empat kali jumlah energi kinetik yang dimiliki suatu objek, sedangkan meningkatkan jumlah massa hanya menambah dua kali lipat jumlah energi kinetik. Ini berarti bahwa jika kita mempertahankan massa dari tubuh yang bergerak dan menggandakan tingkat kelajuannya, maka energi kinetik benda itu akan meningkat empat kali lipat. Dengan besaran energi kinetik yang empat kali lipat tersebut, kemampuan benda untuk melakukan 'kerja' pada benda lain yang dikenainya juga meningkat empat kali lipat pula.

Contoh yang dapat diambil dari masalah ini adalah kasus anak panah. Jika si pemanah menggandakan massa dari anak panah dan menembakkannya pada kelajuan yang sama, maka anak panah tersebut akan menembus target lebih dalam dua kali lipat. Tetapi jika si pemanah menggandakan kelajuan si anak panah dan tetap mempertahankan massanya, maka anak panah tersebut akan menembus target sedalam empat kali lipat. Itulah contoh dari berlakunya energi kinetik dalam gerak.

Dalam olahraga, ketika seorang atlet sedang bergerak, atlet tersebut pasti memiliki baik momentum maupun energi kinetik. Lalu di mana bedanya? Marilah kita mengambil contoh dari olahraga yang membandingkan dua orang atlet yang berbeda berat badannya berlari ke arah satu lawan yang sama. Bayangkan seorang pemain penjaga yang berat tubuhnya 300 pound berlari ke arah lawan dengan kelajuan 4 kaki/detik. Pada kelajuan tersebut si penjaga memiliki nilai momentum sebesar $300 \times 4 = 1200$ unit momentum. Pada saat yang sama seorang pemain gelandang yang berat badannya 150 pound berlari dengan kelajuan 8 kaki/detik, sehingga momentumnya sama sebesar 1200 unit ($150 \times 8 = 1200$). Jika lawan yang dihadapannya memiliki berat 200 pound dan kelajuannya 6 kaki/detik, maka iapun akan memiliki momentum sebesar 1200 unit momentum, jadi hitungan momentum berhenti sampai di situ.

Pada saat yang bersamaan dapat dilihat energi kinetik yang terlibat dalam peristiwa tersebut. Jika akan membandingkan kerasnya tabrakan dari kedua pemain penjaga terhadap lawannya, maka energi kinetik merupakan gambaran dari kerasnya tabrakan tersebut. Dalam kasus di atas, pemain penjaga yang beratnya 150 pound akan berlari ke arah lawannya dalam kecepatan dua kali lebih cepat dari pemain yang beratnya 300 pound. Jika dengan kecepatan berbeda demikian, keduanya memiliki berat badan yang sama, maka tabrakan dari pemain yang lebih cepat akan terjadi empat kali lebih keras dari pemain yang lebih lambat. Tetapi karena si gelandang hanya memiliki massa tubuh setengahnya, maka energi kinetik yang dimilikinya hanya dua kali lebih besar.

Bagaimana kecepatan yang digandakan tersebut bisa menghasilkan tabrakan yang berbeda? Tinggal membayangkan saja gambaran tentang kecepatan anak panah yang ditingkatkan kecepatannya akan menghasilkan penembusan dua kali lebih dalam. Artinya kemampuannya melakukan 'kerja'nya adalah dua kali lebih besar. Sehingga jika terjadi tabrakan, akibat yang ditimbulkannya pun akan lebih besar. Jadi, meskipun nilai momentumnya sama, tetapi akibat dari energi kinetiknya bisa berbeda.



Gambar 2.15; Bertabrakan
Sumber: Carr, 1997

DAFTAR PUSTAKA

Bartlett, Roger. (1997): *Introduction to Sports Biomechanics*, Boundary Row, London, E & FN Spon, an imprint of Chapman & Hall.

Carr, Gerry. (1997): *Mechanics of Sport, A Practitioner's Guide*, Champaign, IL., Human Kinetics.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

A	Konsep dan Prinsip dalam Mekanika Gerak
a.	Konsep Mekanika Gerak
b.	Prinsip-Prinsip Mekanika
c.	Berat Tubuh
d.	Massa Tubuh
e.	Bagaimana Berat dan Massa Tubuh Berhubungan
f.	Inertia
g.	Kecepatan, Akselerasi dan Kelajuan (Velocity)
h.	Bagaimana Daya Tarik Bumi Mempengaruhi Penampilan
i.	Titik Berat Tubuh
j.	Bagaimana Daya Tarik Bumi Mempengaruhi Layangan
k.	Bagaimana Perbedaan Kepadatan Tubuh Berpengaruh
l.	Bagaimana Daya Reaksi Bumi Berlaku pada Atlet
m.	Daya (Force)
n.	Vektor Daya
B.	Prinsip Mekanika pada Kerja atau Olahraga
a.	Daya Pada Kerja
b.	Momentum
c.	Impulse
d.	Kerja
e.	Energi
f.	Bagaimana Energi Kinetik dan Momentum Berhubungan
	DAFTAR PUSTAKA