
Aplikasi Praktis Biomekanika dalam Pendidikan Jasmani dan Olahraga

Oleh: Soeharsono
Universitas Negeri Yogyakarta

Abstract. *Biomechanics of Sport learns the performances in sport skills. Result expected is the acquisition of knowledge and ability to analyze some sport techniques which are safe, efficient, and effective; being capable to detect the wrong or correct techniques and also being able to remedy it precisely. Besides, it is also expected that certain capacities of doing renovation can be afforded. It is much better if there are some capabilities to provide or create some appropriate new methods.*

Out of the sport techniques, there are also needed some supporting factors such as: mechanical principles, balance, move patterns consisted of linear, rotation, and complex moves, moving area, that are of planar and non-planar area, cardinal area consisted of sagittal, frontal and transversal area. Also about kinetics that is the cause of movement, and kinematics that is the study of object movement with time and spatial concept regardless of its causes.

Moreover, teachers of physical education require to have a minimal base of biomechanics of sport, though is not circumstantial but extent. Meanwhile, coaches require to mastering its basic and also broad knowledge, so that they are able to improve until the highest technique.

Keyword: Application, Biomechanics.

Pendahuluan

Ilmu olahraga adalah ilmu terapan (*applied science*). Merupakan ilmu interdisiplinair, ialah pengetahuan yang disuplai ilmu lain, seperti anatomi, fisiologi, psikologi, sosiologi, dan lain sebagainya. Melalui pendekatan kros disiplinair, bahwa pembelajaran olahraga difokuskan pada beberapa aspek disiplin ilmu, diantaranya adalah biomekanika olahraga.

Biomekanika merupakan salah satu faktor penting keberhasilan dalam suatu pembinaan olahraga.

Pengertian

Biomekanika olahraga adalah suatu studi yang berhubungan dengan gerak manusia yang dihasilkan oleh kekuatan internal maupun eksternal yang menentukan badan atau bagian-bagian dari badan itu bergerak pada saat kinerja dalam keterampilan gerak (*performance of motor skill*) atau kinerja dalam teknik-teknik olahraga.

Adapun biomekanika olahraga untuk memberikan :

1. Pengetahuan dan kemampuan menganalisa teknik-teknik olahraga yang aman, efisien, dan efektif.

Analisa biomekanika olahraga perlu mengusahakan kinerja tersebut :

- a. **Aman.** Dalam latihan hendaknya tidak over training. Juga dalam latihan maupun pertandingan jangan sampai mengeluarkan tenaga melampaui kemampuannya, karena hal itu memungkinkan timbulnya cedera.
 - b. **Efisien.** Perlu adanya pengaturan tenaga secara otomatis. Misalnya dalam pertandingan nomor jarak jauh. Sangat diperlukan cara pengaturan pengeluaran tenaga yang tepat dalam pacing, dengan maksud agar dapat mencapai finish dengan sukses. Apabila pengaturan tersebut tidak tepat memungkinkan kegagalan.
 - c. **Efektif.** Efektif adalah berhubungan dengan waktu yang singkat berhasil dengan tepat. Contoh, dalam lari 100 m, agar dapat mencapai waktu singkat perlu penggunaan tenaga yang besar.
2. Pengertian tentang teknik-teknik yang benar maupun salah.
 3. Kemampuan mengidentifikasi kesalahan-kesalahan serta kemampuan meremidinya (membetulkannya).
 4. Potensi untuk menciptakan cara-cara atau metode baru yang lebih baik.

Biomekanika bagi Pendidikan Jasmani dan Olahraga

Biomekanika olahraga digunakan diantaranya untuk mendeteksi kesalahan-kesalahan dalam melakukan aktivitas jasmani dan khususnya kesalahan dalam melakukan teknik-teknik olahraga serta mengusahakan bagaimana cara melakukan teknik tadi dengan benar. Ditinjau dari aktivitas fisiknya antara pendidikan jasmani dan olahraga tidak berbeda.

Adapun perbedaaan dari keduanya adalah bahwa alokasi waktu yang tersedia bagi pendidikan jasmani dan olahraga khususnya olahraga prestasi sangat jauh berbeda. Disamping itu kurikulum pendidikan jasmani aktivitasnya terdiri dari macam-macam cabang olahraga, sedangkan untuk pelatihan memilih satu cabang olahraga saja.

Berdasarkan dengan kenyataan hal-hal tersebut di atas, maka penggunaan biomekanika bagi pendidikan jasmani hanya sebatas dasar-dasarnya saja. Atau dapat dikatakan guru pendidikan jasmani menangani pemula awal (khususnya pendidikan dasar). Sedangkan pelatih (*coach*) disamping menangani dasar-dasar juga harus mampu meningkatkannya sampai tingkat atas atau sampai teknik tinggi dengan tepat dan terperinci.

Gerakan (*motion*)

Suatu obyek yang bergerak pasti dikarenakan adanya kekuatan yang menyebabkan nya dan benda itu akan tetap diam kecuali apabila ada kekuatan yang mampu mengendalikannya.

Gerakan merupakan unsur utama di dalam olahraga. Oleh karena itu setiap melakukan gerakan olahraga tersebut perlu diusahakan agar efektif, efisien, dan aman.

Dalam melakukan gerak lari misalnya, pertama-tama badan dibuat labil (menggangu stabilitas) yaitu badan diconcongkan ke depan, kemudian dengan kekuatan tolakan kaki, maka titik berat badan akan terdorong lebih jauh ke depan sehingga badan menjadi makin labil, untuk dapat mempertahankan keseimbangan dengan cepat melangkahkan kaki yang satunya lagi ke depan sehingga didapat bidang tumpu yang baru dan titik berat badan dekat kembali dengan bidang tumpunya. Jadi ada hubungan yang erat antara gerakan, titik berat badan, dan keseimbangan pada setiap gerak.

Bentuk Gerakan

Pada umumnya gerakan dapat digambarkan sebagai gerakan liniair (*translasi*) rotasi atau kombinasi dari keduanya.

1. Gerak liniair (*translasi*)

Gerak liniair adalah gerak dalam garis lurus, dari titik yang pertama ke titik yang lain. Contoh dalam lari, gerak kaki dari titik start sampai finish pada jarak yang terdekat.

2. Gerak rotasi

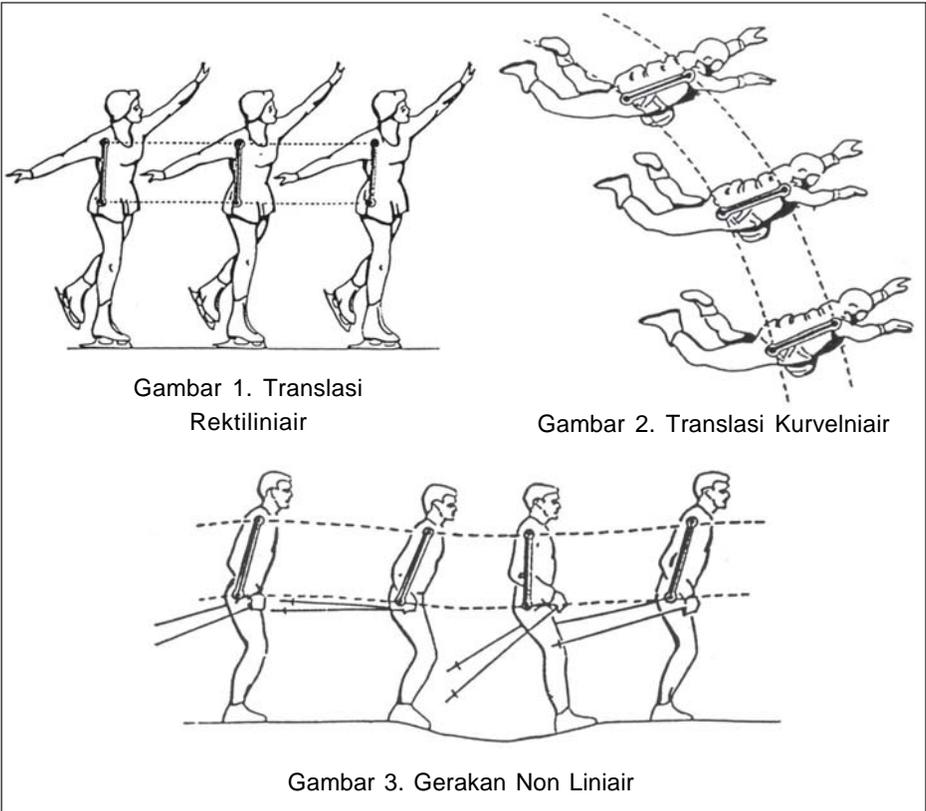
Gerak rotasi adalah gerak berputar yang melalui sumbu putarannya.

Hubungan antara gerak rotasi dengan gerak liniair dapat digambarkan sebagai berikut:

Gerakan kaki berputar melalui sumbu gerakan pada persendian pinggul. Agar gerak rotasi dapat efektif maka kaki harus dapat melangkah secepat mungkin sampai di garis finish. Dengan menekukkan (*fleksi*) tungkai bawah pada persendian lutut akan menyebabkan radius putaran lebih pendek, ini akan menyebabkan gerakannya bertambah cepat sehingga menyebabkan langkahnya bertambah cepat. Jadi dengan memperpendek radius pada gerak rotasi akan mempercepat gerak liniair.

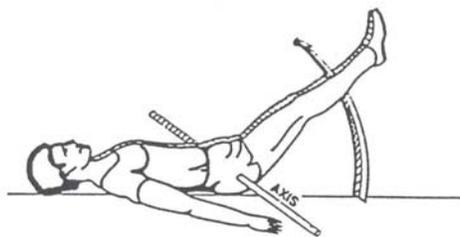
Selanjutnya **James G. Hay (1985)**, menjelaskan tentang bentuk gerakan sebagai berikut :

Translasi (gerak liniair), apabila badan bergerak dan dalam perjalanannya semua bagiannya: sama jaraknya, sama arahnya, dan sama waktunya. Disebutkan juga bahwa gerak tadi apabila berupa garis lurus disebut translasi rektiliniar, sedangkan apabila gerak tersebut berupa garis kurve disebut translasi kurveliniar. Lihat pada gambar agar lebih jelas. Gambar 1, Translasi Rektiliniar, gambar 2. Translasi Kurveliniar, sedangkan gambar 3, karena tidak memenuhi syarat liniair disebut gerakan non liniair.

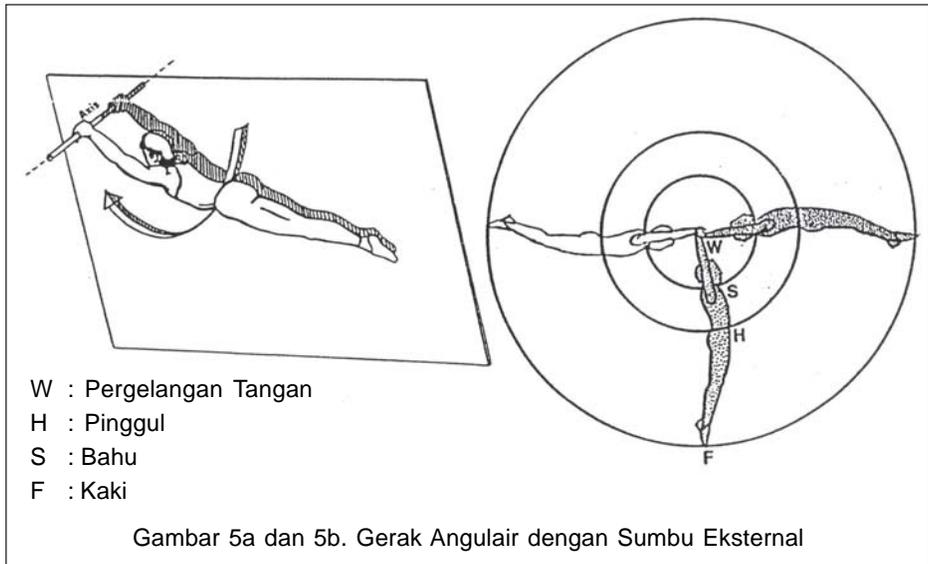


Gerak rotasi

Gerak rotasi atau gerak angular, yaitu apabila badan bergerak sepanjang garis edar lingkaran, sehingga semua bagian badan bergerak melalui sudut yang sama, dalam arah yang sama, dan dalam waktu yang sama. Contoh-contoh gerak angular seperti pada gambar menunjukkan: gambar 4, gerak angular dengan sumbu intrnal melalui persendian pinggul, sedang gambar 5a dan 5b gerak angular melalui sumbu eksternal palang tunggal.



Gambar 4. Gerak Angular

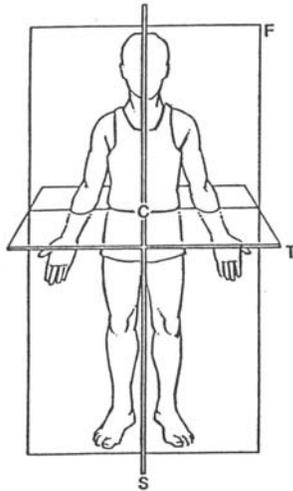


Bidang gerak

Bidang gerak dapat dibedakan menjadi 2 macam, yaitu planar dan non planar. Gerak planar yaitu gerak yang melalui satu bidang, sedangkan apabila gerak tersebut melalui dua bidang atau lebih disebut non planar atau tiga dimensional (**Adrian dan Cooper: 1989**).

Tentang bidang tiga dimensional **Barham dan Wooten (1973)** menjelaskan sebagai berikut :

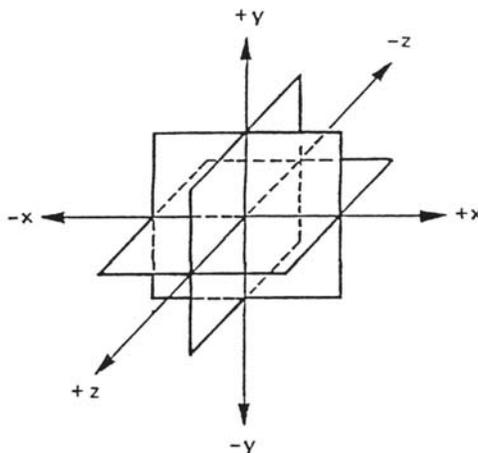
1. Bidang sagital atau *antero-posterior*, yaitu bidang vertikal yang melalui titik berat badan dari depan ke belakang, sehingga membagi badan menjadi bagian kiri dan kanan.
2. Bidang frontal atau *lateral*, yaitu bidang vertikal melalui titik berat badan dari samping ke samping, sehingga membagi badan menjadi bagian muka dan belakang.
3. Bidang *transversal* atau horisontal, yaitu bidang horisontal melalui titik berat badan dan membagi badan menjadi bagian atas dan bawah.



Gambar 6. C merupakan titik berat badan dan menjadi titik silang ari ketiga bidang kardinal: transversal (T), sagital (S), dan frontal (F).

Sumbu dari ketiga bidang tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :

1. Sumbu frontal atau sumbu X. umbu ini horisontal dan tegak lurus pada bidang sagital dari samping ke samping serta melalui titik berat badan.
2. Sumbu vertikal atau sumbu Y. sumbu ini tegak lurus pada tanah dan bidang transversal serta melalui titik berat badan.
3. Sumbu sagital atau sumbu Z. sumbu ini horisontal dan tegak lurus pada bidang serta melalui titik berat badan.



Gambar 7. Ketiga sumbu dari bidang kardinal saling berpotongan tegak lurus di titik berat badan.

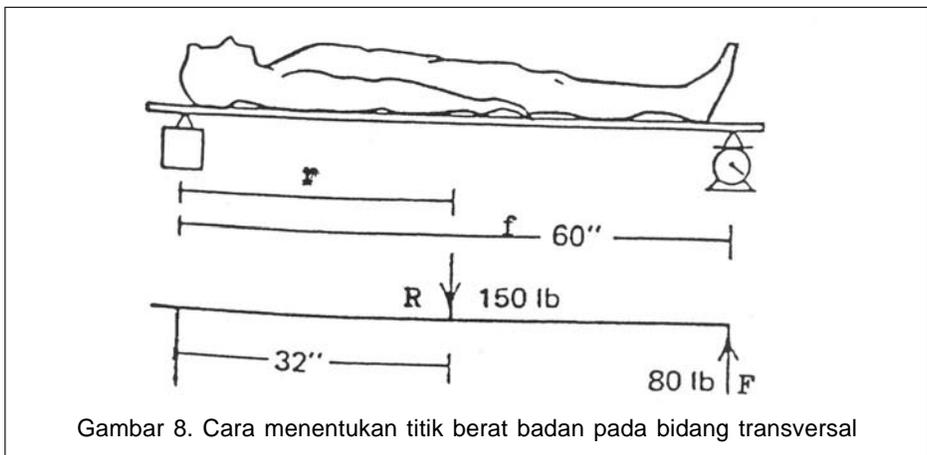
Lokasi titik berat badan

Banyak ahli yang mengemukakan letak titik berat badan pada sikap berdiri tegak, misalnya :

Bunn (1959), letak titik berat badan di tengah-tengah pinggang, tingginya sedatar *umbilicus*

Barham, letaknya kutang lebih pada daerah *vertebra sacral* pertama dekat bidang *pelvis inlet*

Digambarkan pula cara sederhana untuk menentukan titik berat badan seseorang pada bidang transversal, yaitu dengan menggunakan papan yang diletakkan di atas dua balok yang ujungnya segitiga. Salah satu ujung papan diletakkan di atas dasar skala, sedang ujung yang lain di atas balok (lihat gambar).



Gambar 8. Cara menentukan titik berat badan pada bidang transversal

Misalnya, orang yang beratnya 150 lb tiduran di balok seperti pada gambar. Sebelum orang tersebut tiduran perlu dilihat terlebih dulu angka pada skala, ini perlu untuk mengkoreksi terhadap angka pada skala orang itu tiduran. Umpama hasil koreksi tersebut terdapat 80 lb, sedang panjang papan antara kedua ujung segitiga balok tersebut 60 inci. Maka untuk menentukan letak titik berat badan dapat digunakan hukum Lever :

$$(R \times r = F \times f)$$

$$150 \text{ lb} \times r = 80 \text{ lb} \times 60 \text{ inci. Jadi } r = \frac{4800 \text{ lb} \cdot \text{inci}}{150 \text{ lb}} = 32 \text{ inci}$$

Jadi letak berat badan pada bidang transversal berjarak 32 inci dari kepala bagian atas.

Croskey, 1922, (Andrian, 1989), dalam penelitiannya juga menggunakan metode skala, melaporkan letak titik berat badan pada bidang transversal pria sedikit lebih

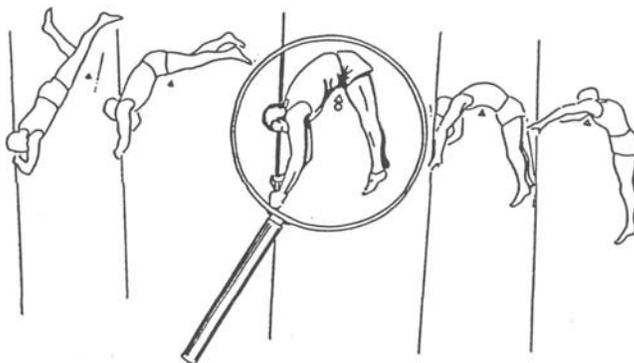
tinggi dari pada wanita. Tinggi rata-rata pada bidang transversal pria 56,18% diukur dari telapak kaki, jarak prosentasi antara 55% sampai 58%. Untuk wanita, rata-ratanya 55,44%, jarak prosentasi antara 53,4% sampai 58%.

Menentukan titik berat badan seperti **Corskey** ini lebih mudah, setelah diukur tinggi badannya tinggal menghitung rata-rata prosentasinya saja. Yang agak meragukan adalah akurasi. Di depan telah diuraikan pentingnya letak titik berat badan, keuntungan serta kerugiannya bagi cabang olahraga, baik ditinjau dari keseimbangan maupun efisiensi gerakan.

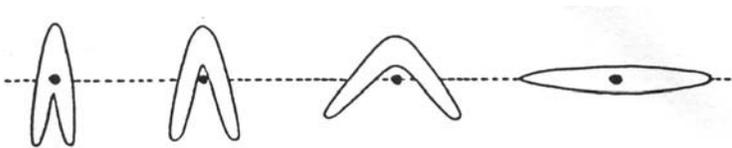
Perlu diketahui bahwa letak titik berat badan dimungkinkan berada di luar badan, yaitu seperti pada lompat tinggi dan lompat galah yang posisi badannya seperti bentuk bumerang yang ciri khasnya letter V. dalam bentuk seperti letter V ini pelompat dapat melewati mistar dengan titik berat badan setinggi mistar atau bisa juga di bawah mistar (**Hay: 1985**). Lebih jelasnya lihat gambar 9, 10, dan 11.



Gambar 9. Teknik lompat tinggi Fosbury Flop dapat melewati mistar dengan titik berat badan pada mistar atau di bawahnya.



Gambar 10. Lompat tinggi galah dapat melewati mistar dengan titik berat badan pada mistar atau di bawahnya



Gambar 11. Titik berat badan bergerak sebagai bagian dari gerakan badan.

Prinsip-prinsip keseimbangan

Tingkat keseimbangan badan tergantung dari faktor-faktor seperti tersebut di bawah ini :

1. Keseimbangan tergantung dari luas bidang tumpunya. Semakin luas bidang tumpunya akan semakin stabil dan sebaliknya (semakin kecil bidang tumpunya akan semakin labil).
2. Keseimbangan tergantung berat badan. Semakin berat, badan semakin stabil atau sebaliknya.
3. Keseimbangan tergantung dari jarak titik berat badan terhadap bidang tumpunya. Semakin dekat jaraknya semakin stabil dan sebaliknya.
4. Keseimbangan tergantung dari letak proyeksi titik berat badan di dalam bidang tumpunya. Semakin dekat jarak proyeksi titik berat badan terhadap tengah-tengah bidang tumpunya akan semakin stabil dan sebaliknya.

Jadi apabila proyeksi titik berat badan jatuh di tengah-tengah bidang tumpunya, maka tingkat keseimbangannya paling stabil. Contoh: seseorang yang berdiri tegak maka proyeksi titik berat badan akan jatuh di tengah-tengah bidang tumpunya. Apabila posisi kakinya sama, dan ia mencondongkan badan maka proyeksi titik berat badannya akan menjauhi tengah-tengah bidang tumpunya, jadi kedudukannya akan lebih labil.

5. Keseimbangan seseorang bergerak ke suatu arah tergantung jarak horisontal titik berat badan (proyeksi titik berat badan) terhadap tepi bidang tumpunya searah dengan gerakan tersebut. Semakin dekat jarak tersebut akan semakin stabil atau sebaliknya.

Contoh: Perbandingan letak titik berat badan antara berjalan dan lari. Pada berjalan jarak horisontal antara titik berat badan dengan tepu bidang tumpunya lebih dekat dibandingkan dengan lari. Hal ini disebabkan karena pada lari posisi badan lebih condong dibandingkan dengan berjalan. Semakin condong kedudukan badan jarak horisontal antara titik berat badan akan semakin jauh. Hal ini dapat diketahui melalui uraian vektor, bahwa semakin condong komponen horisontalnya semakin besar.

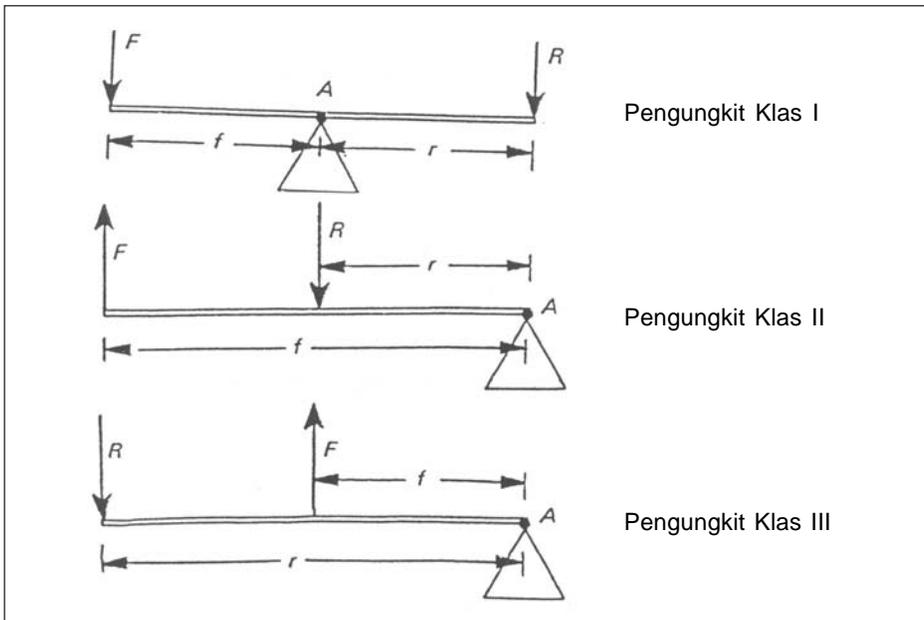
Sistem Pengungkit

Gerakan badan terjadi disebabkan oleh sistem pengungkit. Dalam hal ini tulang berlaku sebagai pengungkit, sedang otot sebagai penghasil kekuatan pada saat berkontraksi dan persendian sebagai fulkrum.

Pengungkit merupakan alat gerak penghasil gerak rotasi melalui sumbu geraknya, yang terdiri dari fulkrum sebagai sumbu rotasi, tangan kekuatan (**f**) yaitu jarak antara titik fulkrum dengan titik kekuatan yang digunakan dan tangan beban (**r**) jarak antara fulkrum dengan berat (beban).

Ciri-ciri sistem pengungkit ada tiga macam dan ditentukan oleh letak antara beban, kekuatan, dan fulkrum. Sistem pengungkit ada tiga macam kelas yaitu:

1. Sistem pengungkit kelas I
Fulkrum terletak antara beban dan kekuatan.
2. Sistem pengungkit kelas II
Beban (resistensi= R) terletak antara fulkrum dan kekuatan (force= F).
3. Kekuatan terletak antara fulkrum dan beban.
Adapun penggunaan dalam penghitungan rumusnya adalah: $F \times f = R \times r$



Gambar 12. Klasifikasi Pengungkit

Kinetika dan Kinematika

Ada hubungan yang erat antara apa yang menyebabkan benda itu bergerak dan bagaimana benda itu bergerak dengan konsep ruang dan waktu, seperti seberapa jarak benda itu bergerak, berapa kecepatannya dan bagaimana keajegannya.

Cabang mekanika yang mempelajari penyebab gerakan disebut kinetika, sedangkan yang mempelajari gerakan benda dengan konsep ruang dan waktu tanpa memperhatikan penyebab geraknya adalah kinematika.

Kinetika

Yang akan dibahas dalam makalah ini hanya kinetika linier demikian juga nantinya pada kinematika.

1. Hukum Newton

Hukum Newton I

Suatu benda akan tetap dalam keadaan diam atau bergerak lurus beraturan (dengan arah dan kecepatan tetap), kecuali bila benda tersebut dipaksa oleh gaya-gaya yang mampu mengubah keadaannya.

Berdasarkan pengertian sifat benda, yaitu sifat benda yang tetap diam atau bergerak lurus beraturan, maka sifat ini disebut *inertia*. Karena inertia adalah sifat benda yang menyatakan hambatannya terhadap perubahan gerak, maka Hukum Newton I ini disebut juga Hukum Inertia.

Hukum Newton II

Percepatan suatu benda sebanding dengan kekuatan yang menyebabkannya.

Rumus: $F = m a$, jadi apabila massa atau percepatan bertambah akan menyebabkan kekuatan bertambah.

Hukum Newton III

Bila sebuah benda melakukan gaya pada benda lain, benda yang dikenai gaya tersebut akan melakukan gaya balasan yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan, sedangkan gaya-gaya keduanya berimpitan. Gaya ini disebut gaya aksi reaksi.

2. Massa

Kuantitas bahan atau zat yang membentuk suatu benda disebut massa. Bahan yang kurang masif, akan membentuk benda yang lebih ringan sedang bahan yang lebih masif akan membentuk benda yang lebih berat. Rumusnya :

$M = \frac{W}{g}$	$m = \text{massa}$ $W = \text{berat benda}$ $g = \text{gravitasi}$
-------------------	--

3. Kekuatan

Suatu benda yang diam atau bergerak dapat diubah keadaannya oleh suatu aksi. Aksi yang menyebabkan perubahan keadaan benda tersebut dinamakan kekuatan.

Rumusnya : $F = m a$

F = kekuatan, m = massa, a = percepatan

4. Kerja

Kerja adalah melakukan suatu aktivitas sebesar hasil perkalian antara kekuatan yang digunakan dengan jarak badan tersebut bergerak searah dan sampai batas kekuatan tersebut digunakan.

Rumusnya : $W = F d$ W = kerja, F = kekuatan, dan d = jarak

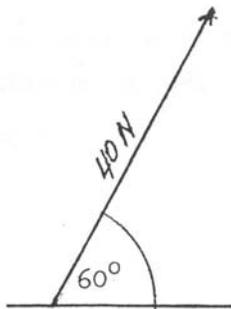
5. Momentum

Momentum adalah besaran vektor yang besarnya merupakan hasil perkalian antara massa dengan kecepatannya.

Rumusnya : $P = m V$ P = momentum, V = kecepatan, dan m = massa

6. Vektor

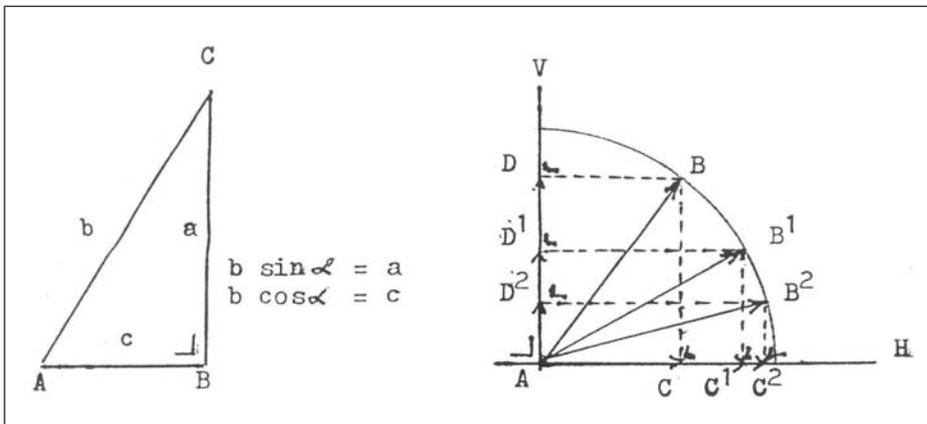
Vektor adalah besaran yang mempunyai besar dan arah. Besaran vektor misalnya: percepatan, momentum dan gaya, dan dapat digambarkan dengan anak panah yang panjangnya sebanding dengan besarnya, sedangkan anakpanah menyatakan arah dari vektor tersebut.



Contoh: Gambar 13. Vektor sebesar 40 N dan arahnya 60° terhadap horisontal.

Uraian vektor

Setiap vektor dapat diuraikan menjadi komponen-komponen vektor menurut arah sumbu-sumbu koordinatnya. Pada bidang datar dari uraian vektor tersebut akan didapat komponen horisontal dan komponen vertikal.



Gambar 14. Hubungan antar sudut vektor

Aplikasi Praktis Biomekanika dalam Pendidikan Jasmani dan Olahraga

Dari gambar di atas, ternyata makin kecil arah sudut vektor dengan horisontal, komponen horisontalnya makin besar dan komponen vertikalnya makin kecil. Kalau besaran vektor berupa gaya, berarti makin besar gaya horisontal maka gaya vertikalnya makin kecil. Komponen gaya horisontal yang besar akan memberikan kekuatan ke depan yang besar pula, jadi sangat efektif khususnya untuk lari sprint dan renang. Aplikasinya adalah sebagai berikut:

1. Untuk lari sprint, mencondongkan badan secondong-condongnya asal keseimbangan tetap dipertahankan.
2. Untuk renang, pukulan tangan dan pukulan kaki menggunakan teknik yang benar dan power yang besar, tanpa menimbulkan resistensi yang berarti.

Kinematika

Seperti yang telah diuraikan di atas kinematika mempelajari gerakan benda dengan konsep ruang dan waktu tanpa memperhatikan penyebabnya. Meliputi jarak, kecepatan, percepatan dan proyektil. Rumusnya :

Jarak $D = Vt$

Kecepatan $V = \frac{V_0 + V_1}{2}$

Percepatan $V_1 = at$

Proyektil $R = \frac{V^2 \sin 2\alpha}{g}$

Antropometri

Tentang somato tipe dari Sheldon, ada pendapat sebagai berikut : Barham (1979) untuk keberhasilan mencapai prestasi atlet perlu mempunyai tipe tubuh yang predominan terhadap cabang olahraganya. Carter dan Heath (1990) untuk mencapai prestasi tinggi atlet perlu bentuk tubuh yang cocok. Pengetahuan tentang somato tipe terbukti berguna bagi latihan yang tepat atau bimbingan yang kreatif. Hal seperti di atas ini, menjadi tugas biomekanika.

Aplikasi Biomekanika Olahraga

Selanjutnyaberikut akan diberikan contoh aplikasi biomekanika terhadap beberapa nomor cabang olahraga.

1. Aplikasi dalam Renang

Pada renang medium yang dilalui adalah cairan, medium cairan inilebih pekat dibandingkan dengan medium udara (misaknya pada lari), sehingga karena kepe-

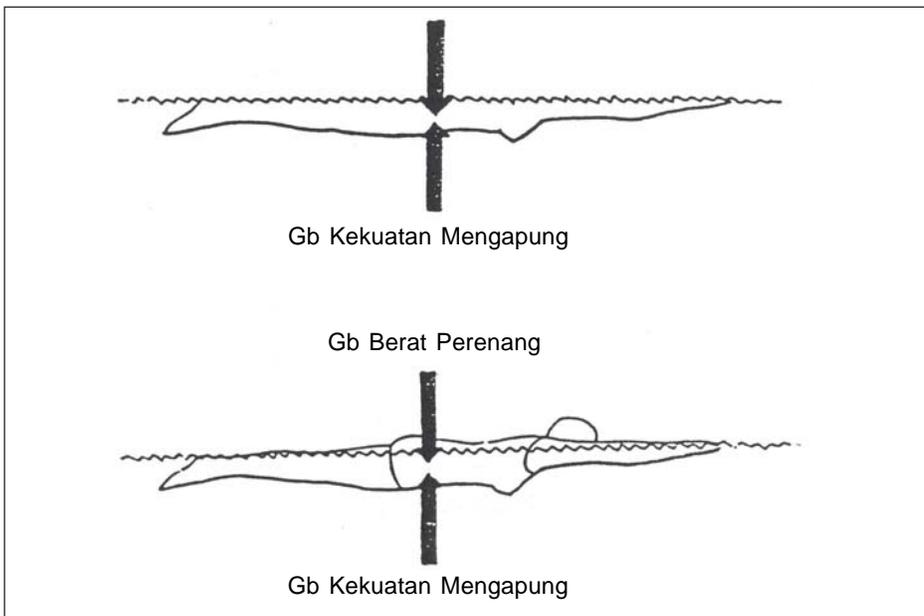
katan tersebut akan memberikan tahanan (*resistensi*) yang lebih besar pada setiap benda yang bergerak di dalamnya. Agar perenang hanya mendapat resistensi air yang kecil diusahakan posisi badan sejajar dengan permukaan air, seperti gambar 15.

Posisi badan sejajar dengan permukaan air ini mendapat resistensi yang kecil karena penampang yang kena tahanan terkecil dibandingkan posisi-posisi badan yang lain. Bentuk posisi badan yang sejajar dengan permukaan air yang resistensinya kecil dalam renang ini disebut *strimlain*.

2. Kekuatan mengapung

Di samping cairan tersebut memberikan resistensi terhadap perenang, juga memberikan kekuatan ke atas vertikal (disebut kekuatan mengapung) untuk menahan perenang. Kekuatan apung ini sama besarnya dengan berat air yang dipindahkan pada saat mengapung. Secara matematis badan akan mengapung apabila:

Berat badan \leq kekuatan mengapung maksimal. Apabila berat badan lebih besar dari kekuatan mengapung maksimal, maka badan akan tenggelam.



Gambar 15. Kekuatan mengapung dan berat badan

Kemampuan mengapung terhadap badan (mempertahankan posisi badan secara statis pada permukaan air) merupakan hal yang penting dalam renang. Kemampuan mengapung tersebut secara teoritis memudahkan anak untuk belajar renang.

Pada saat ini teknik renang mengalami kemajuan yang sangat besar, sehingga banyak rekor yang telah dipecahkan. Teknik yang ada selalu dianalisa untuk mencari hal-hal yang menguntungkan atau menghambat. Adapun tujuan renang kompetitif

Aplikasi Praktis Biomekanika dalam Pendidikan Jasmani dan Olahraga

adalah mampu menempuh jarak yang ditentukan dengan waktu yang sesingkat mungkin.

Adapun waktu tempuh tersebut ditentukan oleh waktu start ditambah waktu pukulan pada jarak pertama, ditambah waktu pembalikan, ditambah waktu pukulan jarak kedua. Jadi dapat disimpulkan sebagai berikut:

$$\mathbf{W\ total = W\ start + W\ pukulan + W\ jarak\ pembalikan + W\ pukulan}$$

(jarak I) (jarak II)

Agar waktu tempuh singkat perlu diusahakan penggunaan teknik yang paling efektif dan efisien.

Contoh:

1. Untuk start perlu adanya reaksi yang tepat dan cepat, tolakan yang kuat.
2. Untuk pukulan, agar rata-rata jarak horisontal yang dihasilkan panjang disertai frekuensi pukulan yang optimal.
3. Pembalikan, agar diusahakan putaran badan yang cepat dan tolakan yang kuat. Contoh; pada gaya crawl, membalik dengan salto sangat menguntungkan,sebab sebelum pada jarak yang ditentukan (50 m) sudah melakukan putaran salto dan waktu putaran salto lebih cepat dari putaran badan ke samping (gaya lama).

Cara menghitung Rata-rata Jarak Pukulan (**JP**) dan Rata-rata Frekuensi Pukulan (**FP**)

1. Rata-rata jarak pukulan, **JP** =
$$\frac{\text{Jarak yang dicapai pukulan}}{\text{Jumlah putaran tangan penuh}}$$

Yang dimaksud putaran tangan penuh yaitu pukulan tangan 1 x penuh (mulai dari titik awal gerakan tangan sampai pukulan berakhir pada titik awal tersebut).

Contoh :

Renang gaya dada, perenang melakukan 10 x pukulan (putaran tangan penuh) mencapai jarak 20 m dalam waktu 12 detik, maka rata-rata jarak pukulannya sama dengan :

$$\mathbf{JP = \frac{20\ m}{10\ putaran} = 2\ m/putaran}$$

2. Rata-rata pukulan adalah, rata-rata jumlah putarantangan penuh dibagi dengan waktunya.

Contoh :

$$\mathbf{FP = \frac{10\ putaran}{12\ detik} = 0,83\ putaran/detik}$$

jadi kecepatan rata-rata perenang (K) =

$$K = JP \times FP$$

$$= 2 \text{ m/putaran} \times 0,83 \text{ putaran/detik}$$

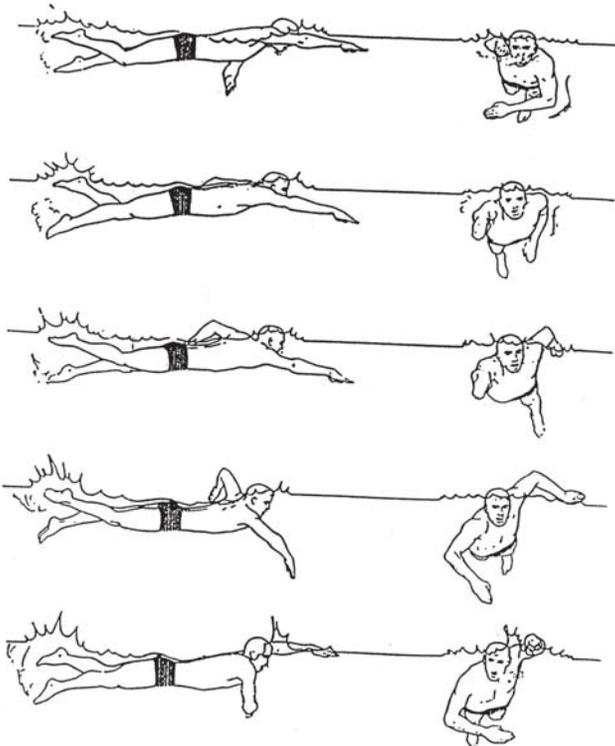
$$= 1,66 \text{ m/d}$$

Jadi kecepatan renang ditentukan oleh atau tergantung jarak pukulan (JP) dan frekuensi pukulan (FP).

Sumbangan Tangan dan Kaki terhadap Prestasi Renang

1. Untuk gaya crawl menurut:
 - a. **Karpovich** ! sumbangan tangan 70 %, kaki 30 %
 - b. **Armbuster**, dkk. ! sumbangan tangan 85 %, kaki 15 %
2. Gaya Dada, menurut :
Magel : Sumbangan kaki lebih besar dibandingkan sumbangan tangan.
3. Gaya Kupu-kupu menurut :
Mosterd dan **Jongbloed**, antara sumbangan kaki dan sumbangan tangan diperkirakan sama.

1. Penjelasan/Analisa Biomekanika Gaya Crawl



Gambar 16. Gaya Crawl

Aplikasi Praktis Biomekanika dalam Pendidikan Jasmani dan Olahraga

Posisi badan hendaknya memungkinkan kekuatan dorongan ke depan maksimal dan resistensi cairan sekecil-kecilnya.

- a. Tarikan (dayungan tangan) hendaknya menghasilkan komponen gaya horisontal yang besar, posisi tangan seperti dalam gambar di atas sangat cocok.
- b. Resistensi cairan agak kecil
 - 1) Posisi badan sejajar dengan permukaan air
 - 2) Posisi badan stabil (lurus ke depan) dan tidak oleng, agar tidak menimbulkan gelombang.
 - 3) Awal pukulan tangan tidak dihantamkan ke permukaan air, tetapi diselundupkan. Apabila tangan dipukulkan ke permukaan air reaksinya akan mengangkat badan ke atas sehingga resistensi cairan akan meningkat.
 - 4) Pukulan kaki, kaki satu sama lain didekatkan dan tidak lagi ke luar permukaan air akan menimbulkan cekungan di belakang badan sehingga menimbulkan daerah bertekanan rendah di belakang perenang, akibatnya akan menarik badan ke belakang.

2. Penjelasan/ Analisa Biomekanika Gaya Punggung

Analisa pada gaya punggung pada prinsipnya hampir sama dengan gaya crawl.

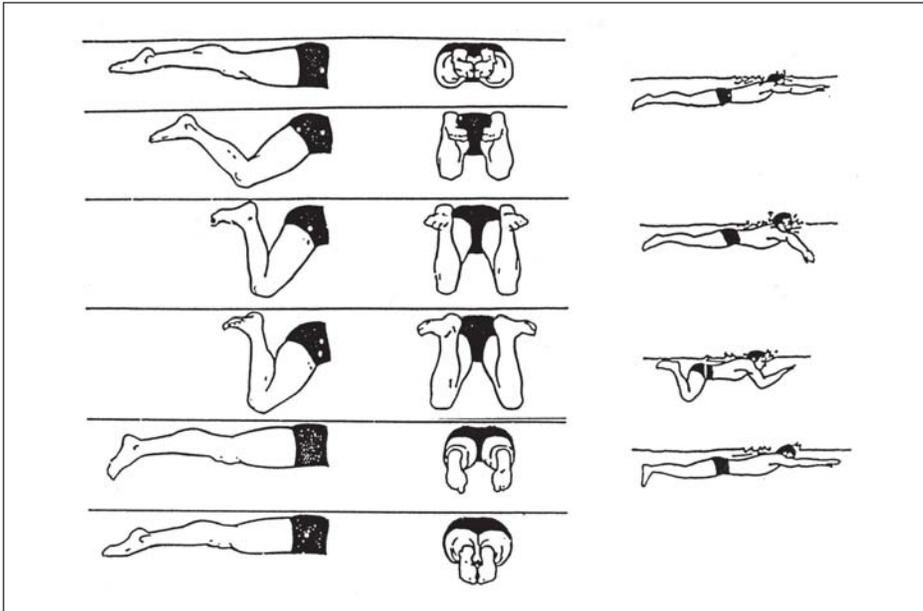


Gambar 17. Gaya Punggung

Gambar di atas ini apabila kekuatan dorongan tangan dianalisa dan diuraikan menjadi komponen gaya maka komponen horisontalnya akan besar.

3. Penjelasan/Analisa Biomekanika Gaya Dada

Perhatikan gambar gaya dada *whip kick* (cambukan kaki) di bawah ini:



Gambar 18. Gaya Dada

a. Analisa gerak kaki

Pertama lutut saling berdekatan kemudian dibenamkan, setelah itu kaki dicambukkan. Dibandingkan *frog kick* (cambuk katak), yang lutut saling berjauhan, maka:

- 1) *Whip kick*, resistensinya lebih kecil.
- 2) Karena jarak antara lutut lebih dekat, maka frekuensi pukulan kaki dalam kesatuan waktu yang sama akan lebih banyak

b. Analisa gerakan tangan

- 1) Tangan saat mulai pukulan diarahkan ke bawah agar komponen gaya horisontalnya lebih besar. Gerak tangan ke samping diperkecil agar kekuatan dorongan terhadap badan ke samping yang arahnya berlawanan dengan gerakan tangan tersebut juga kecil (Hukum Newton III).
- 2) Karena jarak gerak tangan juga lebih kecil dibandingkan dengan yang menyamping, maka frekuensinya dapat lebih banyak, sehingga dapat mengimbangi gerak frekuensi gerak kaki.
- 3) Saat tangan tegak lurus dengan permukaan air, segera mengadakan/melakukan *recovery*, untuk memberikan kesempatan pukulan kaki, karena sumbangan pukulan kaki lebih besar dari sumbangan tangan untuk dorongan ke depan.

Lari

Prinsip dalam pertandingan lari ialah mampu mencapai finish secepat-cepatnya. Adapun kemampuan lari di samping harus mempunyai tipe tubuh yang predominan

terhadap aktivitas lari, ditentukan oleh empat faktor yang saling berkaitan, yaitu oleh:

1. Power tolakan. Sesuai dengan Hukum Newton III, tolakan yang kuat akan memberikan reaksi yang sama besarnya terhadap aksi dengan arah berlawanan.
2. Pencondongan badan secondong-condongnya, selama keseimbangan masih dapat dipertahankan. Ini untuk mendapatkan komponen gaya horisontal yang lebih besar, untuk maju ke depan.
3. Panjang langkah.
4. Frekuensi langkah.

Kaitannya antara keempat faktor tadi adalah sebagai berikut : Power tolakan kaki besar, tetapi pencondongan badan kurang, menyebabkan komponen gaya horisontalnya tidak maksimal, dimungkinkan karena kecepatan melangkahnya tidak bisa menyesuaikan, berarti frekuensi langkah akan juga berkurang. Sedang apabila dengan langkah panjang, bidang tumpu yang baru didapat lebih lama sehingga akan terganggu.

Hubungan antara frekuensi langkah dan panjang langkah pada lari jarak 400 m, kemampuan sprint sampai sejauh kurang lebih 45 m, setelah kecepatan langkah kurang dapat mengimbangi pencondongan badan, untuk itu pencondongan badan sedikit demi sedikit ditambah agar waktunya tidak jauh berbeda.

Analisa tentang panjang langkah dan frekuensi langkah per detik yang merupakan kecepatan, dengan waktu dan jarak, rumusnya:

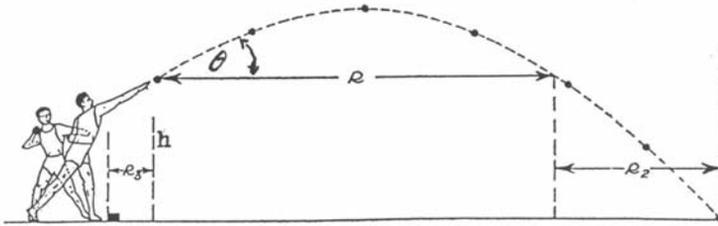
- A. Langkah berjarak 2,5 m, dalam 1 detik melangkah 4 kali, jadi kecepatan langkah = $2,5 \text{ m} \times 4 \text{ per detik} = 10 \text{ m/d}$, jadi untuk jarak 100 m, waktunya $(t) = 100 \text{ m} : 10 \text{ m/d} = 10 \text{ detik}$.
- B. Langkah berjarak 2 m, dalam 1 detik melangkah 4 kali, jadi kecepatan langkah = $2 \text{ m} \times 4 \text{ m/d}$, jadi waktu $(t) = 100 \text{ m} : 8 \text{ m/d} = 12,5 \text{ detik}$.

Tolak Peluru

Prestasi dalam tolak peluru, terutama ditentukan oleh beberapa faktor sebagai berikut :

1. Berbentuk tubuh tinggi besar (*mesomorf*) dan jangkauannya panjang. Hal ini akan memungkinkan jarak horisontal antara tepi balok bagian dalam dengan titik lepas peluru jauh (R_3) dan power tolakan tangan besar.
2. Sudut lepas peluru. Menurut Hay (1985), sudut lepas peluru ditentukan oleh atau tergantung dari tinggi lepas dan kecepatan awal peluru. Dilihat dari tabelnya ternyata bahwa :
 - a. Sudut optimal lepas peluru selalu kurang dari 45° .
 - b. Pada setiap ketinggian sudut lepas, menunjukkan bahwa sudut optimal sudut lepasnya mendekati 45° .

Di bawah ini rumus untuk tolak peluru:



Gambar 19. Total Jarak = $R + R_2 + R_3$

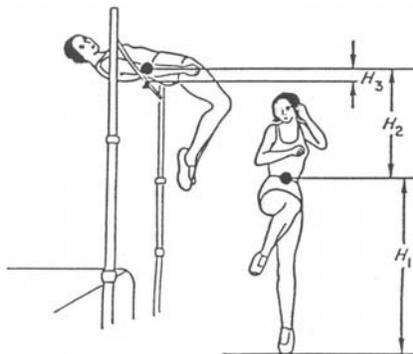
$$R + R_2 = \frac{V^2 \sin \theta \cos \theta + V \cos \theta \sqrt{V^2 \sin^2 \theta + 2gh}}{g}$$

- V = Kecepatan awal peluru pada saat lepas landas
- θ = Sudut proyeksi dengan horisontal
- g = gravitasi
- h = tinggi peluru saat lepas

Pada saat ini yang populer dalam tolak peluru adalah teknik rotasi atau gaya rotasi. Dengan populernya latihan pembebanan timbul dilema, mana yang lebih menguntungkan antara teknik dan latihan beban. Dalam hal ini keduanya saling mendukung, bahwa latihan pembebanan sangat mendukung perkembangan teknik.

Lompat Tinggi

Yang paling populer saat ini adalah gaya flop. Keuntungan utama dari gaya flop adalah mengenai posisi titik berat badan pada tinggi melayang. Pada gaya flop, pelompat mampu melewati mistar dengan posisi titik berat badan setinggi mistar atau justru di bawah mistar. Perhatikan gambar di bawah ini:



Gambar 20. Keuntungan bertitik berat badan yang tinggi

Aplikasi Praktis Biomekanika dalam Pendidikan Jasmani dan Olahraga

1. Tinggi tinggal landas, tinggi antara tinggi titik berat badan dengan tanah (H1).
2. Tinggi melayang, tinggi antara tinggi berat badan waktu melayang dengan tinggal landas (H2).
3. Tinggi bersih, tinggi antara titik berat badan maksimal waktu melayang dengan mistar.

Tentang masalah lompat tinggi **Andrian** dan **Cooper (1989)**, mengemukakan sebagai berikut: Seorang peneliti menyatakan keyakinannya, bahwa syarat-syarat untuk mencapai rekor lompat tinggi dunia adalah :

1. Berkaki panjang dan bertitik berat badan tinggi.
2. Mempunyai kecepatan dan kekuatan yang besar pada tinggal landas (atau tolakan kaki).

Dalam masalah lompat tinggi **Hay (1985)**, mengemukakan juga bahwa panjang kaki dan titik berat badannya juga tinggi, penting bagi keberhasilan lompat tinggi. Di samping itu **Hay** juga memberikan gambaran tentang jarak antara tinggi maksimal titik berat badan saat melayang dengan mistar saat berhasil melewati mistar (tinggi bersih) terhadap beberapa gaya lompatan sebagai berikut :

Jarak titik berat badan dengan mistar pada tinggi bersih :

1. Gaya gunting berjarak antara : 25 – 30 cm
2. Gaya eastern cutoff : 15 – 20 cm
3. Gaya Western roll : mendekati 15 cm
4. Gaya flop : bisa srtinggin mistar atau di bawahnya.

Melihat data tersebut, maka gaya flop adalah gaya yang paling efisien. Di samping itu, yang bertitik berat badan tinggi, maka jarak antara titik berat badan pada tinggi tinggal landas akan lebih dekat dengan mistar. Jadi kerja menjadi ringan, karena rumus kerja : **W = F x d**.

W = kerja, **F** = kekuatan, **d** = jarak

Penutup

Dengan uraian yang sedrhana ini ternyata bahwa biomekanika olahraga merupakan salah satu faktor yang penting terhadap pembinaan prestasi. Apalagi apabila setelah mempelajari dan mempraktikannya mampu menciptakan metode baru yang up to date, yang tepat guna dan tepat hasil.

Disadari bahwa makalah ini jauh dari sempurna, namun meskipun demikian, diharapkan meskipun hanya sekelumit berguna bagi yang memerlukannya.

Sekian dan terima kasih.

Daftar Pustaka

- Andrian, Marlene, J., & Cooper, John, M. (1989). The Biomechanics of Human Movement. Indiana: Benchmark Press, Inc.
- Barham, Jerry, N (1973). Structural Kinesiology. New York: Macmillan Publishing Co., Inc.

- Bunn, John, W. (1959). Scientific Principles of Coaching. Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, Inc.
- Carter, Lindsay, J.E. (1990). Somatotyping-Development and Applications. New York: Cambridge University Press.
- Hay, James, G. (1985). The Biomechanics of Sports Techniques. New Jersey: Englewood Cliffs.