

PENERAPAN BIOMEKANIKA PADA SISTEM GERAK MANUSIA

Indah Pratiwi

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. Jend. A Yani Tromol Pos 1 Surakarta
Telp. (0271) 717417 Ext.237
E-mail: indahpratiwi_ums@yahoo.co.id

ABSTRAKS

Sebagian besar penelitian biomekanik telah bergantung pada model rigid body dari sistem kerangka tubuh. Kinematik meliputi gambaran gerakan sementara kinetik fokus pada gaya yang diciptakan gerakan. Ada banyak variabel biomekanik dan diantaranya dapat dikelompokkan sebagai salah satu dari skala atau vektor. Meskipun presisi biomekanika kuantitatif sebagian besar ahli kinesiologi menerapkan biomekanika pada level kualitatif atau konseptual. Sembilan prinsip biomekanika dapat digunakan untuk menerapkan ilmu dalam pelatihan profesional force-motion, force-time, inertia, range of motion, balance, coordination continuum, segmental interaction, optimal projection, dan spin. Kesembilan prinsip ini dapat diaplikasi menggunakan model analisis kualitatif yang komprehensif (Knudson & Morrison, 2002 dalam Knudson, 2007).

Kata Kunci: biomekanika, kinematika, Sembilan Prinsip

PENGANTAR

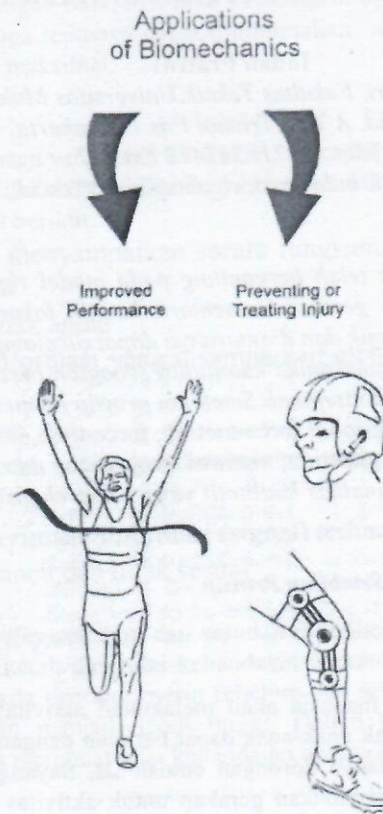
Setiap harinya, sebagian besar manusia akan melakukan aktivitas yaitu berdiri, berjalan, atau menaiki tangga. Disaat yang lain, banyak anak-anak dapat berjalan dengan sedikit instruksi dan perintah dari orang tuanya ini terjadi akibat adanya dorongan emosional. Sayangnya, kondisi hidup di zaman modern ini manusia tidak banyak membutuhkan gerakan untuk aktivitas fisiknya padahal hal tersebut dapat mencegah penyakit kronis yang timbul akibat sedikitnya aktivitas fisik. Di sisi yang lain, sebagian manusia beraktivitas dan bergerak secara langsung dan merasakan manfaat aktivitas fisik. Pengajar pada sekolah olahraga, pendamping olahraga, pelatih atletik, ahli pengobatan adalah sebagian profesi untuk menolong orang-orang mencapai manfaat dari aktivitas fisik.

Biomekanika mempelajari gerakan manusia dan penyebabnya dalam kehidupan. Biomekanika menyediakan informasi yang penting agar lebih efektif dan pola gerakan-gerakan yang aman, peralatan dan latihan yang relevan untuk meningkatkan gerakan manusia. Keahlian kinesiologi dapat menyelesaikan masalah gerakan manusia setiap harinya, dan *tools* yang sangat penting adalah pada biomekanika.

DEFINISI

Biomekanika didefinisikan sebagai : *the study of the movement of living things using the science of mechanics* (Hatze, 1974 dalam Knudson, 2007) Mekanika adalah cabang dari fisika yang berkaitan dengan uraian tentang gerak dan bagaimana kekuatan gerakan terbentuk. Kekuatan aktivitas pada kehidupan dapat memunculkan gerakan, untuk merangsang kesehatan untuk tumbuh dan berkembang, atau menyebabkan beban lebih pada jaringan, kelelahan. Biomekanika menyediakan konsep dan *tools* matematika yang merupakan kebutuhan untuk memahami bagaimana makhluk hidup –terutama manusia-bergerak dan bagaimana keahlian kinesiologi dapat membuat dan meningkatkan gerakan yang aman.

Ilmuwan dari berbagai disiplin ilmu (antara lain, kinesiologi, rekayasa, fisika, biologi, zoologi) tertarik pada biomekanika. Dengan kinesiologi, banyak ahli biomekanika tertarik untuk mengaplikasikan biomekanika untuk olah raga dan latihan.



Gambar 1. Dua bidang aplikasi biomekanika

Aplikasi biomekanika pada gerakan manusia dapat diklasifikasikan dalam dua bidang, yaitu untuk meningkatkan kinerja dan mencegah mengurangi cedera.

1) Meningkatkan kinerja

Kinerja gerakan manusia dapat ditingkatkan dengan beberapa cara. Gerakan yang efektif melibatkan faktor anatomi, ketrampilan *neuromuscular*, kapasitas fisiologi dan kemampuan kognitif/psikologi. Banyak ahli kinesiologi menentukan teknik perubahan dan memberikan perintah yang memungkinkan orang untuk meningkatkan kinerja. Biomekanika sangat bermanfaat untuk meningkatkan kinerja dalam bidang olah raga atau aktivitas dimana teknik adalah faktor penting dibandingkan dengan struktur fisik atau kapasitas fisiologi. Sejak munculnya biomekanika yang merupakan pengetahuan tentang teknik gerakan, biomekanika memberikan manfaat penting pada satu dari beberapa ketrampilan utama pada keahlian kinesiologi : analisa kualitatif pada gerakan manusia (Knudson & Morrison, 2002 dalam Knudson, 2007).

Sementara itu, teknik (biomekanika) selalu berkaitan dengan gerakan manusia, dalam banyak aktivitas pada faktor psikologi, anatomi, atau fisiologi sangat berhubungan untuk berhasil. Berlari adalah contoh yang tepat dengan bermacam-macam gerakan. Beberapa yang harus dipertimbangkan pada riset tentang biomekanika dari cara berlari sehingga pelatih dapat menentukan teknik berlari yang cocok dengan atlet (Cavanagh, Andrew, Kram, Rogers, Sanderson, & Hennig, 1985. Buckalew, Barlow, Fischer, & Richards, 1985; Willaims, Cavanegh, & Ziff, 1987 dalam Knudson, 2007).

Kinerja manusia juga dapat ditingkatkan dengan meningkatkan perancangan/desain pada peralatan, hal ini berkaitan untuk material baru dan teknik perancangan. Ketika perubahan tersebut diintegrasikan dengan informasi tentang kinerja manusia, maka perancangan peralatan dibuat berdasarkan biomekanika. Ada banyak contoh ketika aplikasi biomekanika pada perubahan desain peralatan dapat meningkatkan kinerja olahraga. Ketika disain lembing ditingkatkan sejak tahun 1980an dihasilkan lemparan yang lebih jauh, kemudian didesain ulang dengan distribusi berat pada 'new rules' lembing melalui jarak aman (Hubbard & Alaways, 1987 dalam Knudson, 2007). Penelitian biomekanika (Elliot, 1981; Ward & Groppel, 1980 dalam Knudson, 2007)

dimana pada awalnya membuat raket tennis lebih kecil yang disesuaikan dengan kekuatan otot pemain muda.

Disisi yang lain, penelitian biomekanika meningkatkan kinerja dengan latihan lanjutan dan program pengaruh keadaan. Pembahasan biomekanika pada latihan gerakan dan perlengkapan latihan untuk menentukan latihan yang efektif untuk meningkatkan kinerja. Penelitian biomekanika pada latihan sering dibandingkan untuk riset olahraga atau aktivitas dengan fokus pada latihan. Kekuatan dan pengaruh profesionalisme dapat dengan baik menerapkan prinsip kekhususan ketika riset biomekanika digunakan pada pengembangan program latihan. Aplikasi biomekanika pada bagian medis yaitu *orthotics* dan *prosthetics* yang berhubungan untuk mencegah cedera, tetapi pada *prosthetics* saat ini di desain untuk meningkatkan kinerja atlet yang lumpuh.

2) Mencegah dan mengurangi cedera

Gerakan yang aman, atau mencegah cedera adalah bahasan utama dimana biomekanika dapat diaplikasikan. Ahli kesehatan olahraga memiliki data cedera untuk menentukan penyebab utama pada penyakit atau cedera (epidemiologi). Riset biomekanika mempunyai kekuatan pada medis olahraga untuk mencegah dan mengurangi cedera. Ilmu Biomekanika menolong mencegah cedera dengan menyediakan informasi pada perlengkapan mekanis pada jaringan otot, beban mekanis selama pergerakan, dan terapi pencegahan atau rehabilitasi. Ilmu biomekanika menyediakan data penting untuk memperkuat mekanisme potensi cedera pada kesehatan fisik olahraga dan ilmu epidemiologi. Peningkatan keikutsertaan perempuan pada olahraga menjelaskan bahwa perempuan beresiko tinggi pada cedera *anterior cruciate ligament (ACL)* dibanding laki-laki berhubungan dengan beberapa faktor biomekanika (Boden, Griffin, & Garret, 2000 dalam Knudson, 2007). Selanjutnya ilmu biomekanika dan kesehatan olahraga dapat menolong menelusuri tabir pada resiko tinggi dan mengembangkan strategi pencegahan.

Ahli rekayasa dan ahli terapi kesehatan kerja menggunakan biomekanika untuk mendesain tugas pekerjaan dan perlengkapan alat bantu untuk mencegah cedera penggunaan berlebihan pada pekerjaan tertentu. Kombinasi biomekanika dengan ilmu olahraga yang lain dibantu dengan desain sepatu khusus untuk olahragawan (Segesser & Pfforinger, 1989 dalam Knudson, 2007), sepatu khusus pelari (Frederick, 1986; Nigg, 1986 dalam Knudson, 2007). Sejak 1980an desain dan teknologi pada banyak sepatu olahraga termasuk dalam penelitian di laboratorium biomekanika.

ANALISA KUALITATIF DAN KUANTITATIF

Biomekanika menyediakan informasi untuk variasi pada ahli kinesiologi untuk menganalisa gerakan manusia untuk meningkatkan efektifitas dan menurunkan resiko cedera.

- 1) Analisa Kuantitatif, melibatkan pengukuran pada variabel biomekanika dan biasanya membutuhkan komputer untuk mengerjakan perhitungan kinerja. Setiap gerakan pendek akan mempunyai ribuan contoh pada data yang dikumpulkan, diskalakan dan angka-angka diproses.
- 2) Analisa Kualitatif, didefinisikan sebagai '*systematic observation and introspective judgement of the quality of human movement for the purpose of providing the most appropriate intervention to improve performance*' (Knudson & Morrison, 2002, p.4 dalam Knudson, 2007).

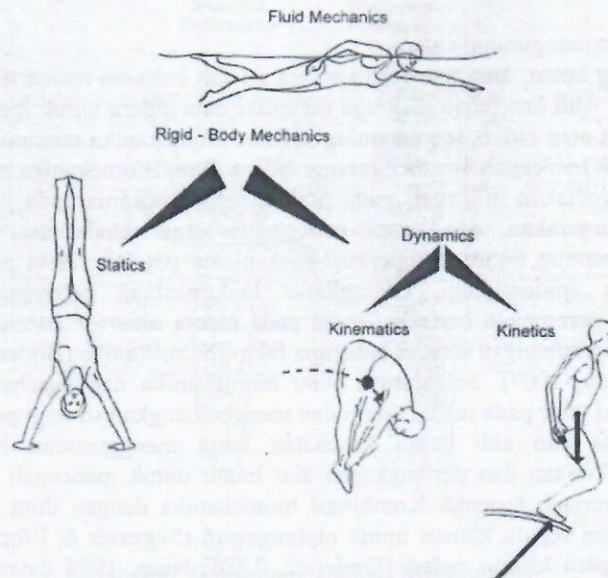
Kedua analisa diatas diidentifikasi pada faktor pengaruh kinerja gerakan manusia dimana penggunaannya diinterpretasikan ke tingkatan yang lebih tinggi (sintesis, analisis) menerapkan informasi untuk ketertarikan gerakan. Penyelesaian masalah pada gerakan manusia melibatkan tingkatan lebih tinggi pada pemikiran kritis dan pendekatan multidisiplin, mengintegrasikan pada beberapa pengetahuan kinesiologi.

Kelebihan dari pengukuran secara kuantitatif dibanding analisa kualitatif adalah keakuratan lebih besar, konsisten dan tepat/presisi. Pada analisa biomekanika kuantitatif dilakukan pada pencarian, walaupun, lebih banyak alat bantu komersial yang tersedia dengan harga yang mahal untuk mengukur lebih banyak variabel biomekanika (misal : *radar, timing lights, timing mats, quantitative videography systems*). Sayangnya, semakin besar keakuratan pada pengukuran kuantitatif disebabkan pada biaya ketrampilan teknis, kalibrasi, proses komputerisasi dan waktu proses.

KONSEP MEKANIKA

Mekanika dalah cabang dari ilmu fisika mempelajari gerak dari obyek dan kekuatan yang menyebabkan gerakan tersebut. Pengetahuan mekanika dibagi kedalam 3 area yang terkait dengan biomekanika, yaitu *rigid-body, deformable-body* dan *fluids*. Mekanika pada *rigid-body*, obyek yang

diteliti diasumsikan kaku dan cacat bentuk didalamnya sangat kecil dan dapat diabaikan, dimana ini hampir terjadi pada material apa saja, asumsi ini sangat layak pada sebagian besar pembahasan biomekanika untuk segmen utama pada tubuh. Bagaimanapun, penggunaan mekanis *deformable-body* untuk pembahasan bagaimana material biologi merespon kekuatan luar dari aplikasi tersebut. Mekanika *deformable-body* membahas bagaimana gaya didistribusikan dengan material dan dapat di fokuskan pada banyak tingkatan (*cellular* untuk jaringan/organs/systems) untuk menguji bagaimana perkembangan stimulasi gaya atau penyebab kerusakan. Mekanika fluida diperhitungkan dalam gaya zat cair (cairan dan gas). Seorang biomekanis menggunakan mekanika fluida guna meneliti denyut/katup jantung, berenang atau penyesuaian perlengkapan olahraga untuk mengurangi penguapan udara.



Gambar 2. Cabang utama mekanika digunakan pada biomekanika

Sebagian besar penelitian biomekanika olahraga tergantung pada model *rigid-body* dari sistem rangka. Mekanika *rigid-body* dibagi dalam statik dan dinamik. **Statik** adalah studi tentang objek diam atau gerakan seragam (tetap/konstan). **Dinamik** adalah studi tentang objek yang dipercepat dengan gaya gerak. Yang paling penting dinamik dibagi kedalam dua cabang, yaitu kinematik dan kinetik. **Kinematik** adalah penggambaran gerak, dalam kinematik gerak objek selalu diukur secara linier (meter, feet, dll) atau istilah putaran (radian, derajat, dll). Contoh dari kinematik bisa jadi kecepatan seorang atlet, panjang langkah atau laju putaran atau perenggangan pinggul. **Kinetik** diperhitungkan dengan penentuan penyebab gerak. Sebagai contoh variabel kinetik dalam menjalankan gaya antara kaki dan lantai gaya pada kedap udara. Pemahaman variabel-variabel ini memberikan arah pelatihan tentang penyebab berjalannya suatu kinerja. Informasi kinetik sering memberikan tenaga lebih untuk meningkatkan gerak manusia sebab penyebab dari kinerja yang lemah, sebagai contoh mengetahui tentang waktu dan ukuran gerak renggangan pinggul merupakan kelemahan dalam *take-off* sepanjang pelompat mungkin lebih menggunakan kinerja yang bertambah daripada mengetahui bahwa lompatannya lebih pendek daripada yang diharapkan.

SEMBILAN PRINSIP DARI BIOMEKANIKA

Segala macam pengukuran biomekanika secara linier dan variabel mekanika putaran menemukan penyebab gerakan manusia, sementara studi ini adalah secara ekstrim menarik seorang biomekanis. Beberapa mahasiswa kinesiologi dan para ahli tidak mungkin membangkitkan semangatnya dalam menemukan. Hampir seluruh ahli kinesiologi menginginkan untuk mengetahui aturan-aturan dasar biomekanika yang dapat mereka aplikasikan dalam pekerjaannya.

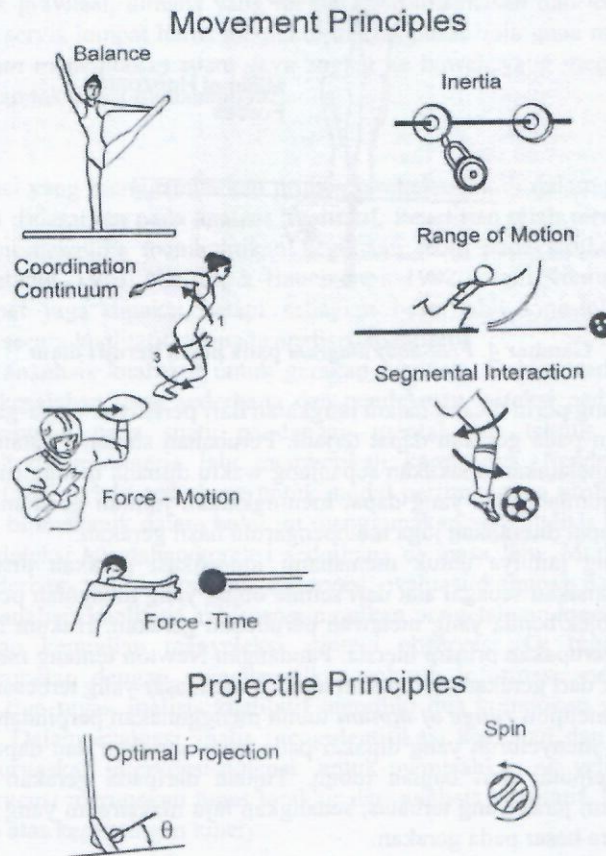
Aturan dan Hukum

Sembilan prinsip biomekanika yang mengikuti bentuk prinsip umum yang berhubungan dengan gerakan manusia. Adalah penting untuk menyatakan bahwa prinsip penerapan tidak sama sebagai hukum keilmuan. *Science* adalah metode sistematis untuk menguji hipotesis dengan fakta-fakta percobaan yang bertujuan untuk meningkatkan pemahaman kita terhadap kenyataan. Ilmu menggunakan proses, diketahui sebagai metode keilmuan, untuk menguji teori tentang suatu fenomena dengan pengukuran kemudian

mengevaluasi kembali dasar teori berdasarkan data. Akhirnya ilmu menarik dalam menemukan kebenaran, bukti-bukti atau hukum alam yang membuktikan pemahaman yang paling nyata. *Technology* merupakan istilah yang selalu dipakai dalam menawarkan pada peralatan dan metode pengetahuan ilmu terapan guna memecahkan masalah atau mengerjakan tugas.

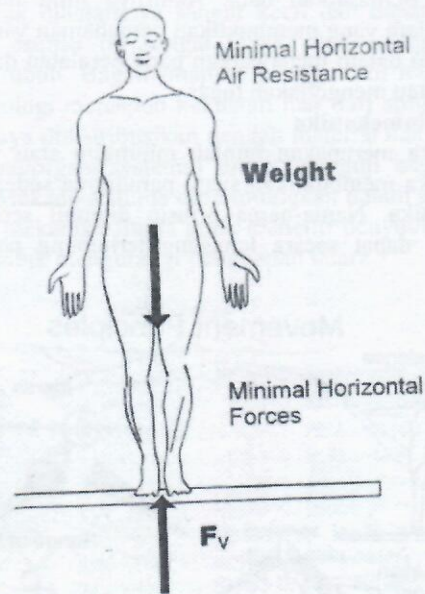
Sembilan Prinsip untuk Aplikasi Biomekanika

Sembilan prinsip biomekanika merupakan jumlah minimum atau yang dapat diterapkan pada semua gerakan manusia sebab mereka membuktikan suatu paradigma sederhana ataupun struktur untuk menerapkan pengetahuan biomekanika. Nama-nama prinsip diambil secara bahasa umum aplikasi, bagaimanapun juga masing-masing dapat secara langsung terhubung pada konsep maupun hukum biomekanika.



Gambar 3. Sembilan prinsip biomekanika diklasifikasikan pada gerakan tubuh manusia

Prinsip utama biomekanika adalah *force-motion principle*. Gaya gerak mengatakan bahwa gaya-gaya yang tidak setimbang merupakan gerakan tubuh kita atau objek ketika kita masing-masing mengerjakan atau mengubah gerakan. Dalam kondisi berdiri diam berat tubuh setimbang dengan gaya reaksi tanah yang bekerja pada telapak kaki kita, jadi untuk menggerakkan dari posisi ini seorang melakukan gaya horizontal lebih besar dan gaya vertikal dengan kedua kakinya. Gambar sederhana ini merupakan contoh pertama kita yang dalam mekanika disebut suatu *free-body diagram*. *Free-body diagram* merupakan model yang disederhanakan dari berbagai sistem atau objek yang ditunjukkan dengan gerakan gaya yang signifikan pada objek. Kompleksitas dan detail dari *free-body diagram* tergantung pada tujuan analisis. *Force-motion principles* disini digambarkan secara jelas tanpa perubahan gerakan, semenjak tidak adanya gerakan yang tidak seimbang pada diri orang itu, kemudian kita akan menggunakan *free-body diagram* untuk menghitung dampak dari gaya dan gerakan memutar pada tubuh manusia, dan kita akan mempelajari dampak dari gerakan gaya melalui waktu yang mengubah gerakan tubuh manusia.



Gambar 4. Free-body diagram pada posisi berdiri diam

Suatu hal penting yang perlu dicatat dalam rangkaian dari peristiwa. Gaya-gaya harus berawal dari gerakan sebelum perubahan pada gerakan dapat terjadi. Perubahan substansi dalam gerakan tidak dapat secara instan/cepat terjadi melainkan dilakukan sepanjang waktu dimana menggiring kita kepada prinsip *force-time*. Tidak hanya jumlah gaya yang dapat meningkatkan jumlah gerakan objek, jumlah waktu yang tersisa dimana gaya dapat diterapkan juga mempengaruhi hasil gerakan.

Prinsip yang penting lainnya untuk memahami modifikasi gerakan disebut *inersia*. *Inersia* (kelembaman) dapat didefinisikan sebagai alat dari semua objek yang mengolah perubahan saat bergerak atau karakteristik semua objek/benda yang melawan perubahan gerakan. Hukum Newton yang pertama tentang gerak garis lurus merupakan prinsip inersia. Pandangan Newton tentang *inersia* merupakan suatu alat gerakan yang mendasar dari gerakan merupakan temuan mendasar yang terbesar.

Prinsip selanjutnya meliputi *range of motion* tubuh menggunakan perpindahan. *Range of motion* merupakan gerakan secara menyeluruh yang dipakai pada suatu gerakan dan dapat dispesifikasi secara linier ataupun gerakan memutar dari bagian tubuh. Tujuan daripada gerakan harus membutuhkan beberapa bagian tubuh dalam jarak yang terbatas, sedangkan laju maksimum yang dibutuhkan atau gaya yang harus disediakan secara besar pada gerakan.

Prinsip biomekanika yang berikutnya adalah *balance*. *Balance* adalah kemampuan seseorang untuk mengendalikan posisi tubuhnya secara relatif kepada beberapa dasar yang mendukung. Stabilitas dan mobilisasi postur tubuh adalah hubungan secara terbalik dan beberapa faktor biomekanika diliputi dalam manipulasi kestabilan maupun mobilitas perorangan. Berdiri diatas tangan adalah kemampuan senam yang tidak hanya sulit sebab dibutuhkan kekuatan otot melainkan juga disebabkan karena kecilnya alas untuk mendukung pada arah bagian depan dan arah bagian belakang.

Bagaimana gerakan otot dan bagian tubuh disesuaikan dengan gerakan manusia yang selalu diarahkan pada kordinasi. Prinsip *coordination continuum* menyatakan bahwa penentuan waktu optimal gerakan otot atau gerakan perbagian tergantung pada tujuan gerakan itu sendiri. Jika gaya tekanan tinggi merupakan tujuan gerakan itu, lebih banyak gerakan-gerakan otot secara simultan dan sambungan rotasi selalu lebih diperhatikan sedangkan untuk gaya/kekuatan yang rendah dan gerakan yang cepat tinggi cenderung lebih memiliki gerakan otot dan sambungan secara teratur (Hudson, 1995; Kreighbaum & Barthels, 1996 dalam Knudson, 2007). Kedua strategi ini (simultan dan teratur) dapat diperlihatkan sebagai suatu *continuum*, dengan koordinasi sebagian terbesar otot motorik dimana diantar dua strategi.

Prinsip *Segmental Interaction* mengatakan bahwa gerakan gaya dalam suatu sistem yang terhubung dengan tubuh yang keras dapat dipindahkan melalui jaringan dan sambungan. Gerakan otot-otot yang pendek secara normal dengan letupan menghasilkan tenaga putaran yang terkoordinasi dengan tepat untuk mengimbangi dampak dari putaran yang dilakukan beban dan sambungan. Bermacam-macam istilah yang telah dipakai untuk menggambarkan fenomena ini (*transfer, summation, sequential*) karena adanya cara untuk mempelajari gerakan manusia. Macam pendekatan ini telah juga menciptakan

kekacauan dalam mengklasifikasikan istilah pengelompokan gerakan karena salah satu rangkaian terbuka atau tertutup (*kinematic* atau *kinetic*).

Prinsip biomekanika tentang *Optimal Projection* mengatakan bahwa selama sebagian besar gerakan manusia membutuhkan proyektil (lemparan peluru) pada tingkat optimal pada sudut proyeksi untuk tujuan khusus. Penelitian biomekanika menunjukkan bahwa sudut proyeksi optimal membuktikan kebenaran yang mengkompromikan antara laju vertikal (*determines time of light*) dan laju horizontal (*determines range given the time of light*) dengan kondisi tipikal yang masuk dalam berbagai olahraga.

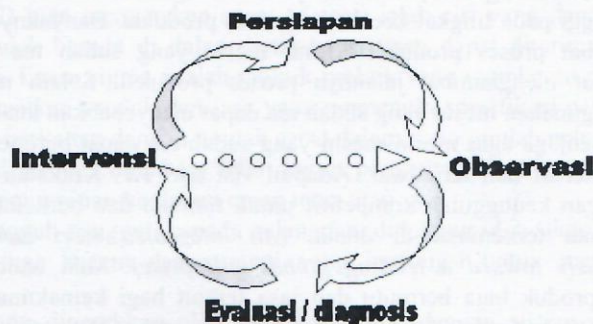
Prinsip yang terakhir meliputi *Spin* atau putaran yang memberikan pada proyektil dan olahraga bola yang umum. Spin dibutuhkan pada lemparan dan tolak peluru sebab hal itu menstabilkan saat terbang dan menciptakan suatu gaya cair yang disebut *Lift*. Gaya Lift ini diperlukan untuk membuat lengkungan ataupun menolak gravitasi, dimana yang mempengaruhi lintasan dan lenting bola. Seorang pemain bola voli melakukan servis lompat harus memukul di atas pusat bola guna menghunjamkan *top-spin* ke bola. Pukulan *top-spin* menciptakan suatu gaya angkat ke bawah yang membuat bola menukik tajam sehingga membuat lawan tak dapat menahannya.

ANALISA KUALITATIF

Sebagai contoh aplikasi yang menggambarkan prinsip biomekanika di dalam pemecahan masalah gerakan manusia, disini akan didasarkan pada analisis kualitatif. Penelitian telah memperlihatkan bahwa prinsip secara umum dari biomekanika membuktikan kegunaan lebih pada struktur analisis gerakan manusia (Johnson, 1990; Matanin, 1993; Nielsen & Bauchampi, 1992 dalam Knudson, 2007). Analisis kuantitatif biomekanika dapat juga dipakai, tetapi sebagian besar ahli kinesiologi mengutamakan penggunaan analisis gerakan secara kualitatif daripada analisis kuantitatif.

Ada beberapa model analisis kualitatif untuk gerakan manusia. Secara tradisi, ahli kinesiologi telah menggunakan deteksi kesalahan yang sederhana dan pendekatan koreksi pada analisis kualitatif. Inilah seorang analis bergantung pada suatu pandangan mental dari teknik yang benar untuk mengidentifikasi "kesalahan" dalam kinerja lalu memberikan koreksinya. Pendekatan ini memiliki beberapa konsekuensi negatif dan terlalu sederhana untuk model pertimbangan profesional (Knudson & Morrison, 2002). Penerapan biomekanik dalam buku ini menggunakan visi analisis kualitatif yang lebih komprehensif daripada mendeteksi kesalahan/koreksi sederhana di masa lalu. Model ini menyediakan empat tugas struktur yang sederhana yaitu: persiapan, observasi, evaluasi/diagnosis dan intervensi.

Pada tugas persiapan analisis kualitatif ahli mengumpulkan pengetahuan kinesiologi yang relevan tentang aktifitas, pelaku dan kemudian menyeleksi strategi observasi. Di tugas observasi analis mengeksekusi strategi pengamatan dengan mengumpulkan seluruh informasi sensorik yang relevan tentang kinerja gerakan. Ke tiga tugas analisis kualitatif memiliki dua komponen yang sulit : evaluasi kemudian diagnosis kinerja. Dalam evaluasi analis mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan kinerja. Diagnosis termasuk memprioritaskan intervensi potensi untuk memisahkan penyebab kecil dari gejala kelemahan yang buruk. Intervensi merupakan tugas terakhir dari analisis kualitatif. Dalam tugas ini ahli melakukan beberapa gerakan atas kepentingan kinerja.



Gambar 4. Model *four-task* pada analisa kualitatif
(sumber : Knudson and Morrison, 2002 dalam Knudson, 2007)

DAFTAR PUSTAKA

Duane Knudson. 2007. *Fundamentals of Biomechanics*. Second Edition. Springer.