

Prinsip-Prinsip Biomekanika Kualitatif: Upaya Menjembatani Teori dan Aplikasi dalam Sport Science

Hysa Ardiyanto, Widiyanto

Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

Disubmit: 6 Oktober 2019. Direvisi: 14 November 2019. Disetujui: 30 Desember 2019

ABSTRAK Asian Games 2018 dinilai sebagai pendorong kebangkitan olahraga nasional yang diiringi dengan penguatan peran sport science. Biomekanika sebagai salah satu area sport science menyediakan analisis gerak guna meningkatkan performa atlet. Permasalahannya, prinsip dan hukum mekanika Newtonian yang umum digunakan dinilai sulit karena counterintuitive dan kurang memberikan analisis yang bermakna. Pada saat bersamaan, kesenjangan antara teori dan aplikasi pada sport science masih terjadi. Beberapa ahli berupaya mengembangkan seperangkat prinsip-prinsip umum untuk aplikasi biomekanika kualitatif. Tulisan ini mencoba membahas prinsip-prinsip biomekanika kualitatif sebagai sebuah upaya menjembatani antara teori dan aplikasi dalam sport science.

Kata Kunci: analisis kualitatif, biomekanika olahraga; sport science

ABSTRACT The Asian Games 2018 has been considered as booster in attempts to promote the resurgence of national sport, along with the growing attention towards sport science. As one of the area of sport science, biomechanics provides movement analysis to enhance athletes' performance. Biomechanics principles and laws of Newtonian mechanics, however, are counterintuitive to a lot of people. Some of them often produced less meaningful results. At the same time the theory-practice gap, unfortunately, still remains. Several biomechanics scholars have developed a set of general principles to facilitate the qualitative application of biomechanics. Those principles used terminology that bridges the gap between theory and coaching application.

Keywords: qualitative analysis, sport biomechanic; sport science

PENDAHULUAN

Penyelenggaraan Asian Games 2018 di Jakarta dan Palembang dinilai berhasil oleh berbagai kalangan, baik dalam segi penyelenggaraan maupun prestasi. Dari segi prestasi, perolehan medali kontingan Indonesia bahkan memecahkan rekor sepanjang partisipasi dalam Asian Games. Kesuksesan ini kemudian disebut-sebut sebagai momentum kebangkitan olahraga nasional dan kebangkitan pres-

tasi olahraga di tingkat internasional (Irianto, 2018). Momentum tersebut segera disambut oleh dunia *sport science* di Indonesia, salah satunya oleh Indonesia Society of Exercise & Sport Science (ISESS) yang menyelenggarakan seminar internasional dengan tema "Kebangkitan Olahraga Indonesia Pasca Asian Games dan Asian Para Games 2018" pada 4-5 Oktober 2018 di Jakarta. Gagasan yang berkembang seiring dengan kebangkitan olahraga nasional adalah semakin pentingnya peran *sport science* dalam pembinaan prestasi.

Salah satu disiplin ilmu yang diakui sebagai penopang *sport science* adalah biomekanika olahraga. Pada dasarnya biomekanika olahraga telah diakui sebagai salah satu subdisiplin ilmu yang sudah mapan (*established sub-disciplines*) dalam struktur ilmu keolahragaan. Bersama dengan kedokteran olahraga, psikologi olahraga, pedagogi olahraga, sosiologi olahraga, sejarah olahraga, dan filsafat olahraga, biomekanika olahraga termasuk subdisiplin ilmu dalam *seven field theory model* (Haag, Grube, & Kirsch, 1992; Sugiyanto, 1999). Keberadaan biomekanika dianggap sebagai salah satu cabang ilmu yang berkontribusi dalam kajian interdisiplin untuk menginvestigasi performa olahraga tingkat elit (Buekers et al., 2016), sebagai salah satu divisi dalam desain manajemen olahraga nasional (Yusuf, 2011) dan dinilai memberikan sumbangan terhadap pembinaan prestasi (Wicaksono, 2012). Sementara itu dari sumber daya manusia, ahli biomekanika disebut sebagai tenaga keolahragaan yang diakui oleh Undang Undang No. 3 Tahun 2005 tentang Sistem Keolahragaan Nasional bersama dengan pelatih, guru/dosen, wasit, juri, manajer, promotor, administrator, pemandu, penyuluh, instruktur, tenaga medis, ahli gizi, psikolog, dan tenaga lainnya (Pemerintah Re-

publik Indonesia, 2005).

Para ahli telah mencoba menjabarkan fungsi-fungsi biomekanika dalam olahraga. Namun secara substansial, fungsi biomekanika dalam olahraga hanya dua hal saja yaitu meningkatkan performa dan mengurangi risiko cedera (Bartlett & Bussey, 2012; Bartlett, 2007; Knudson, 2007a). Menariknya, kedua hal tersebut saling *incompatible*. Artinya tujuan satu dan lainnya saling tarik-menarik secara berlawanan. Biomekanika membantu para atlet, pelatih dan analis gerak untuk mencapai penampilan maksimal dengan risiko cedera yang minimal. Kedua pengetahuan substansial biomekanika olahraga ini dinilai perlu dikuasai oleh para pelatih dan analis gerak untuk membantu atlet-atletnya mencapai prestasi terbaik.

Dalam mendukung kebangkitan olahraga nasional melalui peningkatan pemahaman *sport science*, pengetahuan akan prinsip-prinsip biomekanika menjadi hal yang penting bagi para pelatih dan ahli biomekanika olahraga. Penelitian-penelitian aplikasi biomekanika olahraga di Indonesia telah dilakukan antara lain dengan menggunakan pendekatan mekanika (Adina, Saichudin, & Kinanti, 2017), pendekatan mekanika yang dipadukan dengan anatomi (Iskandar, 2013; Wijaya, 2017), analisis biomekanika melalui survey tes (Anam & Hidayah, 2014), survey dan analisis program komputer (Rismayanthi & Alim, 2011) serta analisis biomekanika dengan menekankan aspek umpan balik (Arifin, 2014). Kajian biomekanika olahraga banyak diwarnai penelitian-penelitian yang menggunakan pendekatan mekanika kuantitatif.

Pendekatan mekanika kuantitatif dinilai mampu memberikan data yang kaya dengan validitas dan reliabilitas pengukuran yang tinggi, namun pendekatan ini juga dinilai berpotensi kurang memberikan makna bagi pelatih atau atlet. Kelemahan ini yang disebut sebagai krisis kepercayaan diri dalam hasil penelitian biomekanika olahraga (Knudson, 2009, 2017). Pendekatan mekanika Newtonian diakui dapat membantu memahami beberapa aspek dalam gerak manusia. Namun hukum-hukum biomekanika di dalamnya dinilai sulit dipahami berdasarkan intuisi (*counterintuitive*) bagi banyak pelaku olahraga termasuk pelatih olahraga, dan bahkan mahasiswa yang mengambil kuliah biomekanika olahraga (Hsieh & Knudson, 2008; Knudson, 2007b). Selain itu muncul pertanyaan apakah data-data kuantitatif yang banyak tersebut relevan untuk mengetahui pola gerak yang diharapkan

(Knudson, 2007b). Pertanyaan senada mencuat berkaitan dengan variabilitas atau keragaman gerak (*movement variability*) sebagai sesuatu yang fungsional dalam penelitian biomekanika olahraga (Bartlett, Wheat, & Robins, 2007). Kondisi tersebut dinilai sebagai indikasi masih adanya celah antara teori dan aplikasi dalam *sport science*, khususnya biomekanika olahraga.

Para ilmuwan biomekanika olahraga sendiri telah lama memiliki ketertarikan untuk mengembangkan prinsip-prinsip biomekanika yang dapat memfasilitasi aplikasi kualitatif untuk meningkatkan performa dan mengurangi risiko cedera (Knudson, 2007b). Gagasan tersebut semakin mendapat perhatian sering dengan pemanfaatan analisis biomekanika kualitatif untuk aplikasi di lapangan (lihat misalnya Bartlett (2007); Chow dan Knudson (2011); McGinnis (2013). Seiring waktu, analisis biomekanika olahraga banyak menggunakan pendekatan yang bersifat kualitatif. Dengan kata lain, prinsip-prinsip biomekanika kualitatif berpotensi membantu pemahaman secara teori ketika dihadapkan pada kondisi di lapangan dan berperan sebagai jembatan antara teori dan aplikasi *sport science*.

Berdasarkan pemikiran-pemikiran tersebut, tulisan ini akan membahas prinsip-prinsip biomekanika kualitatif sebagai upaya menjembatani antara teori dan aplikasi dalam *sport science*, khususnya biomekanika olahraga. Pembahasan dimulai dengan pengantar pendek mengenai perbedaan antara pendekatan kuantitatif dan kualitatif dalam aplikasi biomekanika olahraga. Selanjutnya pembahasan akan dilanjutkan dengan memunculkan 'pola gerak' sebagai esensi analisis biomekanika dengan menunjukkan adanya pergeseran definisi dan cara pandang terhadap biomekanika olahraga ke arah kualitatif. Pada bagian berikutnya akan dibahas latar belakang dari upaya penyusunan prinsip-prinsip biomekanika kualitatif, ringkasan konsep mengenai prinsip-prinsip umum oleh Duane Knudson, salah seorang pakar biomekanika olahraga, yang dipandang mampu menjangkau penerapan biomekanika secara kualitatif, dan bagaimana gagasan tersebut dipandang sebagai upaya menerapkan *sport science* sehingga dapat memberikan informasi yang lebih bermakna kepada para penggunanya.

PEMBAHASAN

Pendekatan kuantitatif dan kualitatif dalam analisis biomekanika olahraga

Untuk melakukan analisis biomekanika dalam olahraga, ada dua jenis pendekatan yang biasa dilakukan, yaitu analisis kuantitatif dan analisis kualitatif. Pada pendekatan kuantitatif, gerakan dianalisis menggunakan seperangkat alat dengan kalkulasi tertentu seperti analisis gerak berbasis gambar menggunakan video, sistem pendeteksi gerak otomatis, elektromyografi, atau papan pangukur gaya/tekanan. Data-data kuantitatif kemudian dianalisis menggunakan statistik dan simulasi komputer untuk menganalisis pola gerakan. Sementara itu analisis kualitatif mengandalkan observasi oleh pelatih atau analis gerak baik secara langsung ataupun melalui rekaman video. Jika analisis kuantitatif pada umumnya dilakukan oleh peneliti untuk kepentingan riset, analisis kualitatif lebih umum dilakukan di lapangan oleh pelatih, fisioterapis, atau juri olahraga artistik. Secara umum perbedaan antara analisis kualitatif dan kuantitatif adalah: analisis kualitatif mendeskripsikan secara non-numerik dengan melihat gerakan sebagai pola, sedangkan kuantitatif mendeskripsikan gerakan secara numerik (Bartlett, 2007:36-37).

Perbedaan-perbedaan pada kedua pendekatan tersebut mengarah pada ekstremitas dalam memandang aplikasi biomekanika olahraga (Knudson, 2007b). Pada satu sisi ada pendekatan kualitatif berdasarkan *instant observation*, sementara di sisi lain terdapat pendekatan secara kuantitatif dengan pemodelan komputer atau simulasi. Analisis kuantitatif sering kali tampak lebih objektif karena adanya data-data yang dapat dilihat secara empirik. Pada analisis kuantitatif terkandung banyak sekali data dan informasi. Namun kemudian pertanyaannya, apakah semua data dan informasi tersebut relevan untuk mengetahui pola gerak yang diharapkan. Dari segi eksistensi, analisis kualitatif lebih mengakar kuat dalam pendekatan yang terstruktur dan multidisiplin dibandingkan analisis kuantitatif yang mengandalkan data tapi minim landasan teori (Bartlett, 2007:38). Pertentangan ini bahkan sampai pada persoalan legitimasi ilmiah yang dimiliki oleh kedua pendekatan tersebut.

Pendekatan kualitatif terlihat mengalami perkembangan yang signifikan. Pada aplikasi di lapangan, analisis kualitatif lebih berpotensi untuk dapat dikembangkan oleh para pelatih, guru, dan instruktur di tingkat *grass-roots* daripada pendekatan kuantitatif. Menurut Bartlett (2007: 39) hal tersebut memungkinkan karena beberapa keunggulan analisis kualitatif, seperti: (1) tidak membutuhkan pe-

ralatan yang mahal, (2) berbasis pada lapangan, bukan laboratorium, sehingga memiliki tingkat validitas ekologi yang lebih baik, (3) jika dikerjakan dengan baik, analisis kualitatif akan tampil sistematis karena berfokus pada pola bukan kuantitas data, (4) pola gerak lebih "bisa berbicara" dibandingkan angka-angka (*a picture is worth a thousand words*), serta (5) lebih ramah bagi para pelatih dan tidak mengintimidasi karena kompleksitas datanya. Namun demikian, pendekatan kualitatif kadang berhadapan dengan persoalan validitas dan reliabilitas yang diragukan dan sulit ditakar karena adanya bias subjektivitas analis. Hal ini dinilai sebagai kelemahan yang muncul akibat kurangnya data numerik, dan tingkat pengetahuan analis tentang gerak.

Analisis pola gerak tubuh sebagai esensi biomekanika olahraga

Pengertian biomekanika dapat digali dari kata-kata pembentuknya, yaitu bio dan mekanika. Kata bio berkaitan dengan kehidupan atau sistem biologi, sedangkan mekanika berhubungan dengan analisis gaya (*force*) dan dampaknya. Biomekanika dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari gaya dan efeknya pada sistem hidup atau ilmu tentang struktur dan fungsi sistem biologi dalam sudut pandang metode mekanika (McGinnis, 2013:3). Mekanika sendiri merupakan cabang dari fisika yang menaruh perhatian pada gerak dan bagaimana gaya menyebabkan gerak. Tidak mengherankan jika prinsip mekanika juga berlaku pada makhluk hidup di mana gerak merupakan ciri-ciri utamanya. Biomekanika dengan demikian menyediakan kerangka konseptual dan matematis yang dibutuhkan dalam memahami bagaimana suatu sistem biologi bergerak (Knudson, 2007a:3). Penekanan pada kata mekanika juga mengandung konsekuensi analisis biomekanika berhubungan erat dengan konsep dasar dan standar pengukuran dalam mekanika seperti panjang (dalam satuan meter), waktu (detik), dan massa (kilogram) (McGinnis, 2013:15).

Analisis biomekanika yang berorientasi pada hukum-hukum mekanika akan bertemu dengan istilah-istilah dalam gerak seperti kinematik dan kinetik. Subdivisi mekanika yang berkaitan dengan perpindahan (*displacement*), kecepatan dengan arah (*velocity*), dan percepatan (*acceleration*) disebut kinematik, sedangkan kinetik berkaitan dengan gaya yang menyebabkan gerak. Dalam konsep gerak yang disertai perpindahan terdapat dua jenis yaitu

gerak linear dan gerak angular. Gerak linear merupakan gerak pada lintasan baik lurus maupun melengkung tanpa disertai putaran (badan) dan seluruh badan bergerak dalam arah dan kecepatan yang sama. Sementara itu pada gerakan angular terdapat putaran pada salah satu sumbu imajeri (sagittal, frontal atau horisontal) ataupun sumbu nyata (Grimshaw, Lees, Fowler, & Burden, 2007:11-12). Berjalan, berlari dan loncat jauh adalah contoh gerak linear, sedangkan contoh untuk gerak angular misalnya meroda.

Dari pengertian-pengertian di atas, dapat dilihat jika pembentukan kajian biomekanika olahraga sangat bernuansa kuantitatif dengan penekanan pada hukum-hukum mekanika. Pada awal perkembangannya, studi biomekanika olahraga memang berasal dari peneliti/penulis berlatar belakang matematika, teknik atau fisika. Buku-buku teks biomekanika olahraga terdahulu menekankan pada aspek mekanika dan penekanan yang kuat pada analisis kuantitatif. Hal ini yang terus berlanjut seiring dengan perkembangan analisis biomekanika pada olahraga. Namun jika ditarik pada fungsi biomekanika olahraga, penggunaan definisi biomekanika yang berorientasi pada mekanika ini dinilai sering kurang memberikan pemahaman yang bermakna.

Sesuai dengan fungsi dasarnya, biomekanika olahraga membantu meningkatkan performa dan mengurangi risiko cedera atlet. Meningkatkan performa artinya meningkatkan efektivitas gerak. Gerak yang efektif melibatkan faktor anatomi, kapasitas fisiologi, keterampilan *neuromuscular* dan kemampuan psikologis/ kognitif. Perlu menjadi catatan, analisis biomekanika lebih berpengaruh pada jenis olahraga yang didominasi kemampuan teknik, dibandingkan olahraga yang mengandalkan keunggulan struktur fisik atau kapasitas fisiologi. Lari marathon adalah contoh yang bagus dalam hal ini. Faktor kemampuan fisiologis dan psikologis dalam lari maraton lebih dominan jika dibandingkan keterampilan teknik gerak, sehingga perbaikan teknik atau peningkatan efektivitas gerak hanya menyumbangkan sedikit perbaikan performa (Knudson, 2007a:5-7). Berbeda dengan lari *sprint* 100 meter, di mana analisis biomekanika olahraga memiliki porsi yang lebih besar terhadap efektivitas gerak pelari.

Sementara itu dalam hal pencegahan cedera dan keamanan dalam bergerak, para peneliti di bidang olahraga kesehatan telah membangun tradisi yang kuat dalam mempe-

lajari data cedera dan berusaha menjelaskan potensi penyebab cedera. Riset biomekanika olahraga membantu dalam pencegahan cedera dengan menyediakan informasi yang berhubungan dengan prinsip mekanika seperti besar tekanan, nilai gaya yang berpotensi menyebabkan cedera (Knudson, 2007a:9). Cabang olahraga senam merupakan contoh yang baik bagaimana biomekanika olahraga diterapkan. Pada gerakan-gerakan senam, berlaku hukum mekanika yang kompleks. Efek dari gaya yang terus-menerus merupakan penyebab *overuse injury* yang sering dialami para atlet. Teknik gerak, loncat atau mendarat yang tepat, dengan analisis biomekanika olahraga, membantu mengurangi resiko cedera tersebut (McGinnis, 2013:10).

Menyadari fungsinya tersebut, pendekatan analisis biomekanika pada olahraga, mulai mengalami perubahan. Kebutuhan praktis di lapangan telah mengubah cara pandang terhadap biomekanika olahraga. Para sarjana yang lulus dengan kompetensi biomekanika akan lebih memilih bekerja sebagai *movement analyst* atau *performance analyst* di organisasi olahraga dibandingkan melanjutkan di bidang penelitian. Mereka lebih banyak mengerjakan analisis kualitatif gerak, dibandingkan kuantitatif. Inilah yang membuat Bartlett (2007:xvii) mengajukan definisi yang "tidak konsisten" terhadap biomekanika olahraga, dari pernyataan sebelumnya, "*sports biomechanic uses the scientific methods of mechanics to study the effect of various forces on the sports performer*" menjadi "*the study and analysis of human movement patterns in sport*". Pengertian biomekanika olahraga yang menekankan pada penggunaan metode ilmiah dalam mekanika untuk mempelajari efek dari berbagai gaya pada atlet bergeser menjadi definisi dalam kalimat yang lebih sederhana yaitu kajian dan analisis pola gerak manusia dalam olahraga. Perubahan ini merupakan refleksi dari pengalamannya sebagai pengajar, peneliti dan konsultan di bidang biomekanika olahraga selama lebih dari 30 tahun.

Perubahan lain yang signifikan dalam perkembangan analisis biomekanika olahraga adalah pada pergeseran penggunaan istilah untuk menyebut ahli biomekanika, dari *sports biomechanist* ke *movement analyst* yang merefleksikan perubahan dari analisis kuantitatif ke kualitatif. Perubahan ini tidak serta merta menghilangkan analisis secara kuantitatif, namun untuk menjadi seorang *movement analyst* kuantitatif yang baik tidak bisa tanpa terlebih dahulu menjadi seorang *movement ana-*

lyst kualitatif (Bartlett, 2007:1-2). Untuk padanan dalam Bahasa Indonesia, *movement analyst* mungkin dapat diterjemahkan sebagai analisis gerak (*olahraga*). Analisis pola gerak tubuh manusia dalam aktivitas olahraga inilah yang kemudian dapat dianggap sebagai esensi biomekanika olahraga.

Prinsip-prinsip biomekanika kualitatif

Konsep-konsep dalam biomekanika olahraga diakui banyak diambil dari mekanika Newtonian. Pada dasarnya biomekanika berakar dari ilmu alam yang cenderung positivistik-kuantitatif. Penelitian berbasis mekanika kuantitatif mungkin memberi data yang kaya. Namun apakah data-data tersebut benar-benar bermakna dalam aplikasi di lapangan. Beberapa pihak pun berargumen jika mekanika Newtonian dan penelitian biomekanika mampu memberikan pengetahuan yang bermakna tentang bagaimana meningkatkan kualitas gerak manusia (Knudson, 2007b). Pertanyaannya kemudian adalah, kata “bagaimana” yang dimaksud berada dalam konteks seperti apa? Apakah aplikasi biomekanika olahraga di lapangan, gimnasium atau laboratorium yang masing-masing realitasnya berbeda? Lalu apa saja yang dapat dipertimbangkan sebagai pengetahuan biomekanika oleh pelatih? Isu lainnya, bagaimana pengalaman profesional pelatih berhadapan dengan riset biomekanika? Beberapa pertanyaan tersebut agaknya mendasari pandangan untuk menunjukkan legitimasi atas prinsip-prinsip biomekanika kualitatif dalam olahraga.

Pembahasan prinsip biomekanika kualitatif dinilai penting karena, pada kenyataannya, praktik analisis biomekanika kualitatif jamak dilakukan oleh para pelatih olahraga di lapangan. Analisis kualitatif bahkan dinilai sebagai metode utama untuk meningkatkan gerak manusia yang dilakukan oleh para profesional di bidang kinesiologi terhadap para kliennya (Knudson & Morrison, 2002:1). Analisis gerak dalam cabang olahraga menggunakan prinsip-prinsip biomekanika secara deskriptif eksploratif yang mendekati analisis kualitatif berpotensi memberikan evaluasi dan umpan balik terhadap performa atlet (lihat misalnya Widiyanto dan Hariono (2014)).

Perubahan yang terjadi dalam biomekanika olahraga, terutama kebutuhan praktis di lapangan, ikut mengubah cara pandang terhadap biomekanika olahraga. Para pelatih, guru pendidikan jasmani, dan analis biomekanika di lapangan pun lebih banyak mengerjakan ana-

lisis kualitatif gerak, dibandingkan analisis kuantitatif. Perubahan ini menurut Bartlett (2007: xvii), seperti telah disampaikan sebelumnya, berdampak pada perubahan istilah dari *sports biomechanist* menjadi *movement analyst*, suatu perubahan dari istilah yang bernuansa kuantitatif ke kualitatif.

Analisis kualitatif merupakan salah satu aktivitas profesional yang paling penting yang perlu dikuasai oleh para pelatih. Analisis kualitatif dapat didefinisikan sebagai observasi sistematis dan penilaian introspektif atas kualitas gerak manusia dengan tujuan memberikan intervensi yang paling sesuai untuk meningkatkan performa (Knudson & Morrison, 2002:4). Penjelasan ini dinilai lebih bermakna bagi aplikasi di lapangan tanpa kehilangan landasar ilmiah yang memadai. Penelitian kuantitatif pada atlet elit biasanya juga diimplementasikan dengan kualitatif sebagai bahan untuk memberikan umpan balik kepada atlet. Jika ditarik pada aplikasi di lapangan, beberapa penelitian biomekanika olahraga dengan pendekatan mekanika dan analisis data dilengkapi juga dengan kisi-kisi yang bersifat kualitatif (misalnya pada Kurniawan (2015)). Analisis biomekanika kualitatif tidak hanya digunakan dalam olahraga prestasi, prinsip-prinsip biomekanika kualitatif juga sering dijumpai pada aktivitas olahraga dalam konteks pendidikan (lihat misalnya Sunaryadi (2010)).

Upaya menyusun prinsip-prinsip biomekanika kualitatif merupakan respon dari masalah-masalah yang disebut sebagai “*biomechanical application chaos*”. Di antara komunitas pelatih dengan para ahli biomekanika sering terjadi kebingungan mengenai apa yang dimaksud dengan “aplikasi” yang bermakna dalam biomekanika olahraga. Hal ini dalam pandangan Knudson (2007b) disebabkan oleh: pertama, usia ilmu biomekanika olahraga yang relatif masih muda. Kondisi ini berakibat pada masih sedikitnya penelitian biomekanika sehingga sedikit pula artikel *review* atau metaanalisis di bidang biomekanika olahraga. Pada umumnya para pelatih kesulitan mengakses penelitian asli, sehingga *review* yang berwibawa (*authoritative*) sangat dibutuhkan untuk memahami dan mengaplikasikan biomekanika pada olahraga. Selain itu alokasi dana riset juga menjadi isu yang berkaitan erat karena biomekanika olahraga belum menjadi prioritas. Dalam kebijakan olahraga di negara berkembang misalnya, daripada untuk penelitian biomekanika, anggaran pemerintah lebih diprioritaskan untuk peningkatan gizi atlet, perbaikan

sarana olahraga atau pengadaan fasilitas dasar untuk latihan. Hal ini bisa dimaklumi, apalagi penelitian biomekanika olahraga membutuhkan instrumen yang tidak murah. Akibat dari sedikitnya penelitian, berarti sedikit pula bukti ilmiah yang bisa disajikan.

Kedua, hukum-hukum mekanika Newton dianggap berlawanan dengan intuisi (*counterintuitive*) dan sulit dipelajari. Sebenarnya kesulitan dalam mempelajari biomekanika olahraga tidak hanya dialami kalangan umum. Mahasiswa kinesiology atau ilmu keolahragaan yang mengambil mata kuliah biomekanika pun mengalaminya. Hambatan yang mereka hadapi mengarah pada isu tentang konsep mekanika yang kompleks (Hsieh & Knudson, 2017; Knudson, 2013). Persepsi atas kepercayaan diri mahasiswa merupakan faktor yang dinilai paling penting dalam memahami konsep biomekanika yang paling kompleks dan sulit. Intuisi diakui berperan dalam memahami analisis biomekanika yang bermakna.

Ketiga, terminologi dalam biomekanika olahraga yang dinilai tidak konsisten. Para pelatih kadang menggunakan istilah pribadi yang berbeda dengan teori atau prinsip biomekanika olahraga. Hal ini sangat mudah ditemui, apalagi jika ditambahkan faktor perbedaan budaya dan bahasa. Untuk membedakan gerakan olahraga dalam analisis biomekanika olahraga dengan gerakan lainnya, dibutuhkan terminologi ilmiah yang memadai (Bartlett, 2007: 3-4). Keempat, Tidak adanya konsensus atas apa yang sebenarnya dimaksud dengan "aplikasi biomekanika yang bermakna". Ini yang menjadi bagian yang secara gamblang melandasi pembahasan aplikasi kualitatif biomekanika pada olahraga. Dalam beberapa kasus, buku-buku biomekanika lebih seperti buku fisika yang menggunakan olahraga sebagai ilustrasi contoh sehingga kurang memberikan wawasan yang bermakna bagi pelatih.

Setelah memaparkan apa yang disebutkan sebagai kekacauan dalam penerapan biomekanika pada olahraga, Knudson (2007b) kemudian mengajukan sebuah tatanan prinsip umum (*order from chaos*) dari aplikasi biomekanika. Tabel 1 menunjukkan sebuah ringkasan konsep mengenai prinsip-prinsip umum yang dipandang mampu menjangkau penerapan biomekanika secara kualitatif. Ringkasan ini dimaksudkan untuk merangsang diskusi lebih lanjut mengenai prinsip-prinsip yang bisa digunakan sebagai kerangka teori untuk mengajarkan dan menerapkan biomekanika kualitatif pada olahraga.

Perbandingan yang diajukan oleh ketiga pakar biomekanika olahraga Amerika Utara pada tabel 1 menunjukkan suatu kelompok kategori dalam gerak. Di sana dapat dilihat bahwa Bob Norman mengajukan hipotesis sepuluh prinsip biomekanika olahraga yang dinilai bisa digunakan untuk memfasilitasi pembelajaran dan pelatihan. Prinsip-prinsip yang diajukannya berfokus pada penyebab kesalahan dan dinamika gerak manusia dibandingkan posisi tubuh tertentu (*discrete*) yang kurang bermakna. Tujuh prinsip pertama, menurutnya, dapat dijadikan pijakan awal bagi para pelatih sementara tiga prinsip terakhir lebih berkaitan dengan kasus-kasus khusus. Selanjutnya Jackie Hudson juga mengajukan sepuluh prinsip-prinsip umum konsep kinematika yang benar-benar mendasar. Menurutnya prinsip-prinsip biomekanika olahraga harus dapat dilihat secara visual oleh pelatih dan atlet agar dapat benar-benar berguna dalam meningkatkan performa. Hal yang menarik dari prinsip-prinsip yang diajukannya adalah menghindari terminologi yang terdengar sangat ilmiah dan teknis sehingga prinsip-prinsip biomekanika dapat lebih mudah dikomunikasikan dan digunakan. Usaha mendefinisikan prinsip-prinsip umum biomekanika olahraga kemudian dilakukan oleh Duane Knudson. Sembilan prinsip yang diajukannya serupa dengan upaya-upaya sebelumnya, tetapi ia menyusunnya dengan cara mengorganisasikan menjadi prinsip gerakan tubuh dan prinsip-prinsip gerak proyeksi. Seperti upaya yang dilakukan oleh Hudson, Knudson mencoba menggunakan terminologi yang menjembatani kesenjangan antara sains (teori) dan pelatihan (aplikasi) di lapangan melalui istilah-istilah yang lebih populer.

Terminologi yang "kacau" terlihat dalam bentuk ketidakkonsistenan penggunaan terminologi antara satu ilmuwan dengan ilmuwan biomekanika olahraga lainnya. Pada tabel ini terlihat perbedaan dalam penggunaan terminologi untuk konsep yang relatif sama antara satu ilmuwan dengan ilmuwan biomekanika lainnya. Di tempat lain, para pelatih kadang menggunakan istilah pribadi yang berbeda dengan teori atau prinsip biomekanika. Teori biomekanika tampaknya masih menggunakan istilah yang beragam untuk konsep yang sama. Melalui tiga teori aplikasi kualitatif biomekanika, Knudson dengan jelas menunjukkan arah yang mungkin bisa dituju oleh teori yang berkaitan dengan aplikasi kualitatif biomekanika pada olahraga, yaitu bagaimana prinsip umum

Tabel 1. Perbandingan prinsip umum biomekanika oleh tiga ahli biomekanika olahraga. Sumber: Knudson (2007b).

Knudson (2003)	Hudson (1995)	Norman (1975)
Movement principles	Balance	Stability
Balance	Coordination	Continuity of joint free
Coordination continuum		Combined influence of force and its application time
Force - motion		
Force - time	Compactness	Direction of force application
Inertia	Range of motion	Summation of joint free
Range of motion	Nature of segments	Summation of body segment velocities
Segmental interaction	Number of segments	Production of angular momentum
Projectile principles	Path of projection	Conservation of momentum (linear & angular)
Optimal projection	Spin	Manipulation of weight distribution
Spin	Speed of motion	Manipulation of segment angular momentum
	Extension at release	

biomekanika dapat dipahami substansinya oleh para pelatih olahraga. Substansi inilah yang menjadi inti aplikasi kualitatif biomekanika pada olahraga.

Harus diakui, kesenjangan antara teori dan praktik dalam kepelatihan (*coaching*) masih terjadi. Kesenjangan ini tidak terlepas dari kontribusi kedua pihak baik akademisi maupun praktisi. Para akademisi dinilai melihat pengembangan teori lebih penting daripada peningkatan praktis di lapangan. Sebaliknya, terdapat praktisi dan pelatih yang cenderung bersikap anti-intelektual dengan menolak pengembangan teori yang dinilai tidak relevan dengan aktivitas latihan keseharian (Jones, 2011:7). Kesenjangan ini menciptakan ironi di mana *sport science* yang merupakan ilmu terapan justru terkendala dalam aplikasinya sehingga masih ditemui adanya hasil riset yang tidak cukup sukses ketika diaplikasikan di lapangan (Kristiyanto, 2017). Penyusunan prinsip-prinsip umum yang dipandang mampu menjangkau penerapan biomekanika kualitatif dapat dilihat sebagai upaya dari pihak akademisi untuk menjembatani kesenjangan tersebut.

Dari segi keilmuan, upaya menyusun prinsip-prinsip umum biomekanika kualitatif sejalan dengan aplikasi *sport science*. Dalam suatu diskusi mengenai konsep kunci *sport science*, David Bishop, seorang Associate Professor di Facolta di Scienze Motorie di Verona Italia, berpendapat jika *sport science* merupakan area keilmuan yang multidisiplin yang menaruh perhatian pada pemahaman dan peningkatan performa olahraga. Biomekanika

merupakan salah satu area multidisiplin yang dimaksud. Dari segi ini aplikasi biomekanika olahraga tidak diragukan lagi sebagai penerapan *sport science*. Pendapatnya yang lain adalah mengenai *sport science* yang berkaitan dengan menggunakan bukti-bukti terbaik yang tersedia pada waktu, lingkungan dan individu yang tepat untuk meningkatkan performa mereka. Selanjutnya *sport science* mengandalkan upaya yang dapat mengubah riset menjadi praktik keseharian (Haff, 2010). Hal ini tentu sangat sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dengan menetapkan prinsip-prinsip umum biomekanika kualitatif dalam olahraga. Meskipun sering terhadang persoalan validitas dan reliabilitas, prinsip-prinsip umum biomekanika olahraga kualitatif kiranya dapat diterima sebagai suatu upaya dalam menerapkan *sport science* melalui perannya sebagai penghubung antara teori dan aplikasi di lapangan.

Sebagai catatan, dalam mengembangkan prinsip-prinsip biomekanika kualitatif dibutuhkan kesepakatan yang jelas antara ilmuwan biomekanika dan komunitas pelatih mengenai apa yang dimaksud dengan aplikasi konsep atau prinsip-prinsip biomekanika. Belum terjadinya kesepakatan yang bulat berhubungan erat dengan hambatan penerapan prinsip umum biomekanika pada olahraga secara kualitatif. Sesuai saran Knudson (2007b), para ilmuwan biomekanika hendaknya bekerja bersama menjaga konsistensi terminologi literatur biomekanika terapan. Pada tingkat internasional upaya ini mungkin akan menghadapi banyak kendala, namun pada tingkat nasional para tenaga biomekanika dan pelatih

dapat mengembangkan suatu prinsip-prinsip umum biomekanika kualitatif olahraga untuk digunakan di negara masing-masing. Melalui langkah ini, analisis biomekanika diharapkan dapat lebih memberikan informasi yang lebih berarti.

SIMPULAN

Setiap pelatih olahraga tentu ingin membantu para atletnya meraih hasil terbaik. Mereka dituntut dapat meningkatkan keterampilan gerak sekaligus mengurangi risiko cedera yang mungkin dialami atletnya. Untuk mencapai tujuan tersebut, para pelatih dapat memanfaatkan bantuan analisis biomekanika olahraga. Dalam hal ini, prinsip dan penelitian biomekanika olahraga seharusnya menjadi sumber pengetahuan utama bagi pelatih dalam melakukan analisis gerak olahraga. Pada mulanya analisis biomekanika olahraga sangat diwarnai oleh pendekatan kuantitatif melalui matematika dan fisika. Seiring waktu, pendekatan biomekanika kualitatif semakin mengakar dan berkembang sehingga menjadi bagian penting dalam menganalisis gerak dan memberikan masukan kepada atlet. Prinsip-prinsip biomekanika kualitatif pun dinilai dapat menjembatani antara teori dan aplikasi guna mendapatkan analisis biomekanika olahraga yang lebih bermakna. Dalam hal ini penyusunan kerangka prinsip-prinsip biomekanika kualitatif dalam olahraga dapat disebut sebagai penerapan *sport science*. Upaya ini tentunya selaras dengan penerapan *sport science* sebagai semangat yang dibawa dari kebangkitan olahraga nasional, khususnya setelah Asian Games 2018.

UCAPAN TERIMAKASIH

Naskah ini merupakan pengembangan dari makalah perkuliahan pada Program Studi Ilmu Keolahragaan Pascasarjana Universitas Negeri Yogyakarta. Hysa Ardiyanto mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan pada studinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adina, F. F., Saichudin, S., & Kinanti, R. G. (2017). Analisis gerak jump shoot terhadap tingkat keberhasilan point di tim bola basket unit kegiatan mahasiswa. *Jurnal Sport Science*, 7(1), 15–25.
- Anam, A. K., & Hidayah, T. (2014). Analisis gerak tendangan depan pada ekstrakurikuler pencak silat. *Journal of Sport Sciences and Fitness*, 3(3), 19–24.
- Arifin, Z. (2014). Analisis gerakan servis atas dalam permainan sepak takraw berdasarkan konsep biomekanika. *Jurnal Pendidikan Olahraga*, 3(1), 94–103.
- Bartlett, R. (2007). *Introduction to sports biomechanics: analysing human movement patterns* (2nd ed.). Abingdon: Routledge.
- Bartlett, R., & Bussey, M. (2012). *Sports biomechanics* (2nd ed.). London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203867716>
- Bartlett, R., Wheat, J., & Robins, M. (2007). Is movement variability important for sports biomechanists? *Sports Biomechanics*, 6(2), 224–243. <https://doi.org/10.1080/14763140701322994>
- Buekers, M., Ibáñez-Gijón, J., Morice, A. H. P., Rao, G., Masclet, N., Laurin, J., & Montagne, G. (2016). Interdisciplinary research: a promising approach to investigate elite performance in sports. *Quest*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/00336297.2016.1152982>
- Chow, J. W., & Knudson, D. V. (2011). Use of deterministic models in sports and exercise biomechanics research. *Sports Biomechanics*, 10(3), 219–233. <https://doi.org/10.1080/14763141.2011.592212>
- Grimshaw, P., Lees, A., Fowler, N., & Burden, A. (2007). *Sport and exercise biomechanics*. Taylor & Francis eLibrary.
- Haag, H., Grupe, O., & Kirsch, A. (1992). Introduction. In H. Haag, O. Grupe, & A. Kirsch (Eds.), *Sport science in Germany an interdisciplinary anthology* (pp. 1–6). Berlin: Springer.
- Haff, G. G. (2010). Sport science. *Strength and Conditioning Journal*, 32(2), 33–45. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181d59c74>
- Hsieh, C., & Knudson, D. (2008). Student factors related to learning in biomechanics. *Sports Biomechanics*, 7(3), 398–402. <https://doi.org/10.1080/14763140802233207>
- Hsieh, C., & Knudson, D. (2017). Important learning factors in high- and low-achieving students in undergraduate biomechanics. *Sports Biomechanics*, 1–10. <https://doi.org/10.1080/14763141.2017.1347194>
- Irianto, D. P. (2018, September 4). Kebangkitan olahraga. *Kedaulatan Rakyat*, p. 1.
- Iskandar, I. (2013). Analisis gerakan passing bawah dalam permainan bola voli berdasarkan konsep biomekanika. *Jurnal Pendidikan Olah Raga*, 2(2), 150–162.
- Jones, R. L. (2011). Introduction. In R. L. Jones, P. Potrac, C. Cushion, & L. T. Ronglan (Eds.), *The sociology of sports coaching* (pp. 3–11). Taylor & Francis eLibrary.
- Knudson, D. (2007a). *Fundamentals of biomechanics* (2nd ed.). New York: Springer.
- Knudson, D. (2007b). Qualitative biomechanical principles for application in coaching. *Sports Biomechanics*, 6(1), 109–118. <https://doi.org/10.1080/14763140601062567>
- Knudson, D. (2009). Significant and meaningful effects in sports biomechanics research. *Sports Biomechanics*, 8(1), 96–104. <https://doi.org/10.1080/14763140802629966>
- Knudson, D. (2013). Physics and biomechanics education research: Improving learning of biomechanical concepts. *Proceedings of the 31st International Conference of the International Society of Biomechanics in Sports*, 77–76.
- Knudson, D. (2017). Confidence crisis of results in biomechanics research. *Sports Biomechanics*, 1–9. <https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1246603>
- Knudson, D., & Morrison, C. (2002). *Qualitative analysis of*

- human movement* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kristiyanto, A. (2017, July 6). Kebangkitan ristik olahraga. *Solopos*, p. 4. Retrieved from <https://epaper.solopos.com/06072017-2/0004-904/>
- Kurniawan, F. (2015). Analisis secara biomekanika terhadap kekerapan kesalahan pada teknik gerak se-rang dalam pertandingan anggar. *Jurnal Olahraga Prestasi*, 11(1), 73–90.
- McGinnis, P. M. (2013). *Biomechanics of sport and exercise* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics. Retrieved from http://books.google.co.uk/books/about/Biomechanics_of_Sport_and_Exercise.html?id=awmprqGqFo4C&pgis=1
- Pemerintah Republik Indonesia. (2005). Undang-Undang Republik Indonesia nomor 3 tahun 2005 tentang sistem keolahragaan nasional.
- Rismayanthi, C., & Alim, A. (2011). Analisis biomekanik teknik servis pada atlet senior DIY. *Jurnal Penelitian Saintek*, 16(1), 73–86.
- Sugiyanto, S. (1999). Dimensi kajian ilmu keolahragaan. *Sport Science*, 1(1), 1–9.
- Sunaryadi, Y. (2010). Aplikasi biomekanika dalam pendidikan jasmani. *Jurnal Pendidikan Jasmani Dan Olahraga*, 2(1), 32–39.
- Wicaksono, D. (2012). Sumbangan ilmu penunjang olahraga terhadap pembinaan olahraga prestasi. *Jurnal Olahraga Prestasi*, 8(2), 91–101. Retrieved from <https://journal.uny.ac.id/index.php/jorpres/article/view/10296>
- Widiyanto, W., & Hariono, A. (2014). Analisis gerak teknik tendangan depan atlet pencak silat PPLM DIY (sebuah kajian biomekanika olahraga). In S. Sukadiyanto & S. Suharjana (Eds.), *Seminar Nasional Olahraga* (pp. 26–44). Yogyakarta. Retrieved from <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/penelitian/awan-hariono-mor/analisis-gerak-teknik-tendangan-depan-atlet-pencak-silat-pplm-diy-sebuah-kajian-biomekanika-olahraga.pdf>
- Wijaya, A. (2017). Analisis gerak keterampilan servis dalam permainan bulutangkis (suatu tinjauan anatomi, fisiologi, dan biomekanika). *Indonesia Performance Journal*, 1(2), 106–111. Retrieved from <http://journal2.um.ac.id/index.php/jko/article/download/2466/1486>
- Yusuf, M. (2011). Mencermati manajemen pembangunan olahraga nasional. *Jurnal Ilmiah Spirit*, 11(1), 12–24. Retrieved from <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=57505&val=1412>