

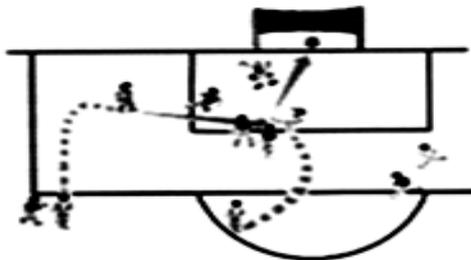
# BAB 1

## Fisika dalam Olahraga

### 1.1 Sepak Bola

“Gool...!”

Suara teriakan histeris terdengar di menit ke-30 pertandingan pertama Piala Dunia 2002 di Seoul antara Senegal dan Perancis. Pape Bouba Diop, pemain depan Senegal secara mengagumkan dapat memanfaatkan umpan dari El Hadji Diouf. Bola yang datang begitu cepat, disonteknya sehingga penjaga gawang Perancis, Fabien Barthez tidak mampu menahan bola tersebut dan terjadilah gol pertama dalam Piala Dunia ini (gambar 1.a).



Gambar 1.(a) Gol yang Dicetak Diop dalam Piala Dunia 2002  
(sumber gambar: Fisika untuk Semua, 2004)

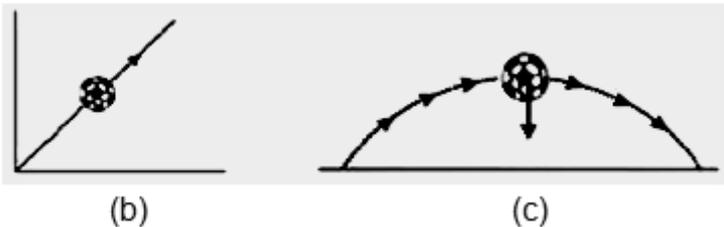
Saat Diop menciptakan gol ini, mungkin ia tidak berpikir tentang fisika. Namun apa yang ia lakukan erat sekali hubungannya dengan fisika. Sebut saja ketika Diop menendang bola ke gawang, ia harus mengarahkan bola dengan kecepatan dan sudut elevasi tertentu. Kecepatan dan sudut elevasi yang terlalu besar, menyebabkan gravitasi bumi tidak mempunyai cukup waktu untuk membawa bola turun sehingga bola akan melewati mistar. Sebaliknya, jika sudut elevasi dan kecepatan terlalu kecil, gravitasi bumi akan membuat bola jatuh di depan gawang. Seorang pemain sepak bola profesional adalah seperti seorang ahli fisika, ia harus mampu mengukur dengan tepat berapa besar gaya yang harus diberikan dan ke mana arah bola harus ditendang agar bola dapat masuk gawang dengan cukup keras dan akurat.

Sepak bola adalah permainan fisika. Dengan mengerti fisika kita bisa lebih menikmati permainan sepak bola, kita dapat mengerti dan tahu mengapa gerakan bola berbentuk parabola, bagaimana terjadinya tendangan pisang, mengapa penjaga gawang sulit menahan tendangan pinalti, bagaimana orang menyundul bola dengan lebih efektif dan masih banyak lagi. Seorang pemain profesional yang diperlengkapi dengan ilmu fisika akan dapat memperbaiki *skill* dan kemampuannya.

### ***Gerakan Parabola***

Pelajar SMA tahu betul tentang gerakan parabola ini. Ketika bola ditendang dengan sudut elevasi tertentu, bola akan bergerak melengkung seperti sebuah parabola. Gerakan ini disebabkan karena adanya gravitasi bumi. Tanpa gravitasi bumi gerakan bola akan lurus ke atas (gambar 1.b). Gravitasi bumi menarik bola ke bawah sehingga kecepatan vertikalnya makin berkurang dan berkurang. Ketika mencapai

titik tertinggi kecepatan vertikalnya nol. Selanjutnya gravitasi akan membuat bola bergerak ke bawah dipercepat (gambar 1.c). Bentuk parabola, tergantung pada kecepatan dan sudut elevasi yang diberikan. Untuk menendang bola sejauh mungkin, pemain sepak bola harus menendang bola dengan sudut elevasi  $45^\circ$ .

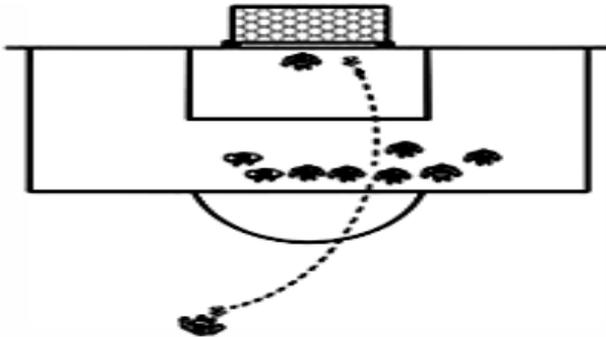


Gambar 1 (b) Gerakan bola lurus jika tanpa gravitasi  
(c) Gerakan bola berbentuk parabola karena pengaruh gravitasi  
(sumber gambar: *Fisika untuk Semua*, 2004)

### ***Tendangan Pisang***

Tahun 70-an Pele terkenal dengan tendangan pisangnya. Tahun 1998 gantian Roberto Carlos dipuja-puja karena tendangan pisangnya. Kemudian David Beckham juga terkenal karena mampu mengecoh para penjaga gawang dengan tendangan pisangnya. Kita tentu masih ingat gol manis David Beckham yang meloloskan Inggris ke Piala Dunia. Saat itu Beckham mengambil eksekusi tendangan bebas yang dilakukan sekitar 30 meter di depan gawang. Di depan dia berdiri, pasukan Yunani membentuk pagar betis. Dengan tenang Beckham menendang bola, dan bola bergerak dengan kecepatan sekitar 128 km/jam, melambung sekitar 1 meter melewati kepala para pagar betis itu dan secara tiba-tiba bola membelok serta masuk ke gawang Yunani (gambar

1.d). Tebakan menggemuruh menyambut gol yang sangat spektakuler ini. Bagaimana David Beckham melakukan ini?

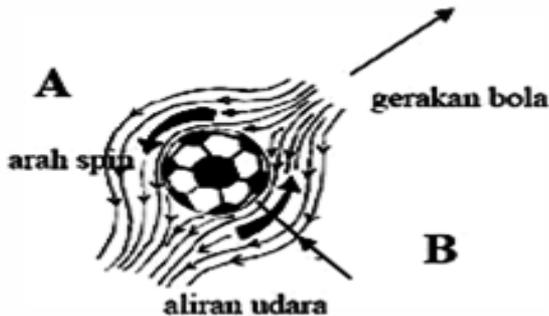


Gambar 1.(d) Tendangan pisang David Beckham  
(sumber gambar: *Fisika untuk Semua*, 2004)

Seorang pengamat sepak bola Keith Hanna mengatakan bahwa Beckham melakukan ini karena otaknya yang genius dapat memproses perhitungan fisika yang kompleks secara cepat sekali, "*The man can carry out a multi-variable physics calculation in his heat to compute the exact kick trajectory required, and then execute it perfectly. That is why the man is a football physics genius.*" Peneliti lain dari Universitas Sheffield, Inggris mengatakan hal yang sama. "*...Beckham was applying some very sophisticated psych.*" Tendangan melengkung atau tendangan pisang yang dilakukan oleh David Beckham sudah sejak lama menjadi perhatian para peneliti. Bahkan hingga kini pun peneliti dari Jepang dan Inggris masih terus menganalisis tendangan aneh ini.

Gustav Magnus tahun 1852 pernah meneliti kasus sebuah bola yang bergerak sambil berputar. Anggap

suatu bola bergerak sambil berputar (*spin*). Gerakan bola menyebabkan adanya aliran udara di sekitar bola. Anggap sumbu putaran bola tegak lurus arah aliran udara (gambar 1.e). Akibat adanya rotasi bola, maka aliran udara pada sisi bola yang bergerak searah dengan arah aliran udara (A) relatif lebih cepat dibandingkan aliran udara pada sisi bola yang bergerak berlawanan arah dengan aliran udara (B). Menurut Bernaulli semakin cepat udara mengalir, semakin kecil tekanannya. Akibatnya tekanan di B lebih besar dibandingkan tekanan di A. Perbedaan tekanan ini akan menimbulkan gaya yang menekan bola untuk membelok ke arah BA. Membeloknya bola ini akibat adanya perbedaan tekanan sering disebut *efek magnus* untuk menghormati Gustav Magnus.



Gambar 1.(e) Timbulnya efek magnus pada gerakan bola  
(sumber gambar: *Fisika untuk Semua*, 2004)

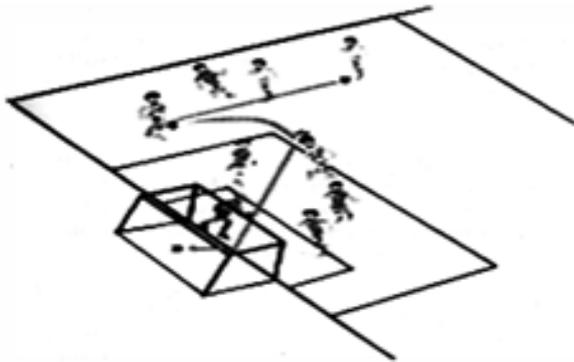
Efek magnus maksimum jika sumbu putar bola tegak lurus dengan arah aliran udara. Efek ini mengecil ketika arah sumbu putar makin mendekati arah aliran udara dan menjadi nol ketika arah sumbu putar sejajar dengan arah aliran udara. Pada tendangan bebas (*free kick*), bola yang bergerak dengan

kecepatan 110 km/jam dan berotasi dengan 10 putaran tiap detiknya, dapat menyimpang lebih dari 4 meter, cukup membuat penjaga gawang kebingungan. Jika kita perhatikan lebih jauh lagi, yang membuat tendangan Beckham lebih spektakuler adalah efek lengkungan tajam di dekat akhir lintasan bola. Lengkuhan tajam yang tiba-tiba inilah yang membuat kiper-kiper terperangah karena bola berbelok begitu cepat dengan tiba-tiba. Apa yang menyebabkan ini? Peneliti dari Inggris, Peter Beavman mengatakan bahwa efek magnus akan mengecil jika kecepatan gerak bola terlalu besar atau rotasinya lebih lambat. Jadi untuk mendapat efek magnus yang besar, seorang harus membuat bola berputar sangat cepat tetapi kecepatannya tidak boleh terlalu cepat. Ketika Beckham menendang bola secara keras dengan sisi sepatunya sehingga bola dapat berotasi cepat sekali, bola melambung dan mulai membelok akibat adanya efek magnus. Gesekan bola dengan udara akan memperlambat gerakan bola (kecepatan bola berkurang). Jika rotasi bola tidak banyak berubah, maka pengurangan kecepatan dapat menyebabkan efek magnus bertambah besar, akibatnya bola melengkung lebih tajam, masuk gawang, membuat penonton terpesona dan berdecak kagum.

### ***Menyundul***

Menyundul merupakan bagian penting dalam permainan sepak bola. Banyak gol yang diciptakan melalui sundulan kepala. Pada pertandingan pertamanya di Piala Dunia 2002, Jerman mencukur gundul Arab Saudi 8–0. Hebatnya, 3 gol Jerman ini dihasilkan melalui sundulan kepala Miroslav Klose (*hat-trick* pertama dalam Piala Dunia 2002). Sundulan kepala juga telah menyelamatkan Inggris

dari kekalahannya. Menyundul tidak sesederhana yang orang bayangkan. Di sini beberapa konsep fisika memegang peranan penting. Seorang dapat menyundul bola dan mengarahkan pada sasaran membutuhkan akurasi, daya, dan pemanfaatan waktu yang baik, karena ini melibatkan kecepatan dari bola yang datang dan koordinasi dari kepala dan badan. Gambar 1.(f) menggambarkan bagaimana Klose menaklukkan penjaga gawang Arab Saudi melalui sundulannya.



Gambar 1. (f) Gol sundulan yang diciptakan Klose dalam Piala Dunia 2002  
(sumber gambar: *Fisika untuk Semua*, 2004)

Kalau dilihat bagaimana Klose menyundul dan mengarahkan bola, kemungkinan Klose tahu tentang hukum pemantulan (sudut datang bola sama besar dengan sudut pantulnya). Otak Klose bekerja cepat memperkirakan berapa besar gaya yang harus diberikan kepalanya pada bola dan ke mana arahnya agar bola dapat mengecoh kiper Al Daeyea.

Ada 2 posisi menyundul bola: 1) di tempat (berdiri atau melompat vertikal), 2) berlari sambil melompat menyambut bola. Pada posisi 2, bola akan bergerak lebih cepat karena

dalam hal ini bola mendapat tambahan momentum akibat gerakan pemain. Besarnya momentum yang diterima oleh bola sangat tergantung pada keelastisan bola dan kekuatan otot tulang belakang ketika pemain menyundul bola. Untuk membuat sundulan sekuat mungkin, kepala harus ditarik ke belakang sebanyak mungkin (badan melengkung), paha ditarik ke belakang dan lutut bengkok (gambar 1.g). Pada posisi ini terjadi keseimbangan aksi-reaksi, pemain tidak terpelanting atau terputar dan kepala siap memberikan sundulan kuat ke bola. Saat bola menyentuh kepala, tubuh harus setegar mungkin agar lebih banyak energi dapat diberikan ke bola (gerakan otot dan urat yang tidak perlu akan menyerap energi pemain dan dapat mengurangi energi yang diberikan pada bola).



Gambar 1.(g) Posisi badan ketika melakukan sundulan  
(sumber gambar: *Fisika untuk Semua*, 2004)

Waktu sentuh kepala dengan bola (23 milidetik) yang relatif lebih lama dibandingkan waktu sentuh kaki ketika pemain menendang bola (8 detik), memungkinkan pemain untuk mengarahkan bola secara akurat ke arah yang diinginkan. Orang botak biasanya sering mendapat

keuntungan dalam menyundul bola (rambut gondrong akan menyerap sebagian energi bola sehingga bola yang terpantul akan berkurang kecepatannya). Tetapi bukan berarti orang gondrong tidak bisa menyundul bola dengan keras. Gol pertama Argentina diciptakan dari sundulan kepala Gabriel Batistuta atau Batigol yang gondrong itu.

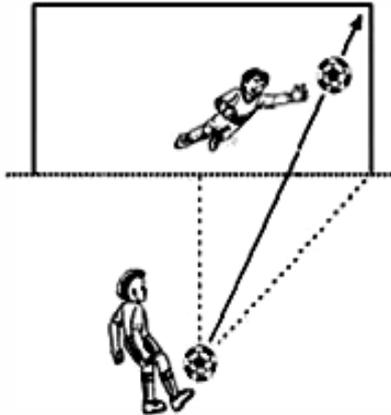
### ***Tendangan Pinalti***

Kemenangan Brazil atas Turki pada pertandingan pertamanya di Piala Dunia 2002 ditentukan oleh eksekusi tendangan pinalti yang dilakukan pada jarak 11 m dari gawang. Rivaldo tidak menyalahkan kesempatan ini, ia menyontek ke sebelah kiri gawang yang dijaga oleh Rustu Recber dan terjadilah gol.

Tendangan pinalti yang ditembakkan ke ujung-ujung gawang biasanya jarang gagal. Seorang pemain sepak bola profesional dapat menendang bola dengan kecepatan sekitar 30 meter per detik (108 km/jam). Untuk mencapai ujung kanan atas dibutuhkan waktu 0,45 detik sedangkan untuk ujung kanan bawah 0,38 detik.

Menurut perhitungan Sam Williamson, seorang fisikawan yang bekerja di Center for Neural Science New York, waktu reaksi terbaik dari seorang penjaga gawang adalah 0,26 detik. Untuk bergerak menangkap bola, sang penjaga gawang membutuhkan waktu tambahan untuk pengiriman sinyal dari otak ke otot. Itu sebabnya sukar bagi penjaga gawang untuk menangkap bola yang bergerak cepat itu. Untuk melatih reaksi yang cepat dan tepat dibutuhkan latihan yang panjang dan pengalaman yang cukup. Itu sebabnya para kiper atau penjaga gawang dalam piala dunia ini rata-rata lebih tua dibandingkan pemain lainnya.

Tendangan pinalti berbeda dengan tendangan bebas. Pada tendangan pinalti bola tidak perlu ditendang terlalu keras. Yang penting adalah berusaha memasukkan bola ke pojok-pojok gawang atau mengecoh penjaga gawang (gambar 1.h).



Gambar 1.(h) Tendangan pinalti  
(sumber gambar: *Fisika untuk Semua*, 2004)

Memang menendang bola ke pojok-pojok gawang tidak terlalu mudah. Si penendang harus memerhatikan arah angin, rotasi, dan kecepatan bola. Bola yang berotasi terlalu cepat dapat menimbulkan efek magnus yang akan menyimpangkan bola. Bola yang terlalu cepat pun dapat menimbulkan masalah karena dapat menimbulkan turbulensi udara yang mengakibatkan bola menyimpang. Menurut penelitian, tendangan yang paling efektif adalah tendangan dengan kekuatan 75% sampai 80% dari kekuatan maksimum (kecepatan bola sekitar 80 km/jam). Pada kecepatan ini penjaga gawang sulit menangkap bola dan kemungkinan