

# BAB 3

## Ukuran, Bentuk, dan Berat Raket

---

Raket mempunyai karakteristik yang ditentukan oleh ukuran, bentuk, dan beratnya; berdasarkan ketiga komponen ini, maka pabrik raket membuat raket dengan karakteristik yang berbeda-beda. Meskipun demikian, tetapi pabrik jarang sekali menjelaskan mengapa kepala raketnya berbentuk persegi, atau diperbesar, sehingga anda tidak mempunyai cara (kebingungan) untuk memilih salah satu model dari beberapa model yang ada berdasarkan penampilan yang diinginkan atau tipe permainan yang dimiliki anda.

### 3.1 Lebar Kepala Raket

Meskipun gagasan memperbesar lebar kepala raket telah ada beberapa tahun yang lalu dan telah dipatenkan tahun 1974, tetapi keberhasilan pemasaran model raket ini telah terjadi sekitar tahun 1970-an, yaitu Howard Head's Prince. Diketahui bahwa dengan meningkatkan lebar kepala raket, maka akan meningkatkan "**polar moment of inertia**" raket. Ini merupakan keuntungan pertama dari penambahan ukuran lebar raket.

Ketika anda memukul bola tidak tepat di tengah-tengah kepala raket (tidak sepanjang sumbu memanjang raket), maka raket cenderung akan memutar tangan anda dan hasil pukulannya tidak akan memuaskan. Karakteristik yang dimiliki raket untuk mampu menahan putaran (twist) disebut **polar atau roll moment of inertia**. Moment of inertia (selanjutnya ditulis momen inersia) diartikan sebagai massa benda dikalikan jarak dari masa tersebut dari porosnya dikuadratkan ( $I = mr^2$ ). (konsep mekanika antara massa dan berat sebenarnya berbeda, tetapi selanjutnya kalau kita membahas massa juga membahas berat dan sebaliknya). Jika momen inersianya diperbesar, maka raket besar kemungkinan tidak akan berputar pada tangan anda, oleh karenanya akan diperoleh stabilitas di sekitar sumbu memanjangnya. Momen inersia juga dapat diperbesar dengan menambah massa pada ujung rangka atau mengubah rangka raket menjadi lebih lebar. Penambahan lebar ini akan lebih efektif karena penambahan massa raket hanya meningkatkan momen inersia secara linier, sedangkan momen inersia meningkat karena lebar raket dikuadratkan. Itulah sebabnya mengapa raket Prince ukuran oversize pada awalnya dikembangkan dan merupakan salah satu alasan popularitasnya. Ukuran raket oversize biasanya sekitar 25 persen lebih lebar dari ukuran raket standar, tetapi model ini mempunyai polar momen inersia 50 persen lebih besar. Ini berarti bahwa jika bola tidak mengenai tepat titik tengah kepala raket (off-center), maka raket oversize akan memutar tangan tidak sebesar putaran yang dihasilkan raket jenis standar, sehingga membuat raket oversize menjadi lebih stabil. Anda juga dapat meningkatkan polar momen dengan menambahkan berat sepanjang ujung sisi rangka (dari pada melebarkan rangka atau mengubah bentuk raket), seperti raket Wilson yang mempunyai perimeter weighted racket (PWS). (kebanyakan raket Wilson, bagian samping kepala raketnya sedikit menonjol ke dalam)

Polar momen inersia yang dimiliki sejumlah raket telah diukur dan dicantumkan massa dan lebar kepala raket pada tabel 3.1. Gambar 3.1 merupakan hasil pengukuran momen inersia raket versus beratnya dikalikan dengan kuadrat lebar kepala raket. Seluruh raket yang diukur menunjukkan kurva yang sama, yang nampak bahwa hanya dengan mengukur lebar kepala raket saja akan menunjukkan indikasi yang baik tentang polar momen raket dan oleh karena itu berapa besar tingkat kestabilan sebuah raket dengan jenis raket lainnya.

Meskipun momennya lebih besar sampai ukuran tertentu, inersia melawan kekuatan memutar, maka akan menyebabkan raket terasa lebih sulit untuk digerakkan dengan cepat. Anda harus memanfaatkan keuntungan untuk bermain dan tipe permainan melawan kerugian yang berasal dari raket anda. Jika anda sering memukul bola di luar sumbu memanjang raket (off-axis), menyebabkan raket memutar tangan anda, ini merupakan salah satu solusi yang harus anda pertimbangkan. Nampak jelas bahwa kebanyakan petenis pemula yang mempunyai masalah ini akan memperoleh keuntungan dari stabilitas yang besar dengan meningkatnya polar momen inersia raket.

Tabel 3.1 Polar momen inersia beberapa jenis raket

Raket	Berat <i>ons</i>	Lebar maksimum kepala raket <i>feet</i>	Polar momen inersia <i>pound ft<sup>2</sup></i>
Head Master	21,8	0,781	0,0278
Wilson T-2000	13,2	0,794	0,0287
Durbin Aluminum	14,0	0,817	0,0323
Prince Graphite 90	12,6	0,869	0,0327
Prince Pro 110	12,6	0,902	0,0369
Prince Classic 110	31,1	0,912	0,0403
Prince Graphite 110	13,5	0,920	0,0420
Prince Graphite 125	12,3	0,988	0,0453
Weed aluminum	12,5	1,037	0,05324

Gambar 3.1. Polar momen inersia versus massa kali diameter kepala raket dikuadratkan. Data diatas menunjukkan bagaimana polar momen dari beberapa raket (dengan bentuk kepala raket oval) nampaknya meningkat karena massa raket kali kuadrat diameter maksimum kepala raket. Ini berarti bahwa secara umum raket yang lebih lebar akan mempunyai polar momen yang lebih besar dan oleh karena itu akan lebih stabil terhadap kekuatan putaran yang disebabkan kontak dengan bola.

Persoalan yang membingungkan: Kepala raket yang lebih lebar mempunyai stabilitas yang lebih baik ketika anda memukul bola tidak tepat pada bidang tengah kepala raket dari pada raket ukuran standar. Dengan raket yang lebih lebar, anda masih bisa melakukan kontak pada bola dengan jarak yang lebih lebar dari titik tengah bidang kepala raket; meskipun kontakannya akan menyebabkan kekuatan putar yang lebih besar (impuls anguler). Kalau dilakukan dengan menggunakan jenis raket standar, maka bola akan mengenai rangka raket. Raket ukuran oversize akan memberikan tingkat stabilitas yang lebih besar dari pada jenis raket standar, bahkan dalam kejadian ini.

## **Pukulan Spin**

Keuntungan kedua dari jenis raket yang kepalanya lebih lebar adalah meskipun pukulan yang dilakukan tidak tepat titik tengah bidang kepala raket, tetapi sangat jarang menyentuh rangka raket. Anda tidak usah menjadi ahli fisika untuk mencari alasannya mengapa demikian. Apa yang menjadi kurang jelas adalah karena kepalanya lebih lebar, maka anda dapat melakukan pukulan spin dengan margin eror (margin for error) yang lebih besar dan akan sangat jarang menghasilkan kontak pukulan yang gagal. Untuk jenis pukulan flat, kepala raket yang lebih lebar akan meningkatkan margin eror anda sebanding dengan meningkatnya ukuran kepala raket, juga anda akan menemukan keuntungan yang lebih besar ketika anda melakukan chop, slice, atau topspin.

Alasan teknis mengapa bisa demikian adalah sebagai berikut:

Pada pukulan flat, yaitu pukulan yang tidak mengandung putaran, raket bergerak tegak lurus dengan bidang tali raket selama waktu kontak dengan bola (gambar 3.2A). Jika anda berusaha agar kontak pukulannya terjadi pada bidang tengah tali raket, maka margin erornya adalah setengah lebar kepala raket. Dengan kata lain, pukulan anda akan meleset dari titik tengah bidang kepala raket hampir setengah lebarnya kepala raket dan masih

mengenai tali raket dan tidak mengenai rangkanya. Bahkan jika timing anda tidak begitu tepat, maka anda masih bisa memukul bola di bagian mana saja dekat dengan bagian tengah kepala raket, karena raket anda bergerak sepanjang jalur arah bola. Pada pukulan spin, kepala raket tidak bergerak tegak lurus dengan arah Bergeraknya bola (membentuk sudut beberapa derajat) (gambar 3.2B). Lebar kepala raket yang diperkecil, dan sedikit eror pada timing akan menyebabkan bola kontak dengan rangka kepala raket dan hasil pukulan anda akan sis-sia saja. Pada pukulan flat, bola akan lepas dari tali raket dari titik yang sama, karena gerak raket paralel dengan arah bolanya. Pada pukulan spin, bola kontak dengan salah satu bagian bidang tali raket dan kemudian bergeser ke bagian lainnya sebelum bola lepas dari raket (gambar 3.2C). Jika jarak bergesernya beberapa inch, maka anda akan mempunyai sangat sedikit margin erornya pada kepala raket dengan ukuran normal. Dengan menggunakan raket yang lebih lebar, tidak akan meningkatkan atau menurunkan jarak bola bergerak pada bidang tali raket, tetapi hanya akan memberikan bagian kontak yang lebih besar (clearance) pada tiap bagian sisinya. Dengan meningkatkan lebar kepala raket, maka anda telah menurunkan kemungkinan besar untuk terjadinya pukulan yang kontak dengan rangka raketnya.

Gambar 3.2. Spin vs No Spin. Ketika arah gerak raket tegak lurus dengan bidang tali raketnya, maka bola hasil pukulannya tidak menghasilkan spin (putaran); yang disebut pukulan flat (flat shot) (A). Ketika raket bergerak ke arah atas atau bawah sehingga arah gerakannya tidak 90 derajat dengan bidang tali raket, maka hasil pukulannya adalah spin (B). Aarah gerak raket ke atas menciptakan spin ke arah depan (topspin), sedangkan arah gerak raket ke bawah (chop atau slice) akan menghasilkan pukulan backspin atau underspin. Pada pukulan spin, kontak bola harus terjadi di luar titik tengah bidang raket (eccentric force), karena gerak bola akan bergeser menyilang bidang tali raket sebelum lepas dari raket (C).

Jaraknya gerak bola bergeser menyilang muka raket ditentukan oleh bagaimana anda mengayunkan raket dan dwell time bola pada tali raket. Jika dwell time nya menurun dengan meningkatnya tegangan tali raket, maka jarak bola bergerak menyilang muka raket akan menurun dan margin erornya meningkat.

Keuntungan ketiga dari ukuran kepala raket yang lebih lebar adalah perasaan pada tali raket ketika digunakan. Tali raket sintetik akan terasa lebih lembut, atau sedikit lebih terasa menyerupai gut, bila dipasang pada kepala raket yang lebih lebar.

### **3.2 Panjang Kepala Raket**

Seperti telah kita bahas pada bagian 2.4 tentang sweet spot 3, ketika kepala raket diperpanjang ke arah handle yang menyebabkan batang raket menjadi semakin lebih pendek, maka raket tersebut menghasilkan daerah yang memiliki power lebih besar (COR yang lebih besar), yang tidak dimiliki oleh raket ukuran standar. Hal ini terjadi, karena titik kontak bola dialihkan ke arah pegangan pada handle dan titik keseimbangannya, maka kekakuan raket akan semakin efektif. Semakin kecil tingkat fleksibilitas raket, maka semakin sedikit energi yang dialihkan selama deformasi dan semakin banyak energi yang dipindahkan pada bola, sehingga pukulan anda lebih banyak menghasilkan power.

Anda tidak diharuskan memukulkan bagian raket yang dekat dengan rongganya untuk menghasilkan power yang lebih besar dari raket yang mempunyai kepala lebih panjang. Jika anda memukul bola dengan bagian tengah bidang tali raket pada salah satu bagian dari raket oversize, maka anda tetap akan memperoleh power yang lebih besar dari pada memukul bagian tengah kepala raket ukuran standar. Ini disebabkan karena bagian tengah tali raket lebih dekat dengan tangan anda, dan oleh karenanya lebih dekat dengan titik keseimbangannya, terutama pada raket ukuran oversize.

Memperpanjang kepala raket ke arah handle-nya seringkali akan menempatkan COP sweet spotnya lebih dekat dengan bagian tengah bidang tali raket, dan bukan sweet spotnya yang berpindah, tetapi karena bagian tengah kepala raket akan berpindah ke bagian handle bersamaan dengan sweet spotnya. Pada raket ukuran standar, COP nya lebih dekat dengan rongga raketnya. Ini berarti bahwa ketika anda memukul bola mengenai bagian tengah bidang tali raketnya pada raket oversize, maka tekanan awal yang dirasakan tangan dan lengan lebih kecil dari pada ketika anda memukul bola pada bagian tengah kepala raket standar.

### **3.3 Konfigurasi**

Ketika raket dibuat dengan bahan kayu, bentuk kepala raketnya oval atau bulat dan tidak akan lekukan yang agak tajam. Bentuk demikian hanya merupakan bentuk yang cukup kuat untuk menahan kekuatan tegangan tali raket dan perkenaan dengan bola. Dan bentuk ini juga hanya merupakan bentuk yang dapat dibuat dengan cara pembengkokan, perekatan, dan pengepresan dari kayu. Dengan kemajuan campuran logam metal baru, campuran kuat dan ringan, dan berbagai teknik dan bahan, maka para pembuat raket telah diberi kebebasan dari keterbatasan terdahulu. Bentuk kepala raket persegi digunakan dalam usaha untuk memberikan power sama besar atau respon COR pada kepala raketnya. Bentuk kepala raket yang bulat dengan pola tali raket yang seragam mempunyai salah satu daerah power yang lebih besar; responnya akan berada pada tempat ketika titik kontak berpindah jauh dari titik ini. Karena demikian, maka anda akan memukul setiap bola pada titik yang sama pada raket, anda akan memperoleh variasi yang tidak diinginkan dalam merespon tiap pukulan. Jika bentuk kepala raket, pola tali raket, dan tegangan tali dapat dimodifikasi untuk

menurunkan variasi dalam merespon power pada berbagai lokasi tali raket, maka anda akan mempunyai pukulan yang lebih konsisten.

Kondisi ini dapat dibuat dengan berbagai cara, dan pabrik raket telah mencobanya. Jika kepala raket diperbesar dari 8 menjadi 10 inch lebarnya, maka sebuah bola yang akan meleset 2 inch dari sweet spotnya, akan berkurang sebesar 2 inch dari lebar 10 inch, dan bukan meleset 2 inch dari 8 inch. Ini memberikan sedikit respon yang lebih sama. Jika lubang-lubang tali raket dibuat tidak sejajar (drilled) pada rangkanya dengan pola yang tidak sama agar kekerapan tali raketnya lebih besar pada COR sweet spotnya dan di bagian lainnya kekerapannya kurang, maka akan menghasilkan respon yang lebih seragam. Jika rangkanya dibuat sehingga tali raketnya sama panjang, tegangan sama dibagi dengan panjangnya, maka akan menghasilkan respon yang lebih seragam. Cara ini dapat dibuat dengan kepala raketnya persegi panjang (seperti Yonex, dan Snauwaert), **membalikkan rongganya sehingga lengkungannya bersambungan dengan lengkungan ujung raketnya** (misalnya Rossignol) atau membentuk kepala raket seperti bentuk intan dan pola tali raketnya menyilang 45 derajat (MacGregor Bergelin Longstring). Bentuk kepala raket ini memudahkan pembuat raket memasukkan talinya hampir 90 derajat dengan lubang talinya. Tujuannya adalah agar tali raket tidak pernah menyentuh rangkanya sendiri, tetapi hanya mengalami sedikit gesekan dan berfungsi seolah-olah lebih panjang dari ukuran kepala raket yang sebenarnya.

Beberapa variasi respon raket yang berkaitan dengan posisi kontak bola dikatakan menurun ketika tegangan tali raket ditingkatkan. Ini akan menurunkan power keseluruhan, tetapi meningkatkan kontrol.

### **3.4 Berat, Keseimbangan, dan momen inersia**

Berat raket bervariasi dari 11 sampai 14 atau 15 ons. Seringkali diberi label L (light), M (medium), atau H (heavy), dan ditunjukkan beratnya dalam gram (100 gram = 3,52 ons), atau sama sekali tidak ada tanda apapun. Beberapa pabrik raket hanya membuat ukuran berat raket yang pasti. Beberapa tahun yang lalu, pemain tenis yang memiliki kekuatan pukulan yang besar menggunakan ukuran raket yang cukup berat, dan pemain tenis yang tidak memiliki kekuatan pukulan yang demikian banyak menggunakan raket yang lebih ringan. Pada jaman sekarang ini, terdapat kecenderungan untuk tidak menggunakan raket yang berat, karena telah muncul teknologi raket dengan bahan-bahan yang baru, disain dan konstruksi yang lebih baik. Raket tipe lama yang berat rangkanya lebih ringan akan cepat patah atau menjadi semakin halus di bagian kepala raketnya jika selalu melakukan pukulan keras dan konstan, oleh karenanya pemain tenis yang cukup kuat harus menggunakan jenis raket yang lebih berat. Selain itu pula, akan sangat sulit untuk menambah tingkat kekakuan raket pada bagian rangka yang ringan dan banyak disukai pemain tenis; tingkat kekakuan raket sangat ditentukan oleh rangka raket yang lebih tebal, yang menyebabkan raket menjadi semakin berat. Dengan teknologi saat ini, sangat memungkinkan untuk membuat raket yang lebih ringan tetapi mempunyai tingkat kekakuan dan keawetan (durability) dengan cara memilih kombinasi yang tepat dari bahan dan disain.

Sekarang anda anda tidak lagi dibingungkan dengan pemilihan berat dengan teknologi lama, jadi jenis raket yang bagaimanakah yang harus anda pilih? Apakah raket tenis yang berat dan memberikan power yang besar ataukah raket yang sama tetapi lebih ringan? Hal ini merupakan persoalan yang rumit, yang harus dianalisis dengan membuat beberapa asumsi sederhana. Dalam analisis ini, raket dianggap sebagai benda bebas dan berat bervariasi, tetapi bukan distribusi berat atau keseimbangan. Dengan menggunakan asumsi ini, hubungan

kinematika (cabang ilmu mekanika yang berkaitan dengan persoalan-persoalan kecepatan dan bukan dengan gaya) antara bola tenis dan raket dihitung; hasilnya diperlihatkan pada gambar 3.3 sampai gambar 3.5. Gambar 3.3 memperlihatkan bahwa kecepatan (speed = velocity) bola tenis akan berubah bila anda hanya mengubah berat raket sedikit saja, dengan parameter lainnya tetap sama (kecepatan raket, kecepatan bola datang, dsb). Hal ini disebabkan karena sebuah raket yang beratnya 12 ons adalah sudah enam kali beratnya bola yang hanya dua ons; dengan menambahkan dua ons pada raket tidak mengubah kecepatan bola dengan jelas. Seperti anda amati pada gambar 3.4, terjadi pula pada servis, dimana kecepatan awal bolanya adalah nol. Sebaliknya, gambar 3.5 memperlihatkan bahwa ketika berat raket tetap konstan dan kecepatan kepala raketnya bervariasi, maka kecepatan yang diperlukan untuk memukul bola sangat ditentukan oleh kecepatan kepala raketnya. (sebagai pedoman adalah bahwa kecepatan bola saat lepas dari raket besarnya  $\frac{1}{2}$  dari kecepatan bola datang ditambah  $\frac{3}{2}$  kecepatan kepala raket).

- ✓ Kecepatan ekstra kepala raket yang dapat anda peroleh bila menggunakan raket yang ringan akan melebihi kompensasi dari berat raket itu sendiri dan akan menghasilkan kecepatan bola yang lebih tinggi.

Karena raket yang lebih ringan lebih mudah untuk digerakkan (manuver) dan tidak cepat menyebabkan kelelahan saat digunakan, dan akan menghasilkan keuntungan tambahan untuk cepat bereaksi terhadap arah datangnya bola.

Gambar 3.3 Kecepatan bola vs Berat Raket (Groundstroke). Gambar ini memperlihatkan apa yang terjadi dengan kecepatan bola yang lepas dari raket ketika anda meningkatkan berat raket. Untuk kecepatan kepala raket 80 feet/det, maka peningkatan berat raket dari 12 menjadi 16 ons hanya akan meningkatkan kecepatan bola dari 131 menjadi 138 feet/det. Peningkatan 33 persen berat raket akan meningkatkan kecepatan bola hanya 6 persen. (Kurva tsb untuk groundstroke dengan kecepatan bolanya 60 feet/det).

Gambar 3.4. Kecepatan bola vs Berat Raket (Servis). Gambar ini sama dengan gambar 3.3, hanya gambar ini untuk servis dan bukan groundstroke. Untuk kecepatan raket 100 feet/det, maka peningkatan 33 persen berat raket (dari 12 menjadi 16 ons) akan meningkatkan kecepatan bola dari 138 menjadi 144 feet/det (atau kurang dari 5 persen).

Meskipun raket yang lebih berat memerlukan lebih banyak usaha untuk memperoleh kecepatan kepala raket yang sama, tetapi terjadi sedikit reaksi pada tangan dan lengan ketika kontak dengan bola, bila dibandingkan dengan raket yang lebih ringan. Selain itu pula, anda akan memperoleh kontrol yang lebih baik dengan raket yang lebih berat jika kontaknya tidak tepat pada bagian tengah bidang kepala raket, karena besar kemungkinan raket tidak akan berputar (*twist*) pada tangan anda. Demikian pula, raket yang lebih berat memerlukan kecepatan kepala raketnya lebih sedikit untuk memperoleh kecepatan tertentu dari bola, maka anda senantiasa mempunyai kontrol pukulan yang lebih baik (prinsip *speed-accuracy trade-off*) ketika anda mengayunkan raket lebih lambat, untuk eror anguler ketika bola lepas dari raket sebanding dengan kecepatan kepala raketnya (Penjelasan yang lebih lengkap akan dibahas pada bab selanjutnya).

### **Keseimbangan dan Momen**

Berat raket keseluruhan bukanlah merupakan pertimbangan yang tepat, karena terdapat dua parameter lain yang mempengaruhi ayunan anda, *power* yang anda peroleh, dan bagaimana perasaan pada raket. Salah satu parameter tersebut adalah keseimbangan (*balance*) dan parameter lainnya adalah *swing weight* atau momen inersia (*moment of inertia*). Apakah raket itu berat ataukah ringan pada bagian kepalanya, atau bahkan seimbang? Menurut konvensi dalam industri raket, sebuah raket yang memiliki titik keseimbangan (*center of gravity*) pada pusat geometriknya, maka dikatakan seimbang. Jika titik keseimbangannya berada pada bagian lebih dekat ke bagian kepala raketnya, maka raket itu dikatakan *head heavy*. Jika titik keseimbangannya bergeser ke bagian *handlenya*, maka raket itu dikatakan *head light*. Sangatlah mudah untuk menemukan titik keseimbangan raket, dan lokasi ini dan berat raketnya memudahkan anda untuk menemukan *first moment* (momen pertama) raket.



Bila anda membawa raket dengan memegang bagian handle-nya dengan tangan, maka anda akan merasakan berat tertentu. Berat ini bukan merupakan berat raket yang sebenarnya (yaitu nilai yang anda peroleh jika anda menyimpan raket pada timbangan) tetapi ini merupakan momen pertama raket, yaitu berat raket dikalikan dengan jarak dari titik keseimbangan raket sampai pada lokasi tangan anda memegang raket. Untuk raket tertentu dengan berat 350 gram (12,3 ons) dan panjang 27 inch, dengan titik keseimbangannya pada titik beratnya (13,5 inch dari ujung handle-nya), maka momen pertamanya adalah 117 ons – inch (12,3 ons dikali 9,5 inch, karena jarak pegangan 4 inch dari ujung handle sampai tangan, dan  $13,5 - 4 = 9,5$  inch). Jika raket diseimbangkan  $\frac{1}{2}$  inch ke arah handle-nya (head light), maka momen pertamanya adalah 111 ons-inch atau sekitar 5 persen lebih ringan. Jika raket diseimbangkan  $\frac{1}{2}$  inch ke arah kepala raket, maka momen pertamanya adalah 123 ons-inch, atau sekitar 5 persen lebih berat.

Anda dapat mengubah titik keseimbangan sebuah raket dengan menambahkan berat pada ujung raket; penambahan ini juga akan mengubah berat raket. Tabel 3.2 memperlihatkan seberapa besar titik keseimbangan raket bergeser dan momen pertamanya meningkat setelah ditambahkan berat pada ujung raket. Jika berat tidak ditambahkan pada ujungnya, tetapi pada bagian samping kepala raket, maka tidak akan seefektif ketika memindahkan titik keseimbangannya dan meningkatkan momen pertama raket.

**Tabel 3.2. Lokasi Titik Keseimbangan setelah Berat ditambahkan pada ujung raket**

Sekalipun demikian, penambahan berat pada tempat ini akan meningkatkan polar momen inersia raket, yang akan meningkatkan stabilitas raket terhadap kekuatan memutar akibat kontak bola tidak tepat pada bagian tengah kepala raket.

Parameter lainnya adalah swing weight atau momen inersia di sekitar sumbu tegak lurus dengan handle raket (second moment), juga sangat penting bagi anda sebagai pelatih atau pemain tenis. Parameter ini merupakan kuantitas yang sama yang telah dibahas berkenaan dengan stabilitas melawan kekuatan memutar raket, tetapi di sini diukur pada sumbu yang berbeda dengan satuan pengukuran massa kali panjang dikuadratkan ( $mr^2$ ). Tidak seperti momen pertama, yang menjelaskan seberapa berat yang dirasakan ketika anda memegang raket dengan grip tertentu dengan tangan, maka momen kedua menjelaskan *seberapa berat raket akan terasa ketika anda mengayunkannya*. Momen inersia ini sulit untuk didefinisikan dalam istilah umum, selain dari pada kemampuan raket untuk menghambat gerak rotasi. Tidak seperti berat atau titik keseimbangan, maka momen inersia sulit untuk diukur. Hal ini dimungkinkan karena alasan yang sama mengapa tak ada pabrik raket yang menjelaskan nilai momen inersia raketnya. Karena raket tidak banyak dilecutkan ketika melakukan berbagai pukulan, maka swing weight hanya merupakan faktor yang paling penting untuk servis.

Jika anda mempunyai badan besar dan kuat, dan raket tenisnya terasa seperti bat tenis meja, berat, head heavy, momen inersianya besar, itulah yang anda perlukan. Bagi anda yang tidak begitu kuat, raket yang lebih ringan, momen lebih rendah akan lebih sesuai. Terutama digunakan ketika servis, karena riset komputer memperlihatkan bahwa kecepatan kepala raket sangat begitu penting pada servis karena kecepatan bola awalnya nol. Maka satu-satunya cara agar menghasilkan pukulan servis dengan kecepatan tinggi adalah menggerakkan kepala raket dengan kecepatan tinggi. Untuk mencapai itu, anda harus mampu melecutkan rangka raket dengan cepat. Pada pukulan groundstroke, kecepatan kepala raket yang tinggi tidak begitu penting, karena anda telah mendapatkannya dari kecepatan bola hasil pukulan lawan. Demikian juga, kecepatan bola tertentu yang dihasilkan dari pukulan groundstroke lebih kecil dari kecepatan bola yang diinginkan oleh kebanyakan pemain tenis ketika servis.

- ✓ Raket yang ringan dan head light merupakan raket yang lebih cocok untuk menghasilkan pukulan servis dengan kecepatan tinggi.

Anda harus mampu memadukan antara berat dan keseimbangan (atau momen) raketnya dengan tipe permainan anda. Raket ringan, head light, momennya rendah tidak saja baik untuk menghasilkan kekuatan servis, tetapi juga lebih mudah digerakkan dan sangat penting untuk dimainkan terutama di depan net ketika melakukan voli. Jenis raket ini sangat cocok untuk pemain yang mengandalkan servis dan voli. Pemain tenis tipe baseliner yang bermain efektif di lapangan lambat dapat menggunakan tipe raket yang lebih berat, dan momen inersianya lebih besar. Pemain tenis serba bisa (all-round player) harus menggunakan raket medium ringan, khususnya jika bermain di lapangan cepat.

Ada satu pendapat tentang raket head light, yaitu begitu jelas tidak pernah anda lihat pada buku ini. Ketika anda membeli raket head light dan kemudian menemukan bahwa anda perlu berat tambahan, maka anda dengan mudah menambahkan beban untuk

memperoleh berat, keseimbangan, dan momen yang anda inginkan. Jika anda membeli raket yang berat atau head heavy, maka tak banyak yang dapat anda lakukan untuk mengubahnya jika anda memutuskan bahwa anda tidak menyukai keseimbangan atau perasaan raketnya.

### **3.5 Kelenturan (Flex) atau Kekakuan (stiffness) Raket**

Jika anda pegang raket bagian handle-nya, dan tekan bagian ujung kepala raketnya, maka anda akan melihat defleksi (deflection). Sebuah raket yang mengalami defleksi atau bengkok cukup besar, maka raket tersebut dikatakan fleksibel (lentur); jika hanya terjadi sedikit perpindahan ujung raket, maka raket tersebut dikatakan kaku (stiff). Anda dapat mencoba mengukur secara kasar fleksibilitas raket sendiri (atau anda dapat membaca spesifikasi pabrik) – tetapi setelah itu, maka anda harus memutuskan jenis raket yang kaku atau fleksibel yang anda inginkan. Ketika anda memukul bola, seberapa besar melengkungnya rangka raket akan berpengaruh terhadap pukulan anda ?

#### **Fleksibilitas dan Power Pukulan**

Banyak para ahli, beberapa artikel ilmiah dan buku tenis yang menyatakan bahwa raket yang fleksibel akan memberikan power yang besar. Meskipun demikian, sampai sejauh ini tak ada data yang mendukung pernyataan tersebut. Pernyataan bahwa “fleksibilitas berarti power” tidaklah benar dan ketinggalan jaman seperti halnya ungkapan “tali raket yang lebih tinggi tegangannya (tighter string) menghasilkan power yang lebih besar,” yang sering ditemukan pada buku tenis lama. Batang stik golf yang fleksibel dapat menghasilkan jarak pukulan yang jauh, tetapi sebenarnya batang tersebut kaku, dan terutama pada bagian kepala raket yang menghasilkan power-nya. Lagi pula, raket yang kaku akan memberikan kontrol yang lebih baik pada anda.

#### **Sebuah Kasus Degradasi Power**

Apakah ada keuntungannya menggunakan raket yang fleksibel? Raket yang lebih fleksibel sebenarnya lebih memberikan kenyamanan pada lengan, sama halnya dengan tali raket yang fleksibel. Raket yang fleksibel mampu menyerap tekanan dari raket (shock) dan menyebarkan dalam waktu yang lebih lama. Jika pegangan tangan atau lengan anda lemah, atau mempunyai tennis elbow, maka raket yang kaku tidak tepat untuk digunakan. Jika anda tidak begitu terampil dan cenderung untuk memukul bola mengenai bagian atas muka kepala raket, maka raket yang fleksibel lebih tepat digunakan, dan jika fleksibilitasnya ditambahkan di bagian luar titik tengah bidang tali raket, maka pukulannya akan lebih nyaman bagi anda. Sebuah raket yang memiliki tingkat fleksibilitas tertentu dapat dikatakan “ramah”, karena jenis raket ini memudahkan pemain tenis untuk membuat sedikit eror ketika bola kontak dengan tali raket, dan tidak merugikan lengan dan sikut begitu besar.

Cara kedua untuk menurunkan kekuatan tekanan pada lengan adalah dengan menggunakan raket kaku yang dipasang tali raket dengan tegangan yang rendah. Kondisi ini memberikan keuntungan dan tidak menurunkan besarnya power, tetapi ini dapat menurunkan kontrol pukulan anda.

Jenis raket yang kaku akan memberikan kontrol yang lebih besar, dan sangat dianjurkan untuk para pemain tenis yang sudah terampil. Putaran dan melengkungnya rangka raket yang fleksibel dapat menyebabkan kontak pukulan tidak tepat mengenai bagian tengah kepala raket dan menyebabkan muka raket berubah beberapa derajat, yang menghambat akurasi pukulan yang diinginkan. Lagi pula, ketika bola mengenai muka raket yang fleksibel pada titik yang berbeda, maka variasi power yang dihasilkan akan menyebabkan kesulitan kontrol.

Raket yang lebih kaku akan memberikan pada anda power dan kontrol yang lebih besar, sehingga pabrik raket mencoba untuk menciptakan model raket dengan rangka sedikit fleksibel pada bagian atasnya. Waspadalah, apabila anda membeli raket yang kaku dan dipasang tali raket dengan tegangan yang sangat tinggi. Anda akan mendapatkan kontrol yang baik, tetapi anda harus membayarnya dengan cedera sikut. Salah satu alternatif yang baik yaitu raket yang memiliki bagian yang sangat kaku pada kepalanya dan batangnya sedikit fleksibel, karena fleksibilitas pada bagian ini tidak menurunkan power raket sebanyak yang disebabkan oleh fleksibilitas pada bagian kepala raket.

### **3.6 Bahan dan Komposisi**

Sebelumnya seluruh raket yang terbuat dari kayu. Kemudian raket dibuat dari metal (baja dan aluminium) dan berhadil dipasarkan. Sekarang raket dengan bahan campuran banyak tersedia. Perubahan dalam bahan raket telah memudahkan para pembuat raket untuk mendisain berbagai bentuk raket, tidak seperti sebelumnya dengan bahan yang sangat terbatas.

#### **Kayu**

Raket kayu yang dilaminasi bertahan cukup lama selama beberapa tahun digunakan banyak orang, merupakan jenis raket ukuran standar yang agak panjang. Sekarang ini sudah sangat jarang ditemukan di pasaran, dan kebanyakan adalah raket yang dibuat dari bahan campuran (composite) yang digunakan untuk meningkatkan kualitas yang telah dimiliki raket kayu sebelumnya. Karena bahannya selular, jenis raket kayu tidak begitu kuat rasionya dengan rasio berat raket komposit. Oleh karena itu, agar kaku atau lebih kuat, maka rangkanya dibuat agak lebih tebal, sehingga menyebabkan raket bertambah semakin berat. Pada jaman sekarang, dengan menambahkan bahan seperti fiberglass atau graphite, maka sangatlah mungkin untuk membuat jenis raket kayu yang ringan dan mempunyai kekuatan dan kekakuan yang cukup memadai.

Jika anda menambahkan berat pada raket kayu dan digunakan untuk melakukan pukulan keras, atau sering dipasang tali raket berkali-kali, maka kepala raketnya akan menjadi semakin kurang kaku, dan menghasilkan kontak yang cukup nyaman bagi anda. Jika anda tidak melakukan pukulan keras dengan tali raket yang sudah dipasang lama, maka tidak akan menyebabkan banyak kerugian bagi anda. Jika tidak, makan karakteristik raket akan mengubah permainan anda, dan anda harus menempatkan raket dengan benar setiap kali melakukan pukulan. Karena keterbatasan kekuatan dari raket kayu, maka sangat sulit untuk membuat jenis raket ukuran oversize atau rangkanya agak melengkung tajam. Raket jenis ini yang harus dipasang tali raket dengan tegangan tinggi,

harus dibuat dengan rangka yang lebih kuat untuk menahan benturan yang lebih kuat, bahkan sebelum kontak dengan bola.

Beberapa pemain tenis mengakui bahwa jenis raket kayu memiliki karakteristik yang khas, yang tidak dimiliki oleh jenis raket metal dan komposit. Pernyataan ini sangat sulit untuk diuji di laboratorium. Meskipun demikian, tak diragukan lagi bahwa raket jenis komposit saat ini memiliki karakteristik bermain yang lebih unggul dari pada jenis raket kayu yang terbaik sekalipun.

## **Metal**

Meskipun raket yang terbuat dari logam pada awalnya lebih populer, tetapi hampir seluruhnya jenis raket metal yang berkualitas tinggi saat ini adalah yang terbuat dari aluminum. Raket lainnya terbuat dari bahan magnesium dan titanium. Tingkat kekuatan dan kekakuan rangka metal dikontrol dengan campuran logam yang digunakan dan bentuk melintang aluminum yang membentuk rangkanya. Perbaikan dalam raket metal adalah penggunaan bahan plastik pada rongganya dan bukan dengan metal yang tersambung dan cenderung mudah patah. Raket aluminum cukup kuat, dan dapat dibuat ringan dan lebih mudah dibuat (sehingga harganya lebih murah), dan cukup awet. Jenis raket ini tidak mampu untuk meredam vibrasi dalam waktu yang singkat seperti yang banyak diinginkan orang; selama uji laboratorium jenis raket ini cenderung untuk bergetar dan tidak menyerap vibrasi.

Karena jenis raket metal rangkanya lebih tipis, maka yang diharapkan adalah keuntungan dari hambatan yang disebabkan oleh tahanan udara ketika diayunkan. Meskipun demikian, ketika raket diayunkan dengan kecepatan lambat, maka tidak ada keuntungan yang diperoleh. Penampilan aerodinamis dari beberapa jenis raket, kebanyakan hanya penampilannya saja !

## **Bahan Campuran (composite)**

Jenis-jenis raket komposit sangat banyak tersedia saat ini, dan kebanyakan raket didisain dengan teknologi yang paling mutakhir. Salah satu jenis raket dibuat dengan serabut atau filamen dari bahan yang sangat kuat (graphite, boron, dan keramik) yang dicampur dengan resin, kemudian dibentuk raket tenis. Jenis raket komposit lainnya bahan-bahan yang dilapis seperti kayu, aluminum, dsb. Tujuan pencampuran bahan ini adalah untuk memperoleh jenis raket yang fleksibel, kuat, berat, dan karakteristik lainnya yang tidak dimiliki oleh jenis raket yang terbuat dari hanya satu bahan saja. Selain itu pula, karena bahan-bahan penguat ini berserabut, maka kemungkinan bisa menempatkan bahan serabut ini untuk memperkuat dan meningkatkan kekakuan bagian tertentu pada raket, sehingga bagian lainnya lebih fleksibel. Usaha-usaha yang telah dilakukan ini telah banyak memperoleh keberhasilan. Karena rasio antara kekuatan- berat raket tidak lagi menjadi perhatian utama dengan bahan ini, pabrik dapat memproduksi rangka ukuran oversize yang beratnya di bawah 12 ons, rangkanya ringan, kepala raket dengan bentuk agak tajam, dsb. Lagi pula, raket-raket tersebut ketika dibuat dengan benar telah melampaui masa pemakaiannya. Karakteristik dari raket komposit yang baik tidak akan mengubah karakteristik bermain anda selama bertahun-tahun, dan tidak estimasi yang reliabel tentang umur pemakaian jenis raket graphite yang baik. (Hal yang sama tidak dapat

dikatakan untuk raket kayu atau tali raket yang anda pasang pada raket graphite). Keuntungan lain dari jenis raket komposit (dan raket metal) adalah bahwa seluruh raket dibuat sama persis, tidak seperti raket kayu, dengan tanpa memperhatikan tingkat kecermatan yang tinggi ketika dibuat.

Jika anda telah mengamati salah sepotong jenis raket graphite (sehingga terlihat bagian dalamnya), maka akan anda temukan bahwa bahan graphitnya tipis sekali. Karena bahan komposit sangat kuat sekali, maka yang dibutuhkan hanya sedikit ketebalan graphite agar raket begitu kuat. Ketika anda ayunkan, dan cenderung mengenai bagian atas lapangan, maka ujung rangkanya akan mulai memperlihatkan tanda-tanda tergores dan semakin lama akan semakin jelas kelihatan, sehingga kalau demikian maka anda harus membeli raket yang baru lagi. Memberikan pelindung pada ujung kepala raket dengan menggunakan pelindung atau menutupinya dengan isolatip yang tebal, seperti yang banyak diperjualbelikan di banyak toko raket akan membantu kerusakan pada ujung rangka raket.

### 3.7 Grip dan Handle

Banyak para ahli tenis yang tidak setuju tentang seberapa kuat seorang pemain tenis harus memegang raket dengan kuat. Beberapa orang telah melakukan eksperimen, tetapi mereka telah menghasilkan kesimpulan yang berlawanan. Beberapa data menunjukkan bahwa jika anda memegang raket dengan sangat kuat, maka akan menghasilkan pukulan yang sangat keras. Salah seorang ahli menyatakan bahwa tingkat kekuatan memegang raket merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan power yang diperoleh dari pukulan. Dari apa yang kita pelajari tentang COP sweet spot, dapat kita lihat bahwa jika bola tepat kontak dengan COP, maka pentingnya kekuatan pegangan akan berkurang. Jika bola kontak dengan bagian lainnya, maka raket akan berputar pada tangan anda atau raket akan terlepas dari pegangan pada handle-nya.

Cobalah kita uji persoalan ini dengan ilmu fisika. Secara teoretis, jika sebuah raket betul-betul kaku sempurna, kemudian ketika handle-nya dipegang dengan kuat, maka koefisien restitusi maksimumnya berkisar 0,9 pada titik tengah kepala raketnya. Ketika raket itu fleksibel, maka nilai COR nya berkisar antara 0,6 dekat rongganya sampai 0,2 dekat ujung raket. Nilai sebenarnya tergantung pada kekakuan ke arah lebar (transverse) dan ke arah panjang (longitudinal) dan karakteristik inersianya. Raket yang lebih fleksibel akan mempunyai nilai COR yang lebih rendah dari pada raket kaku ketika titik kontak bola mendekati ujung rangka raket.

~~Bagaimana dengan raket yang tidak sedang dipegang? Nilai CORnya, dihitung dengan berasumsi memiliki karakteristik inersianya telah diukur tetapi tidak begitu kaku, dan COR dari raket sama yang diuji dengan pegangan dipegang, maka nilainya sama. Apakah fleksibilitas raket telah ditambahkan pada kalkulasi raket yang tidak dipegang, maka hasilnya memperlihatkan bahwa raket yang tidak dipegang tidak memiliki power seperti raket yang dipegang.~~

Oleh karena itu, tidaklah mungkin raket yang tidak sedang dipegang mempunyai power sebesar raket yang dipegang. Dengan demikian, keuntungan utama memegang raket (gripping) pada handle-nya dengan kuat adalah bahwa anda akan menghasilkan power sedikit lebih besar. Jika anda memukul bola sangat dekat dengan COPnya, maka tingkat kekuatan pegangan tidaklah begitu penting. Jika anda memukul tidak mengenai

COPnya, CORnya akan sedikit lebih rendah jika anda tidak memegang raket dengan sangat kuat. Keuntungan lainnya dari pegangan yang kuat adalah mempertahankan raket agar tidak berputar, atau lepas dari tangan, yaitu ketika kontak tidak tepat di tengah kepala raket.

## **Bahan Grip**

Bahan pelapis handle bisa cepat rusak. Kebanyakan raket menggunakan bahan kulit yang dapat anda ganti dengan bahan lainnya. Karena grip tempat kontak antara tangan dengan raket, dan karena grip baru tidak begitu mahal jika dibandingkan dengan harga raket atau tali raket, maka harus dicoba untuk mengganti pelapis handle ini. Terdapat banyak bahan-bahan (seperti gauze) yang dapat membungkus handle dan menggantinya lagi ketika sudah rusak. Beberapa petenis profesional melakukan hal ini ketika sedang istirahat antara game. Terdapat berbagai jenis bahan sintetis yang dapat menyerap kelembaban. Beberapa bahan dapat memberikan kekuatan gesek yang lebih baik ketika grip basah seperti yang banyak terdapat pada iklan. Bahan sintetis ini, selain kulit, banyak tersedia, dan kalau dipasang hanya memerlukan waktu beberapa menit saja. Terdapat juga pembersih untuk mencegah grip supaya tidak begitu licin, sehingga menjadi awet. Bagaimanakah caranya anda memelihara pelapis grip ini terserah anda, tetapi yang paling penting adalah mempertahankan perasaan ketika anda memukul bola, sehingga tidak mengubah hasil pukulan; memukul bola di luar bagian tengah kepala raket, dan terasa pegangan menjadi semakin lebih licin.

## **Ukuran Grip dan Bentuk Pegangan**

Handle raket tenis memiliki bersegi delapan (octagonal shape) dengan berbagai macam bentuk, yang paling kecil ukuran 4 1/8 inch lingkaran, dan terbesar 4 7/8 inch. Jarak dari ukuran minimum sampai maksimum sama dengan kenaikan sebesar 1/8 inch. Ukuran yang diberikan untuk handle raket dari nomor 1 sampai 7, dimana jumlahnya adalah 8 untuk tiap inch yang mana lingkarannya melebihi 4 inch. Oleh karena itu, sebuah raket tenis dengan ukuran handle 4 5/8 inch akan diberi label dengan angka 5. Tidaklah lazim untuk ukuran yang terdapat pada raket dengan angka 1/8 untuk tiap inchnya ketika anda mengukur lingkaran handle sebenarnya.

Beberapa pabrik raket mendisain grip dengan berbagai bentuk oktagon; beberapa jenis berbentuk persegi panjang, dan jenis lainnya hampir berbentuk melingkar. Ketika membeli raket, kebanyakan pemain tenis memilih ukuran grip yang terasa lebih nyaman dan tidak memperhatikan bentuk handle-nya. Anda harus menguji berbagai macam bentuk dan melihatnya jika seseorang lebih merasa nyaman dari pada yang lainnya. Kebanyakan rata-rata pemain tenis mengetahui dari pengalamannya ketika memegang raket apakah dengan grip forehand atau backhand tanpa harus melihatnya, tetapi untuk para pemula belum bisa melakukan ini. Sebuah grip yang bisa mempermudah dan terasa tidak menghambat ketika memegang raket dengan pegangan tertentu serta mengubah pegangan lainnya, dapat digunakan untuk menghasilkan keuntungan yang besar.

## **Menggunakan Puntiran (Torque) untuk mencegah Raket Berputar**

Besaran fisika yang dapat digunakan untuk mencegah handle dari efek berputar pada tangan anda disebut puntiran (torque); yaitu merupakan hasil kali antara kekuatan gesekan antara tangan anda dengan bahan grip, dan radius handle rata-ratanya. Kekuatan gesek merupakan hasil kali apa yang disebut koefisien gesekan (coefficient of friction) (COF, suatu ukuran yang menyatakan seberapa besar tingkat kekasaran atau kelicinan suatu benda) dan kekuatan yang diberikan tangan pada handle. Maka persamaannya adalah:

$$\text{Torque} = \text{COF} \times \text{force} \times \text{radius}$$