

Pengaruh Jenis Bola Terhadap Respon Vibrasi Raket dan Lentingan Bola Tennis

Bambang Daryanto W. dan Sevira R. Pratiwi

Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITS
Kampus Sukolilo, Surabaya 60111
e-mail : bambang@me.its.ac.id

Abstrak

Dalam penelitian yang dilaporkan, dilakukan telaah terhadap respon dinamis dari sebuah raket tenis aki-bat beban impak yang diberikan pada senar raket. Respon dinamis dipelajari baik untuk kondisi raket tanpa peredam maupun kondisi raket dengan peredam. Dalam hal ini dikaji tiga merek bola : Dunlop, Wilson dan Tens. Untuk vibrasi raket tanpa peredam, bola Dunlop memberikan respon terbaik. Berkenaan dengan tumbukan di atas dan di samping sweet spot, pemakaian Tens menghasilkan vibrasi dengan amplitudo vibrasi terbesar. Sedangkan tumbukan pada sweet spot dan di bawah sweet spot Wilson memberikan vibrasi yang sedikit di atas Tens. Untuk vibrasi raket dengan peredam, bola Dunlop memberikan respon terbaik, diikuti oleh bola Tens, dan kemudian oleh bola Wilson. Lentingan tertinggi terjadi saat bola menumbuk raket di bawah sweet spot dan terendah terjadi saat bola menumbuk raket di atas sweet spot. Untuk raket tanpa peredam, bola Dunlop memberikan lentingan tertinggi, diikuti oleh bola Wilson, dan kemudian (terendah) oleh bola Tens. Sedangkan untuk raket dengan peredam umumnya Dunlop menghasilkan lentingan tertinggi, kecuali untuk lokasi di atas dan di bawah sweet spot dimana bola Wilson menghasilkan lentingan yang sedikit lebih tinggi daripada Dunlop.

Kata kunci : vibrasi, raket tenis, lentingan, bola tenis, beban impak

1. Pendahuluan

Permainan tenis sebagai salah satu cabang olah raga telah dikenal luas di seluruh dunia. Dari waktu ke waktu populasi peminat tenis terus meningkat, termasuk di Indonesia. Hal ini antara lain disebabkan oleh mulai dipandanginya tenis tidak lagi sebagai cabang olahraga yang eksklusif. Bertambahnya jumlah lapangan tenis dan semakin mudahnya akses ke lapangan tenis ikut mendorong semakin populernya permainan tenis.

Dalam permainan tenis banyak aktivitas yang dilakukan oleh seorang pemain berkenaan dengan raket dan bola tenis. Dari sudut pandang mekanikal, kontak antara bola dengan raket tenis akan menyebabkan terjadinya vibrasi pada raket tenis. Vibrasi yang terjadi selanjutnya akan menimbulkan gaya getar yang diteruskan ke tangan pemain. Sedangkan lentingan bola mengindikasikan energi yang terikut pada bola sesudah ia mengenai raket, yang pada gilirannya dapat memberikan gambaran tentang usaha yang harus dilakukan pemain untuk mengembalikan bola dengan kecepatan tertentu.

Dengan melakukan tenis orang ingin berolahraga dengan tujuan untuk menjaga kesehatannya. Namun demikian tidak bisa dipungkiri bisa terjadinya cedera (antara lain berupa *tennis elbow*) atau perasaan tak nyaman pada tangan pemain, yang diakibatkan oleh terjadinya vibrasi yang berlebihan pada raket yang diteruskan ke tangan. Oleh karenanya vibrasi beserta transfernya ke tangan pada olahraga tenis selalu merupakan hal yang penting untuk dikaji, sebagaimana dilakukan oleh Bower dan Cross (2003), Hennig, Rosenbaum dan Milani (1992), Hatze (1991), Knudson dan White (1989). Redaman pada raket tenis antara lain dikaji oleh Brody (1989). Disamping itu, lentingan bola antara lain dikaji oleh Elliot (1982), Elliot, Blanksby dan Ellis (1980). Sedangkan *sweet spot* pada raket tenis dikaji oleh Cross (1997).

Penelitian yang dilakukan pada dasarnya adalah suatu studi eksperimental tentang pengaruh merek bola tenis yang berbeda terhadap respon vibrasi dan jarak lentingan yang terjadi sesudah bola mengenai raket. Dalam penelitian tersebut dilakukan pengamatan dan telaah terhadap respon dinamis

dari sebuah raket tenis akibat beban dampak yang diberikan pada senar raket. Beban dampak yang diterima raket diwujudkan dalam bentuk bola yang dijatuhkan dari ketinggian tertentu. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengemulasi kondisi raket yang terkena atau menerima bola dengan kecepatan tertentu. Bola dijatuhkan pada sejumlah lokasi yang berbeda pada daerah bersenar dari raket, yaitu pada, diatas, dibawah, dan disamping *sweet spot*. Respon dinamis dipelajari baik untuk kondisi raket tanpa peredam maupun kondisi raket dengan peredam.

2. Metodologi

Raket tenis yang digunakan sebagai sumber data pada studi eksperimental yang dilakukan adalah raket merek Wilson tipe Hammer 5.8 sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 1, dengan spesifikasi teknis sebagaimana disebutkan di samping gambar yang dimaksud.



Spesifikasi :

Luas kepala (*headsized*) : 110 in² atau 710 cm²

Pola senar : 16x21

Diameter pegangan (*grip size*) : 4¹/₄"

Panjang keseluruhan : 27" atau 68,58 cm

Tegangan senar : 55-65 lbs

Panjang max. senar vertikal : 34 cm

Panjang max. senar horizontal : 25 cm

Berat : 325 gram

Gambar 1. Raket Tenis

Raket tenis tersebut dipasang senar dengan tegangan tarik sebesar 58 lbs. Tentang peredam pada raket, peredam yang digunakan adalah berbentuk bulat yang ditempatkan pada bagian bawah tengah raket. Dalam penelitian ini diselidiki tiga merek bola, yaitu Dunlop (harga per kaleng Rp. 45.000,00 isi 3 bola; berat 59 gram/bola), Wilson (harga per kaleng Rp. 29.900,00 isi 3 bola; berat 58,2 gram/bola), dan Tens (harga per kaleng Rp. 24.000,00 isi 4 bola; berat 62,5 gram/bola).

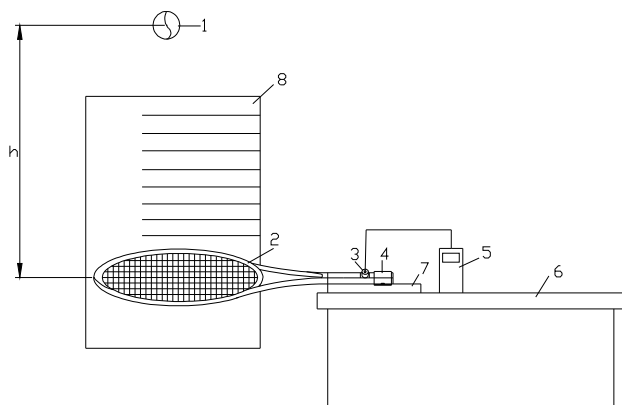
Raket tenis yang diuji dipegang secara tetap di bagian *grip* dari raket, dalam posisi horisontal. Bola dijatuhkan secara vertikal dari ketinggian tertentu (kira-kira 158 cm) ke titik-titik yang dikehendaki pada permukaan bersenar di raket. Penentuan ketinggian penjatuhan bola dilakukan dengan mem-pertimbangkan kepraktisan dalam melakukan percobaan agar bola dapat dengan mudah dijatuhkan ke titik-titik yang diinginkan. Empat lokasi dikaji respon dinamisnya, yaitu daerah *sweet spot*, di atas *sweet spot* (di antara *sweet spot* dengan batas *frame* atas), di bawah *sweet spot* (di antara *sweet spot* dengan batas *frame* bawah), dan di samping *sweet spot* (di antara *sweet spot* dengan batas *frame* samping). Pengertian tentang *sweet spot* raket mengikuti definisi yang diberikan oleh Brody (1981), yaitu titik pada daerah bersenar raket yang memberikan amplitudo vibrasi yang lebih rendah dibandingkan de-ngan tempat lain, jika raket ditumbuk oleh bola (disebut juga sebagai *node*).

Alat ukur vibrasi yang digunakan adalah CSI-2120A Vibration Analyzer, yang dilengkapi dengan *accelerometer*. Sebagai sensor vibrasi, *accelerometer* dipasang di pegangan raket. Ketinggian lentingan bola direkam menggunakan kamera digital yang dipasang tegak lurus terhadap lentingan bola. Pengukuran ketinggian lentingan bola dilakukan dengan bantuan sebuah panel pengukur.

Dalam penentuan daerah *sweet spot* raket, dilakukan pengamatan amplitudo vibrasi yang terjadi karena bola yang dijatuhkan pada lokasi yang berbeda-beda sepanjang garis tengah raket.

Amplitudo percepatan vibrasi terendah tercatat pada saat bola dijatuhkan pada lokasi (kira-kira) ditengah tengah raket.

Pemberian beban dampak pada raket dilakukan dengan menjatuhkan bola dari ketinggian tertentu, dengan terlebih dahulu mengatur letak bola di lokasi yang sesuai dengan titik di raket yang akan dikenai beban dampak. Pada saat menjatuhkan bola perlu diamati bahwa bola mengenai raket di titik yang dikehendaki / direncanakan. Selanjutnya, vibrasi yang terjadi pada raket diukur dengan CSI 2120A. Dalam hal ini beban dampak dikenakan ke raket hanya satu kali; sesudah bola mencapai puncak lentingan yang pertama, bola ditangkap agar tidak menumbuk raket lagi. Disamping amplitudo percepatan vibrasi yang terjadi diukur pula ketinggian lentingan bola, sebagai akibat raket dikenai tiga jenis (merek) bola yang berbeda.



Keterangan :

1. bola tenis
2. raket tenis
3. sensor (*accelerometer*)
4. pemegang raket
5. *vibration analyzer*
6. meja uji
7. isolator
8. panel pengukur

Gambar 2. Skema Percobaan

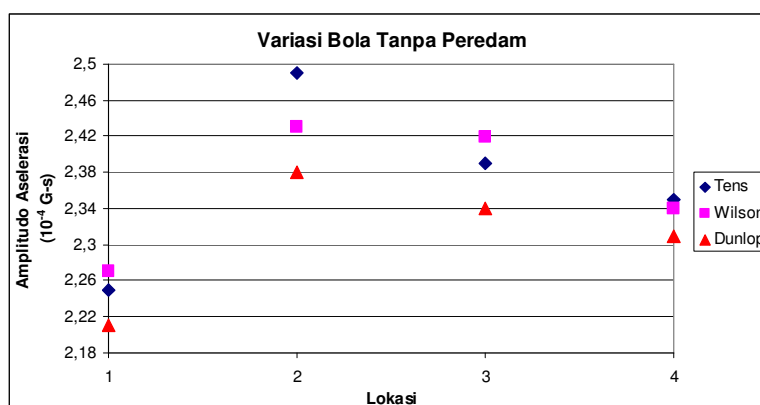
3. Data dan Analisa

Data dinamis yang didapat dari eksperimen yang dilakukan dengan *setup* seperti ditampilkan dalam Gambar 2 adalah sebagaimana ditabulasikan di Tabel I. Dalam tabel tersebut data vibrasi dinyatakan sebagai amplitudo percepatan (*overall*) dalam satuan g, yang diukur pada lokasi raket dimana sensor *accelerometer* ditempatkan.

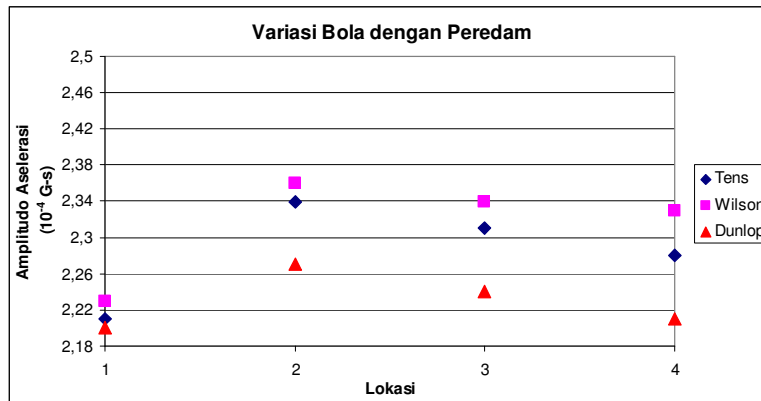
Tabel I. Vibrasi Raket dan Lentingan Bola

Merek Bola	Kasus	Lokasi	Aselerasi (10^{-4} g)	Lentingan (cm)
Tens	tanpa peredam	sweet spot	2,25	46,75
		atas sweet spot	2,49	23,95
		bawah sweet spot	2,39	74,35
		samping sweet spot	2,35	38,35
	1 peredam bulat	sweet spot	2,21	38,05
		atas sweet spot	2,34	20,65
		bawah sweet spot	2,31	69,55
		samping sweet spot	2,28	31,15
Wilson	tanpa peredam	sweet spot	2,27	49,25
		atas sweet spot	2,43	31,35
		bawah sweet spot	2,42	79,65
		samping sweet spot	2,34	35,15
	1 peredam bulat	sweet spot	2,23	35,75
		atas sweet spot	2,36	29,65
		bawah sweet spot	2,34	76,75
		samping sweet spot	2,33	33,05
Dunlop	tanpa peredam	sweet spot	2,21	54,35
		atas sweet spot	2,38	27,85
		bawah sweet spot	2,34	79,45
		samping sweet spot	2,31	42,95
	1 peredam bulat	sweet spot	2,20	51,67
		atas sweet spot	2,27	23,60
		bawah sweet spot	2,24	75,75
		samping sweet spot	2,21	34,81

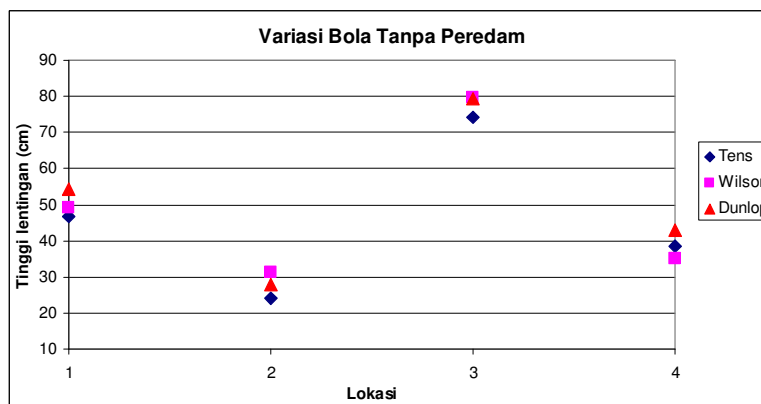
Empat gambar berikut mencerminkan eksperimen dengan menggunakan tiga merek bola yang berbeda, berdasar hasil sebagaimana tercantum di Tabel I. Dalam gambar berikut identifikasi lokasi adalah sebagai berikut : lokasi 1 pada, lokasi 2 di atas, lokasi 3 di bawah, dan lokasi 4 di samping *sweet spot*.



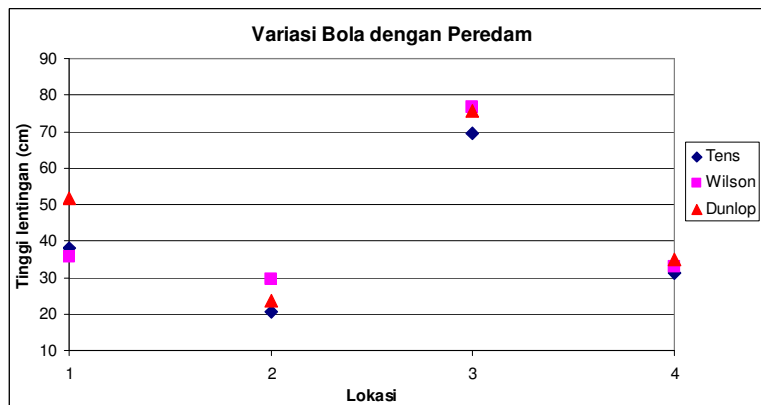
Gambar 3. Grafik Vibrasi Raket, Tanpa Peredam



Gambar 4. Grafik Vibrasi Raket, Dengan Peredam



Gambar 5. Grafik Lentingan Bola, Tanpa Peredam



Gambar 6. Grafik Lentingan Bola, Dengan Peredam

Untuk vibrasi raket tanpa peredam, bola Dunlop memberikan respon terbaik. Untuk tumbukan di atas dan di samping *sweet spot* pemakaian Tens menghasilkan vibrasi dengan amplitudo vibrasi terbesar, sedangkan pada *sweet spot* dan di bawah *sweet spot* Wilson memberikan vibrasi yang sedikit di atas Tens. Untuk vibrasi raket dengan peredam, bola Dunlop memberikan respon terbaik, diikuti oleh bola Tens, dan kemudian oleh bola Wilson.

Lentingan tertinggi terjadi saat bola menumbuk raket di bawah *sweet spot* dan terendah terjadi saat bola menumbuk raket di atas *sweet spot*. Untuk raket tanpa peredam, bola Dunlop memberikan lentingan tertinggi, diikuti oleh bola Wilson, dan kemudian (terendah) oleh bola Tens. Sedangkan untuk raket dengan peredam umumnya Dunlop menghasilkan lentingan tertinggi, kecuali untuk lokasi

di atas dan di bawah *sweet spot* dimana bola Wilson menghasilkan lentingan yang sedikit lebih tinggi daripada Dunlop.

4. Penutup

Berdasar pada hasil eksperimen yang telah dilakukan dapat dikatakan bahwa respon dinamis yang terjadi dipengaruhi oleh jenis (merek) bola yang dipakai dalam permainan tenis. Beberapa kesimpulan dapat diambil, sebagai berikut :

- Bola merek Dunlop (Fort) memberikan respon vibrasi terbaik, tanpa atau dengan peredam. Untuk kasus tanpa peredam, respon vibrasi untuk Wilson (Championship) dan Tens (Super) hampir sama, hanya untuk lokasi di atas *sweet spot* Wilson memberikan amplitudo vibrasi yang lebih rendah. Untuk kasus dengan peredam, 'urutan' berikutnya adalah Tens dan kemudian Wilson.
- Untuk ketiga merek bola yang diuji, merek Dunlop memberikan lentingan yang terbaik, diikuti oleh merek Wilson, dan kemudian merek Tens.
- Pada umumnya amplitudo vibrasi terbesar terjadi jika bola menumbuk daerah di atas *sweet spot*, dimana efek pengurangan amplitudo vibrasi akibat penggunaan peredam lebih terasa pada lokasi di luar *sweet spot*.
- Lentingan terbesar terjadi jika bola menumbuk daerah di bawah *sweet spot*, sedangkan lentingan terendah terjadi jika bola menumbuk daerah di atas *sweet spot*.

Referensi

- Bower, R., and R. Cross, 2003, "Player Sensitivity to Changes in String Tension in a Tennis Racket", *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 6, pp. 120-131
- Brody, H., 1989, "Vibration Damping of Tennis Rackets", *International Journal of Sport Biomechanics*, vol. 5, pp. 451-456
- Brody, H., 1981, "Physics of Tennis II : The Sweet Spot", *American Journal of Physics*, vol. 49, pp. 816-821
- Cross, R., 1997, "The Sweet Spots of a Tennis Racquet", Technical Paper, University of Sidney
- Elliot, B.C., 1982, "The Influence of the Tennis Racket Flexibility and String Tension on Rebound Velocity Following a Dynamic Impact", *Research Quarterly for Exercise and Sport*, vol. 53, pp. 277-281
- Elliot, B.C., B.A. Blanksby, and R. Ellis, 1980, "Vibration and Rebound Velocity Characteristics of Conventional and Oversized Tennis Rackets", *Research Quarterly for Exercise and Sport*, vol. 51, pp. 608-615
- Hatze, H., 1991, "The Effectiveness of Grip Bands in Reducing Racquet Vibration Transfer and Slipping", *Medicine and Science in Sport and Exercise*, vol. 24, pp. 226-230
- Hennig, E.M., D. Rosenbaum, and T.L. Milani, 1992, "Transfer of Tennis Racket Vibrations Onto the Human Forearm", *Medicine and Science in Sport and Exercise*, vol. 24, pp. 1134-1140
- Knudson, D.V., and S.C. White, 1989, "Forces on the Hand in the Tennis Forehand Drive : Application of Force Sensing Resistors", *International Journal of Sport Biomechanics*, vol. 5, pp. 324-331
- Wowk, V., 1991, *Machinery Vibration: Measurement and Analysis*, McGrawHill, New York