

# MUTU SERAT KAPAS: KLASIFIKASI DAN PENGUJIANNYA

Moch. Machfud, Abdurrahman, dan Emy Sulistyowati<sup>\*)</sup>

## PENDAHULUAN

Industri tekstil di dalam negeri berkembang sangat pesat dan membutuhkan bahan baku berupa serat kapas berkisar 500–600 ribu ton sejak tahun 2004 yang diprediksi akan meningkat menjadi 688 ribu ton pada 2010. Akan tetapi sampai saat ini produksi kapas dalam negeri hanya berkisar 16–25 ribu ton atau kurang dari 0,5% kebutuhan nasional, sehingga ketergantungan akan serat kapas impor semakin meningkat berkisar 454–762 ribu ton seiring dengan makin pesatnya pertumbuhan industri tekstil dan produk tekstil (Rachman 2007).

Dalam mengantisipasi kebutuhan dunia industri tekstil, arah perbaikan varietas kapas tidak saja pada peningkatan produksi kapas berbiji melainkan juga untuk meningkatkan mutu serat. Di negara lain, Amerika Serikat dan Australia misalnya, mutu serat juga sangat menentukan harga pembelian kapas berbiji karena berkaitan dengan penalti berupa diskon harga pembelian bila data kehalusan serat (*micronaire*) lebih kecil atau lebih besar dibandingkan standar (yaitu antara 3,5–4,5 mic). Bagi industri, mutu serat sangat menentukan jenis benang yang dihasilkan. Selain pengaruhnya dalam proses pemintalan, serat yang rendah mutunya juga akan terlihat jelas pada produk benang atau kain yang dihasilkan (Bradow dan Davidonis 2000).

Upaya perbaikan potensi produksi kapas nasional juga diikuti dengan perbaikan kandungan serat dan mutu serat (Sulistyowati dan Hasnam 2007). Perbaikan mutu serat yang telah dicapai pada program pengembangan Kanesia 1–Kanesia 15 tidaklah terlalu signifikan. Selain Kanesia 13, semua varietas Kanesia memiliki panjang serat >28 mm yang berarti memenuhi persyaratan industri pemintaan yang menggunakan mesin pemintal jenis rotor atau friksi. Adapun dua varietas yang memiliki panjang serat >30 mm adalah Kanesia 4 dan Kanesia 8 (30,30 mm). Setelah pelepasan Kanesia 10–Kanesia 15, perbaikan mutu serat secara signifikan dicapai yaitu dalam hal kekuatan serat yang mencapai >27 g/tex. Bahkan Kanesia 14 dan Kanesia 15 mampu mencapai kekuatan serat >30 g/tex, sedangkan Kanesia 2–4 merupakan tiga varietas kapas unggul nasional yang memiliki kekuatan serat terendah yaitu sekitar 22 g/tex (Sulistyowati 2010). Varietas-varietas kapas transgenik yang dilepas oleh Deltapine Land Australia tahun 2007–2008 memiliki kisaran panjang serat 29,97–30,0 mm, kekuatan serat 29,4–31,8 g/tex, dan kehalusan serat 4,3–4,6 mic. Dalam dunia perdagangan serat, karakter mutu serat yang di-

---

<sup>\*)</sup> Masing-masing Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

butuhkan adalah panjang serat 25–28 mm untuk pemintal rotor dan friksi atau >30 mm untuk pemintal air-jet, elastisitas serat >7%, kekuatan serat >28 g/tex pada 3,2 mm gauge, kehalusan serat 3,0–3,8 mic, dan kedewasaan serat >80% (Paroda dan Koranne 1996).

## BIOLOGI SERAT KAPAS

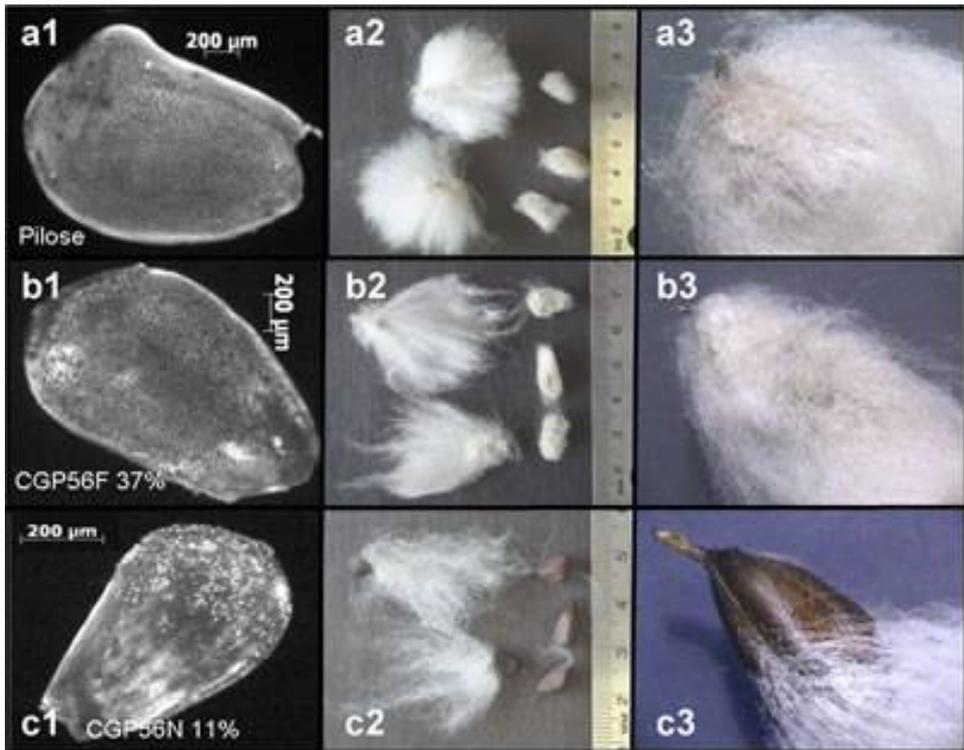
Secara anatomis, serat kapas adalah pemanjangan sel-sel protodermal atau epidermis yang terletak pada lapisan integumen pada bagian luar permukaan biji. Dalam potongan memanjang, bagian serat terdiri atas dasar, badan, dan ujung serat. Sedangkan pada potongan melintang, setiap individu serat terdiri enam bagian yaitu lapisan kutikula, dinding primer, lapisan antara, dinding sekunder, dinding lumen, dan lumen (Hsieh *et al.* 2000). Komposisi kimia serat kapas disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia serat kapas (Ioelovich dan Leykin 2008)

No.	Komponen kimia serat	Kandungan komponen serat (% terhadap berat kering)
1.	Selulosa	94–96
2.	Pektin	0,8–2,2
3.	Protein	1,2–1,4
4.	Pigmen dan lain-lain	0,5–0,7
5.	Abu	1,1–1,7

Perkembangan serat terdiri atas empat tahapan yang saling *overlapping*, yaitu tahap inisiasi serat, pemanjangan serat, deposisi dinding sel sekunder, dan pemasakan serat (Kim dan Triplett 2001). Serat yang tumbuh dari satu biji bervariasi dalam panjang, bentuk, ketebalan dinding sel, dan kemasakan fisiknya (Bradow *et al.* 1997, Gambar 1). Secara fisiologis, mutu serat kapas ditentukan oleh bentuk serat dan kemasakannya. Bentuk serat, terutama panjang dan diameter serat sangat ditentukan oleh faktor genetik, sedangkan kemasakan serat dipengaruhi oleh deposisi fotosintat dalam dinding sel serat yang sangat dipengaruhi oleh lingkungan pertumbuhan.

Dalam perbaikan mutu serat terdapat lebih dari 2.000 lokus gen yang terlibat, sehingga kemajuan genetik yang signifikan sangat sulit dicapai. Plasma nutfah Pee Dee dari program USDA-ARS dan Acala dari New Mexico State University telah menyumbangkan masing-masing 12,5% dan 50% terhadap kemajuan perbaikan mutu serat kapas (Bowman dan Gutierrez 2003). Karakter mutu serat sangat menentukan daya pintal dan mutu benang yang dihasilkan. Karakter mutu serat merupakan potensi genetik suatu varietas yang dicapai pada kondisi pertumbuhan optimal, meliputi pengairan, pemupukan, dan faktor-faktor iklim seperti temperatur harian, dan panjang hari (Bradow dan Davidonis 2000). Pada kapas-kapas *upland* terdapat aksi non-aditif yang relatif kecil antara gen-gen yang berperan dalam panjang, kekuatan, dan kehalusan serat.



Gambar 1. Tiga tipe perkembangan serat pada biji kapas: (a) perkembangan serat dengan keterikatan pangkal serat yang sangat erat pada kulit biji, (b) perkembangan serat dengan keterikatan pangkal serat sedang pada kulit biji, dan (c) perkembangan serat dengan keterikatan pangkal serat yang lemah pada kulit biji (Romano *et al.* 2011)

Panjang serat kapas tidak saja mengkait pada panjang serat itu sendiri, melainkan juga dengan kandungan serat pendek. Panjang serat merupakan sifat yang diturunkan secara genetik, sedangkan kandungan serat pendek dipengaruhi oleh faktor genetik, faktor-faktor pertumbuhan, cara panen, dan cara pemrosesan serat (Bradow dan Davidonis 2000). Lima kelas panjang serat kapas adalah 1) serat pendek, <21 mm, 2) serat sedang, 22–25 mm, 3) serat sedang–panjang, 26–28 mm, 4) serat panjang, 29–34 mm, dan 5) serat sangat panjang, >34 mm (Bradow dan Davidonis 2000).

Khusus untuk kekuatan serat, Green dan Culb (1990) menyatakan bahwa terdapat interaksi yang sangat kuat antara kekuatan serat dan faktor lingkungan sehingga variasi faktor lingkungan dapat menurunkan potensi mutu serat suatu varietas. Hal ini tidak sesuai dengan hasil penelitian May (1999) yang menyebutkan bahwa kekuatan serat lebih dikendalikan oleh gen-gen mayor dibandingkan variasi faktor lingkungan.

Kehalusan serat sangat dipengaruhi oleh posisi buah dan lokasi biji dalam lokus, karena kedua faktor tersebut menentukan sirkularitas serat dan tingkat penebalan dinding sel serat. Dinding sel serat (sekitar 4.1  $\mu\text{m}$ ) terdiri atas dinding sel primer dan kutikula yang kedua setebal 0,1  $\mu\text{m}$  atau 2,4% dari total dinding sel serat, dan dinding sel sekunder berbahan selulosa (98%) yang penebalannya berbahan deposisi fotosintat pada saat pemasakan serat. Dengan demikian semua faktor lingkungan yang mengganggu fiksasi karbon fotosintesa dan sintesa selulosa juga secara langsung berpengaruh terhadap kemasakan dan kehalusan serat (Sassenrath-Cole dan Hedin 1996).

## PROSES PASCAPANEN SERAT KAPAS

Proses pascapanen serat kapas meliputi penjemuran kapas berbiji sampai dengan pemisahan serat dari biji yang dikenal dengan proses *ginning*. Panen kapas dapat dilakukan secara manual oleh tenaga kerja manusia, maupun secara mekanik menggunakan mesin pemanen (*picker* atau *harvester*). Pemanenan secara manual dilakukan terhadap buah-buah yang telah merekah secara bertahap (Gambar 2), dilanjutkan dengan penjemuran kapas berbiji. Sedangkan penggunaan mesin pemanen dilakukan dengan cara pengisapan kapas berbiji yang masih berada pada tanaman maupun kapas berbiji yang telah terjatuh di tanah.



Gambar 2. Pemanenan kapas secara manual (kiri) dan secara mekanis menggunakan mesin *picker* (kanan)

Pemisahan serat kapas dari bijinya disebut dengan istilah *ginning*. *Ginning* dilakukan menggunakan mesin; terdapat dua jenis mesin *ginning* yaitu *saw gin* dan *roller gin* (Gambar 3). *Saw gin* menggunakan sistem gergaji yang berputar dan memotong serat kapas. Sedangkan *roller gin* menggunakan sistem silinder berputar, dengan perputaran silin-

der berbalut kulit kasar tersebut maka serat kapas akan ditarik dan terpisah dengan biji berkabu-kabu.



Gambar 3. Mesin pengolah serat kapas: *saw gin* (kiri), *roller gin* (tengah), dan pengebal (kanan)

Proses pemisahan serat dari bijinya diikuti dengan pengebalan serat, serat kapas dikumpulkan dan dipadatkan membentuk bungkahan kapas berbentuk kubus yang disebut *bale* dengan berat yang bervariasi antarnegara-negara penghasil kapas antara lain 227 kg di Australia, 233 kg di Kolombia, 220 kg di Mexico, 185 kg di Nigeria, 182 kg di Uganda, 170 kg di India dan Pakistan, 200 kg di Afrika Selatan, 327 kg di Mesir, 191 kg di Sudan, 181 kg di Tanzania, dan 226,5 kg di Amerika Serikat. Di Amerika Serikat, ukuran *bale* kapas selain memenuhi aturan berat, juga harus memenuhi batasan ukuran dimensi panjang 1,37–1,40 m; lebar 0,51–0,53 m; dan tinggi 0,84 m; volume 0,48 m<sup>3</sup>; dan dengan kepadatan 472 kg/m<sup>3</sup>.

## KLASIFIKASI DAN PENGUJIAN MUTU SERAT KAPAS

Kualitas serat merupakan parameter yang penting, karena kualitas serat berpengaruh terhadap harga jual serat dan produk akhir yang diproduksi dengan menggunakan serat tersebut. Secara internasional, kualitas serat kapas ditentukan oleh tiga faktor penting, yaitu *grade*, panjang *staple*, dan karakter.

### **Grade Serat Kapas**

*Grade* serat kapas ditentukan oleh faktor warna, kotoran, dan persiapan. Warna serat kapas sebagian besar adalah putih. Tingkat warna putih serat kapas sangat dipengaruhi oleh serangan mikroorganisme, serangga, maupun kotoran lain, sehingga warna putih tersebut dapat berubah menjadi kekuningan ataupun suram.

Tingkat kekuningan warna serat kapas dijadikan dasar dalam pengelompokan warna serat kapas, dan dibedakan menjadi *white*, *light white*, *spotted*, *tinged*, dan *yellow stained*. Dalam kategori warna *white*, terdapat karakter tambahan yang merupakan kom-

binasi antara warna dan kotoran, yang dinyatakan dengan *plus*, *light gray*, dan *gray*. Selain itu tingkat kesuraman atau kegelapan warna serat kapas juga digunakan sebagai dasar pengelompokan warna serat, dimana *grade* yang lebih tinggi warnanya lebih cerah dibandingkan *grade* yang lebih rendah. Untuk derajat kegelapan warna serat kapas dibedakan menjadi *strict good middling*, *good middling*, *strict middling*, *middle strict good middling*, *low middling*, *strict good ordinary*, dan *good ordinary*. Penilaian *grade* kapas membutuhkan kecakapan khusus. Acuan dalam menentukan *grade* kapas dikenal adanya standar universal *grade* kapas. Standar universal *grade* kapas telah dikeluarkan oleh USDA di Amerika Serikat terdiri atas 40 universal standar dengan kode-kode yang disajikan dalam Tabel 2. Dalam dunia perdagangan serat kapas, contoh dari masing-masing *grade* kapas tersedia dalam kotak-kotak sampel.

Tabel 2. Kode universal standar *grade* serat kapas versi USDA, Amerika Serikat (USDA 2005)

<i>Grade</i>	Derajat warna serat kapas							
	Plus	White	Light spotted	Spotted	Tinged	Yellow stained	Light gray	Gray
<i>Strict good middling</i>		SGM						
<i>Good middling</i>		GM	GM Lt Sp	GM Sp	GM Tg	GM Ys	GM Lt gray	GM gray
<i>Strict middling</i>		SM	SM Lt Sp	SM Sp	SM Tg	SM Ys	SM Lt gray	SM gray
<i>Middling plus</i>	M plus							
<i>Middling</i>		M	Mid Lt Sp	Mid Sp	Mid Tg	Mid Ys	Mid Lt gray	Mid gray
<i>Strict low middling plus</i>	LSM plus							
<i>Strict low middling</i>		SLM	SLM Lt Sp	SLM Sp	SLM Tg		SLM Lt gray	SLM gray
<i>Low middling plus</i>	LM Plus							
<i>Low middling</i>		LM	LM Lt Sp	LM Sp	LM Tg			
<i>Strict good ordinary plus</i>	SGO plus							
<i>Strict good ordinary</i>		SGO						
<i>Good ordinary plus</i>	GO plus							
<i>Good ordinary</i>		GO						
<i>Low grade</i>								

Hal lain yang menentukan *grade* kapas adalah kotoran dalam sampel serat kapas dan preparasi. Termasuk dalam kotoran adalah daun, ranting, kulit batang, biji, pecahan biji, rumput, pasir, minyak, dan debu. Sedangkan faktor preparasi serat kapas meliputi tingkat kebaikan hasil pemisahan serat kapas dari bijinya dan banyak kandungan **nep** dan **nap**. **Nep** adalah kelompok serat tidak dapat diuraikan dalam proses pemintalan dan akan menurunkan mutu benang yang dihasilkan. Sedangkan **nap** adalah kelompok serat berbentuk pita atau tali yang masih dapat diuraikan dalam proses pemintalan, sehingga tidak menurunkan mutu benang yang dihasilkan (Boykin 2008). Serat kapas yang melalui proses preparasi yang baik akan menghasilkan benang yang lebih halus dan lebih rata, serta dengan limbah yang kecil.

Tabel 3. Kode panjang *staple* serat kapas (USDA 2005)

No.	Panjang serat	Kode panjang <i>staple</i> serat kapas	No.	Panjang serat	Kode panjang <i>staple</i> serat kapas
1.	26/32" atau 13/16"	26	6.	32/32" atau 1	32
2.	28/32" atau 7/8"	28	7.	33/32" atau 1 1/32	33
3.	29/32"	29	8.	34/32" atau 1 1/16	34
4.	30/32" atau 15/16"	30	9.	35/32" atau 1 3/32"	35
5.	31/32"	31	10.	36/32" atau 1 1/8"	36 dst.

Pengukuran panjang serat kapas dapat juga dilakukan dengan menggunakan *combsorter* atau fibrograf (manual atau digital) yang menggunakan satuan inch. Pengujian menggunakan *combsorter* ataupun fibrograf (Gambar 4) dilakukan di laboratorium pengujian mutu serat yang memiliki kriteria-kriteria antara lain suhu 22–24°C, kelembapan udara dalam ruangan 70%, dan intensitas penyinaran 60 fc. Kriteria panjang serat kapas disajikan dalam Tabel 4.



Gambar 4. Fibrograf digital: alat pengukur panjang serat

Tabel 4. Kriteria mutu serat kapas (USDA 2005)

Kriteria	Panjang .. inci ..	Kekuatan g/tex	Kehalusan .. mic ..	Kerataan .. % ..	Daya mulur .. % ..
Sangat rendah	<0,80	<34	<3,5	<74	<5,3
Rendah	0,81–0,97	34–37	3,5–4,0	74–76	5,4–6,2
Cukup	0,98–1,14	38–41	4,0–4,4	77–79	6,3–7,1
Tinggi	1,15–1,29	42–45	4,5–5,0	80–82	7,2–8,0
Sangat tinggi	>1,30	>45	>5,0	>82	>8,0

## Karakter Serat Kapas

Yang dimaksud dengan karakter serat adalah sifat-sifat serat yang tidak termasuk dalam *grade* dan panjang serat. Karakter serat meliputi kekuatan, daya mulur, kehalusan, kedewasaan, dan kerataan serat.

### a. Kekuatan dan Daya Mulur Serat

Pengukuran kekuatan serat dilakukan pada seberkas serat kapas yang diatur sejajar, yang pada prinsipnya adalah memutuskan seberkas serat sejajar tersebut. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa benang adalah hasil pemintalan seberkas serat kapas. Pengukuran kekuatan serat dilakukan di laboratorium uji mutu serat dengan menggunakan alat *presley fiber strength tester* atau stelometer (Gambar 5) dengan satuan gram/tex. Pengukuran menggunakan stelometer juga menghasilkan karakter daya mulur serat. Dalam Tabel 4 disajikan kriteria kekuatan dan daya mulur serat.



Gambar 5. Alat uji kekuatan serat: a. *Presley fiber strength tester* dan b. Stelometer

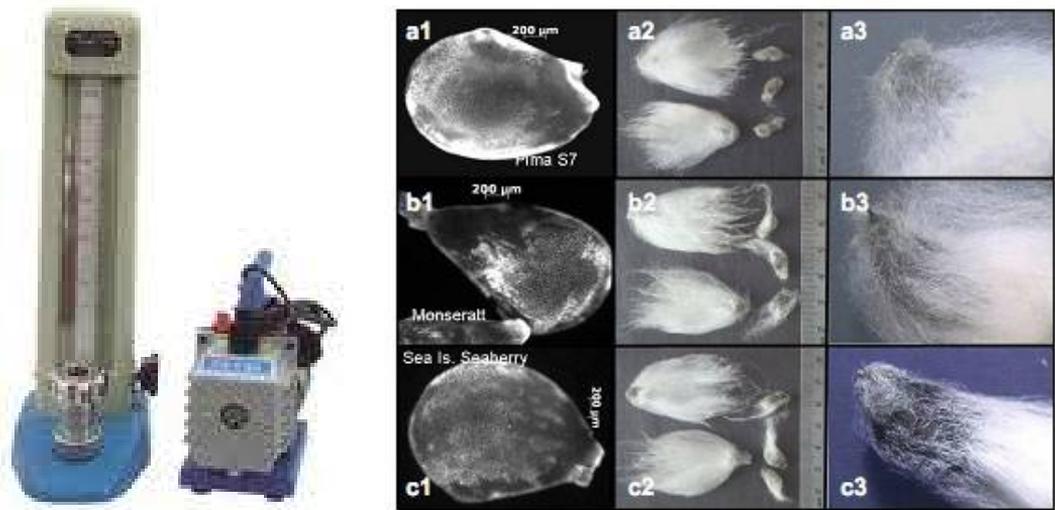
### b. Kehalusan dan Kedewasaan Serat

Kehalusan sangat berkaitan dengan kedewasaan serat. Serat kapas yang masih muda dinding selnya tipis, sehingga lebar penampangannya pada saat serat telah kering menjadi

lebih kecil (Montalvo 2005). Dengan demikian, serat yang masih muda memiliki berat yang lebih kecil atau dengan kata lain lebih halus dibandingkan serat yang telah masak. Dalam Tabel 4 disajikan kriteria kehalusan serat.

Parameter kehalusan serat menggambarkan berat rata-rata serat untuk setiap satu *inch* panjang serat. Satuan yang digunakan adalah *gram/inch*. Alat yang digunakan untuk mengukur kehalusan serat adalah micronaire (Gambar 6), sehingga satuan kehalusan serat juga dinyatakan dalam micronaire (mic.). Cara kerja alat ini adalah dengan menghembuskan udara dengan tekanan tertentu ke dalam seberkas serat dengan berat tertentu. Makin halus serat, maka makin rapat seratnya sehingga semakin banyak udara yang tertahan sehingga tekanan udaranya dihembuskan berkurang (Montalvo 2005).

Kedewasaan dapat juga diamati menggunakan alat mikroskop. Contoh serat yang akan diamati diperlakukan dengan NaOH 18%, dan kemudian diamati di bawah mikroskop. Fokus pengamatan adalah dinding serat. Kedewasaan serat dicerminkan dengan ketebalan dinding sel serat. Semakin tebal dinding sel, maka semakin dewasa pula serat tersebut. Selain itu, lebar lumen juga mencerminkan kedewasaan serat. Serat kapas yang kurang dewasa dengan dinding sel yang tipis memiliki ukuran lumen yang lebih besar dibandingkan serat kapas dewasa. Dalam Gambar 6 disajikan perkembangan serat kapas pada permukaan biji mulai awal sampai serat kapas telah memanjang pada *G. barbadense* (Romano *et al.* 2011).



Gambar 6. Alat pengukur kehalusan serat kapas (kiri) dan perkembangan serat kapas (kanan)

### c. Kerataan Serat

Jumlah serat yang tumbuh dari permukaan biji kapas berkisar 10.000–20.000 helai, dengan ukuran panjang yang sangat bervariasi. Kerataan serat menyatakan tingkat keseragaman panjang serat. Faktor keseragaman panjang serat sangat penting, karena erat kaitannya dengan penggunaan serat dalam industri pemintalan. Kapas dengan tingkatan kerataan serat tinggi menghasilkan benang yang tidak gampang putus dalam proses pemintalan. Kerataan serat dinyatakan dalam satuan persen (%), dan pengukurannya dilakukan menggunakan *combsorter* yaitu dengan membandingkan nilai tengah panjang serat (*mean length*) terhadap panjang serat tertinggi (*upper half mean length*). Selain itu juga dapat menggunakan fibrograf, yaitu dengan membandingkan 50% *span length* terhadap 2,5% *span length*. Kriteria kerataan serat disajikan dalam Tabel 4.

## PENUTUP

Mutu serat sangat menentukan daya pintal dan mutu benang yang dihasilkan. Selain itu, mutu serat kapas berpengaruh terhadap efisiensi industri tekstil dan produk tekstil, mengingat kecepatan mesin pintal sudah ditingkatkan tiga sampai enam kali. Pemahaman terhadap mutu serat perlu mendapat perhatian yang cukup besar, mengingat mutu serat tidak saja dipengaruhi oleh faktor genetik varietas yang ditanam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowman, D.T. & O.A. Gutiérrez. 2003. Sources of fiber strength in the U.S. upland cotton crop from 1980 to 2000. *J. Cotton Sci.* 7:164–16.
- Boykin, J.C. 2008. Seed coat fragments, motes, and neps: Cultivar differences. *The Journal of Cotton Science* 12:109–125.
- Bradow, J.M. & G.H. Davidonis. 2000. Quantitation of fiber quality and the cotton production-processing interface: a physiologist's perspective. *Journal of Cotton Science* 4:34–64.
- Bradow, J.M., P.J. Bauer, O. Hinojosa & Sassenrath-Cole. 1997. Quantitation of cotton fibre-quality variations arising from boll and plant growth environments. *European Journal of Agronomy* 6:191–204.
- Green, C.C. & T.W. Culp. 1990. Simultaneous improvement of yield, fiber quality, and yarn strength in upland cotton. *Crop Sci.* 30(1):66–69.
- Hsieh, Y.L, X.P Hu & A. Wang. 2000. Single fiber strength variations of developing cotton fibers-strength and structure of *G. hirsutum* and *G. barbadense*. *Textile Res. J.* 70:682–690.
- Ioelovic, M. & A. Leykin. 2008. Structural investigation of various cotton fibers and cotton celluloses. *Bio Resources* (3)1:170–177.
- Kim, H.J. & B.A. Triplett. 2001. Cotton fiber growth in planta and in vitro. Models for plant bell elongation and cell wall biogenesis. *Plant Physiology* 127:1361–1366.
- May, O.L. 1999. Genetic variation in fiber quality. p. 183–229. *In* A.S. Basra (ed.) *Cotton Fibers*. Food Product Press, New York.

- Montalvo, J.G. 2005. Relationships between micronaire, fineness, and maturity. Part I. Fundamentals. *The Journal of Cotton Science* 9:81–88.
- Paroda, R.S. & K.D. Koranne. 1996. Cotton research and development scenario in India. *In* H. Harig & S.A. Heap (eds.) 23<sup>rd</sup> . International Cotton Conference. Bremen March 6–9, 1996. p. 1–21.
- Rachman, A.H. 2007. Strategi revitalisasi pengembangan kapas dan rami. *Prosiding Lokakarya Nasional Kapas dan Rami*. Surabaya, 15 Maret 2006. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 33–39.
- Romano, G.B., E.W. Taliencio, R.B. Turley & J.A. Scheffer. 2011. Fiber initiation in 18 cultivars and experimental lines of three *Gossypium* species. *The Journal of Cotton Science* 15:61–72.
- Sassenrath-Cole, G.F. & P.A. Hedin. 1996. Cotton fiber development: Growth and energy content of developing cotton fruits. *Proc. Beltwide Cotton Conference*. Nashville, 9–12 January 1996. National Cotton Council American. Memphis TN. p. 1247–1249.
- Sulistiyowati, E. 2010. Hasil dan program pemuliaan kapas dalam mengantisipasi fenomena pemanasan global. *Prosiding Simposium VIII PERIPI Komda Jatim: Kontribusi Pemuliaan dalam Antisipasi Masalah Akibat Fenomena Pemanasan Global*. Peripi Indonesia Komda Jatim. 2010. hlm. 39–49.
- Sulistiyowati, E. & Hasnam. 2007. Kemajuan genetik varietas unggul kapas Indonesia yang dilepas tahun 1990–2003. *Perspektif* 6(1):19–28.
- USDA. 2005. *The Classification of Cotton*. USDA-Agricultural Handbook 566. 29 pp.