

PEMBUKTIAN EMPIRIS INDEKS RETAK SEBAGAI PARAMETER BEBAS GRAMATUR

Taufan Hidayat*

*Balai Besar Pulp dan Kertas - Bandung

Naskah diterima tanggal : 18 Mei 2009

EMPIRICAL VERIFICATION OF BURST INDEX AS INDEPENDENCE PARAMETER AGAINST BASIS WEIGHT

ABSTRACT

Burst index is an independence parameter against basis weight and used for comparing burst strength of different grammage papers. It is well known that burst index is not influenced by the grammage. But there is no informations that verified empirically the independency. Concerning this verification some kraft-liners have been tested in the laboratory. Three grades of kraft-liners were sampled from 4 different paper mills in 4 different regions. The data is analyzed by least-square method to obtain the best fit of line between burst index and grammage. Analysis is done for within and between paper mills and for within and between grades of kraft-liners. The results showed that the slope of the line between burst index and grammage for all data are zero or approximately zero. These results verified that burst index of the papers are not influenced by their basis weight absolutely.

Keywords : verification, burst index, grammage, least-square method, slope

INTISARI

Indeks retak adalah parameter bebas gramatur dan oleh sebab itu sering digunakan untuk membandingkan sifat ketahanan retak kertas yang berbeda gramatur. Sudah sejak lama diketahui bahwa indeks retak tidak tergantung pada gramatur kertas. Tetapi pembuktian ketidaktergantungan parameter tersebut berdasarkan hasil-hasil pengujian amat jarang ditemukan. Untuk menyampaikan bukti-bukti tersebut, telah dilakukan pengujian kertas liner yang berasal dari 4 pabrik yang berbeda masing-masing dengan 3 macam gramatur. Selanjutnya dilakukan analisis kuadrat terkecil untuk mendapatkan garis lurus terbaik antara indeks retak dan gramatur. Analisis dilakukan untuk contoh uji dari satu pabrik maupun antar pabrik, dan contoh uji sejenis maupun antar jenis. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai gradien garis lurus antara indeks retak dan gramatur untuk semua data uji, adalah nol atau mendekati nol. Ini membuktikan bahwa indeks retak kertas yang diuji tidak tergantung pada gramatur.

Kata kunci : pembuktian, indeks retak, gramatur, metoda kuadrat terkecil, gradien

PENDAHULUAN

Kekuatan kertas dapat dibangun dari bahan baku, bahan kimia, atau proses perlakuan mekanis terhadap serat (penggilingan). Bahan baku yang berkontribusi terhadap kekuatan kertas adalah serat panjang terutama dari pulp kimia. Bahan kimia kertas berguna untuk meningkatkan jumlah ikatan antar serat, sedangkan penggilingan berfungsi untuk menambah ikatan hidrogen (Erik Persson, 2007). Parameter kekuatan, hampir diperlukan oleh semua jenis kertas dan biasanya diwakili oleh ketahanan tarik, ketahanan sobek,

ketahanan lipat, dan ketahanan retak. Ketahanan retak adalah parameter yang sudah sejak lama digunakan dalam pengujian kekuatan kertas (Johan Gullischen, 1999). Metoda uji ini merupakan hasil pengembangan empiris, dan digunakan hingga sekarang karena mudah dan cepat pengerjaannya serta tidak tergantung pada arah kertas (Thomas Furst, 2006)

Ketahanan retak diuji dengan cara menjepit sampel kertas diantara dua klem berongga, kemudian didorong secara hidrolik ke arah rongga tersebut hingga jebol (Garry A Smook, 2002). Alat uji ketahanan retak hidrolik,

pertamakali dikembangkan oleh J.W. Mullen tahun 1887. Pada saat ini semua alat uji ketahanan retak masih bekerja dengan prinsip yang sama, tetapi dengan memanfaatkan kemajuan teknologi di bidang elektronika dan komputer untuk meningkatkan akurasi, reproduisibilitas, dan kemudahan penggunaannya (Hakan Markstrom, 2005).

Hingga kini, uji ketahanan retak dilakukan menggunakan alat uji Mullen tersebut, yang secara tradisional di Amerika Serikat hasil ujinya dilaporkan sebagai *points* Mullen. Untuk keperluan konversi ke satuan SI, 1 *point* Mullen dianggap sama dengan 1 psi. Sehubungan dengan besaran *point* ini, ketahanan retak kadang-kadang diekspresikan sebagai *points per pound* dengan cara membagi nilai ketahanan retak dalam *point* dengan gramatur dalam *pound*. Tetapi cara ekspresi ini menjadi sangat tergantung pada ukuran rim yang digunakan. Oleh karena itu diperkenalkan parameter lain yang disebut indeks retak, yang diperoleh dari pembagian ketahanan retak dalam satuan kPa oleh gramatur dalam satuan g/m^2 (ISO/TC6).

Ketahanan retak adalah gaya maksimal yang diperlukan hingga lembaran tersebut jebol, dinyatakan dalam satuan kPa atau kgf/cm^2 . Disamping ketahanan retak ada besaran lain yang bisa digunakan sehubungan dengan pengujian ketahanan retak, yaitu indeks retak, rasio retak, dan faktor retak. Perumusan ketiga parameter ini sebenarnya ekuivalen (QSMC, 2006). Indeks retak adalah ketahanan retak dalam kPa dibagi gramatur dalam g/m^2 . Oleh karena itu satuan indeks retak adalah $kPa.m^2/g$. Rasio retak perumusannya persis dengan indeks retak hanya satuan untuk ketahanan retak dan gramatur yang digunakan berturut-turut adalah psi dan lb/ream. Rasio retak inilah yang disebut *points per pound* pada uraian sebelumnya. Demikian pula untuk faktor retak yang berbeda hanya satuan yang digunakan, yaitu ketahanan retak dalam g/cm^2 dan gramatur dalam g/m^2 .

Standar pengujian ketahanan retak sebaiknya mengacu kepada ISO 2758 untuk kertas dan ISO 2759 untuk karton, karena standar ISO merupakan akomodasi dari berbagai standar lain yang ada di dunia (Herbert Holik, 2006). Selain ISO memang banyak standar lain yang juga memuat cara uji ketahanan retak.

Dalam standar Tappi misalnya, ada beberapa standar cara uji yang berkaitan dengan ketahanan retak seperti T403, T807, dan T810. Pengujian ketahanan retak menurut ISO maupun Tappi, semuanya merujuk ke penggunaan alat uji Mullen. Meskipun demikian, sebenarnya alat

uji Mullen mempunyai kelemahan yaitu kekakuan diafragma karet yang berkontribusi terhadap nilai hasil uji ketahanan retak. Tetapi perkembangan teknologi alat uji telah berhasil memasukkan faktor kompensasi kekakuan diafragma karet alat uji Mullen (Peter Uddfors, 2008).

Ketahanan retak sangat tergantung pada gramatur lembaran, atau secara matematis dapat dinyatakan bahwa ketahanan retak adalah fungsi gramatur (Erik Persson, 2007). Kenyataan ini mejadi kendala saat akan membandingkan parameter ketahanan retak berbagai lembaran dengan gramatur yang berbeda-beda. Untuk meniadakan pengaruh suatu variabel terhadap suatu fungsi matematik, maka fungsi itu harus dibagi dengan variabel yang bersangkutan sehingga jika fungsi itu diplot terhadap variabelnya maka akan diperoleh fungsi konstan (Sarah Boslaugh, 2008). Bila konsep ini diterapkan pada ketahanan retak sebagai fungsi gramatur, maka ini berarti indeks retak, rasio retak, atau faktor retak adalah fungsi konstan bila diplot terhadap gramatur. Namun demikian sejauh ini belum banyak bukti empiris yang mendukung kebenaran ketidaktergantungan parameter tersebut terhadap gramatur kertas. Makalah ini bermaksud menyajikan bukti-bukti empiris tentang ketidaktergantungan indeks retak terhadap gramatur kertas, berdasarkan pengujian terhadap sejumlah contoh kertas yang berasal dari berbagai pabrik. Contoh kertas yang dipilih adalah kertas liner karena ketahanan retak merupakan parameter yang sangat penting untuk jenis kertas ini (Herbert Holik, 2006). Artinya, untuk setiap produksi kertas ini, proses akan selalu diarahkan pada pencapaian nilai ketahanan retak yang terbaik.

BAHAN DAN METODA

Data untuk keperluan makalah ini diperoleh dari pengujian 3 jenis kertas liner, yaitu GSM125, GSM150, dan GSM200. Ketiga jenis kertas tersebut berasal dari 4 pabrik yang berbeda yaitu Pabrik A di Jawa Timur, B di Banten, C di Jawa Tengah, dan D di Jawa Barat.

Terhadap ketiga jenis kertas liner tersebut dilakukan pengujian gramatur (ISO 536), ketahanan retak (ISO 2758), dan perhitungan indeks retak (ISO 2758, T403). Hubungan indeks retak dan gramatur kemudian dianalisis dengan metoda kuadrat terkecil (Sarah Boslaugh, 2008). Analisis ini dilakukan terhadap sejumlah pasangan data gramatur - indeks retak, sebut saja pasangan data (x,y),

sehingga diperoleh persamaan garis lurus $y = mx + b$, dimana m adalah gradien dan b intersep. Gradien dan intersep dihitung sebagai berikut :

$$m = \frac{(\sum y)(\sum x) - n(\sum xy)}{(\sum x)^2 - n(\sum x^2)}$$

$$b = \frac{(\sum x)(\sum xy) - (\sum y)(\sum x^2)}{(\sum x)^2 - n(\sum x^2)}$$

Garis lurus $y = mx + b$ yang diperoleh dari perhitungan di atas adalah garis lurus terbaik dari sejumlah pasangan data (x,y) tersebut. Jarak vertikal pasangan data (x,y) terhadap garis lurus tersebut adalah sekecil-kecilnya (prinsip metoda kuadrat terkecil). Selanjutnya, bila y tidak tergantung pada x maka $m = 0$ sehingga $y = b$ adalah konstan.

Dalam hal y adalah indeks retak dan x adalah gramatur, maka hasil analisis harus membuktikan bahwa nilai gradien m adalah nol, jika indeks retak memang tidak tergantung pada gramatur. Ketidaktergantungan indeks retak terhadap gramatur harus terjadi tidak hanya untuk kertas sejenis dan antar jenis, tetapi juga harus terjadi untuk kertas dalam satu pabrik dan antar pabrik. Oleh karena itu selanjutnya dilakukan analisis berikut :

- Analisis Dalam Pabrik (*within mill*), yaitu membandingkan data kertas lainer yang diproduksi dalam satu pabrik, baik data kertas sejenis (*within grade*, gramatur sama) maupun data antar jenis (*between grade*, gramatur berbeda).
- Analisis Antar Pabrik (*between mill*), yaitu membandingkan data kertas lainer yang diproduksi oleh ke 4 pabrik yang ditinjau, baik data kertas sejenis maupun antar jenis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Dalam Pabrik

Dari sejumlah pengujian untuk masing-masing jenis kertas lainer, dilakukan perhitungan indeks retak berikut rata-ratanya. Tabel 1 menampilkan contoh perhitungan tersebut dan nilai gradien yang didapat untuk contoh kertas lainer GSM125 dari Pabrik A. Dari pasangan data (indeks , gramatur) pada Tabel 1 kemudian gradien dihitung menggunakan persamaan untuk m , maka didapat $m = -0,05$.

Tabel 1. Perhitungan Indeks Retak

LAINER GSM125		
RETAK	GSM	INDEKS
(kPa)	(g/m ²)	(kPa.m ² /g)
498	127,28	3,91
519	130,50	3,98
530	129,33	4,10
552	129,12	4,28
551	129,40	4,26
557	129,00	4,32
559	130,30	4,29
496	130,83	3,79
541	128,23	4,22
484	130,00	3,72
rata-rata	129,40	4,09
gradien dalam jenis		-0,05

Dari Tabel 1 didapat nilai rata-rata gramatur dan indeks retak untuk satu jenis kertas lainer, yaitu GSM125 dalam Pabrik A. Diperoleh juga gradien dalam jenis, yaitu hasil analisis ketergantungan indeks retak untuk 1 jenis kertas lainer yaitu GSM125 yang dibuat di Pabrik A. Perhitungan dilanjutkan terhadap lainer GSM150 dan GSM200 dari Pabrik A, dan seluruh hasilnya disajikan pada Tabel 2a. Selain nilai rata-rata gramatur dan indeks retak, Tabel 2a juga menyajikan nilai-nilai gradien dalam jenis (yaitu gradien untuk satu jenis kertas lainer yang ditinjau) dan gradien antar jenis (yaitu gradien antar jenis kertas lainer yang ditinjau).

Dengan cara yang sama, hasil perhitungan rata-rata dan analisis gradien untuk Pabrik B, C, dan D disajikan berturut-turut pada Tabel 2b, 2c, dan 2d.

GSM125, GSM150, dan GSM200 sebenarnya adalah kertas lainer yang sejatinya diproduksi dengan gramatur masing-masing 125, 150, dan 200 g/m². Tetapi nampak pada Tabel 2a dan 2b ternyata gramaturnya tidak persis sama dengan yang dituju. Meskipun demikian, nilai tersebut masih dalam toleransi gramatur yang berlaku yaitu $\pm 4\%$.

Dengan toleransi gramatur $\pm 4\%$, maka berarti nilai gramatur untuk GSM125 dan GSM150 sudah di luar batas. Meskipun gramaturnya tergolong tinggi, tapi nilai indeks retaknya cukup rendah dibandingkan dengan lainer yang sama dari Pabrik A dan B.

Tabel 2a. Analisis Dalam Pabrik A

LAINER	GSM	INDEKS	gradien dalam jenis
	(g/m ²)	(kPa.m ² /g)	
GSM125	129,40	4,09	-0,05
GSM150	153,07	3,62	-0,02
GSM200	202,41	3,31	0,03
gradien antar jenis		-0,01	

Tabel 2b. Analisis Dalam Pabrik B

LAINER	GSM	INDEKS	gradien dalam jenis
	(g/m ²)	(kPa.m ² /g)	
GSM125	129,35	3,25	0,08
GSM150	147,75	3,01	0,05
GSM200	194,93	3,39	-0,02
gradien antar jenis		0,00	

Tabel 2c Analisis Dalam Pabrik C

LAINER	GSM	INDEKS	gradien dalam jenis
	(g/m ²)	(kPa.m ² /g)	
GSM125	131,48	2,19	0,01
GSM150	159,88	2,09	-0,04
GSM200	201,06	2,83	0,07
gradien antar jenis		0,01	

Tabel 2d. Analisis Dalam Pabrik D

LAINER	GSM	INDEKS	gradien dalam jenis
	(g/m ²)	(kPa.m ² /g)	
GSM125	126,32	3,58	0,01
GSM150	154,18	3,49	-0,02
GSM200	199,89	3,38	-0,01
gradien antar jenis		0,00	

Gramatur lainer dari Pabrik D, penyimpangannya masih dalam batas toleransi, bahkan cukup kecil dibandingkan dengan penyimpangan yang terjadi di Pabrik A, B, dan C. Bila dicermati seluruh Tabel 2a, 2b, 2c, dan 2d, nampak bahwa ada kelainan untuk nilai indeks retak contoh kertas dari Pabrik C dibandingkan dengan Pabrik A, B, dan D. Nilai indeks retak untuk semua contoh kertas lainer dari Pabrik C semuanya dibawah 3 bahkan untuk GSM125 rendah sekali pada gramatur

yang cukup tinggi. Untuk GSM125 dan GSM150 nampak bahwa Pabrik C ingin mempertinggi indeks retak dengan memperbesar gramatur. Hal ini bisa terjadi jika bahan baku yang digunakan kurang baik, atau jenis kertas yang diproduksi adalah kertas lainer mutu kedua (Erik Persson, 2007).

Analisis Antar Pabrik

Untuk melakukan analisis antar pabrik, nilai rata-rata gramatur dan indeks retak kertas lainer jenis GSM125 pada masing-masing pabrik (lihat Tabel 2a, 2b, 2c, dan 2d) disandingkan di Tabel 3a. Tabel tersebut didapat nilai rata-rata gramatur dan indeks retak antar pabrik.

Tabel 3a. Analisis Dalam Jenis GSM125

PABRIK	GSM	INDEKS
	(g/m ²)	(kPa.m ² /g)
A	129,40	4,09
B	129,35	3,25
C	131,48	2,19
D	126,32	3,58
rata-rata	129,14	3,28
gradien dalam jenis		-0,24

Selain nilai rata-rata gramatur dan indeks retak, dari Tabel 3a juga didapat nilai gradien dalam jenis, yaitu gradien indeks retak terhadap gramatur untuk lainer jenis GSM125 pada keempat pabrik. Dalam Tabel 3a nampak ada perbedaan menyolok antar nilai gramatur dan indeks retak produk Pabrik C dibandingkan dengan ketiga pabrik lainnya. Dugaan bahwa produk kertas lainer buatan Pabrik C adalah produk mutu kedua semakin beralasan.

Analisis dilanjutkan untuk kertas lainer GSM150 dan GSM200 dengan cara yang sama, dan hasilnya disajikan pada Tabel 3b dan 3c.

Memperhatikan Tabel 3b dan 3c, kembali nampak perbedaan nilai gramatur dan indeks retak kertas lainer dari Pabrik C dibandingkan dengan ketiga pabrik lainnya. Dilihat dari nilai indeks retak kertas lainer produksi Pabrik C dapat dipastikan sebagai produk mutu kedua mengingat nilainya yang sangat rendah dibandingkan dengan tiga pabrik lainnya. Pembahasan di atas adalah analisis antar pabrik untuk jenis lainer yang sama. Untuk keperluan analisis antar jenis lainer pada keempat pabrik, maka nilai rata-rata gramatur dan indeks retak dari Tabel 3a, 3b, dan 3c dibandingkan dalam

Tabel 4. Dari tabel ini maka kemudian didapat nilai gradien antar jenis dan antar pabrik dari contoh liner yang ditinjau.

Tabel 3b. Analisis Dalam Jenis GSM150

PABRIK	GSM (g/m ²)	INDEKS (kPa.m ² /g)
A	153,07	3,62
B	147,75	3,01
C	159,88	2,09
D	154,18	3,49
rata-rata	153,72	3,06
gradien dalam jenis		-0,08

Tabel 3c. Analisis Dalam Jenis GSM200

PABRIK	GSM (g/m ²)	INDEKS (kPa.m ² /g)
A	202,41	3,31
B	194,93	3,39
C	201,06	2,83
D	199,89	3,38
rata-rata	199,57	3,23
gradien dalam jenis		-0,03

Tabel 4. Analisis Antar Jenis

LAINER	GSM (g/m ²)	INDEKS (kPa.m ² /g)	gradien dalam jenis
GSM125	129,14	3,28	-0,24
GSM150	153,72	3,06	-0,08
GSM200	199,57	3,23	-0,03
gradien antar jenis		0,00	

Analisis Gradien

Untuk mempermudah pembahasan, seluruh nilai gradien yang didapatkan dari tabel-tabel sebelumnya, dirangkum dalam tabel 5 dan 6. Sebagaimana disebutkan dalam terdahulu, bahwa terhadap data indeks retak dan gramatur dilakukan analisis kuadrat terkecil untuk mendapatkan garis lurus terbaik berbentuk $y = mx + b$, dimana y adalah indeks retak, x gramatur, m gradien, dan b intersep. Karena pembuktian yang akan dilakukan adalah indeks retak (y) tidak tergantung pada gramatur (x), maka nilai gradien (m) harus sama dengan nol

(tentunya pada kondisi ideal). Untuk keperluan pembuktian ini nilai gradien yang mendekati nol sudah sangat memadai untuk menyatakan ketidaktergantungan y terhadap x . Sementara itu, dalam hal ini nilai intersep tidak diperlukan karena hanya sebuah konstanta yang tidak menggambarkan ketergantungan y terhadap x . Nilai nol gradien juga menunjukkan tidak adanya korelasi antara y dan x (Sarah Boslaugh, 2008).

Tabel 5. Analisis Gradien Dalam Pabrik

PABRIK	DALAM JENIS			ANTAR JENIS
	GSM125	GSM150	GSM200	
A	-0,05	-0,02	0,03	-0,01
B	0,08	0,05	-0,02	0,00
C	0,01	-0,04	0,07	0,01
D	0,01	-0,02	-0,01	0,00

Tabel 5 memperlihatkan nilai gradien dalam pabrik masing-masing, untuk jenis liner yang sama ataupun berbeda. Seluruh nilai menunjukkan hampir mendekati nol, bahkan untuk gradien antar jenis pabrik B dan D nilainya praktis sama dengan nol. Data ini menunjukkan bahwa parameter indeks retak di Pabrik A, B, C, maupun D tidak tergantung pada nilai gramatur. Berdasarkan fakta ini, parameter indeks retak dalam satu pabrik bisa digunakan sebagai parameter umum untuk keperluan pengendalian kualitas. Konsistensi mutu produk yang dibuat oleh pabrik dapat tergambar melalui konsistensi nilai indeks retak. Bila diperhatikan, maka nampak jelas bahwa Pabrik D sangat konsisten dengan mutu produknya, terlihat dari nilai gradien yang hampir mendekati nol untuk semua jenis liner, dan perbedaan gradien antar jenis lainernya sangat kecil. Sebaliknya Pabrik B dan C, perbedaan nilai gradiennya lebih lebar dibandingkan Pabrik A dan D.

Nilai gradien antar pabrik disajikan pada Tabel 6. Secara umum nilai gradien terlihat semuanya mendekati nol, bahkan gradien antar jenis kertas liner dan antar pabrik A, B, C, dan D nilainya praktis nol. Namun demikian bila diperhatikan gradien untuk liner GSM125 nilainya relatif besar dibandingkan dengan nilai lainnya. Hal ini bisa dirujuk kembali ke Tabel 3a, dimana nilai indeks retak liner GSM125 untuk Pabrik C sangat rendah dibandingkan dengan Pabrik A, B, dan D. Akibatnya nilai gradien antar pabrik menjadi besar.

Berdasarkan Tabel 3a dan Tabel 6, maka dapat dikatakan bahwa lainer GSM125 produk Pabrik C mutunya sangat rendah.

Tabel 6. Analisis Gradien Antar Pabrik

PABRIK	DALAM JENIS			ANTAR JENIS
	GSM125	GSM150	GSM200	
A	-0,24	-0,08	-0,03	0,00
B				
C				
D				

Meskipun contoh uji yang digunakan pada analisis ini adalah kertas lainer, namun keberlakuan hasil analisisnya juga bisa valid untuk semua jenis kertas. Hal ini didasari oleh pemikiran bahwa persyaratan utama kertas lainer yang harus dipenuhi adalah ketahanan retak, untuk mendukung sifat daya tahan dan daya muat kemasan yang akan dibentuk oleh kertas lainer. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa ketahanan retak adalah parameter sensitif untuk kertas lainer. Karena kondisinya yang demikian, maka setiap proses produksi kertas lainer akan selalu diarahkan pada pencapaian syarat mutu ketahanan retak.

KESIMPULAN

Pemilihan analisis indeks retak pada contoh kertas lainer didasari oleh kenyataan bahwa parameter ini merupakan sifat penting indikator mutu kertas lainer. Berdasarkan hasil analisis ketergantungan nilai indeks retak terhadap gramatur untuk berbagai kasus : antar pabrik, dalam pabrik, antar jenis, dan dalam jenis kertas lainer, maka dapat disimpulkan bahwa terbukti parameter indeks retak tidak tergantung pada gramatur kertas. Dengan kata lain indeks retak adalah parameter bebas gramatur dan dapat digunakan sebagai besaran

pembanding mutu kertas pada gramatur yang berbeda-beda.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Rina Masriani yang telah banyak membantu penulis dalam penyiapan data yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Boslaugh, S., Watters, P.A., 2008, *Statistics*, O'Reilly Media, Inc., Sebastopol.
- Furst, T., 2006, *Bursting Strength*, L & W School, Kista.
- Gullischen, J., Paulapuro, H., 1999, *Papermaking Science and Technology - Book 17 Pulp and Paper Testing*, Fapet Oy, Helsinki.
- Holik, H., 2006, *Handbook of Paper and Board*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, Weinheim.
- ISO/TC6, 2003, *ISO Standards Collection On CD-ROM*, Version 2 - Paper, Board and Pulps
- International Organization for Standardization, Genève
- Markstrom, H., 2005, *Testing Methods and Instruments for Corrugated Board*, Lorentzen & Wettre, Kista
- Persson, E., 2007, *Paper Technology Part 1*, Cepatec AB, Broby.
- QSMC, 2006, *Tappi Test Method CD Version*, Quality and Standards Department - TAPPI, Norcross.
- Smook, G.A., 2002, *Handbook For Pulp and Paper Technologist*, 3rd edition, Angus Wilde Publications Inc, Vancouver, p. 332-344
- Uddfors, P., 2008, *Pulp and Paper Tesing*, Lorentzen & Wettre, Kista, p. 161-163