

Behavior Analysis of Widuri Fiber Effluence of NaOH Treatment to Wettability and Adhesiveness with Polyester Resin

Yeremias M. Pell^{1,*}, Wenseslaus Bunganaen¹, Vinsensius Wowa¹

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

*Corresponding author: yeremias.pell@staf.undana.ac.id

Abstract. This research examines the properties of widuri fiber (*Calotropis gigantea*), which receive a 5% NaOH treatment on wettability and adhesiveness between widuri fiber with polyester resin. Variable wettability is the contact angle, which is performed through observation by an optical microscope. During to get the adhesiveness, used a parameter is interfacial shear strength (IFSS) is obtained through a pull-out test. The untreated fibers and fibers with a 5% NaOH-treatment for 1, 2 and 3 hours with a multiplicity of embedded fiber length 1 mm, 3 mm, and 5 mm, then observed by photo-microscopy. That is, the results of 5% NaOH treatment, to make clean to the fiber surface of wax, lignin and other impurities so as to improve the bonding between the fibers and the matrix. Lowest value of contact angle there is the fiber of widuri plan before flowering and given 5% NaOH treatment during 3 hours as big as $13,843^\circ - 17,885^\circ$ Highest value of contact angle there is the fiber of widuri plan on the state flower and untreated, the totaling $30,244^\circ - 35,248^\circ$. While the lowest value of IFSS is 2,486 MPa, that happen to the fiber of widuri plan while fruit and given NaOH treatment for 3 hours. The embedded length of the fiber is 5 mm. The highest value of IFSS is 173.082 MPa. That happen to the fiber of widuri plan is flowering and given NaOH treatment for 3 hours. The embedded length of the fiber is 1 mm. this values was indicate that the widuri fiber and polyester resin are compatible for reinforcement and matrix in composite.

Abstrak. Riset ini meneliti tentang perilaku serat widuri (*Calotropis gigantea*) yang mendapat perlakuan NaOH 5% terhadap *wettability* dan mampu rekat antara serat widuri dengan resin *Polyester*. Variabel *wettability* yang diteliti yaitu sudut kontak, yang dilakukan dengan pengamatan melalui mikroskop optik. Sedangkan untuk mendapatkan sifat mampu rekatnya yaitu dengan parameter kekuatan geser interfasial (IFSS) diperoleh melalui pengujian *pull-out*. Pada serat tanpa perlakuan dan serat dengan perlakuan NaOH 5% selama 1, 2 dan 3 jam dengan variasi panjang tertanam serat adalah 1 mm, 3 mm dan 5 mm, kemudian diamati melalui foto mikroskop. Hasil yang diperoleh yaitu bahwa dengan perlakuan NaOH 5% pada serat menyebabkan permukaan serat menjadi bersih dari wax, lignin dan pengotor lain, sehingga dapat meningkatkan ikatan antara serat dan matriksnya. Nilai sudut kontak terendah ada pada serat yang diambil dari tanaman widuri sebelum berbunga dan diberi perlakuan NaOH 5% dengan lama perendaman 3 jam yaitu sebesar $13.843^\circ - 17.885^\circ$. Sudut kontak tertinggi pada serat dari tanaman widuri yang berbunga dan tanpa perlakuan yaitu sebesar $30.244^\circ - 35.248^\circ$. Sedangkan nilai IFSS terendah adalah 2,486 MPa, terjadi pada serat dari widuri saat berbuah dan diberi perlakuan NaOH selama 3 jam. Panjang tertanam serta adalah 5 mm. Nilai IFSS tertinggi yaitu 173,082 MPa, terjadi ada pada serat dari tanaman widuri yang berbunga dan diberi perlakuan NaOH selama 3 jam. Panjang tertanam serat adalah 1 mm. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa serat widuri dan resin polyester cocok untuk dijadikan penguat dan matriks dalam komposit.

Kata kunci: serat widuri, *wettability*, mampu rekat, IFSS, komposit.

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Salah satu isu global di bidang material teknik yaitu penggunaan material yang dapat diperbarui (*renewable*) dan ramah lingkungan dan murah (*ecofriendly*). Ini memberikan inspirasi yang luas di bidang rekayasa material untuk mencari dan

menemukan berbagai varian material baru yang dapat memenuhi syarat di atas dan tetap berkualitas. Komposit berbasis serat alam menjadi salah satu alternatifnya. Berbagai cara dan metode serta pendekatan sudah banyak pula dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu. Namun belum sepenuhnya mewujudkan impian ini. Berbagai jenis

serat alam sudah banyak dieksplorasi sebagai penguat. Demikian juga resin-resin dari alam. Tetapi masih juga belum sepenuhnya mendapatkan material yang 100% dari alam (*green composite*), baik serat maupun resinya.

Dalam tulisan ini pun impian mendapatkan material *green composite* belum juga terpenuhi. Sehingga tujuan penelitian ini hanya sebatas menganalisis perilaku serat widuri sebagai penguat pada komposit dengan matriks polyester. Asumsi dasarnya adalah bahwa serat harus lebih kuat dari matriksnya. Ketika syarat ini terpenuhi maka serat sudah bisa menjadi penguat dalam komposit. Tetapi pertanyaannya adalah apakah semua serat cocok terhadap matriksnya ataupun sebaliknya apakah semua matriks cocok dengan seratnya. Untuk menjawab pertanyaan ini maka perlu dilakukan analisis tentang kesesuaian atau kekomponkan antara serat dan resin sebagai matriks dalam komposit nantinya.

Dalam penelitian ini serat yang digunakan yaitu serat widuri yang diambil dari kulit batang tanaman widuri (*calotropis gigantea*). Jenis serat ada 3 berdasarkan cirri fisik tanaman widuri yaitu sebelum berbunga, sedang berbunga dan berbuah.

Untuk membuat material komposit, aspek penting yang harus diperhatikan antara lain informasi tentang ikatan antar muka antara (*interface*) serat dan matriks. Untuk meningkatkan *interface* antara serat dan matriks dapat dimodifikasi dengan perlakuan kimia seperti NaOH. Perlakuan ini menyebabkan serat bundel dapat terurai menjadi serat tunggal karena kandungan *lignin*, *wax* dan *impurities* yang lain sudah berkurang atau bersih dari permukaan serat. Pengaruh selanjutnya akibat perlakuan NaOH ini yaitu bisa meningkatkan kekuatan ikatan antara serat dan matriksnya. Parameter yang bisa dibuktikan untuk hal ini antara lain dengan menguji sifat mampu basah (*wettability*) dan sifat mampu rekat (*adhesiveness*) melalui parameternya yaitu *interfacial shear strength* (*IFSS*). Kedua parameter ini menjadi sangat penting dan mendasar, sebelum membuat kompositnya. Hal ini disebabkan karena belum tentu semua serat alam mampu atau cocok berikatan dengan resin polyester sebagai matriksnya ataupun resin yang lainnya.

Dengan demikian setelah melihat persoalan tersebut, penulis tertarik untuk sekali lagi meneliti tentang kedua sifat ini pada serat widuri dengan matriks resin polyester yang dikemas dalam judul **“Analisis Perilaku Serat Widuri Akibat Perlakuan NaOH terhadap Wettability dan Sifat Mampu Rekatnya dengan Resin Polyester.”**

Metode Penelitian

Bahan dan Alat

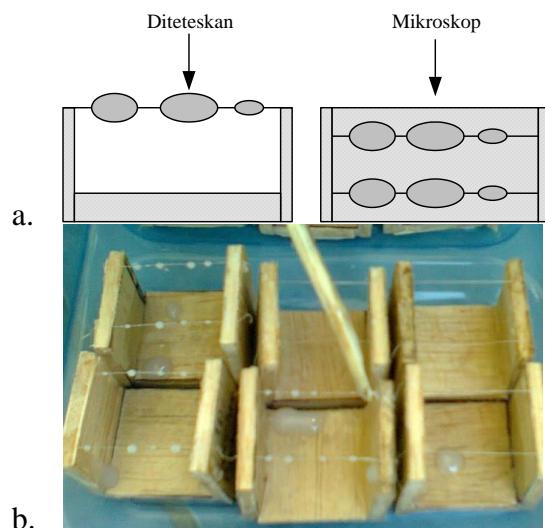
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Serat kulit batang Widuri, Resin (ph 5-7, $\rho = 0.6 \text{ gr/cm}^3$), katalis, wax.

Alat yang digunakan adalah pisau, seperangkat alat pencetakan, kamera Cannon EOS 550D, kaca pembesar, mikroskop optic, alat uji pull-out, seperangkat alat uji sudut kontak dan peralatan pendukung lainnya

Prosedur Penelitian

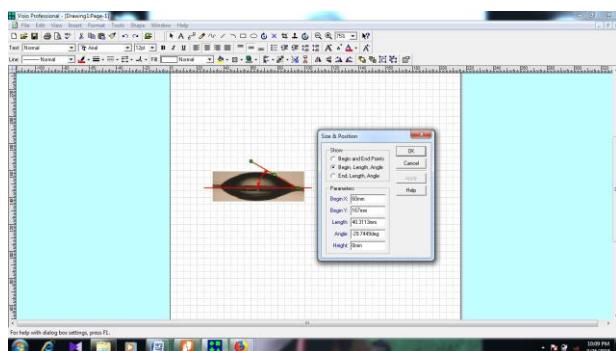
- Bahan baku serat widuri yang diambil dari kulit batang widuri disediakan.
- Proses pemisahan serat atau mengekstrak serat secara manual.
- Perlakuan NaOH sebanyak 5% dengan cara serat direndam dalam larutan NaOH, dengan variasi waktu 1, 2 dan 3 jam.
- Serat selanjutnya dicuci dengan aquades selama beberapa menit sampai kandungan NaOH hilang dari permukaan serat.
- Pengeringan serat pada temperatur kamar selama 24 jam.
- Pembuatan spesimen uji sudut kontak dengan meneteskan resin pada serat yang sudah di bentangkan pada sebuah jig persegi.
- Pembuatan spesimen uji *pull-out* sesuai panjang tertanam serat yaitu 1 mm, 3 mm dan 5 mm.
- Kedua spesimen uji sudut kontak dan spesimen uji *pull-out* menggunakan serat dari tanaman widuri sebelum berbunga, sedang berbunga dan berbuah.

Pengamatan Sudut Kontak



Gambar 1. a). Ilustrasi pengamatan sudut kontak,
b). Spesimen sudut kontak

Pengamatan sudut kontak menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 500X. Selanjutnya foto droplet resin dan serat diukur menggunakan bantuan program komputer seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Pengukuran sudut kontak

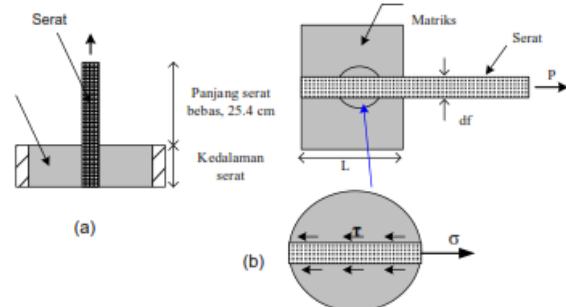
Pengujian *pull-out*

Ilustrasi pengujian *pull-out* dapat dilihat pada gambar 3. Dari gambar ini, dapat dicari besarnya tegangan geser antara serat dan matriks (*interfacial shear strength/IFSS*), yang dihitung dari besarnya beban P yang dapat memutukan atau mencabut serat dari matriks. Persamaannya :

$$\tau = \frac{P_{\text{geser}}}{\pi d l_x} \quad 1$$

dimana :

P = beban maksimum, N
 d = diameter serat, mm
 l_x = panjang tertanam serat.



Gambar 3. Mekanisme uji *pull-out*; a) Spesimen uji *pull-out* serat tunggal. b) Kesetimbangan gaya tarik aksial dan gaya geser interfacial antara serat dan matriks.

Dengan asumsi bahwa terjadi kesetimbangan gaya-gaya, dalam proses pengujian ini maka nilai IFSS antara serat dan matriks dapat dihitung (Gibson, 1994):

$$\tau = \sigma d / 2l \quad 2$$

dimana :

$$\begin{aligned} \tau &= \text{IFSS, N/mm}^2 \\ \sigma &= \text{tegangan tarik serat, N/mm}^2 \\ l &= \text{panjang kritis serat, mm} \\ d &= \text{diameter serat, mm} \end{aligned}$$

Hasil dan Pembahasan

Wettability

Salah satu parameter wettability adalah sudut kontak antara serat sebagai solid dan matriks sebagai liquid, dalam bentuk *droplet*. Semakin kecil sudut kontak, maka wettability semakin baik. Tetapi ada batasannya, dari nilai minimal sampai nilai maksimalnya. Besar sudut kontak dalam penelitian ini dapat dilihat dalam tabel 1. Dari distribusi nilai hasil pengukuran sudut kontak ini, dapat dijelaskan bahwa besar sudut kontak pada serat tanpa perlakuan bernilai di atas 30° . Nilai ini menurut Dorn (1994) dan Pell (2012) mempunyai wettability yang kurang optimal. Sedangkan untuk semua serat yang sudah mendapat perlakuan NaOH

Tabel 1. Hasil pengukuran sudut kontak

	TP	N1	N2	N3
Sebelum berbunga	30.731 - 34.778	20.065 - 25.057	18.627 - 20.526	13.843 - 17.885
Berbunga	30.244 - 35.248	21.073 - 24.828	19.848 - 20.161	16.047 - 20.391
Berbuah	32.204 - 34.247	22.421 - 24.827	19.487 - 21.866	19.062 - 22.267

5%, semuanya bernilai di atas 10^0 sampai 25^0 . Nilai ini menurut Dorn (1994) dan Pell (2012) sangat optimal menghasilkan ikatan anatar serat dan matriks. Hal ini disebabkan karena matriks sebagai media perekat mampu melapisi semua permukaan serat dengan sempurna. Maka ketika fenomena terpenuhi, maka salah satu syarat kesesuaian antara serat dan matriks, pembentukan komposit sudah terpenuhi.

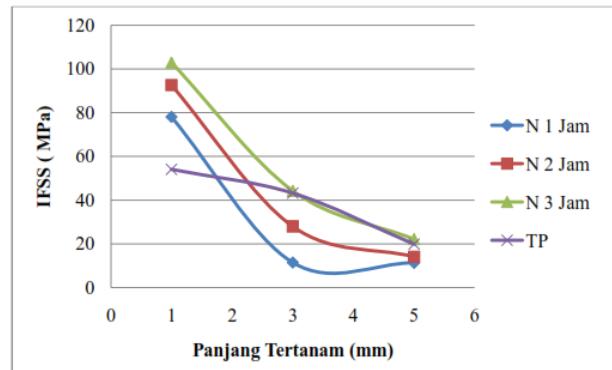
Interfacial Shear Strength (IFSS)

Untuk mendapatkan hasil IFSS antara serat dan matriks, maka dilakukan pengujian *pull-out* dan diperoleh hasil-hasil sebagai berikut :

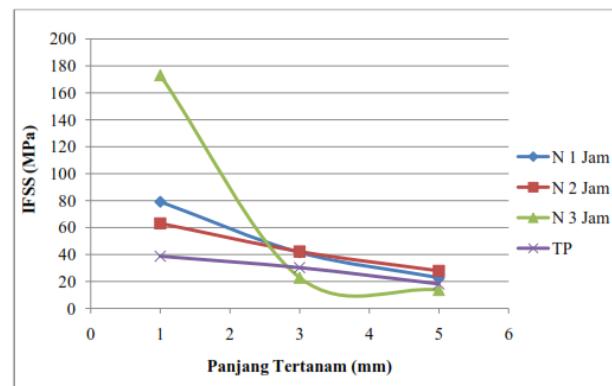
Jenis Perlakuan	Lama Perendaman	Panjang Tertanam / IFSS		
Tanpa Perlakuan Sebelum		38.541	43.274	19.946
Sebelum berbunga NaOH 5%	1 Jam	78.096	11.494	11.359
	2 Jam	130.08	28.011	14.147
	3 Jam	103.01	44.345	22.241
Tanpa Perlakuan Berbunga		38.675	30.228	18.181
Berbunga NaOH 5%	1 Jam	79.196	41.564	22.832
	2 Jam	63.085	42.238	27.953
	3 Jam	173.08	22.885	13.731
Tanpa Perlakuan		74.496	48.470	23.280
Berbuah NaOH 5%	1 Jam	106.05	22.986	24.554
	2 Jam	123.96	27.819	15.504
	3 Jam	16.297	7.257	2.486

Selanjutnya nilai-nilai dalam tabel di atas dimasukkan ke dalam grafik hubungan IFSS

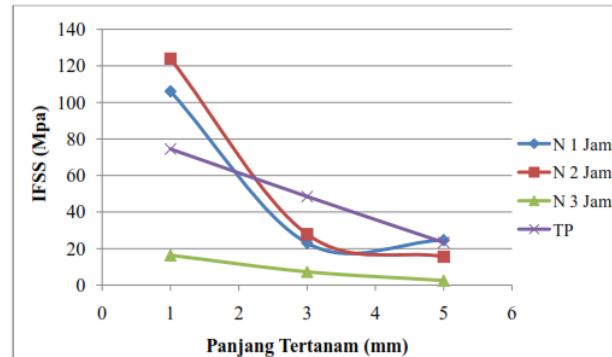
dengan panjang tertanam serat, seperti pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4.a. Grafik hubungan panjang tertanam serat dengan IFSS pada serat dari tanaman widuri sebelum berbunga



Gambar 4.b. Grafik hubungan panjang tertanam serat dengan IFSS pada serat dari tanaman widuri berbunga



Gambar 4.c. Grafik hubungan panjang tertanam serat dengan IFSS pada serat dari tanaman widuri berbuah.

Dari grafik-grafik di atas dapat dilihat bagaimana nilai IFSS cenderung mengalami penurunan seiring dengan pertambahan panjang tertanam serat dalam matriks. Dari persamaan 2, jelas terlihat hubungan ini, yaitu bahwa variable yang sangat berpengaruh untuk menentukan nilai tegangan gesernya adalah panjang tertanam serat.

Dalam hal ini diameter serat dianggap konstan sedangkan tegangan tarik serat diperoleh berdasarkan beban maksimum yang diperoleh dalam pengujian *pull-out*. Persamaan tegangan tarik juga menunjukkan bahwa tegangan tarik berbanding terbalik dengan diameter seratnya. Di sini diameter serat dianggap konstan. Maka dalam perhitungan IFSS-nya variabel yang sangat berpengaruh adalah panjang tertanam serat. Sehingga ketika serat yang tertanam di dalam matriks semakin dalam, maka luas permukaan serat yang berikatan dengan matriks semakin besar. Dengan demikian pada kondisi pembebahan tarik yang rendah sama dengan pembebahan gesernya maka tegangan gesernya menjadi kecil.

Dari segi ikatan permukaan antara serat dan matriks maka pada keadaan ini, yang terjadi adalah ikatannya menjadi semakin kuat, sehingga serat akan sulit tercabut dari matriksnya. Dengan kata lain pada kedalaman serat yang semakin panjang, maka semakin banyak pula matriks yang berikatan dengan seratnya. Pada kondisi ini dapat dipastikan bahwa kecil kemungkinan terjadinya peristiwa *pull-out*.

Hal ini menjadi berbeda dengan pada keadaan panjang tertanam serat yang kecil, seperti 1 mm. Karena serat yang tertanam dalam matriks sangat kecil, maka semakin sedikit pula matriks yang berikatan dengan serat. Dengan demikian ikatannya menjadi lemah, sehingga ketika ada gaya luar yang menarik seratnya, maka dengan mudah serat tersebut tercabut dari matriksnya bahkan semuanya. Inilah yang disebut *pull-out*. Hal ini terbukti secara eksperimen bahwa hamper semua specimen uji *pull-out*, pada panjang tertanam serat 1 mm, seratnya tercabut dari matriksnya.

Asumsi-asumsi yang dibangun untuk penyelesaian tegangan geser atau muka atau IFSS ini, didasarkan teori-teori mekanika di mana pada pengujian *pull-out* harus dikaji lebih jauh tentang pengambilan bidang acuan untuk tegangan geser dan tegangan tariknya, sehingga bisa dianalisis lebih dalam.

Selanjutnya dari gambar grafik, dapat juga dilihat bahwa perlakuan NaOH 5% terhadap serat selama 1, 2 dan 3 jam dan dari kondisi tanaman sebelum berbunga, berbunga dan berbuah, memberikan pengaruh yang hampir sama. Hal ini terbukti dari distribusi nilai IFSS-nya pada semua keadaan ini sama. Demikian juga yang terjadi pada serat tanpa perlakuan. Pada serat tanpa perlakuan seharusnya memiliki nilai IFSS yang kecil tetapi nilai IFSS yang ada memperlihatkan serat tanpa perlakuan pada kedalaman tertanam 3 mm dan 5 mm masih lebih besar dari serat dengan perlakuan

NaOH 5% dengan lamanya perendaman 1 jam dan 2 jam. Hal ini kemungkinan disebabkan karena dalam perhitungan digunakan nilai diameter rata-rata, padahal dalam kenyataan diameter serat sangat bervariasi sehingga bisa saja peristiwa putusnya serat atau tercabutnya serat terjadi pada diameter terkecil serat. Kemungkinan yang kedua adalah bahwa serat widuri yang dibersihkan dengan hanya menggunakan air aquades memang sudah bersih dari pengotornya seperti lignin, wax dan lainnya. Tetapi hal ini harus dibuktikan lebih lanjut.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perlakuan NaOH 5% dengan perendaman serat selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam menhasilkan nilai IFSS yang hampir sama pada semua keadaan seratnya.
2. Sifat mampu basah (*Wettability*) yang diperoleh dari pengukuran sudut kontak menghasilkan sudut kontak rata-rata terbesar pada serat tanpa perlakuan yaitu $30.244^\circ - 35.248^\circ$ dan kurang optimal untuk berikatan dengan resin poliester sebagai matriksnya. Pada semua serat yang sudah diberi perlakuan NaOH 5%, semuanya cendrung mempunyai nilai sudut kontaknya relatif sama yaitu sekitar $13.843^\circ - 22.267^\circ$ ini menghasilkan ikatan yang baik antara serat dan matriksnya.

Referensi

- [1] Ashori, A dan Zaker Bahreini, 2009, *Evaluation of Calotropis gigantea as a Promising Raw Material for Fiber-reinforced Composite*, Journal of Composite Materials, doi:10.1177/002199830910452.
- [2] Clyne, T.W., and Jones, F.R., 2001, *Composites Interface, Encyclopedia of Materials, Science and Technology*, Elsevier.
- [3] Diharjo, K., Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami- Polyester, Jurnal Teknik
- [4] Gibson, O. F., 1994. *“Principle of Composite Materials Mechanics”*, McGraw-Hill Inc., New York, USA.
- [5] Jamasri, Diharjo, K., dan Gunesti. 2005. *Kajian sifat tarik komposit serat buah sawit acak bermatrik polyester*, Media Teknik, No. 4,
- [6] Marsyahyo E., Soekrisno R., Rochardjo H.S.B., dan Jamasri, 2005, *Penelitian Awal Pengaruh Perlakuan Alkali X % NaOH terhadap Karakteristik Morfologi Permukaan*

Serat Ramie (Boehmeria Nivea) dengan Metode BET Surface Area dan SEM Microphotographs, Prosiding Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI) Jurusan Teknik Mesin Universitas Tarumanagara.

- [7] Pell, Yeremias, M. 2010, *Karakterisasi Perlakuan Permukaan Serat Kulit Batang Widuri (Calotropis gigantea) terhadap Wettability dan Mampu Rekat Serat Tunggal, dan Sifat Mekanik Komposit dengan Matriks Resin Epoksi, Thesis Program Studi Teknik Mesin, UGM, Yogyakarta.*
- [8] Pell, Yeremias, M., dan Jamasri., 2011, *Wettability dan IFSS pada Serat Widuri (Calotropis Gigantea) sebagai Penguat Komposit*, Prosiding SNTTM X UB Malang
- [9] Van de Velde, K and Kiekens, P., 1999 *Wettability of natural fibres used as reinforcement for composites*, International wood and natural fibre composites symposium, June 28-29 in Kassel / Germany.
- [10]Wilhelmy., 2007, *Wettability parameters of flax fibres, glass fibres and a polypropylene film is studied by the Universiteit Gent, Department of Textiles, Technologie park 9,B-9052 Zwijnaarde, Belgium June 28-29, in Kassel/ Germany.*