

STUDI PENGHITUNG PACKING FRACTION MENGUNAKAN FISIKA CITRA

Valentinus Galih Vidia Putra¹ dan Juliany Ningsih Mohamad²

¹Jurusan Teknik Tekstil, Politeknik STTT Bandung, Bandung, 40272, Indonesia

²Program studi Fisika, Universitas Nusa Cendana, Kupang, 85228, Indonesia

Corresponding author E-mail: valentinus@kemenperin.go.id

Telp: +62-22-7272580

Abstrak

Packing fraction menunjukkan derajat susunan serat pada suatu benang, yang dihitung berdasarkan perbandingan antara volume serat terhadap volume benang atau luas serat total terhadap luas benang. Pada kondisi panjang serat dan panjang benang memiliki panjang yang sama, maka untuk menghitung volume serat maupun volume benang dapat didekati dengan penghitungan luas permukaan serat total dan luas permukaan benang. Penghitungan rasio luas permukaan serat terhadap luas permukaan benang yang akurat sangatlah sulit didapatkan dikarenakan bentuk permukaan serat yang sembarang dan perhitungan kalkulus matematika yang rumit. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka diperlukan suatu metode fisika citra untuk menghitung luasan permukaan serat sembarang. Pada penelitian ini telah didapatkan suatu metode untuk mengukur nilai Packing fraction dengan lebih baik menggunakan metode pengolahan citra untuk mendapatkan luasan acak serat.

Kata Kunci: *packing fraction; benang; tekstil; image processing*

Abstract

The Study Calculation of Packing fraction using physics of imaging. Packing fraction shows the degree of arrangement of fibers in a yarn, which is calculated based on the ratio between the volume of fiber to the volume of yarn or total fiber area to yarn area. In the condition of fiber length and yarn length have the same length, then to calculate volume of fiber and volume of yarn it can be approached by calculating the total fiber surface area and yarn surface area. Precise calculation of the fiber surface area to yarn surface area is very difficult to obtain due to the arbitrary shape of the fiber surface and complex mathematical calculation. To overcome this problem, we need an image processing method to calculate the surface area of any fiber. In this research, a method for measuring the value of Packing fraction has been better obtained using an image processing method to obtain a random area of fiber.

Keywords: *packing fraction; yarn; textile; image processing*

PENDAHULUAN

Kualitas suatu benang sangat dipengaruhi oleh karakteristik serat pada benang tersebut, seperti jenis serat, panjang serat, kehalusan serat, kekuatan serat, dll. Selain itu, susunan serat pada benang juga dapat mempengaruhi sifat benang, salah satunya adalah *packing fraction*. *Packing fraction* menunjukkan derajat susunan serat pada suatu benang, yang dihitung berdasarkan perbandingan antara volume serat terhadap volume benang. Pada kondisi panjang serat dan benang memiliki panjang yang sama, maka untuk menghitung volume serat maupun volume benang dapat didekati dengan penghitungan luas permukaan serat dan luas

permukaan benang. Penghitungan rasio luas permukaan serat terhadap luas permukaan benang yang akurat sangatlah sulit didapatkan dikarenakan bentuk permukaan serat yang sembarang dan menggunakan perhitungan kalkulus matematika yang rumit. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka diperlukan suatu metode fisika citra untuk menghitung luasan permukaan serat sembarang. Berdasarkan penelitian oleh beberapa peneliti [1,2,3,4,5,6], fisika citra dapat digunakan untuk memodelkan dan memprediksi sifat mekanik suatu serat dan benang. Penggunaan fisika citra untuk mengidentifikasi bentuk geometris dari serat sembarang akan dikaji pada penelitian ini. Keutamaan dari penelitian ini adalah dapat

memberikan suatu metode lain yang dapat digunakan oleh masyarakat umum dan peneliti dalam menguji *packing fraction* serta menghasilkan alat uji *packing fraction* yang lebih akurat berbasis citra digital. Volume spesifik benang bergantung pada rasio volume serat terhadap volume benang [1,3]. Hal ini didefinisikan sebagai *packing fraction*, Φ , yang dirumuskan seperti pada persamaan. (1) hingga persamaan. (3)

$$\phi = \frac{V_f}{V_y} \quad (1)$$

$$\phi = \frac{A_f l_f}{A_y i_y} = \frac{A_f l_y}{A_y l_y} \quad (2)$$

$$\phi = \frac{A_f}{A_y} \quad (3)$$

Penggunaan *packing fraction* dalam beberapa penelitian adalah untuk menentukan kekuatan benang. Penelitian tentang memodelkan secara teori hubungan antara jumlah serat terhadap kekuatan benang sebagai fungsi *packing fraction* dan *twist* dengan mengasumsikan massa benang dan kumpulan serat memiliki besar yang sama dilakukan dan mendapatkan pemodelan untuk menentukan *packing fraction* V_f dan jumlah serat dalam suatu tampang dapat diperlihatkan pada persamaan. (4.a) hingga persamaan (4.c) [2].

$$V_f = 0.7 \left(1 - 0.78 e^{-1.195T_t} \right) \quad (4.a)$$

$$V_f = \frac{V_{fb}}{V_y} = \frac{G / \rho_f}{G / \rho_y} = \frac{\rho_y}{\rho_f} \quad (4.b)$$

$$n_7 = \frac{N_y}{N_{df}} \frac{10.7757}{\left(1 - 0.78 e^{0.0495T_t} \right)} \quad (4.c)$$

Dari persamaan (4) dimodelkan hubungan antara jumlah serat terhadap kekuatan benang (persamaan (5)) [2].

$$F_y = n_7 \cdot F_f \cdot F_{t1} \cdot F_{t2} \cdot F_{N_y}$$

$$F_y = (16.1988) \left(\frac{F_f}{N_{df}} \right) \left(\frac{T_t^{-0.0287} \cdot N_y^{0.8474}}{1 - 0.78 e^{-0.0495T_t}} \right) \quad (5)$$

Namun penelitian Hongwei Zhang dan Li [2], memiliki kelemahan yaitu hasil analisa secara teori memiliki anggapan bahwa tampang lintang benang dan serat adalah berbentuk lingkaran sehingga dalam menentukan kekuatan benang dianggap kurang baik.

Penelitian selanjutnya menyatakan bahwa perkembangan teknik komputer menawarkan banyak kesempatan untuk penerapannya dalam ilmu dan praktik tekstil [6]. Penggunaan analisis citra komputer, telah memungkinkan identifikasi dimensi geometris dari benda tekstil sangat kecil. Penelitian selanjutnya, menyatakan bahwa *packing fraction* merupakan sistem penghitungan langsung (*direct method*) [3]. Pada metode ini, luasan serat pada penampang benang diukur berdasarkan luas penampang nyata serat pada citra digital. Analisis tersebut mensyaratkan pengolahan awal pada citra digital agar dapat memberikan hasil analisis *packing fraction* yang akurat, proses tersebut disebut sebagai proses *pretreated evaluation*.

Adapun [4] menyatakan bahwa pentingnya dilakukan kajian susunan serat di dalam tampang lintang benang sebagai salah satu fungsi karakteristik benang yang dikarenakan benang tersusun dari serat-serat acak serta memiliki luasan sembarang. Menurut [4], Geometri benang dan perilaku benang yang berbeda tergantung pada perpanjangan serat serta serat penyusunnya, yaitu serat stapel di dalam benang. *Packing fraction* pada serat ideal banyak digunakan dalam memprediksi sifat struktural benang seperti kerapatan, diameter, kontraksi *twist*, kepadatan linier, dan lain-lain. *Packing fraction* pada industri tekstil memiliki peranan yang penting karena tidak sedikit karakter berbagai kain tenun dan kain rajut ditentukan oleh struktur benang. Ia [4] menjabarkan besar jumlah serat dalam tiap lapisan pada benang serta *packing fraction* secara teori sebagai berikut.

$$n_i = K \times (i - 1),$$

$$n = 1 + (3 \times t) \times (t - 1) \quad (5)$$

$$\phi = \frac{A_f}{A_y} = \frac{\sum \pi r_f^2}{\pi (R_i)^2} \quad (6)$$

Menurut [3], Kualitas suatu benang sangat dipengaruhi oleh karakteristik serat pada benang tersebut, seperti jenis serat, panjang serat, kehalusan serat, kekuatan serat. Selain itu, susunan serat pada benang juga dapat mempengaruhi sifat benang. *Packing density* menunjukkan derajat susunan serat pada suatu benang, yang dihitung berdasarkan perbandingan antara luas daerah penampang serat terhadap luas daerah penampang lintang benang. Diameter benang, kekompakan benang, kontraksi benang, *porosity* benang dan volume benang secara langsung dipengaruhi oleh *packing density* benang. Selanjutnya, sistem teknologi pemintalan dapat mempengaruhi karakteristik benang, serta dapat mempengaruhi susunan serat pada struktur benang. Dalam evaluasi *packing density*, ada berbagai pendekatan yang digunakan oleh peneliti yang berbeda. Salah satu pendekatan awal diusulkan oleh [5] berdasarkan *open packing* dan *hexagonal close packing*. Sementara pendekatan yang lebih baik didasarkan pada pembagian penampang melintang benang ke dalam zona radius yang sama dimana distribusi serat didefinisikan dengan *packing fraction* benang.

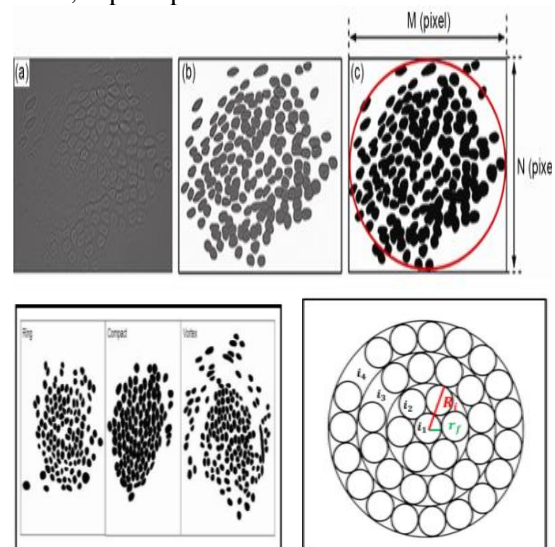
Menurut [6] pengujian kerapatan benang merupakan faktor penting dalam pembuatan bahan tekstil. Benang terdiri dari serat-serat dan kantung udara yang disebut *packing fraction* yang menentukan *bulk density* benang. *Packing fraction* mengindikasikan rasio udara terhadap serat. Kerapatan benang memiliki pengaruh langsung terhadap sifat – sifat dari kain yang dihasilkan. *Packing fraction* yang tinggi menghasilkan benang kaku dan lemah, sedangkan *packing fraction* yang rendah menghasilkan benang dengan permukaan minimal (cenderung hancur saat proses berlangsung). Untuk menentukan sifat *packing fraction* filament dalam benang, biasanya digunakan indeks *packing fraction*. *Packing fraction* benang dapat didefinisikan sebagai rasio filamen penyusun dengan volume benang.

Matematika Diskrit adalah cabang matematika yang mengkaji objek-objek yang nilainya berbeda (*distinct*) dan terpisah (*separated*) satu sama lain. Lawannya adalah matematika menerus (*continuous*

mathematics), yaitu cabang matematika dengan objek yang sangat mulus (*smoothy*), termasuk di dalamnya kalkulus. Komputer digital bekerja secara diskrit. Informasi yang disimpan dan dimanipulasi oleh komputer adalah dalam bentuk diskrit. Kamera digital menangkap gambar (*analog*) lalu direpresentasikan dalam bentuk diskrit berupa kumpulan piksel atau *grid*.

Setiap piksel adalah elemen diskrit dari sebuah gambar setara dengan 0,03 cm atau 0,01 inch dalam satuan panjang. Suatu Gambar dapat dipandang sebagai suatu wakil data-data informasi diskret yang terdiri dari suatu layout (berhubungan dengan ruang) serta warna (*colour*). Suatu gambar digital diskret 2-D yang dituliskan dalam bentuk matrik $I(m,n)$ yang mewakili suatu baris dan kolom yang konstan di koordinat kartesian 2-D. Indeks m dan n bersama-sama membentuk suatu baris dan kolom dari suatu gambar. Piksel atau suatu elemen gambar mandiri dari suatu pola gambar ditunjukkan sebagai indeks (m,n) pada ruang 2-D.

Mengikuti notasi pada MATLAB, maka simbol $I(m,n)$ menunjukkan m baris dan n kolom, seperti pada Gambar 1.



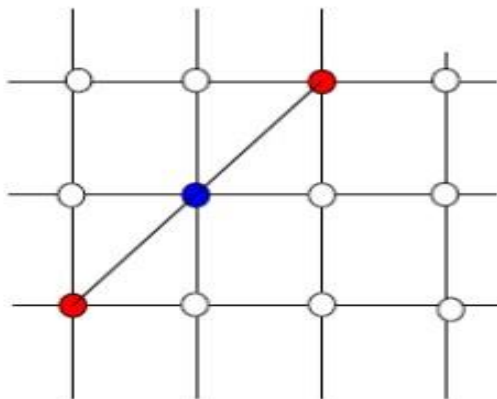
Gambar 1. Contoh Layout dan Letak Pixel [6]

Gambar 1. menunjukkan sebuah piksel yang mempunyai koordinat (3,2) pada layar. Jumlah Piksel untuk setiap gambar tergantung dari kemampuan *graphics card*. Terdapat beberapa tampilan format gambar, seperti pada Tabel 1. di bawah

Tabel 1. Jumlah Pixel

Standar	Maks-x	Maks-y	Jumlah keseluruhan piksel
VGA	640	480	307200
SVGA	800	600	400000
XGA	1024	768	786432
SXGA	1280	1024	1228800

Setiap piksel mengandung informasi mengenai warna dengan jumlah yang beragam. Dalam istilah citra digital, terdapat istilah *raster graphics*, yang diartikan sebagai grafik yang dibangun atas dasar titik-titik piksel pada kolom dan baris yang juga mengandung informasi warna. Gambar 2 adalah sebuah garis lurus yang melalui titik (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) .



Gambar 2. Garis Lurus

Garis lurus yang terbentuk dari kumpulan piksel disebut sebagai *raster graphics*, Polygon adalah kumpulan garis lurus (*raster graphic*) yang saling menyambung hingga membentuk suatu luasan. Garis-garis ini disebut *edge* (sisi polygon). Titik pertemuan tiap dua sisi disebut *kerteks*.

METODE PENELITIAN

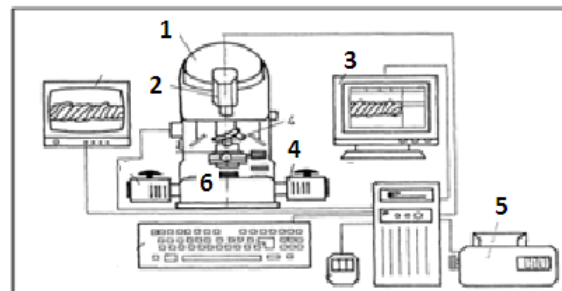
Bahan dan Alat

Dalam merancang alat uji untuk menghitung *packing fraction* benang menggunakan software *MATLAB R2009a* sebagai penganalisa citra digital serta mikroskop sebagai penangkap gambar. Alat dan bahan yang dipakai pada eksperimen ini (Gambar 3) adalah: 1. *Dark box*; 2. Alat pembesar dan penangkap gambar (Mikroskop); 3. Seperangkat computer; 4. Sensor pendeteksi lumensitas cahaya; 5. Seperangkat

mikrokontroler; dan 6. Benang, serta Seperangkat alat untuk mengambil gambar serat (Cover glass, preparat, jarum jahit, gabus, lak merah, silet)

Skema Percobaan

Pada metode penelitian ini dijelaskan rancangan percobaan dan langkah-langkah percobaan dan pengujian. Berikut (Gambar 3) dijelaskan skema percobaan serta prosedur percobaan dan pengujian



Gambar 3. Skema Percobaan

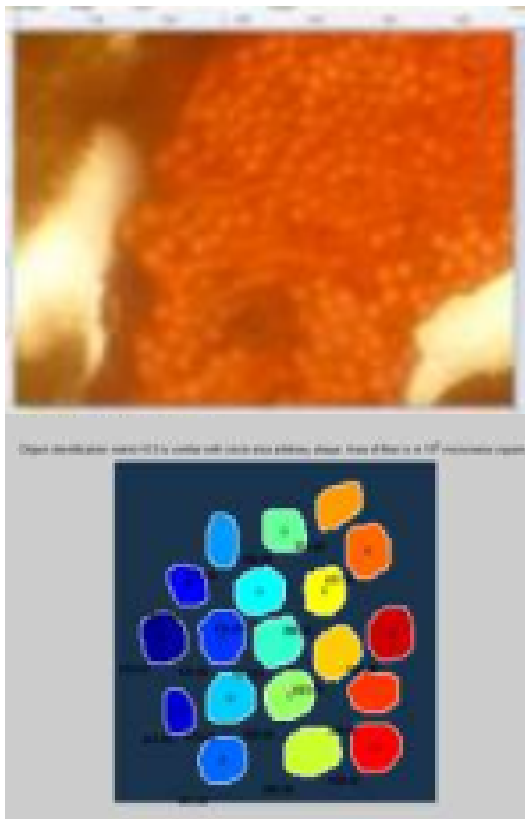
Prosedur Percobaan dan Pengujian

1. Benang uji diletakkan pada kedudukan alat pembesar dan penangkap gambar.
2. Gambar permukaan tampang melintang benang diperbesar dan ditangkap menggunakan alat pembesar dan penangkap gambar.
3. Hasil foto pada alat pembesar dan penangkap gambar diproses menggunakan pengolah citra.
4. Besar *packing fraction* tiap lapisan dapat dihitung menggunakan Persamaan (6).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan sampel gambar penampang melintang benang menggunakan mikroskop dibatasi oleh daerah yang akan dihitung menggunakan perangkat lunak Paint. Selanjutnya gambar penampang melintang tersebut diukur menggunakan metode *image processing* dengan cara dimasukkan ke *listing program* MATLAB. Untuk membuktikan bahwa metode *image processing* dapat menghitung luas bangun sembarang, maka dicoba untuk menghitung luas bangun sederhana agar mempermudah saat menghitung luas secara teori. Hasil Pengukuran sampel

benang dapat diperlihatkan pada Gambar 4 di bawah.



Gambar 4. Luasan serat untuk tiga layer

Hasil *packing fraction* secara teori dan secara eksperimen pada layer 2 dan layer 3, masing-masing diperlihatkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. *Packing fraction* pada Layer ke-2

No. Sampel	Packing Fration Literatur	<i>Packing fraction</i> ekseprimen dengan image processing
1	0,778	0,374
2	0,778	0,323
3	0,778	0,368
Rerata	0,778	0,368

Tabel 3 *Packing fraction* pada Layer ke-3

No. Sampel	Packinf Fraction Literatur	<i>Packing fraction</i> eksperimen dengan image processing
1	0.76	0.435
2	0.76	0.426
3	0.76	0.446
rerata	0.76	0.436

Nomor benang langsung dalam tex atau denier dapat dituliskan sebagai berikut [4]

$$T_{total} = \sum T_{ti} \quad (7)$$

Sedangkan, hubungan antara nomor benang T_{ty} , dan densitas ρ_y sebagai berikut [2].

$$\begin{aligned} T_{ty} &= \rho_y A_y \\ T_{tf} &= \rho_f A_f \end{aligned} \quad (8)$$

Sehingga didapatkan besar *packing fraction* secara matematis adalah:

$$\phi = \frac{V_f}{V_y} = \frac{M / \rho_f}{M / \rho_y} = \frac{\rho_y}{\rho_f} \quad (9)$$

$$\phi = \frac{T_{ty} / A_y}{T_{tf} / A_f} = \frac{T_{ty} A_f}{T_{tf} A_y} \quad (10)$$

Untuk membandingkan dua *packing fraction*, maka:

$$\frac{\phi_A}{\phi_B} = \frac{\left(\frac{T_{ty} A_f}{T_{tf} A_y} \right)_A}{\left(\frac{T_{ty} A_f}{T_{tf} A_y} \right)_B} = \frac{T_{tyA} A_{fA} A_{yB}}{T_{tyB} A_{fB} A_{yA}} \quad (11)$$

Jika nomor serat dan luasan penampang serat sama, tetapi nomor benang dan luasan penampang benang beda maka

$$\frac{\phi_A}{\phi_B} = \frac{\left(\frac{T_{ty}}{A_y} \right)_A}{\left(\frac{T_{ty}}{A_y} \right)_B} = \frac{T_{tyA} A_{yB}}{T_{tyB} A_{yA}} \quad (12)$$

Pada nomor benang total yang merupakan penjumlahan tiga buah benang dengan nomor dan jenis benang yang sama, maka:

$$T_{tytot} = T_{tyB} = \sum T_{ti} = T_{t1} + T_{t2} + T_{t3} \quad (13.a)$$

$$T_{t1} = \frac{T_{total}}{3} = \frac{T_{tyB}}{3} \quad (13.b)$$

Luasan total benang dapat dituliskan

$$A_1 + A_2 + A_3 = A_{total} = A_{yB} \quad (14.a)$$

$$A_1 = \frac{A_{total}}{3} \quad (14.b)$$

Sehingga didapatkan:

$$\frac{\phi_A}{\phi_B} = \frac{T_{tyA} A_{yB}}{T_{tyB} A_{yA}}$$

$$\frac{\phi_1}{\phi_{tot}} = \frac{T_{ty1} A_{y1}}{T_{tytot} A_{y1}} = \frac{\left(\frac{T_{ttot}}{3}\right) A_{total}}{T_{tytot} \left(\frac{A_{total}}{3}\right)} = 1 \quad (15)$$

Untuk percobaan tiga buah benang dan satu buah benang untuk kasus ideal maka tidak menghasilkan hasil percobaan yang berbeda, sehingga didapatkan kesimpulan bahwa untuk menguji *packing fraction* dapat menggunakan satu benang atau tiga benang. Hasil eksperimen memperlihatkan bahwa dengan nomor serat yang sama, tetapi luas serat berbeda, maka akan menghasilkan persamaan yang berbeda dengan kondisi ideal walaupun nomor benang dan luas benang sama.

$$\frac{\phi_A}{\phi_B} = \frac{\left(\frac{T_{ty} A_f}{T_{ty} A_y}\right)_A}{\left(\frac{T_{ty} A_f}{T_{ty} A_y}\right)_B} = \frac{T_{tyA} A_{fA} A_{yB}}{T_{tyB} A_{fB} A_{yA}} \quad (17)$$

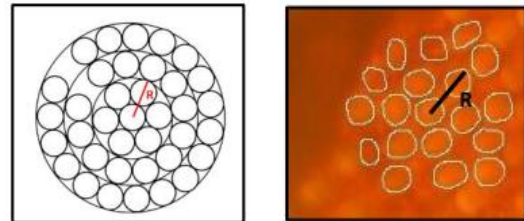
$$\frac{\phi_1}{\phi_B} = \frac{T_{ty1} A_{y1}}{T_{tytot} A_{y1}} = \frac{\left(\frac{T_{ty1} A_{y1}}{T_{tytot} A_{y1}}\right) A_{f1}}{A_{fB}} = \frac{A_{f1}}{A_{fB}} \quad (18)$$

Berdasarkan hasil eksperimen didapatkan bahwa terdapat deformasi pada tiap serat polyester saat benang disatukan menjadi tiga buah, sehingga $A_{fB} < A_{f1}$, maka:

$$\frac{\phi_1}{\phi_B} = \frac{A_{f1}}{A_{fB}} \quad (19)$$

Jika $\phi_1 > \phi_B$ maka *packing fraction* untuk benang tunggal dengan tiga benang akan berbeda. Hal ini dikarenakan adanya deformasi gaya eksternal pada serat dalam benang. Berdasarkan hasil perhitungan dan validasi eksperimen didapatkan bahwa serat pada benang mengalami deformasi yang diakibatkan

adanya kelemahan dalam pengambilan sampel uji yang tidak dapat menangkap citra penampang lintang tunggal seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Serat pada benang tunggal secara teori dengan serat pada tiga benang secara eksperimen

KESIMPULAN

Dari hasil studi pengukuran *packing fraction* menggunakan metode *image processing*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode *image processing* dapat menghitung luas bangun sembarang.
2. Metode *image processing* dapat mengukur nilai *packing fraction* namun masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain resolusi alat penangkapcitra yang kurang baik, mengalami deformasi akibat gaya tekan dari benang lain, metode pengambilan sampel uji tidak bisa untuk benang tunggal, dan menganggap serat – serat antar *layer* saling berimpitan sedangkan pada kenyataannya serat antar *layer* memiliki jarak [4].

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada pihak pemberi dana penelitian Politeknik STTT Bandung dan kepada para kolega yang membantu penelitian serta diskusi.

REFERENSI

1. Hearle, J. W. S., Grosberg P & Backer, S. 1969. *Structural Mechanics of Fibers, Yarns and Fabrics*, Vol. I. New York Wiley Interscience.
2. Hongwei, Zhang & Yonglan, Li. 2014. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. 22 6(108): 38-40.

3. Kilic. M., Buyukbayraktar, R. B., Kilic G. B., Aydin., S. & Eski, N. 2014. *Indian J Fibre Text Res*:39: 351-357.
4. Petrusis. D. & Petrulyte. S. 2017. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. 25: 2(122): 57-61.
5. Schwarz E R, *Text Res J*, 21(3), 125.
6. Wijayono, A., Iskandar, S., Rohmah, S., Irwan, & Putra, V. G. V. 2017. *Penerapan Teknologi Pengolah Citra Dan Fisika Pada Bidang Tekstil*. Yogyakarta: CV Mulia Jaya.