

PENGUKURAN JAHITAN PER INCI DENGAN MENGGUNAKAN METODE PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

STITCH PER INCH MEASUREMENT USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUES

Andrian Wijayono, Valentinus Galih Vidia Putra

Politeknik STTT Bandung, Jl. Jakarta No.31, Bandung, Indonesia
E-mail: putravgv@stttekstil.ac.id; andrianwijayono@windowslive.com

Tanggal diterima: 30 Desember 2017, direvisi: 14 Desember 2018, disetujui terbit: 17 Desember 2018

ABSTRAK

Jahitan per inci merupakan salah satu dimensi mutu yang dievaluasi pada industri garmen. Jahitan per inci dapat mempengaruhi kekuatan jahitan pada sebuah kain atau pakaian. Secara konvensional, penghitungan nilai jahitan per inci dilakukan dengan cara visual yang masih bersifat tradisional. Banyak peneliti yang telah mengembangkan teknologi pengolahan citra untuk menganalisa berbagai parameter kualitas pada industri tekstil. Pada penelitian ini, telah dikembangkan sebuah metode dan perangkat lunak baru untuk menentukan nilai jahitan per inci pada kain dengan menggunakan teknik pengolahan citra digital. Pengukuran jahitan per inci telah dilakukan dengan metode hitung kotak (*pixel*) pada perangkat lunak pengolahan citra digital. Pengukuran jahitan per inci pada beberapa kain dengan berbagai warna dan struktur menggunakan metode tersebut telah dilakukan, menunjukkan bahwa hasil nilai SPI antara metode pengolahan citra dan metode konvensional tidak berbeda secara signifikan.

Kata kunci: jahitan per inci, pengolah citra.

ABSTRACT

Stitch per inch is defined as one of many quality parameters which is evaluated in the garment industry. The strength of the stitch will be determined by stitch per inch, both on the clothes and fabrics. Conventionally, stitch per inch determined by using a traditional visual method. Many researchers have developed the image processing technology which applied to various textile fields. In this research, a new method and software which could determine stitch per inch on fabrics using the image processing techniques have been developed. Stitch per inch measurement has been done using the boxcounting method (pixel) on image processing software. Stitch per inch in several fabrics (with different colors and structures) has been measured, which shows that the value of each method is equal.

Keywords: *stitch per inch, image processing.*

PENDAHULUAN

Menurut LaPere, produk tekstil biasanya membutuhkan proses penggabungan kain yang dapat dilakukan dengan berbagai cara.¹ LaPere mengatakan bahwa penggabungan kain dapat dilakukan dengan cara menjahit, pengeleman, pengikatan termal dan lain-lain.¹

Proses menjahit bertujuan untuk menyatukan potongan-potongan kain yang telah dipola, yaitu diukur, dibentuk dan dipotong sesuai bentuk tubuh manusia untuk disatukan, disambungkan supaya membentuk menjadi sebuah pakaian yang nyaman dipakai, indah dipandang dan menciptakan kepribadian bagi pemakainya.² Pada awal penemuannya, selain bentuk yang sederhana dan dioperasikan secara manual, mesin jahit hanya berfungsi membuat jahitan lurus saja. Dengan kemajuan teknologi di segala bidang, teknologi

mesin jahit tidak saja dijalankan dengan tenaga listrik, tetapi mempunyai kemampuan yang beraneka macam, sesuai dengan tipe dan karakteristik masing-masing. Mesin jahit yang berkembang dewasa ini mempunyai kecepatan menjahit yang sangat tinggi (*high speed*), serta mempunyai jahitan yang rapi.

Jahitan per inci merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kekuatan jahitan pada kain.³ Umumnya, semakin besar jumlah jahitan per inci, semakin besar kekuatan jahitannya.³ Namun, pada beberapa jenis kain, terlalu banyak jahitan dapat menyebabkan kerusakan pada kain. Jahitan per inci juga dapat mengurangi kecepatan mesin yang mengakibatkan berkurangnya jumlah produksi per satuan waktu. Jahitan per inci termasuk kedalam salah satu dimensi mutu jahitan yang penting untuk ditentukan.⁴⁻⁶

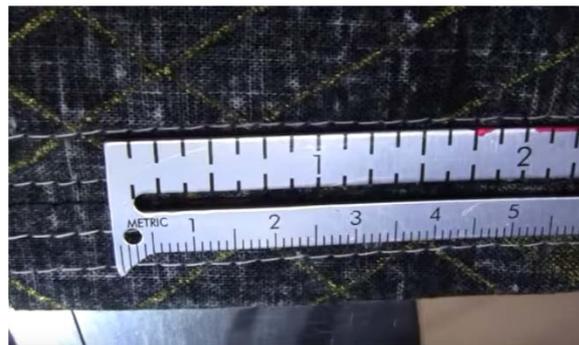
Teknik pengolahan citra merupakan suatu metode untuk merekayasa suatu citra atau gambar dengan tujuan untuk memperoleh suatu informasi atau hasil olahan gambar dengan teknik tertentu.⁷⁻⁹ Berdasarkan hasil dari beberapa penelitian, teknik pengolahan citra dapat digunakan dan diterapkan pada berbagai penelitian di bidang tekstil.¹⁰⁻²²

Penerapan pengolahan citra telah dilakukan pada berbagai penelitian di bidang evaluasi kain, seperti analisis pengolahan citra untuk menganalisis penampang melintang benang pada struktur tenun anyaman polos,¹⁰ pengembangan sebuah metode identifikasi tekstil dengan menggunakan pengolah citra,¹⁷ analisis *pillling* pada permukaan kain berbasis teknik pengolahan citra,¹⁸ serta pengembangan metode baru pengukur kelangkaan kain berbasis teknik pengolahan citra.²⁰⁻²¹ Selain itu, Kuo dkk. juga telah menggunakan teknik pengolahan citra digital untuk mengidentifikasi struktur anyaman pada kain tenun.²² Selain evaluasi kain, terdapat pula beberapa peneliti yang menggunakan pengolah citra pada penelitian di bidang evaluasi benang,¹¹⁻¹⁶ diantaranya penelitian mengenai ketebalan benang dengan prinsip optis,¹¹ pengembangan sebuah metode baru pada proses evaluasi *hairiness* dan *twist* benang dengan pengolah citra,¹² pengembangan sebuah metode baru pada proses evaluasi diameter benang dengan pengolah citra,¹⁴⁻¹⁵ serta penelitian mengenai metode baru untuk menentukan kualitas benang yang telah dibentuk menjadi sebuah struktur kain dengan teknik pengolah citra.¹⁶

Teknik pengolah citra dapat pula diterapkan pada penentuan jahitan per inci dengan cara menganalisis citra digital jahitan pada sebuah kain, yaitu dengan menggunakan metode analisis *pixel* pada citra digital jahitan. Pada penelitian sebelumnya, metode analisis *pixel* juga telah digunakan juga untuk mengidentifikasi diameter benang dengan ketelitian yang lebih baik dibandingkan dengan metode pengukuran diameter benang yang telah ada sebelumnya.²³⁻²⁵

Secara konvensional, penentuan jumlah jahitan per inci biasanya dilakukan dengan menggunakan lup dan sebuah penggaris, kemudian jahitan per inci dapat ditentukan dengan menghitung jumlah jahitan pada satu inci garis jahitan.²⁶⁻²⁹ Gambar 1 menunjukkan cara konvensional untuk menentukan jumlah jahitan per inci dengan menggunakan penggaris.

Pada metode tersebut, terdapat kemungkinan terjadinya kesalahan penghitungan jahitan yang diakibatkan oleh kelelahan mata manusia untuk mengamati tiap *stitch* yang terjadi di permukaan kain. Kelelahan tersebut timbul akibat ukuran panjang *stitch* jahitan yang relatif kecil, yaitu berukuran satu per sekian inci, terutama pada kain-kain yang dijahit dengan menggunakan nilai SPI yang tinggi.



Gambar 1. Metode konvensional penentuan jahitan per inci dengan menggunakan bantuan penggaris dan lup

Pada penelitian ini, telah dikembangkan sebuah metode baru untuk menentukan jahitan per inci dengan menggunakan teknik pengolahan citra. Dengan pengolahan citra, pengukuran dapat dilakukan dengan lebih mudah karena metode tersebut pada hakikatnya yaitu mengukur jumlah *pixel* yang ada pada citra digital jahitan, yang selanjutnya diinterpretasikan ke dalam satuan panjang *stitch* dalam 1 inci. Apabila jahitan pada kain memiliki nilai SPI yang tinggi, maka pengukuran dapat dipermudah dengan cara memperbesar citra digital agar pengamatan dapat lebih mudah dilakukan.

METODE

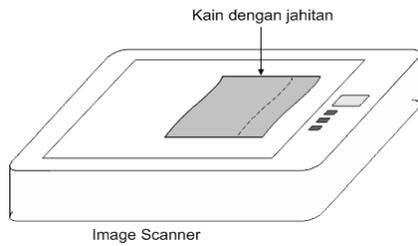
Pada penelitian ini, telah dikembangkan metode untuk menentukan jahitan per inci dilakukan dengan teknik pengolah citra digital. Penentuan jahitan per inci dilakukan dengan cara menangkap citra digital dari kain dengan jahitan pada sebuah perangkat *image scanner* atau pemindai gambar, kemudian citra digital dianalisis dengan menggunakan teknik analisis *pixel* untuk menentukan jahitan per inci pada permukaan kain tersebut.

Akuisisi Citra Digital Jahitan

Proses akuisisi citra digital merupakan proses penting yang dapat menentukan hasil analisis jahitan per inci yang akan didapatkan. Proses akuisisi dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu dapat menggunakan pemindai citra (*image scanner*) maupun dengan menggunakan kamera digital. Gambar 2 menunjukkan skema peralatan akuisisi citra jahitan menggunakan *image scanner*.

Pemindai citra memiliki kelebihan dibandingkan dengan kamera digital, yaitu penangkapan citra dilakukan dengan metode *flatbed*, sehingga pemindai citra akan selalu memiliki nilai DPI (*dot per inch*) yang konstan, karena jarak antara benda dengan alat akuisisi akan selalu tetap (tersimpan di atas kaca pemindai). Berbeda halnya dengan kamera digital, nilai DPI

akan dipengaruhi oleh posisi kedudukan kamera terhadap objek. Oleh sebab itu, pada penelitian ini telah digunakan alat pemindai citra (*image scanner*) sebagai alat akuisisi citra. Spesifikasi pemindai citra (*image scanner*) yang digunakan pada penelitian ini memiliki kemampuan resolusi maksimal sebesar 600 DPI dengan jenis pemindai tipe *flatbed CIS 16 bit depth*. Nilai DPI yang digunakan untuk mengakuisisi citra adalah sebesar 600 DPI (nilai maksimum DPI pemindai).



Gambar 2. Skema peralatan akuisisi citra jahitan

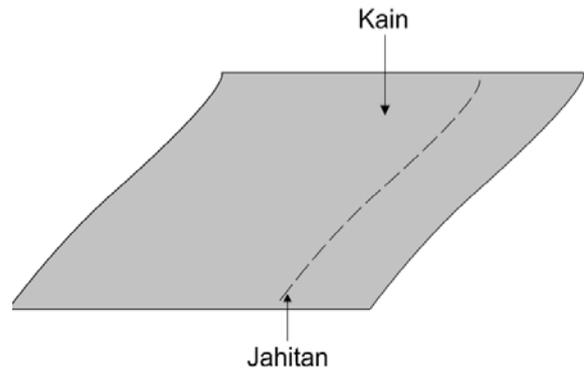
Kain, Benang Jahit dan Jenis Jahitan

Pada penelitian ini, telah digunakan tiga jenis kain dengan spesifikasi pada Tabel 1. Ketiga jenis kain tersebut memiliki warna, motif, tetal lusi, tetal pakan, nomor lusi dan nomor pakan. Ketiga kain tersebut selanjutnya akan dijahit dengan menggunakan jenis jahitan, mesin jahit dan benang jahit yang sama.

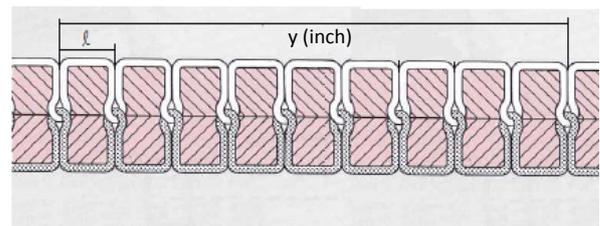
Tabel 1. Spesifikasi kain bahan jahitan

Spesifikasi	Kain 1 (A)	Kain 2 (B)	Kain 3 (C)
Anyaman	Plain	Plain	Plain
Warna dan motif	Motif bunga berlatar biru	Putih tanpa corak	Biru tua tanpa corak
			
Tetal lusi	92,2 helai/inci	142,7 helai/inci	101,22 helai/inci
Tetal Pakan	50,1 helai/inci	61,3 helai/inci	56,12 helai/inci
Ne ₁ Lusi	Ne ₁ 35,59	Ne ₁ 54,1	Ne ₁ 39,38
Ne ₁ Pakan	Ne ₁ 30,21	Ne ₁ 32,1	Ne ₁ 30,12

Skema jahitan yang dilakukan pada ketiga jenis kain dapat dilihat pada Gambar 3. Jenis jahitan yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis jahitan *lockstitch*. Skema jahitan *lockstitch* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Jahitan pada kain



Gambar 4. Jahitan *lockstitch*²³

Pada penelitian ini, ketiga jenis sampel kain akan dijahit dengan beberapa spesifikasi jahitan per inci. Setiap jenis kain sampel tersebut akan dijahit masing-masing dengan variasi jahitan sebagai berikut:

- 6 Jahitan per inci
- 7 Jahitan per inci
- 8 Jahitan per inci
- 10 Jahitan per inci
- 12 Jahitan per inci
- 15 Jahitan per inci
- 20 Jahitan per inci

Proses penjahitan tersebut dilakukan dengan menggunakan mesin JUZI tipe DDL-5550N dengan jarum jahit nomor 13. Benang jahit yang digunakan memiliki ukuran sebesar 40/2 Tex. Ketiga sampel kain tersebut akan digolongkan menjadi 21 sampel seperti tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Kode sampel jahitan

Jahitan per inci*	Kain 1	Kain 2	Kain 3
6	A1	B1	C1
7	A2	B2	C2
8	A3	B3	C3
10	A4	B4	C4
12	A5	B5	C5
15	A6	B6	C6
20	A7	B7	C7

* setelan *stitch per inch* yang diatur pada mesin jahit

Kalibrasi Digital Nilai DPI (*Dots Per Inch*)

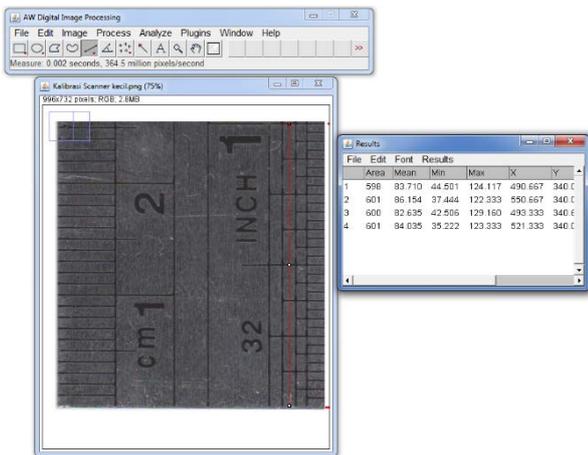
Dots per inch merupakan sebuah besaran yang menyatakan banyaknya *dots* atau *pixel* pada citra digital yang mewakili satu inci besaran ukuran

sebenarnya. Besarnya DPI perlu dikalibrasi untuk mengetahui banyaknya *pixel* yang mewakili besaran satu *inch* pada kain. Proses kalibrasi DPI dapat dilakukan dengan cara menangkap citra digital sebuah penggaris, kemudian jumlah *pixel* yang ada pada satu inci diukur dengan menggunakan perangkat pengolah citra *AW Digital Image Processing*. Gambar 5 menunjukkan proses kalibrasi DPI dengan menggunakan perangkat pengolah citra *AW Digital Image Processing*.

Penentuan nilai DPI aktual dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1).

$$\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = DPI \tag{1}$$

dimana, x adalah *pixel* hasil pengukuran perangkat lunak, n merupakan jumlah data kalibrasi, y merupakan nilai acuan panjang aktual pada citra digital dalam satuan inci dan *DPI* adalah nilai *dots per inch* hasil kalibrasi digital.



Gambar 5. Kalibrasi DPI dengan menggunakan *AW Digital Image Processing*

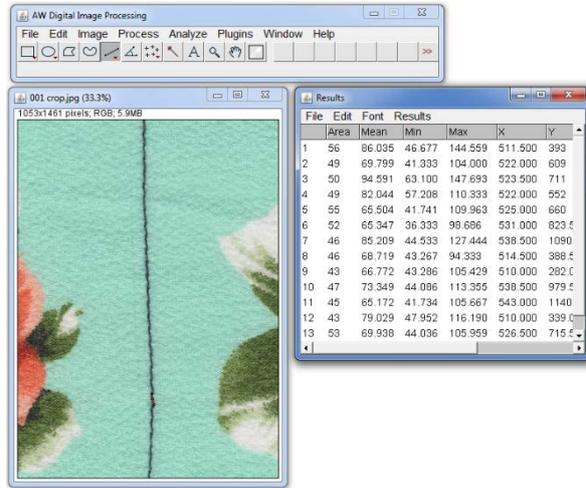
Penentuan Jahitan Per Inci

Perbandingan *pixel* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan nilai jahitan per inci dari sebuah citra digital jahitan yang telah diakuisisi. Perangkat lunak *AW Digital Image Processing* dapat digunakan untuk melakukan metode perbandingan *pixel* tersebut. Gambar 6 menunjukkan proses penentuan jahitan per inci pada sebuah citra digital jahitan dengan menggunakan perangkat lunak *AW Digital Image Processing*.

Jumlah jahitan dapat diketahui dengan cara mengukur panjang benang untuk setiap jahitan dalam satuan *pixel*. Jahitan per inci dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$\frac{DPI}{\sum_{i=1}^n \ell_i} = SPI \tag{2}$$

dimana, ℓ adalah banyaknya *pixel* yang ada pada satu jahitan, n merupakan jumlah jahitan yang diukur, *DPI* adalah nilai *dots per inch* hasil kalibrasi digital dan *SPI* (*stitch per inch*) merupakan nilai jahitan per inci pada kain.



Gambar 6. Akuisisi data pengukuran *pixel* jahitan dengan menggunakan perangkat lunak *AW Digital Image Processing*

Perangkat lunak *AW Digital Image Processing* mengukur panjang untuk setiap satu tusukan jahitan (ℓ). Sesuai dengan persamaan (2), *SPI* (*stitch per inch*) dapat diketahui dengan mengukur nilai panjang untuk setiap satu tusukan jahitan (ℓ).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, telah dilakukan pengukuran jumlah jahitan per inci terhadap 21 jenis sampel jahitan dengan menggunakan metode pengolah citra dan metode konvensional. Sampel dengan kode A merupakan sampel jahitan dengan bahan kain A (dapat dilihat pada Tabel 2), begitu pula kain B dan kain C. Digit kedua dari kode sampel jahitan tersebut menunjukkan jenis sampel berdasarkan banyaknya *stitch* yang dilakukan pada kain.

Metode konvensional yang digunakan merupakan prosedur penentuan jahitan per inci dengan menggunakan penggaris dan lup. Hasil pengukuran jahitan per inci dari metode konvensional, metode pengolah citra serta nilai jahitan per inci yang diatur pada mesin dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai *SPI* dari kedua metode tersebut kemudian dibandingkan dan diuji kesamaannya dengan menggunakan *T-test*.

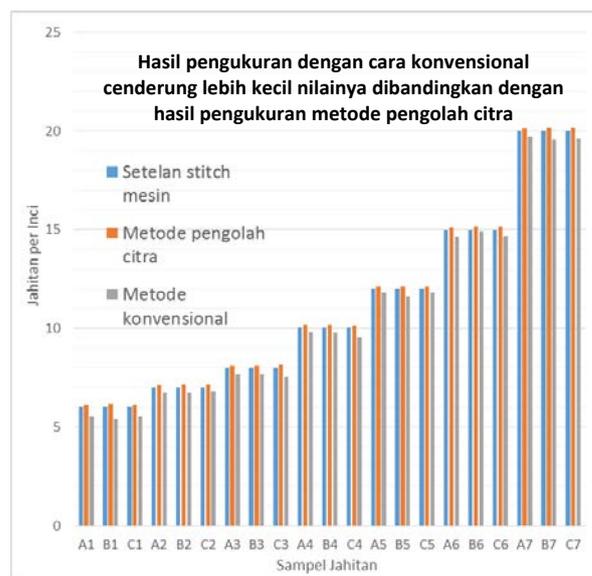
Pengukuran jahitan per inci metode konvensional dilakukan dengan cara mengukur jumlah jahitan di dalam satu inci jahitan lurus, kemudian pengukuran dilakukan sebanyak 50 kali untuk setiap sampel. Penentuan jahitan per inci (*SPI*) metode pengolah citra dilakukan dengan cara

melakukan akuisisi citra, mengkalibrasi nilai DPI, kemudian mengambil ℓ dengan jumlah $n = 50$ untuk setiap sampel.

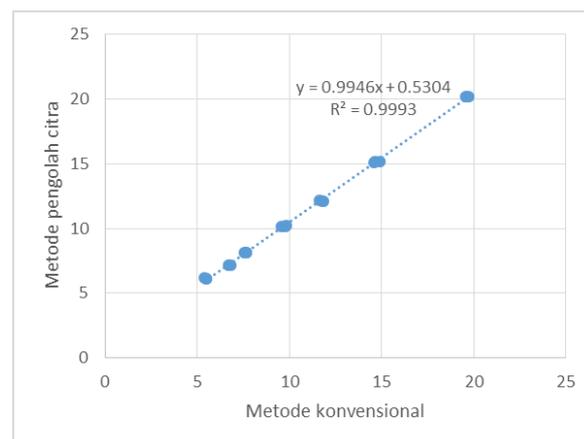
Tabel 3. Data jahitan per inci menurut setelan *stitch* mesin, hasil pengukuran metode pengolah citra, hasil pengukuran metode konvensional

Kode sampel jahitan	Jahitan per Inchi		
	Setelan <i>stitch</i> mesin	Metode pengolah citra	Metode konvensional
A1	6	6,125	5,516
B1	6	6,171	5,414
C1	6	6,131	5,512
A2	7	7,126	6,712
B2	7	7,144	6,716
C2	7	7,166	6,812
A3	8	8,112	7,655
B3	8	8,122	7,661
C3	8	8,141	7,541
A4	10	10,189	9,812
B4	10	10,165	9,782
C4	10	10,123	9,551
A5	12	12,122	11,811
B5	12	12,141	11,612
C5	12	12,116	11,827
A6	15	15,112	14,616
B6	15	15,148	14,891
C6	15	15,131	14,671
A7	20	20,129	19,711
B7	20	20,161	19,561
C7	20	20,141	19,612

Berdasarkan grafik pada Gambar 7, dapat dilihat bahwa nilai antara *stitch per inch* setelan mesin dengan nilai jahitan per inci metode pengolah citra dan metode konvensional memiliki nilai yang mendekati. Data menunjukkan bahwa pengukuran jahitan per inci dengan menggunakan metode pengolah citra cenderung menunjukkan nilai yang selalu lebih besar dibandingkan dengan metode konvensional, namun tidak berbeda secara signifikan. Analisis regresi pada Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai jahitan per inci metode pengolah citra (ordinat Y) terhadap nilai jahitan per inci metode konvensional (absis X) memiliki hubungan persamaan regresi $y = 0,9946x + 0,5304$ dengan nilai kesesuaian model terhadap data sebesar $R^2 = 0,9993$.



Gambar 7. Grafik perbandingan nilai jahitan per inch hasil pengukuran metode pengolah citra, hasil pengukuran metode konvensional dan jahitan per inch yang diatur pada mesin.



Gambar 8. Grafik analisis regresi hasil pengukuran jahitan per inci menurut metode pengolah citra dan metode konvensional

Analisis *T-test* terhadap nilai hasil jahitan per inci (*SPI*) antara pengujian metode pengolah citra dan metode konvensional menunjukkan bahwa kedua nilai dari masing-masing metode adalah tidak berbeda secara signifikan (Terima H_0). Tabel 4 menunjukkan hasil *T-test* antara metode pengolah citra dan metode konvensional.

Selain dapat menunjukkan nilai pengukuran *SPI* yang sama dengan metode konvensional, metode pengolahan citra dapat menunjukkan nilai panjang *stitch* riil (ℓ) yang tidak dapat dilakukan dengan menggunakan metode konvensional. Dengan mengetahui jumlah ℓ , maka dapat ditentukan nilai variasi untuk ℓ di sepanjang kain. Koefisien variasi dari nilai ℓ berguna sebagai nilai

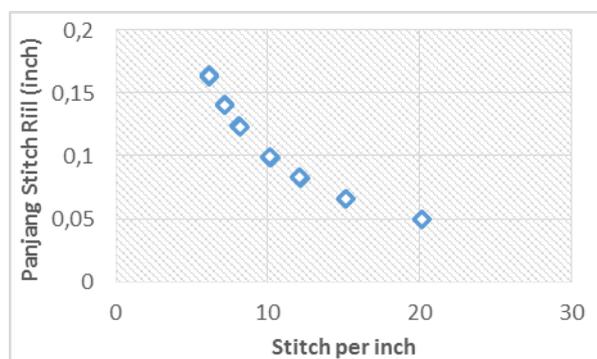
indikator keseragaman panjang benang yang ada pada tiap *stitchnya*. Besarnya CV% dari nilai ℓ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Tabel 5 menunjukkan nilai CV% dari setiap sampel jahitan.

Tabel 4. Hasil uji *T-test* terhadap nilai SPI hasil pengukuran metode pengolah citra dan hasil pengukuran metode konvensional

Kode sampel jahitan	Jahitan per Inchi		Nilai Sig.*	Hasil <i>T-test</i>
	Metode pengolah citra	Metode konvensional		
A1	6,125	5,516	0.265	Sama
B1	6,171	5,414	0.167	Sama
C1	6,131	5,512	0.105	Sama
A2	7,126	6,712	0.210	Sama
B2	7,144	6,716	0.516	Sama
C2	7,166	6,812	0.845	Sama
A3	8,112	7,655	0.358	Sama
B3	8,122	7,661	0.168	Sama
C3	8,141	7,541	0.305	Sama
A4	10,189	9,812	0.766	Sama
B4	10,165	9,782	0.221	Sama
C4	10,123	9,551	0.091	Sama
A5	12,122	11,811	0.162	Sama
B5	12,141	11,612	0.078	Sama
C5	12,116	11,827	0.567	Sama
A6	15,112	14,616	0.291	Sama
B6	15,148	14,891	0.164	Sama
C6	15,131	14,671	0.501	Sama
A7	20,129	19,711	0.074	Sama
B7	20,161	19,561	0.364	Sama
C7	20,141	19,612	0.136	Sama

* Uji *T-test* dengan $\alpha = 0,05$.

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ell_i - \bar{\ell})^2}{n-1}} \times \frac{n}{\sum_{i=1}^n \ell_i} = CV\% \quad (3)$$



Gambar 9. Grafik hubungan nilai SPI dan panjang *stitch riil* (inci) dengan menggunakan metode pengolah citra.

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 5, dapat diketahui bahwa hubungan antara

SPI dan panjang *stitch riil* (ℓ) adalah berbanding terbalik. Hal tersebut sesuai dengan yang ditunjukkan pada persamaan (2). Gambar 9 menunjukkan grafik hubungan antara nilai SPI dan panjang *stitch riil* (ℓ).

Tabel 5. CV% nilai ℓ dari setiap sampel jahitan dengan menggunakan pengukuran pengolahan citra digital

Kode sampel jahitan	Nilai SPI Pengolahan Citra	Rata-rata panjang <i>stitch</i> (inci)	Variasi panjang <i>stitch</i> (%)
A1	6,125	0,1649	10,428
B1	6,171	0,1629	7,275
C1	6,131	0,1642	8,850
A2	7,126	0,1409	6,225
B2	7,144	0,1404	5,724
C2	7,166	0,1400	6,036
A3	8,112	0,1237	5,923
B3	8,122	0,1235	5,434
C3	8,141	0,1233	6,003
A4	10,189	0,0983	3,832
B4	10,165	0,0986	4,245
C4	10,123	0,0991	5,307
A5	12,122	0,0827	4,439
B5	12,141	0,0825	3,495
C5	12,116	0,0827	4,410
A6	15,112	0,0662	2,939
B6	15,148	0,0661	2,711
C6	15,131	0,0661	2,996
A7	20,129	0,0497	2,283
B7	20,161	0,0496	2,100
C7	20,141	0,0497	2,061

KESIMPULAN

1. Telah ditemukan sebuah metode baru untuk menentukan jahitan per inci dengan menggunakan teknik pengolah citra.
2. Metode ini mampu menentukan jahitan per inci pada bahan tekstil tanpa adanya pengaruh dari struktur dan warna pada bahan tekstil.
3. Metode ini dapat menunjukkan nilai panjang untuk tiap *stitch* yang ada pada jahitan, sehingga dapat digunakan untuk mengukur nilai variasi panjang *stitch*.
4. Metode ini dapat menghasilkan nilai SPI yang sama (tidak berbeda secara signifikan) dengan metode konvensional.
5. Telah ditemukan bahwa semakin besar SPI, maka akan semakin kecil nilai panjang *stitch riil*, demikian sebaliknya.
6. Telah dikenal prinsip pengolahan citra secara komputasi untuk kegiatan evaluasi jahitan pada bahan tekstil. Prinsip ini dapat digunakan untuk kegiatan evaluasi visual berbagai parameter pada bahan tekstil lainnya, serta riset-riset selanjutnya.

PUSTAKA

1. LaPere, C. *The Effects of Different Fabric Types and Seam Designs on the Seams [sic] Efficiency*. Senior Honors Theses. Eastern Michigan University (2010).
2. Prihati, S., dan Simanjuntak, B.E. *Dasar Teknologi Menjahit*. Direktorat Pembinaan SMK (2013).
3. Seetharam, G., and Nagarajan, L. Evaluation of Sewing Performance of Plain Twill and Satin Fabrics Based On Seam Slippage Seam Strength and Seam Efficiency. *IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering (IOSR-JPTE)* **1** (3), 09-21 (2014).
4. Badan Standarisasi Nasional (BSN). *Standar Nasional Indonesia: Kemeja, Mutu Jahitan. SNI 08-1827-1990*. Badan Standarisasi Nasional. (1990).
5. Badan Standarisasi Nasional (BSN). *Standar Nasional Indonesia: Mutu Jahitan Pakaian Wanita. SNI 08-4991-1999*. Badan Standarisasi Nasional. (1999).
6. Rahman, M., and Sultana, S. *Experimental analysis of stitch per inch on sewing performance*. <http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=4168> (2011).
7. Gonzales, Rafael, C., Woods, Richard, E. *Digital Image Processing*, 2nded. Prentice-Hall Inc. (2002).
8. Wu, Q., Merchant, F., and Castleman, K. *Microscope Image Processing*, 1sted. Elsevier Inc. (2008).
9. Murphy, D. B. *Fundamentals of Light Microscopy and Electronic Imaging*. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd. (2001).
10. Afrashteh, S., Merati, A.A., and Jeddi, A.A.A. Geometrical Parameters of Yarn Cross Section in Plain Woven Fabric. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* **38** (2), 126-131 (2013).
11. Mahmoudi, M. R., Oxenham W. A. New Electro-Mechanical Method For Measuring Yarn Thickness. *AUTEX Research Journal* **2** (1), 28-37 (2002).
12. Ozkaya, Y.A, Acar, M., and Jackson, M.R. Hair density distribution profile to evaluate yarn hairiness and its application to fabrics simulation. *Journal of Textile Intitute* **98** (6), 483-490 (2007).
13. Ozkaya, Y.A, Acar, M., and Jackson, M.R. Yarn twist using digital imaging. *Journal of Textile Intitute* **101** (2), 91-100 (2007).
14. Kretzschmar, S. D., and Further R. *Uster Tester 5-S800 Application Report: The measurement of the yarn diameter, density and shape of yarn*. Switzerland: Uster Technologies AG. (2009).
15. Carvalho, V., Cardoso, P., Belsley, M., Vasconcelos, R. M., and Soares, F.O. Yarn Diameter Characterization Using Two Orthogonal Direction. *IEEE Transactions On Instrumentation and Measurement* **58** (3), 594-601 (2010).
16. Bahl, K., and Kainth, J. S. Evaluation of Yarn Quality in Fabric using Image Processing Techniques. *International Journal of Science and Research (IJSR)* **3** (3), 558-561 (2014).
17. Drobina, R., and Machnio, M. S. Application Of The Image Analysis Technique For Textile Identification. *AUTEX Research Journal* **6** (1), 40-48 (2006).
18. Zhang, J., Wang, X., and Palmer, S. Objective Grading of Fabric Pilling with Wavelet Texture Analysis. *Textile Research Journal* **77** (11), 871-879 (2007).
19. Zghidi, H., Walczak, M., Blachowicz, T., Domino, K., and Ehrmann, A. Image Processing and Analysis of Textile Fibers by Virtual Random Walk. *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems* **5**, 717-720 (2015).
20. Behera, B. K., and Pattanayak, A. K. Measurement and modeling of drape using digital image processing. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* **33**, 230-238 (2008).
21. Ragab, A., Fouda, A., El-Deeb, H., and Hemdan, A. T. A Simple Method for Measuring Fabric Drape Using Digital Image Processing. *J Textile Sci. Eng.* **7**(5), 320 (2017).
22. Kuo, C.F.J., Shih, C.Y., Huang, C.C., Su, T.L. and Liao, I. C. A novel image processing technology for recognizing the weave of fabrics. *Textile Research Journal* **86** (3), 288 – 301 (2015).
23. Wijayono, A. *Rancang Bangun Alat Pengukur Diameter Benang Dengan Perangkat Mikroskop Digital dan Aplikasi Pengolah Citra Digital Berbasis Java*. Skripsi. Politeknik STTT Bandung (2017).

24. Wijayono, A., Murti, W., Putra, V. G. V., dan Rohmah, S. Pemodelan dan Validasi Nilai Konstanta Diameter Benang Secara Teori dan Pengolahan Citra Digital. *Prosiding 2nd Indonesian Textile Conference 2017* (2017).
 25. Murti, W., Wijayono, A., Putra, V.G.V. dan Wardiningsih, W. Pemodelan Dan Validasi Nilai Sudut Antihan Benang Secara Teori Dan Pengolahan Citra Digital. *Prosiding 2nd Indonesian Textile Conference 2017* (2017).
 26. <https://www.pegasus.co.jp/en/imgs/machine/reference/>, diunduh tanggal 28 Desember 2017.
 27. <http://www.onlineclothingstudy.com/2011/06/how-to-calculate-or-check-machine-spi>. diunduh tanggal 29 Desember 2017.
 28. https://www.quiltingcompany.com/understanding-stitch-length-quilty-pleasures-blog/?fw_campaign=tqc-ftw-hm-welcome-new, diunduh tanggal 29 Desember 2017.
 29. <https://stashbandit.net/convert-metric-stitch-length-to-stitches-per-inch/>, diunduh tanggal 29 Desember 2017
-