

Study of Measuring The Cover Factor of Woven Fabrics Using Image Processing Techniques

Studi Pengukuran Cover Factor Kain Tenun Menggunakan Teknik Pengolahan Citra

Andrian Wijayono^{1*)} dan Wilda Murti²⁾

^{1*)}Program Studi Teknik Pembuatan Kain Tenun, Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk Tekstil Surakarta, Jl. Ki Hajar Dewantara, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah 57126
Email: andrianw@kemenperin.go.id

²⁾Program Studi Teknik Pembuatan Garmen, Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk Tekstil Surakarta, Jl. Ki Hajar Dewantara, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah 57126
Email: wmurti@kemenperin.go.id

**) Corresponding author*

Abstract: *In this research, a method for measuring the cover factor of woven fabric using digital image processing techniques has been developed. The cover factor of woven fabric is measured by capturing a digital image of the fabric under examination using a digital microscope, converting the image into digital image information, storing this digital image information in digital memory, and performing digital image segmentation to determine the cover factor of the woven fabric. Cover factor measurements were conducted on seven samples of woven fabric with different densities. To validate the proposed method, the cover factor measurements obtained from image processing were compared with the theoretical cover factor obtained from the standard method. It was found that there was no significant difference between the results obtained from the conventional method and the proposed method (with a significance value of 0.95)..*

Keywords: *cover factor, woven fabric, image processing*

Abstrak: Pada penelitian ini telah dikembangkan metode pengukuran cover factor kain tenun dengan teknik pengolahan citra digital. Cover factor kain tenun diukur dengan cara mengambil gambar digital kain tenun yang akan diperiksa menggunakan mikroskop digital, mengonversi gambar menjadi informasi gambar digital, menyimpan informasi gambar digital tersebut dalam memori digital, dan melakukan segmentasi citra digital untuk menentukan cover factor kain tenun. Pada penelitian ini telah dilakukan pengukuran cover factor pada 7 (tujuh) sampel kain tenun kerapatan yang berbeda. Untuk memvalidasi metode yang diusulkan, hasil pengukuran cover factor pengolahan citra dibandingkan dengan cover factor teoritis dari metode standar. Ditemukan bahwa hasil antara metode konvensional dan metode yang diusulkan tidak berbeda secara signifikan (dengan nilai signifikansi 0,95).

Kata Kunci: cover factor, kain tenun, pengolahan citra

DOI: <https://doi.org/10.37577/sainteks.v6i02.709>

Received: 06, 2024. Accepted: 07, 2024.

Published: 09, 2024

PENDAHULUAN

Struktur kain merupakan salah satu parameter penting yang dapat mempengaruhi sifat kain secara keseluruhan. Struktur kain akan mempengaruhi sifat kenyamanan kain tekstil (Tahvildar et al, 2019; Akgun et al, 2020), sifat langkai kain (Özdil et al, 2014), sifat mekanik dan fisik kain (Badawi, 2023; Islam & Mozumder, 2024), sifat dielektrik kain (Wijayono & Putra, 2020), sifat penyerapan kelembapan dan cairan (Wardiningsih & Troynikov, 2012), sifat permeabilitas udara pada kain (Douguet et al, 2023; Kostajnssek & Bizjak, 2023; Li et al, 2023), sifat kenyamanan kain (Kharbanda et al, 2024; Riaz et al, 2023), sifat kekasaran permukaan kain (Beyene et al, 2023;

Beyene & Muhammed, 2023), dan sifat *wicking* cairan pada kain tenun (Lei et al, 2020; Gungor et al, 2024; Song et al, 2023; Vasile et al, 2024).

Faktor penutupan kain (cover factor-CF) adalah ukuran yang mengindikasikan seberapa rapat atau longgar struktur dari sebuah kain (Admas & Assefa, 2024; Chatterjee, 2023; Dincer et al, 2023; Wardiningsih & Troynikov, 2012). CF menggambarkan seberapa banyak area yang ditutupi oleh benang dalam sebuah kain dibandingkan dengan luas total area kain tersebut (Islam & Mozumder, 2024; Spencer, 2001; Dias & Delkumburewatte, 2008). Apabila benang menutupi sebagian besar area pada kain, maka nilai CF akan tinggi, menandakan kain tersebut lebih rapat. Namun sebaliknya, jika area yang ditutupi oleh benang lebih sedikit, maka nilai CF akan rendah, menunjukkan kain tersebut lebih longgar (Admas & Assefa, 2024). Secara teoritis, beberapa faktor yang dapat mempengaruhi besarnya CF pada kain tenun adalah kerapatan benang lusi (tetal lusi), kerapatan benang pakan (tetal pakan), nomor benang pakan, nomor benang lusi (Başer, 2023; Islam & Mozumder, 2024). Semakin besar kerapatan benang pakan dan lusi pada kain tenun tersebut, maka akan semakin besar pula *cover factor* yang diperoleh. Diameter benang lusi dan diameter benang pakan juga memiliki pengaruh yang besar pada *cover factor* kain tenun. Semakin besar diameter benang lusi dan pakan yang digunakan, maka akan semakin besar pula *cover factor* yang diperoleh (Başer, 2023; Islam & Mozumder, 2024). Tingkat derajat *bulkiness* pada benang lusi dan pakan juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai *cover factor* kain tenun (Admas & Assefa, 2024; Dejene & Ayele, 2024;). CF secara garis besar dapat dirumuskan sesuai dengan persamaan (1), dengan nilai A_Y merupakan luasan yang tertutupi benang dan nilai A_F merupakan luasan daerah kain.

$$CF = \frac{A_Y}{A_F} \quad (1)$$

Cover factor kain berdampak pada porositas kain, yang merepresentasikan seberapa banyak udara atau cairan dapat melewati kain tersebut (Castellar et al, 1997). Kain dengan CF tinggi cenderung memiliki porositas yang lebih rendah karena benang menutupi lebih banyak area, membuatnya lebih sulit bagi udara atau kelembaban untuk melewati kain tersebut (Li et al, 2023; Douguet et al, 2023; Dias & Delkumburewatte, 2008). Sebaliknya, kain dengan CF rendah cenderung memiliki porositas yang lebih tinggi karena ada lebih banyak ruang antara benang, memungkinkan udara atau kelembaban untuk melewati kain dengan lebih mudah (Dias & Delkumburewatte, 2008). Selain sifat porositas, *cover factor* pada kain tenun juga berpengaruh kepada sifat kenyamanan kain (Kharbanda et al, 2024; Riaz et al, 2023), serta sifat kekasaran permukaan dari kain tenun tersebut (Beyene et al, 2023; Beyene & Muhammed, 2023). Pada kain tenun yang digunakan sebagai media filter, *cover factor* juga akan sangat berpengaruh pada aspek fungsional filtrasi khususnya dalam ukuran pori-pori pada permukaan kain tenun (Ängeslevä et al, 2023; Ängeslevä et al, 2024). Berdasarkan hal tersebut, *cover factor* pada kain tenun merupakan salah satu sifat yang penting untuk diukur.

Evaluasi *cover factor* (CF) melalui citra digital sampel kain telah menjadi fokus beberapa penelitian sebelumnya (Castellar et al, 1997; Kang et al, 2001; Abou-ana et al, 2003; Cardamone et al, 2002; Wijayono & Putra, 2018; Putra et al, 2014). Dalam salah satu metode yang diterapkan peneliti (Castellar et al, 1997), prosesnya dapat dibagi menjadi dua langkah. Pertama, penentuan area yang mencakup satu pengulangan pola tenunan secara manual dilakukan pada gambar mikroskopis dari sampel kain. Kemudian, CF dari kain dihitung berdasarkan rasio antara area yang ditempati oleh benang dengan total area pengulangan pola tenunan tersebut. Pada penelitian sebelumnya juga metode tersebut cenderung hanya cocok untuk kain dengan nilai CF yang rendah, karena proses otomatisasi segmentasi belum memiliki pembobotan nilai ambang batas threshold yang representatif (Cardamone et al, 2002).

Metode penentuan *cover factor* secara otomatisasi merupakan salah satu prosedur yang diperlukan dalam prosedur pengendalian mutu kain tenun, namun metode perhitungan grid yang

dilakukan oleh peneliti sebelumnya belum otomatis karena belum menerapkan metode pembobotan nilai threshold dan masih menggunakan metode grid untuk menseleksi area pada kain tenun. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sebuah metode pengukuran CF yang akurat, objektif, dan otomatis yang ditentukan berdasarkan citra digital dari kain tenun melalui pembesaran mikroskop.

METODOLOGI

Metode pengambilan citra digital kain tenun

Pada penelitian ini telah dilakukan penangkapan citra digital kain tenun dengan menggunakan perangkat mikroskop digital MT9F002 (dilengkapi kamera 14 megapixel) di Laboratorium Magister Rekayasa Tekstil dan Apparel Politeknik STTT Bandung. Perangkat mikroskop dan proses pengambilan gambar kain tenun dapat dilihat sesuai pada Gambar 1. Sorot cahaya dari arah bawah kain bertujuan untuk menimbulkan efek warna kontras antara background dan benang pada kain tenun. Hal tersebut dapat mempermudah proses thresholding pada proses selanjutnya. Untuk keperluan analisis lanjutan, semua citra digital diubah ke dalam bentuk grayscale dengan tingkatan nilai dari 0 - 255. Dengan menggunakan metode tersebut, piksel berwarna terang mewakili area yang tidak tertutupi oleh benang, sedangkan piksel yang berwarna lebih gelap mewakili area yang tertutupi oleh benang.

Metode segmentasi untuk menentukan *cover factor* kain tenun menggunakan teknik pengolahan citra

Pada penelitian ini telah digunakan metode Otsu untuk melakukan histogram thresholding dari citra digital kain untuk mengukur *cover factor* melalui teknik pengolahan citra. Pada penelitian ini digunakan perangkat lunak AW Digital Image Processing berbasis Java untuk memproses citra digital. Untuk menentukan nilai threshold menggunakan metode Otsu, pada penelitian ini digunakan rumusan SSQ sebagai fungsi dari L sesuai dengan persamaan (2).

$$SSQ(L) = \sum_{i_p \leq L} (i_p - m(L))^2 + \sum_{i_p > L} (i_p - M)^2 \quad (2)$$

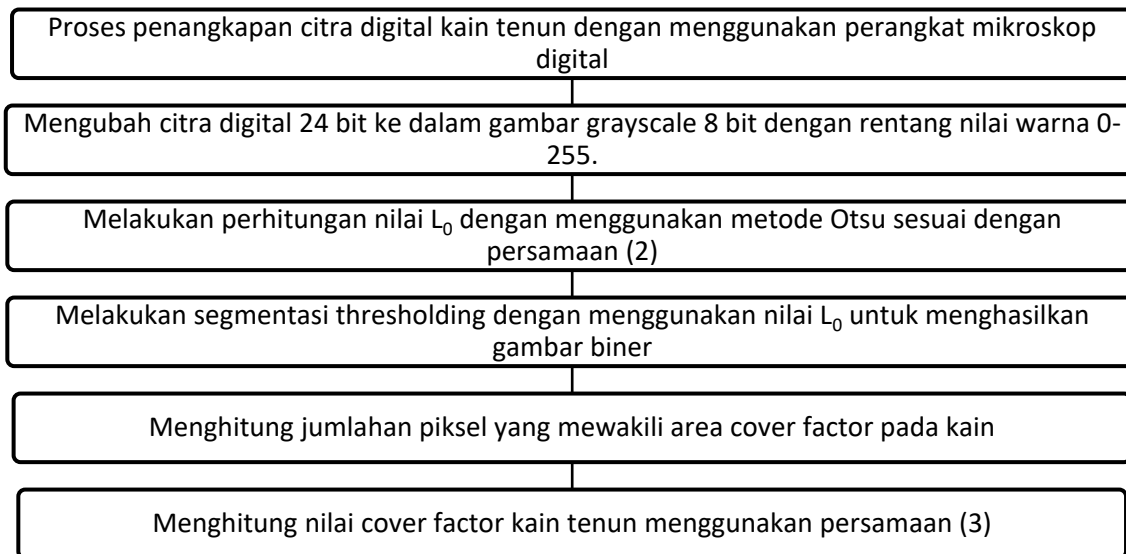
Dengan nilai i_p merupakan intensitas piksel, $m(L)$ adalah rata-rata dari nilai intensitas piksel yang nilainya lebih kecil atau sama dengan L pada citra digital sampel, dan M adalah nilai intensitas piksel maksimum dari citra digital sampel. Nilai M merupakan rata-rata dari nilai intensitas piksel yang nilainya lebih besar dari L pada metode Otsu. Sisi penjumlahan $\sum_{i_p \leq L} (i_p - m(L))^2$ mewakili semua piksel yang nilainya lebih kecil dan sama dengan L , serta merepresentasikan nilai selisih jumlah kuadrat dari area yang tertutupi oleh benang. Sisi penjumlahan $\sum_{i_p > L} (i_p - M)^2$ mewakili semua piksel yang nilainya lebih besar dari L , serta merepresentasikan nilai selisih jumlah kuadrat dari area yang tidak tertutupi oleh benang. Berdasarkan rumusan tersebut dapat diperoleh nilai L_0 , yaitu merupakan nilai L yang menghasilkan SSQ terkecil. Nilai L_0 tersebut selanjutnya dijadikan acuan dalam menentukan nilai threshold dalam mensegmentasi area pada citra digital kain.

Nilai CF kain dapat langsung ditentukan dari hasil segmentasi menggunakan nilai threshold L_0 pada citra digital kain. CF metode *image processing* dapat dihitung dengan membandingkan rasio antara jumlah piksel yang tertutupi oleh benang dan jumlah piksel keseluruhan dari gambar, yang dapat dihitung sesuai dengan persamaan (3), dengan nilai A_Y merupakan luasan yang tertutupi benang dan nilai A_F merupakan luasan daerah kain.

$$CF = \frac{A_Y}{A_F} \quad (3)$$

Tahapan proses pengukuran *cover factor* kain tenun dengan menggunakan teknik pengolahan citra digital dapat dilihat pada Gambar 1. Untuk memvalidasi metode yang diusulkan, nilai *cover*

factor kain tenun yang diperoleh dari teknik pengolahan citra digital selanjutnya akan dibandingkan dengan nilai *cover factor* kain tenun teoritis. Nilai *cover factor* kain tenun teoritis dihitung dengan menggunakan rumusan pada persamaan (9).



Gambar 1. Diagram alir proses penentuan *cover factor* kain tenun dengan menggunakan teknik pengolah citra digital

Metode penentuan *cover factor* kain tenun secara teoritis

Nilai *cover factor* kain tenun menunjukkan seberapa padat benang lusi dan benang pakan yang berada di dalam struktur kain (Ahmed, 2021). Semakin besar nilai *cover factor* pada sebuah kain tenun, maka semakin besar pula kepadatan benang yang berada di dalam struktur kain tersebut (Ahmed, 2021). Nilai *cover factor* pada kain tenun teoritis dapat ditentukan dengan menentukan nilai *cover factor* benang lusi CF_a dan *cover factor* benang pakan CF_b pada kain tenun (Ahmed, 2021).

$$CF = (CF_a + CF_b) - (CF_a \times CF_b) \quad (4)$$

Nilai *cover factor* teoritis benang lusi CF_a dapat ditentukan dengan mengkalikan nilai total benang lusi N_a (helai per inci) dengan diameter teoritis dari benang lusi d_a (inci). Diameter teoritis dari benang lusi d_a (inci) dapat dihitung apabila nilai nomor benang lusi Ne_a (hank/lbs) telah diketahui. Nilai diameter benang lusi d_a dapat dihitung menggunakan persamaan (5) (Basu, Doraiswamy, & Gotipamul, 2003)..

$$d_a = \frac{1}{28\sqrt{Ne_a}} \quad (5)$$

Sehingga CF_a dapat ditentukan sesuai persamaan (6)

$$CF_a = N_a \times d_a \quad (6)$$

Nilai *cover factor* teoritis benang pakan CF_b (%) dapat ditentukan dengan mengkalikan nilai total benang pakan N_b (helai per inci) dengan diameter teoritis dari benang pakan d_b (inci). Diameter teoritis dari benang pakan d_b dapat dihitung apabila nilai nomor benang pakan Ne_b (hank/lbs) telah diketahui. Nilai diameter benang pakan d_b dapat dihitung menggunakan persamaan (7) (Basu, Doraiswamy, & Gotipamul, 2003).

$$d_b = \frac{1}{28\sqrt{Ne_b}} \tag{7}$$

Sehingga CF_b dapat ditentukan sesuai persamaan (8)

$$CF_b = N_b \times d_b \tag{8}$$

Dengan mensubstitusi persamaan (6) dan persamaan (8) ke dalam persamaan (4), maka nilai CF teoritis pada kain tenun dapat dihitung sesuai dengan rumusan pada persamaan (9).

$$CF = \left[\left\{ \left(\frac{N_a}{\sqrt{Ne_a}} \right) + \left(\frac{N_b}{\sqrt{Ne_b}} \right) \right\} - \left[\frac{\left\{ \left(\frac{N_a}{\sqrt{Ne_a}} \right) \times \left(\frac{N_b}{\sqrt{Ne_b}} \right) \right\}}{28} \right] \right] \tag{9}$$



Spesifikasi sampel kain tenun






Tujuh jenis sampel kain tenun berbahan 100% kapas telah digunakan pada penelitian ini. Masing-masing sampel kain tenun memiliki variasi nilai kerapatan benang lusi dan pakan. Semua sampel kain tenun yang digunakan memiliki struktur anyaman plain. Tujuh sampel kain tenun yang digunakan memiliki anyaman polos dengan spesifikasi benang sesuai dengan Tabel 1 (yang diperoleh dengan metode tes standar ASTM D1059-10). Tabel 2 memperlihatkan spesifikasi dari sampel kain yang digunakan pada penelitian ini (yang diperoleh dengan metode tes standar ASTM D3775-12). Semua sampel kain yang digunakan adalah kain greige yang belum mengalami proses penyempurnaan.

Tabel 1. Spesifikasi bahan benang pakan dan benang lusi

Jenis benang	Bahan baku benang	Densitas linear benang/ Nomor benang (gram/1000 m)
Benang lusi	Cotton carded 100%	20,19 ± 1,52
Benang pakan	Cotton carded 100%	9,59 ± 1,21

Tabel 2. Spesifikasi sampel kain

Kode sampel	Kenampakan kain	Tetal benang (helai/inci)	
		Lusi (N_a)	Pakan (N_b)
S1		(40,61 ± 1,34)	(41,03 ± 0,71)
S2		(20,21 ± 1,22)	(40,63 ± 0,89)

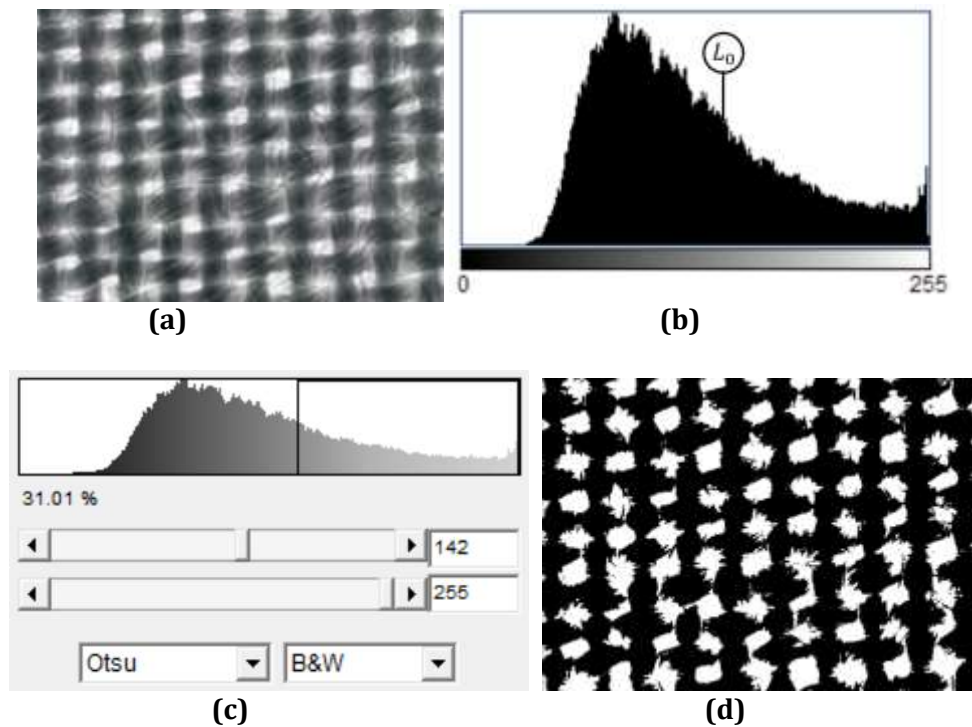
Kode sampel	Kenampakan kain	Tetal benang (helai/inci)	
		Lusi ($N_{(lusi)}$)	Pakan ($N_{(pakan)}$)
S3		(41,03 ± 0,71)	(16,21 ± 1,34)
S4		(20,21 ± 1,22)	(20,62 ± 0,89)
S5		(8,41 ± 0,89)	(40,42 ± 0,88)
S6		(40,23 ± 0,60)	(25,81 ± 1,22)
S7		(26,41 ± 0,64)	(27,03 ± 0,70)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan analisis pada citra digital kain tenun untuk menghitung *cover factor* kain dengan menggunakan teknik pengolah citra. Proses pengolahan citra dilakukan dengan tahapan sesuai dengan yang tercantum pada Gambar 1. Gambar 2 menunjukkan hasil dari setiap tahapan proses analisis citra yang telah dilakukan pada salah satu sampel kain tenun. Gambar 2 (a) menunjukkan citra digital 8 bit grayscale kain tenun yang diperoleh dari proses penangkapan citra digital. Gambar tersebut memiliki rentang pada nilai 0-255, serta apabila dibuat ke dalam histogram frekuensi jumlah piksel berdasarkan intensitas dapat diperoleh sesuai dengan Gambar 2 (b). Dengan menggunakan rumusan pada persamaan (2), maka dapat diperoleh nilai L_0 berdasarkan nilai pada histogram sesuai dengan yang ditampilkan pada Gambar 2 (b). Gambar 2 (c) menunjukkan proses segmentasi citra digital kain tenun dengan menggunakan metode Otsu, serta menggunakan nilai L_0 untuk melakukan proses thresholding pada citra digital. Gambar 2 (d) merupakan hasil binerisasi dari proses thresholding dengan menggunakan nilai L_0 .



Dapat dilihat pada Gambar 2 (d), piksel berwarna putih mewakili area yang tidak tertutupi oleh benang dan serat pada kain, sedangkan piksel berwarna hitam mewakili area yang tertutupi oleh benang dan serat pada kain. Dengan menghitung jumlahan piksel berwarna putih P_w dan hitam P_b pada Gambar 2 (d), sehingga nilai *cover factor* kain tenun dapat dihitung berdasarkan rasio antara jumlahan piksel menggunakan persamaan (10).






$$CF_{(\text{image processing})} = \frac{P_b}{(P_b + P_w)} \quad (10)$$



Gambar 2. (a) Citra digital kain tenun 8-bit grayscale; (b) intensity histogram dari citra digital kain tenun dengan posisi nilai threshold L_0 yang diperoleh dari metode Otsu; (c) operasi threshold menggunakan metode Otsu; (d) hasil binerisasi dari operasi threshold menggunakan metode Otsu

Tabel 3. Perbandingan nilai *cover factor* kain tenun teoritis dan nilai *cover factor image processing*

Kode sampel	Kenampakan kain	Cover factor teoritis	Cover factor metode <i>image processing</i>
S1		0,543	0,491
			0,550
			0,497
			0,582
			$\bar{x} = 0,530$
			$s = 0,044$
S2		0,431	$CV\% = 8,234\%$
			0,374
			0,449
			0,414
			0,439
			$\bar{x} = 0,419$
	$s = 0,033$		
	$CV\% = 7,975\%$		

Kode sampel	Kenampakan kain	Cover factor teoritis	Cover factor metode <i>image processing</i>
S3		0,413	0,384
			0,438
			0,390
			0,437
			$\bar{x} = 0,412$ $s = 0,029$ $CV\% = 7,098\%$
S4		0,298	0,256
			0,319
			0,285
			0,303
			$\bar{x} = 0,291$ $s = 0,027$ $CV\% = 9,290\%$
S5		0,366	0,268
			0,373
			0,361
			0,375
			$\bar{x} = 0,344$ $s = 0,051$ $CV\% = 14,875\%$
S6		0,459	0,377
			0,506
			0,412
			0,500
			$\bar{x} = 0,449$ $s = 0,064$ $CV\% = 14,328\%$
S7		0,379	0,350
			0,423
			0,349
			0,404
			$\bar{x} = 0,382$ $s = 0,038$ $CV\% = 9,897\%$

Pada penelitian ini telah dilakukan segmentasi pada citra digital dari tujuh sampel kain untuk menentukan *cover factor* kain tenun menggunakan teknik pengolahan citra. Pengukuran *cover factor* metode *image processing* dilakukan sebanyak 4 kali pengulangan untuk masing-masing sampel. Tabel 3 menunjukkan perbandingan nilai *cover factor* kain tenun yang diukur menggunakan metode *image processing* dan metode teoritis.

Untuk memvalidasi metode yang diusulkan, hasil pengukuran *image processing* dibandingkan dengan metode standar nilai *cover factor* teoritis yang diperoleh dari persamaan (9). Uji hipotesis One Sample T-Test telah dilakukan untuk membuktikan bahwa hasil pengukuran *cover factor* metode *image processing* dapat memberikan nilai yang tidak berbeda secara signifikan dengan nilai *cover factor* teoritis. Dengan hipotesis H_0 yaitu nilai rata-rata *cover factor image processing* tidak berbeda secara signifikan terhadap nilai *cover factor* teoritis ($CF_{(image\ processing)} = CF_{(teoritis)}$), serta hipotesis H_1 yaitu nilai rata-rata *cover factor image processing* berbeda secara signifikan terhadap nilai *cover factor* teoritis ($CF_{(image\ processing)} \neq CF_{(teoritis)}$). Pengujian One Sample T-Test telah dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS Statistics 25.0. Kriteria pengambilan keputusan tolak H_0 yaitu jika nilai $P < \alpha (0,05)$ atau jika $[t\ hitung] > t\ table$.

Hasil uji One Sample T-Test antara metode konvensional dan metode usulan dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan hasil uji pada Tabel 4, diperoleh nilai Sig. (2-tailed) untuk semua sampel memiliki nilai yang lebih besar dari 0,05. Hal tersebut menunjukkan makna bahwa nilai rata-rata *cover factor image processing* tidak berbeda secara signifikan terhadap nilai *cover factor* teoritis ($CF_{(image\ processing)} = CF_{(teoritis)}$).

Tabel 4. Perbandingan nilai *cover factor* kain tenun teoritis dan nilai *cover factor image processing*

Kode sampel	CF teoritis	CF <i>Image Processing</i>	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean difference	95% Confidence Interval of Difference	
							Lower	Upper
S1	0,543	0,530 ± 0,044	-0,596	3	0,593	-0,013	-0,0824	0,0564
S2	0,431	0,419 ± 0,033	-0,718	3	0,525	-0,012	-0,0652	0,0412
S3	0,413	0,412 ± 0,029	-0,051	3	0,962	-0,001	-0,0473	0,0458
S4	0,298	0,291 ± 0,027	-0,537	3	0,629	-0,007	-0,0502	0,0357
S5	0,366	0,344 ± 0,051	-0,849	3	0,458	-0,218	-0,1032	0,0597
S6	0,459	0,449 ± 0,064	-0,319	3	0,771	-0,010	-0,1126	0,0921
S7	0,379	0,382 ± 0,038	0,132	3	0,903	0,003	-0,0576	0,0626

SIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil dikembangkan sebuah metode pengukuran CF yang akurat, objektif, dan otomatis yang ditentukan berdasarkan citra digital dari kain tenun melalui pembesaran mikroskop. Berdasarkan analisis One Sample T-Test pada hasil pengukuran CF *image processing* dan CF teoritis, telah ditemukan bahwa nilai rata-rata *cover factor image processing* tidak berbeda secara signifikan terhadap nilai *cover factor* teoritis ($CF_{(image\ processing)} = CF_{(teoritis)}$) dengan nilai signifikansi 0,95. Hal ini menunjukkan bahwa metode *image processing* dapat digunakan sebagai metode alternatif dalam pengukuran CF pada kain tenun.

DAFTAR PUSTAKA

- Abou-Ana, M., Youssef, S., Pastore, C. and Gowayed, Y., (2003). Assessing structural changes in knits during processing. *Textile research journal*, 73(6), pp.535-540.
- Admas, A., & Assefa, A. (2024). Effects of Loom Speed, Insertion Air Pressure, and Yarn Type on Fabric Air Permeability: Case Study on Air Jet Loom. *Journal of Engineering*, 2024(1), 2660559.
- Ahmed, S., (2021). A study on the physical properties of 100% cellulosic woven fabrics. *J Textile Eng Fashion Technol*, 7(4), pp.127-132.
- Akgun, M., Günaydin, G.K., Gürarda, A.Y.Ç.A. and Ceven, E.K., (2020). Investigation of the comfort properties of traditional woven fabrics with different structural parameters. *Industria Textila*.
- Ängeslevä, M., Salmimies, R., Rideal, G., Hilden, J., Wagner, C., Wiegmann, A., & Häkkinen, A. (2023). Comparison of methods for measuring and investigating water permeability of woven filter media. *Chemical Engineering Research and Design*, 190, 520-535.
- Ängeslevä, M., Salmimies, R., Sihvonen, T., & Häkkinen, A. (2024). Woven filter media used in wet filtration processes: investigation of pore size distribution, air and water permeability and finding correlations between them. *Textile Research Journal*, 94(7-8), 869-885.
- Badawi, S. S. (2023). Geometrical and Mathematical Analysis of the Elongation of Woven Fabric Structures. *International Design Journal*, 13(3), 411-422.
- Basu, A., Doraiswamy, I., & Gotipamul, R. L. (2003). Measurement of yarn diameter and twist by image analysis. *Journal of the Textile Institute*, 94(1-2), 37-48.

- Başer, G. (2023). Structural And Aesthetic Design Of Woven Fabrics. *Tekstil ve Mühendis*, 30(129), 85-94.
- Beyene, K. A., & Muhammed, N. (2023). Linear model equation for prediction and evaluation of surface roughness of plain-woven fabric. *Textile and Apparel*, 33(1), 88-94.
- Beyene, K. A., Gebeyehu, E. K., & Adamu, B. F. (2023). The effects of pretreatment on the surface roughness of plain-woven fabric by the Kawabata Evaluation System. *Textile Research Journal*, 93(9-10), 2149-2157.
- Cardamone, J.M., Damert, W.C., Phillips, J.G. and Marmer, W.N., (2002). Digital image analysis for fabric assessment. *Textile Research Journal*, 72(10), pp.906-916.
- Castellar, M.D., Manich, A.M., Carvalho, J. and Barella, A., (1997). An application of the image analysis to the woven fabric cover factor determination. In *Niches in the World of Textiles: the 77th World Conference of the Textile Institute, Tampere* (Vol. 2, pp. 56-72).
- Chatterjee, B. (2023). Woven fabric structure. In *Textile Calculation* (pp. 215-236). Woodhead Publishing.
- Dejene, B. K., & Ayele, M. (2024). Impact of Weft Yarn Structure and Fiber Type on Weft Yarn Velocity and Twist Loss in Air-Jet Weaving: A Critical Review. *Journal of Natural Fibers*, 21(1), 2365961.
- Dias, T. and Delkumburewatte, G.B., (2008). Changing porosity of knitted structures by changing tightness. *Fibers and Polymers*, 9, pp.76-79.
- Dincer, M., Karci, E., Sahin, I. H., Emre, C., Ozkendirci, B., Yenigun, E. O., & Cebeci, H. (2023). Effect of linear density on the mechanical properties of 3D spacer composites with improved manufacturing quality. *Composite Structures*, 323, 117518.
- Douguet, O., Buet-Gautier, K., Leyssens, G., Bueno, M. A., Mathieu, D., Brilhac, J. F., & Tschamber, V. (2023). Evaluation of structural parameters to predict particle filtration and air permeability performance of woven textiles. *Textile Research Journal*, 93(19-20), 4686-4700.
- Gelaw, B. B., Tesfaye, T., & Kasaew, E. (2022). Derivation of yarn package radius measuring system for yarn winding machines.
- Gungor Turkmen, B., Celik, P., Sehit, H., & Bedez Ute, T. (2024). The effects of hollow yarn and fabric structure on permeability and moisture management properties of woven fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, 115(4), 527-534.
- Islam, S., & Mozumder, A. K. (2024). Effect of weave structures and thread densities on the cover factor and mechanical properties of cotton spandex woven fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, 115(3), 479-489.
- Kang, T.J., Choi, S.H., Kim, S.M. and Oh, K.W., (2001). Automatic structure analysis and objective evaluation of woven fabric using image analysis. *Textile Research Journal*, 71(3), pp.261-270.
- Kharbanda, A. K., Dasarathan, K. R., Sinha, S. K., Senthil Kumar, T., & Senthil Kumar, B. (2024). Experimental investigation of mechanical and comfort properties of banana/cotton blended woven fabrics. *Research Journal of Textile and Apparel*.
- Kostajnsšek, K., & Bizjak, M. (2023). Estimation of permeability properties of technologically developed jacquard fabrics: Original scientific paper. *HEMIJSKA INDUSTRIJA (Chemical Industry)*, 77(3), 191-202.
- Lei, M., Li, Y., Liu, Y., Ma, Y., Cheng, L., & Hu, Y. (2020). Effect of weaving structures on the water wicking–evaporating behavior of woven fabrics. *Polymers*, 12(2), 422.
- Li, K. Y., Tang, X. W., Fei, M. L., Chen, W. L., Liang, J. X., & Xiang, Q. Q. (2023). Woven geotextile permeability under uniaxial and laterally constrained conditions. *Geosynthetics International*, 1-11.
- Özdil, N., Özgüney, A.T., Mengüç, G.S. and Sertsöz, S., (2014). Influence of yarn and fabric construction parameters on drape and bending behaviour of cotton woven fabrics. *Textile and Apparel*, 24(2), pp.169-179.

- Putra, V.G.V., Wijayono, A., Rosyidan, C. and Mohamad, J.N. (2020). A Development of Textile Fabric Homogeneity Based on Computational Physics (Image Processing) with MATLAB. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 17(2), pp.131-137.
- Riaz, M. T., Khan, M. I., Shaker, K., Nawab, Y., & Umair, M. (2023). Effect of cellulosic material and weave design on comfort performance of woven fabrics. *Journal of Natural Fibers*, 20(1), 2163030.
- Song, L., Tao, Y., Cheung, T. W., & Li, L. (2023). A design-driven creation of an innovative and environment-friendly nature-based yarn with moisture wicking and fast-drying effect. *Textile Research Journal*, 93(15-16), 3856-3868.
- Spencer, D.J., (2001). *Knitting technology: a comprehensive handbook and practical guide* (Vol. 16). CRC press.
- Tahvildar, A., Ezazshahabi, N. and Mousazadegan, F., (2019). Appearance and comfort properties considering yarn-spinning system and weave structure in worsted woven fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 14, p.1558925019845978..
- Vasile, S., Vermeire, S., Vandepitte, K., Troch, V., & De Raeve, A. (2024). Effect of Weave and Weft Type on Mechanical and Comfort Properties of Hemp-Linen Fabrics. *Materials*, 17(7), 1650.
- Wardiningsih, W. and Troynikov, O., (2012). Influence of cover factor on liquid moisture transport performance of bamboo knitted fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 103(1), pp.89-98.
- Wijayono, A. and Putra, V.G.V., (2018). Stitch Per Inch Measurement Using Image Processing Techniques. *Arena Tekstil*, 33(2), p.372210.
- Wijayono, A. and Putra, V.G.V., (2020). Pengukuran Permittivitas Dielektrik Bahan Kain Non Woven Menggunakan Kapasitansi Meter Arduino Uno Dan Prinsip Kerja Kapasitor Plat Sejajar. *Jurnal Fisika Indonesia*, 24(3), pp.109-117.