



**STUDI PENGARUH TETAL BENANG PAKAN DAN NOMOR BENANG PAKAN
TERHADAP KARAKTERISTIK MUTU KEKUATAN SELIP JAHITAN KAIN
DENIM KAPAS 100%**

Valentina Sri Pertiwi Rumiya^{1*}, Adhy Prastyo Eko Putranto², Andrian Wijayono³

Prodi Teknik Pembuatan Kain Tenun, Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk
Tekstil Surakarta^{1,2,3}

e-mail: valentina_spr@yahoo.com¹, adhy-prastyo@kemenperin.go.id²,
andrianw@kemenperin.go.id³

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui jenis nomor benang pakan dan tetal benang pakan yang dapat digunakan untuk membuat kain denim dengan mutu yang memenuhi standar SNI 0560:2008 ditinjau dari sifat kekuatan selip jahitannya. Bahan benang yang digunakan pada penelitian ini yaitu benang Open-end Ne 16 sebagai lusi, serta tiga jenis benang Open-end Ne 9, Open-end Ne 11 dan Open-end Ne 13 sebagai benang pakan. Terdapat tiga variasi tetal benang pakan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu 46 helai per inci, 50 helai per inci dan 54 helai per inci. Pada penelitian ini telah digunakan mesin Rapier Picanol di Workshop Pertenunan AK-Tekstil Solo untuk membuat kain denim dengan anyaman twill 2/1. Sifat kekuatan selip jahitan dari setiap sampel yang dihasilkan pada penelitian ini diuji dengan menggunakan standar SNI 13936-1:2010 (Tekstil – Cara uji ketahanan selip benang pada jahitan kain tenun – Bagian 1: Metoda bukaan jahitan tetap) di Laboratorium Evaluasi Kain AK-Tekstil Solo. Hasil uji kekuatan selip jahitan dari setiap sampel dievaluasi dan dibandingkan dengan syarat mutu kekuatan selip jahitan kain denim sesuai SNI 0560:2008. Pada penelitian ini telah ditemukan bahwa seluruh variasi konstruksi kain denim yang telah dibuat dapat memenuhi syarat mutu kekuatan selip jahitan sesuai dengan SNI 0560:2008. Hasil menunjukkan bahwa semakin besar nomor benang pakan pada sebuah konstruksi kain denim, maka semakin besar kekuatan selip jahitan kain denim tersebut. Pengaruh tetal benang pakan terhadap kekuatan selip jahitan juga telah ditemukan pada penelitian ini. Semakin besar tetal benang pakan pada sebuah konstruksi kain denim, maka semakin besar pula kekuatan selip jahitan yang diperoleh.

Kata Kunci: *Nomor Benang Pakan, Tetal Benang Pakan, Kekuatan Selip Jahitan.*

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the type of weft yarn count and weft yarn density that can be used to make denim fabric with quality that meets SNI 0560:2008 standards in terms of its seam slip strength properties. The yarn materials used in this study were Open-end Ne 16 yarn as the warp and three types of weft yarn: Open-end Ne 9, Open-end Ne 11, and Open-end Ne 13 yarn as the weft yarn. There were three variations of weft yarn density used in this study: 46 ends per inch, 50 ends per inch, and 54 ends per inch. In this study, the Rapier Picanol machine was used at the AK-Tekstil Solo Weaving Workshop to make denim fabric with a 2/1 twill weave construction. The slip strength properties of each sample produced in this study were tested using the SNI 13936-1:2010 standard (Textiles - Test method for slip resistance of yarn in woven fabric seams - Part 1: Fixed seam opening method) at the AK-Textile Solo Fabric Evaluation Laboratory. The results of the slip strength test of each sample were evaluated and compared with the quality requirements for the slip strength of denim fabric according to SNI 0560:2008. In this study, it was found that all variations of denim fabric construction that had been made could meet the quality requirements for the slip strength of seams according to SNI 0560:2008. The results showed that the higher the weft yarn number in a denim fabric

construction, the higher the slip strength of the denim fabric. The effect of weft yarn density on the slip strength of seams was also found in this study. The higher the weft yarn density in a denim fabric construction, the higher the slip strength of the seams obtained.

Keywords: *Weft Yarn Count, Weft Yarn Density, Seam Slip Strength.*

PENDAHULUAN

Denim adalah sebuah jenis kain tekstil yang terbuat dari serat kapas dengan konstruksi tenunan yang dikenal sebagai *twill weave* (tenunan keper) (Rumiyati *et al*, 2024). Dalam tenunan twill ini, benang lusi (*warp*) dianyam melewati dua atau lebih benang pakan (*weft*), menghasilkan pola diagonal yang khas (Khatun *et al*, 2024). Proses pembuatan denim biasanya melibatkan penggunaan benang lusi yang dicelup dengan pewarna indigo, sementara benang pakan tetap berwarna putih atau alami, memberikan denim tampilan biru yang khas (Ishaque *et al*, 2019).

Sifat dari kain denim yang kuat dan tahan lama menjadikannya pilihan utama untuk pakaian kerja dan kasual, terutama celana jeans (Khatun *et al*, 2024). Denim juga digunakan dalam pembuatan tas dan aksesoris seperti tote bags dan ransel (Swetha & Vijayalakshmi, 2022). Durabilitas kain pada produk tersebut juga merupakan parameter yang penting untuk dapat memenuhi kebutuhan fungsionalnya sehari-hari (Inoue & Yamamoto, 2024). Penggunaan denim dalam alas kaki, terutama sepatu kasual seperti sneakers, menunjukkan adaptabilitas bahan ini untuk aplikasi yang membutuhkan kombinasi fleksibilitas dan ketahanan (Swetha & Vijayalakshmi, 2022). Bahkan dalam industri dekorasi rumah, denim juga diaplikasikan pada pelapis furnitur dan bantal (Sumithra, 2024).

Masing-masing produk kain denim memiliki konstruksi kain yang meliputi total benang lusi, total benang pakan, nomor benang lusi, nomor benang pakan, serta ukuran lebar kain (Khushbu & Thakkar, 2015). Konstruksi total benang lusi, total benang pakan, nomor benang lusi, dan nomor benang pakan memiliki pengaruh pada gramasi kain denim (Babaarslan *et al*, 2022). Semakin besar total benang pada sebuah kain tenun, maka akan semakin besar pula gramasi kain tersebut, begitupula sebaliknya (Babaarslan *et al*, 2022). Nomor benang sebagai satuan dari densitas panjang benang juga memiliki pengaruh terhadap gramasi dari kain denim (Babaarslan *et al*, 2022).

Pada kain denim kapas 100%, karakteristik selip jahitan merupakan syarat mutu yang harus dipenuhi dalam SNI 0560:2008. Pada kain denim kapas 100% klasifikasi ringan ($\text{gsm} \leq 271 \text{ g/m}^2$), persyaratan selip jahitan yang harus dipenuhi adalah minimum 111 N. Pada kain denim kapas 100% klasifikasi sedang ($\text{gsm} 272 - 465 \text{ g/m}^2$), persyaratan selip jahitan yang harus dipenuhi adalah minimum 133 Newton. Pada kain denim kapas 100% klasifikasi berat ($\text{gsm} \geq 466 \text{ g/m}^2$), persyaratan selip jahitan yang harus dipenuhi adalah minimum 222 Newton. Standar tersebut sangat jelas menunjukkan bahwa selip jahitan merupakan syarat mutu kain denim kapas 100% yang penting untuk dipenuhi agar dapat dikatakan memenuhi standar nasional Indonesia.

Meskipun telah menjadi syarat mutu dalam SNI, pengamatan mengenai jenis konstruksi kain tenun denim kapas 100% yang paling optimal untuk menghasilkan karakter mutu selip jahitan sesuai standar SNI masih sangat terbatas di Industri tekstil saat ini. Padahal pengamatan tersebut berpotensi memiliki kontribusi dalam menyediakan informasi kepada masyarakat mengenai konstruksi kain tenun denim kapas 100% yang paling optimal untuk menghasilkan karakter mutu selip jahitan sesuai standar SNI 0560:2008. Penelitian ini dilakukan untuk meneliti pengaruh nomor benang pakan dan total benang pakan terhadap kekuatan selip jahitan, serta menentukan konstruksi yang dapat memenuhi standar kualitas selip jahitan sesuai SNI 0560:2008 Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, pada penelitian ini akan dilakukan



METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan untuk penelitian yaitu ada tiga jenis benang pakan, sedangkan untuk lusi hanya menggunakan satu jenis benang lusi. Benang lusi yang digunakan pada penelitian ini yaitu benang lusi OE 16 (16 hanks/lbs), sedangkan untuk benang pakan yang digunakan pada penelitian ini yaitu benang OE 9 (9 hanks/lbs), OE 11 (11 hanks/lbs) dan OE 13 (13 hanks/lbs). OE 16 dipilih sebagai benang lusi karena merupakan benang yang umum digunakan sebagai bahan baku lusi di Industri. Untuk pemilihan benang pakan yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada jenis benang pakan yang umumnya digunakan di Industri. Pembuatan kain denim dilakukan dengan menggunakan mesin tenun Ravier Picanol di Workshop AK-Tekstil Solo. Anyaman yang dipilih pada penelitian ini adalah keper 2/1 (umumnya konstruksi kain denim). Produk kain denim yang dibuat pada penelitian ini adalah sebanyak 27 sampel sesuai dengan Tabel 1. Produk kain denim sebanyak 27 sampel diuji selip jahitannya menggunakan standar pengujian SNI ISO 13936-1:2010. Hasil pengujian selip jahitan produk kain denim selanjutnya akan dibandingkan dengan standar syarat mutu kain denim kapas 100% pada SNI 0560:2008.

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah neraca analitik, penggaris, gunting potong kain, mesin tenun Ravier Picanol, Mesin uji selip benang jahitan, Uji selip benang jahitan dilakukan dengan metode uji SNI 13936-1:2010 (Tekstil – Cara uji ketahanan selip benang pada jahitan kain tenun – Bagian 1: Metoda bukaan jahitan tetap) di Laboratorium Evaluasi Kain AK-Tekstil Solo.

Tabel 1. Produk sampel kain denim yang dibuat pada penelitian ini

Nomor Benang Pakan	Total Benang Pakan			Jumlah
	46 Helai/inci	50 Helai/inci	54 Helai/inci	
OE 9	3 sampel	3 sampel	3 sampel	9 sampel
OE 11	3 sampel	3 sampel	3 sampel	9 sampel
OE 13	3 sampel	3 sampel	3 sampel	9 sampel
Total	9 sampel	9 sampel	9 sampel	27 sampel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian pengaruh variabel nomor benang pakan, total benang pakan terhadap parameter selip jahitan pada kain denim yang dapat memenuhi standar SNI 0560:2008. Terdapat dua faktor jenis variabel yang telah digunakan pada pengamatan di penelitian ini, yaitu nomor benang pakan dan total benang pakan. Terdapat tiga taraf yang dilakukan pada variabel nomor benang pakan, yaitu benang OE 9 (9 hanks/lbs), OE 11 (11 hanks/lbs) dan OE 13 (13 hanks/lbs). Selain itu, terdapat tiga taraf yang dilakukan pada variabel total benang pakan, yaitu total benang 46 helai/inci, 50 helai/inci dan 54 helai/inci. Parameter selip jahitan diamati sebagai respon pada penelitian ini.

Hasil Penelitian

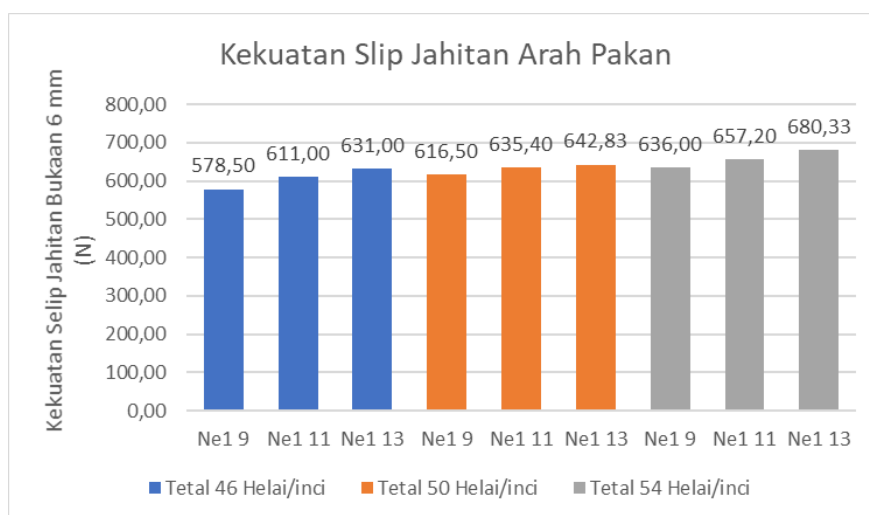
Hasil Uji Kekuatan Selip Jahitan Kain Denim

Produk kain denim sebanyak 27 sampel diuji selip jahitannya menggunakan standar pengujian SNI ISO 13936-1:2010 (Tekstil - Cara uji ketahanan selip benang pada jahitan kain tenun - Bagian 1: Metoda bukaan jahitan tetap). Hasil pengujian selip jahitan produk kain denim selanjutnya akan dibandingkan dengan standar syarat mutu kain denim kapas 100% pada SNI 0560:2008 (Kain kapas denim 100%). Pada penelitian ini telah dilakukan pengamatan hasil uji kekuatan selip jahitan (bukaan 6 mm) pada 27 sampel kain denim yang telah dibuat. Tabel 1

menunjukkan hasil pengujian kekuatan selip jahitan kain denim sesuai dengan sampel yang telah dibuat pada penelitian ini. Gambar 1 menunjukkan grafik perbandingan kekuatan selip jahitan kain denim pada berbagai parameter konstruksi total benang pakan dan nomor benang pakan yang telah diamati.

Tabel 2. Kekuatan Selip Jahitan Bukaan 6 mm

No	Nomor Benang Pakan (Hanks/lbs)	Total Benang Pakan (Helai/inci)	Jumlah Sampel	Klasifikasi Berat Kain Denim (gram/m ²)	Kekuatan Selip Jahitan Bukaan 6 mm (Newton)
1	9	46	3	< 271	578,50 + 53,83
2	11	46	3	271 – 465	611,00 + 30,80
3	13	46	3	271 – 465	631,00 + 60,28
4	9	50	3	271 – 465	616,50 + 62,05
5	11	50	3	271 – 465	635,40 + 28,12
6	13	50	3	271 – 465	642,83 + 63,11
7	9	54	3	271 – 465	636,00 + 23,73
8	11	54	3	271 – 465	657,20 + 38,62
9	13	54	3	271 – 465	680,33 + 46,27



Gambar 1. Kekuatan Selip Jahitan Bukaan 6 mm

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, konstruksi kain denim yang dibuat dengan menggunakan total benang pakan 54 helai per inci dan nomor benang pakan Ne₁ 13 memiliki kekuatan selip jahitan yang relatif lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa konstruksi yang paling optimum untuk menghasilkan kekuatan selip jahitan terbaik pada kain denim adalah menggunakan total benang pakan 54 helai per inci dan nomor benang pakan Ne₁ 13.

Pembahasan

Kesesuaian Mutu Selip Jahitan Kain Denim Sesuai Standar SNI 0560:2008

Syarat mutu selip jahitan kain denim kapas 100% tertera pada Standar Nasional Indonesia 0560:2008, yaitu memiliki nilai minimum sebesar 111 N untuk arah lusi dan pakan (untuk klasifikasi kain denim ringan bergramasi ≤ 271 g/m²), minimum sebesar 133 N untuk arah lusi dan pakan (untuk klasifikasi kain denim sedang bergramasi 272 – 465 g/m²), atau minimum sebesar 222 N untuk arah lusi dan pakan (untuk klasifikasi kain denim berat

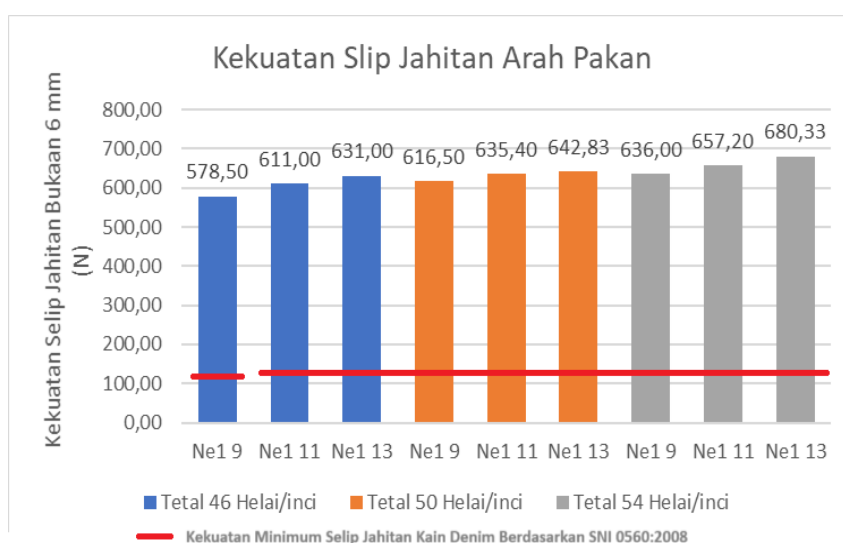
bergramasi ≥ 468 g/m²). Slip jahitan kain denim yang lebih kecil dari standar tersebut menunjukkan bahwa kain tersebut tidak memenuhi syarat mutu SNI.

Pada penelitian ini telah dilakukan tinjauan mengenai kesesuaian mutu kekuatan selip jahitan kain denim terhadap nilai yang disyaratkan pada SNI 0560:2008 (Kain Katun Denim 100%). Hal ini bertujuan untuk melihat variasi konstruksi kain denim yang dapat menghasilkan mutu selip jahitan sesuai dengan yang disyaratkan pada SNI. Tabel 2 menunjukkan perbandingan nilai mutu selip jahitan kain denim terhadap nilai yang disyaratkan pada SNI.

Gambar 2 menunjukkan grafik perbandingan kekuatan minimum selip jahitan terhadap nilai mutu selip jahitan sampel yang diamati pada penelitian ini. Seluruh sampel memiliki mutu yang dapat memenuhi prasyarat SNI 0560:2008 (Kain kapas denim 100%).

Tabel 3. Perbandingan Nilai Mutu Selip Jahitan Kain Denim Terhadap Nilai Prasyarat Pada SNI

No	Nomor Benang Pakan (Hanks/lbs)	Tetal Benang Pakan (Helai/inci)	Kekuatan Selip Jahitan Bukaan 6 mm (Newton)	Kekuatan Selip Jahitan Bukaan 6 mm Minimum Pada SNI	Kesimpulan Mutu Selip Jahitan Sesuai Syarat SNI
Klasifikasi Kain Denim Ringan (bergramasi ≤ 271 g/m²)					
1	9	46	578,50 + 53,83	111	Memenuhi
Klasifikasi Kain Denim Sedang (bergramasi 272 – 465 g/m²)					
2	11	46	611,00 + 30,80	133	Memenuhi
3	13	46	631,00 + 60,28	133	Memenuhi
4	9	50	616,50 + 62,05	133	Memenuhi
5	11	50	635,40 + 28,12	133	Memenuhi
6	13	50	642,83 + 63,11	133	Memenuhi
7	9	54	636,00 + 23,73	133	Memenuhi
8	11	54	657,20 + 38,62	133	Memenuhi
9	13	54	680,33 + 46,27	133	Memenuhi

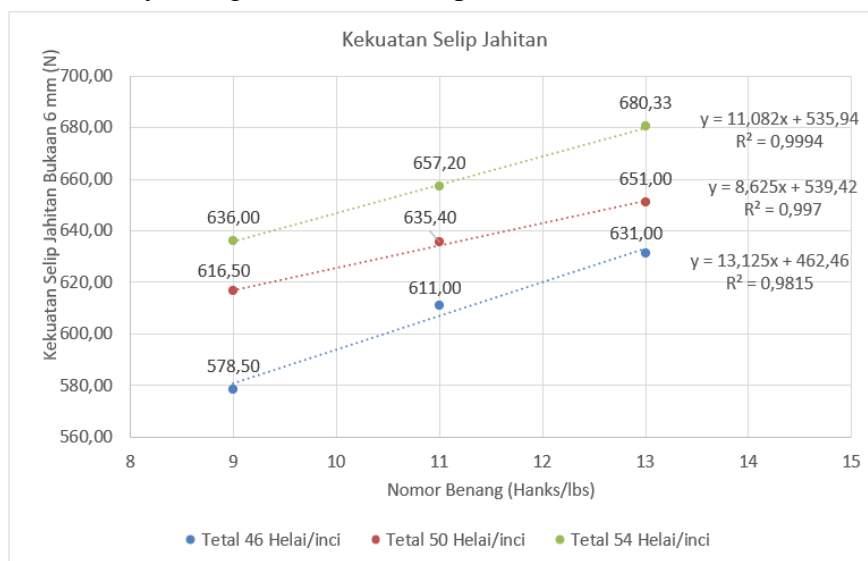


Gambar 2. Mutu selip jahitan sampel kain denim terhadap nilai kekuatan minimum selip jahitan berdasarkan SNI 0560:2008

Analisis Pengaruh Konstruksi Kain Denim Terhadap Mutu Kekuatan Selip Jahitan Kain Denim

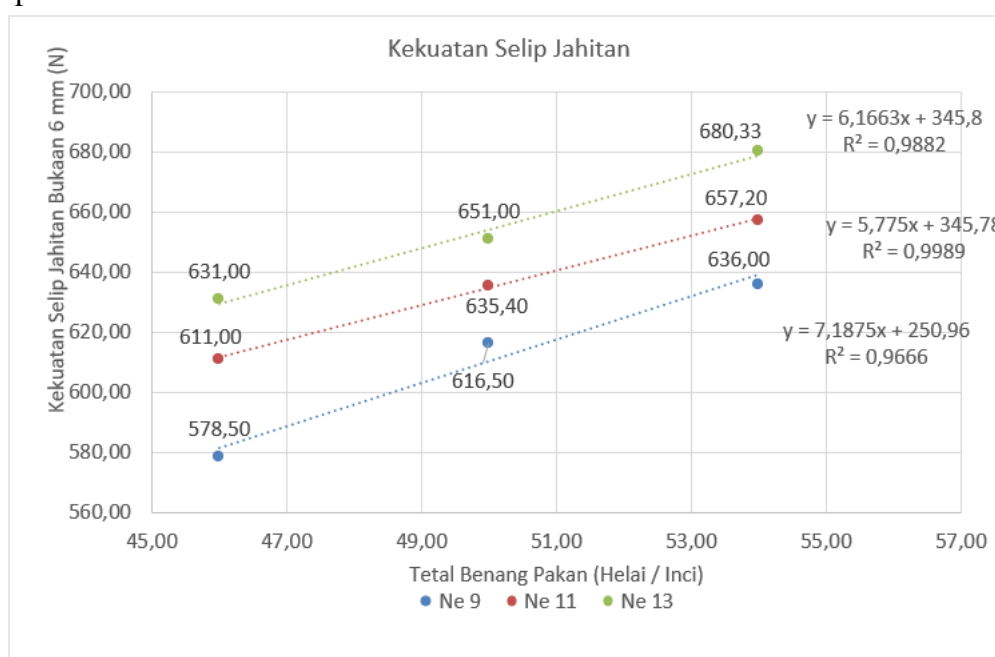
Berbagai penelitian telah menyatakan bahwa terdapat beberapa faktor yang berpengaruh pada sifat selip jahitan pada kain tenun. Slip jahitan dapat diminimalisir dengan menambah jumlah kerapatan jahitan (stitch per inch), karena distribusi beban pada permukaan kain akan jauh lebih merata dan memperkecil kemungkinan benang untuk bergeser (Yildiz & Pamuk, 2021). Beberapa faktor lainnya yang dapat berpengaruh adalah friksi antar benang lusi-pakan pada kain, tetal benang pada kain, cover factor, serta jenis anyaman (Bihola *et al*, 2024; Akram *et al*, 2022; Yildiz & Pamuk, 2021). Sifat friksi benang dapat dipengaruhi oleh antihian benang, nomor benang, jenis serat, dan diameter dari benang pada kain (Walther *et al*, 2023; Vu *et al*, 2024; Wang *et al*, 2024). Putra *et al* (2019) juga telah mengamati bahwa terdapat korelasi antara nomor benang terhadap kekuatan yang diperoleh pada material. Lebar kampuh juga berpengaruh pada sifat slip jahitan, yakni lebar kampuh yang terlalu kecil akan memperbesar kemungkinan terjadinya slip jahitan (Bihola *et al*, 2024; Akram *et al*, 2022; Yildiz & Pamuk, 2021). Kara & Akgün (2023) juga menemukan bahwa jenis penyempurnaan yang dilakukan pada kain akan mempengaruhi interaksi friksi antar benang (yang dapat mempengaruhi sifat selip jahitan). Walther *et al* (2023) juga menemukan bahwa kain yang tersusun dari benang filamen cenderung memiliki interaksi friksi antar benang yang rendah, sehingga meningkatkan kemungkinan terjadinya selip jahitan pada kain tersebut. Wijayono & Putra (2020) juga telah menemukan bahwa kerapatan benang pada konstruksi tenunan dapat mempengaruhi konstanta dielektrik pada sebuah kain. Konstruksi kain tenun juga ditemukan dapat mempengaruhi sifat absorpsi suara ketika dikenakan gelombang akustik (Putra *et al*, 2022).

Berdasarkan hasil analisis regresi pada Gambar 3 telah diperoleh bahwa nilai koefisien regresi pengaruh nomor benang terhadap nilai kekuatan selip jahitan adalah berpengaruh positif. Hal ini dapat dilihat dari kecenderungan kurva regresi yang menunjukkan bahwa semakin besar nomor benang pakan yang digunakan pada kain denim, maka akan semakin besar pula nilai kekuatan selip jahitan yang diperoleh. Hal tersebut sesuai dengan hasil yang diperoleh bahwa kain yang terbuat dari benang pakan dengan Ne₁ 13 memiliki kekuatan selip jahitan paling tinggi dibandingkan dengan kain yang terbuat dari benang pakan Ne₁ 11 dan Ne₁ 9. Hasil analisis regresi linear yang diperoleh pada Gambar 3 juga menunjukkan bahwa model persamaan regresi memiliki nilai $R^2 > 0,9$, yang memiliki makna bahwa model yang diperoleh adalah sangat baik kesesuaiannya dengan data hasil eksperimen.



Gambar 3. Hasil Analisis Regresi Linear

Berdasarkan hasil analisis regresi pada Gambar 4 telah diperoleh bahwa nilai koefisien regresi pengaruh total benang pakan terhadap nilai kekuatan selip jahitan adalah berpengaruh positif. Hal ini dapat dilihat dari kecenderungan kurva regresi yang menunjukkan bahwa semakin besar total benang pakan yang digunakan pada kain denim, maka akan semakin besar pula nilai kekuatan selip jahitan yang diperoleh. Berdasarkan hasil eksperimen diperoleh bahwa kain yang dibuat dengan konstruksi total benang pakan sebesar 54 helai per inci memiliki kekuatan selip jahitan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kain yang terbuat dari konstruksi total pakan 46 helai per inci dan 50 helai per inci. Hasil analisis regresi linear yang diperoleh pada Gambar 3 juga menunjukkan bahwa model persamaan regresi memiliki nilai $R^2 > 0,9$, yang memiliki makna bahwa model yang diperoleh adalah sangat baik kesesuaiannya dengan data hasil eksperimen.



Gambar 4. Hasil Analisis Regresi Linear

Triki dan Dolez (2019) menjelaskan bahwa besarnya gaya yang dibutuhkan untuk membuat sebuah benang selip pada sebuah konstruksi tenunan sangat dipengaruhi oleh nomor benang pakan dan total benang pakan. Semakin besar nomor benang pakan yang digunakan pada sebuah konstruksi tenunan, maka akan semakin besar pula gaya yang diperlukan untuk menghasilkan selip benang pada tenunan tersebut. Hal tersebut dijelaskan karena semakin besar nomor benang pada sebuah konstruksi tenunan akan menghasilkan gaya gesek yang semakin besar. Gaya gesek tersebut dapat secara langsung berkontribusi terhadap keteguhan posisi benang pada sebuah konstruksi kain. Selain nomor benang pakan, telah ditemukan pula bahwa semakin besar total benang pakan yang digunakan pada sebuah konstruksi tenunan, maka akan semakin besar pula gaya yang diperlukan untuk menghasilkan selip benang pada tenunan tersebut. Semakin meningkatnya kekuatan selip akibat meningkatnya total benang pakan juga serupa dengan hasil penelitian Jankoska & Demboski (2017). Hal ini dapat dikaitkan dengan fakta bahwa semakin tinggi total benang pada sebuah kain akan meningkatkan jumlah rapatnya silangan pada permukaan kain, yang pada akhirnya akan menurunkan probabilitas gerakan selip benang pada sebuah konstruksi kain (Triki & Dolez, 2019). Hal ini secara langsung menambah keteguhan benang pada konstruksi kain dan membuat benang tidak mudah mengalami selip.



Fakta tersebut sesuai dengan hasil pengamatan bahwa kain yang terbuat dari konstruksi tetal pakan yang lebih tinggi akan menghasilkan kekuatan selip yang relatif lebih tinggi.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nomor benang pakan memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan selip jahitan kain tenun denim. Semakin besar nomor benang pakan yang digunakan pada sebuah konstruksi, maka semakin tinggi kekuatan selip jahitannya. Selain nomor benang pakan, tetal benang pakan juga memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan selip jahitan kain tenun denim. Semakin besar tetal benang pakan yang digunakan pada sebuah konstruksi kain denim, maka akan semakin besar pula kekuatan selip jahitannya. Produk kain tenun denim yang dibuat dengan menggunakan benang lusi Open-End 16 hanks/lbs dan benang pakan Open-End 9 hanks/lbs, Open-End 11 hanks/lbs, dan Open-End 13 hanks/lbs (dengan kerapatan benang pakan 46 helai/inci, 50 helai/inci, dan 54 helai/inci) dapat memenuhi persyaratan mutu SNI 0560:2018 berdasarkan parameter kekuatan selip jahitan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram, M. W., et al. (2022). Investigating the influence of yarn density and seam construction on the seam performance of woven linen fabric. *Advanced Research in Textile Engineering*, 7(1), 1067.
- Babaarslan, O., et al. (2022). Evaluation of denim fabric performances from sustainable yarn. In *Materials Science Forum* (Vol. 1063, pp. 15–23). Trans Tech Publications Ltd.
- Bihola, D. V., et al. (2024). Analysing the sewing thread count effect on seam strength of protective work-wear fabric. In *Fashion, Product Design and Technology—Challenges and Opportunities* (p. 28).
- Inoue, M., & Yamamoto, S. (2024). Performance and durability of woven fabrics including recycled polyester fibers. *Journal of Textile Engineering*, 50(2), 25–30.
- Ishaque, F., et al. (2019). Indigenous natural indigo dye for denim industry. In *2nd international conference on sustainable development in civil engineering* (pp. 506–510).
- Jankoska, M., & Demboski, G. (2017). The influence of weft density, weft yarn count and finishing on slippage resistance of yarns at seam. *Advanced Technologies*, 6(2), 78–83. <https://doi.org/10.5937/savteh1702078J>
- Kara, G., & Akgün, M. (2023). Investigation of the friction coefficients and surface roughness properties of denim fabrics after abrasion. *Textile and Apparel*, 33(1), 27–36.
- Khatun, S., et al. (2024). Analysis the effect of weave structure, fabric width and fabric weight on skewness and shrinkage of denim fabric. *Journal of Polymer and Textile Engineering*, 5.
- Khushbu, P., & Thakkar, A. (2015). Effect of fabric construction parameters on air permeability and thermal resistance of commercially produced denim fabric. *International Journal for Scientific Research & Development*, 3(3), 767–769.
- Putra, V., et al. (2022). A novel theoretical modeling for predicting the sound absorption of woven fabrics using modification of sound wave equation and genetic algorithm. *Autex Research Journal*, 22(1), 108–122. <https://doi.org/10.2478/aut-2020-0060>
- Putra, V. G. V., et al. (2019a). Modelling of yarn count and speed of delivery roll to yarn strength in spinning machines based on analytical mechanics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1381, 012052. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1381/1/012052>
- Putra, V. G. V., et al. (2019b). Pemodelan pengaruh nomor dan kecepatan pengantar benang terhadap kekuatan benang ring spinning menggunakan mekanika klasik dan regresi multivarian nonlinear. *Jurnal Fisika Flux: ¹ Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA*



- Rumiyati, V. S. P., et al. (2024). Pengaruh nomor benang pakan terhadap kekuatan fisik kain denim. *Cendekia: Jurnal Ilmu Pengetahuan*, 4(2), 66–74. <https://doi.org/10.51878/cendekia.v4i2.2773>
- Sumithra, M. (2024). Application of denim fabrics in fashion accessories and home textiles. *SSRG International Journal of Recent Engineering Science*, 11(2), 26–30. <https://doi.org/10.14445/23497157/IJRES-V11I2P104>
- Swetha Jayalakshmi, J., & Vijayalakshmi, D. (2022). A study on the comparison of fabric properties of recycled and virgin polyester denim. In *Sustainable Approaches in Textiles and Fashion: Circular Economy and Microplastic Pollution* (pp. 61–86). Springer Singapore.
- Triki, E., & Dolez, P. (2019). On the contribution of yarn–yarn slippage to woven fabric failure. *The Journal of the Textile Institute*, 110(11), 1644–1651. <https://doi.org/10.1080/00405000.2019.1611525>
- Vu, A. N., et al. (2024). A mesoscopic model for inter-yarn friction. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 180, 108070.
- Walther, J., et al. (2023). Influence of multifilament yarn twist on yarn-to-yarn friction behaviour: Application to carbon fibre weaving. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 174, 107737.
- Wang, Y., et al. (2024). Towards yarn-to-yarn friction behavior in various architectures during the manufacturing of engineering woven fabrics. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 108363.
- Wijayono, A., & Putra, V. (2020). Pengaruh konstruksi kerapatan benang kain tenun kapas 100% (kain kanvas) terhadap konstanta dielektrik dan profil tegangan pengisian & pengosongan pada perangkat kapasitor plat sejajar. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16(2), 147–158. <https://doi.org/10.36055/tjst.v16i2.8198>
- Yıldız, E. Z., & Pamuk, O. (2021). The parameters affecting seam quality: a comprehensive review. *Research Journal of Textile and Apparel*, 25(4), 309–329.