

Analisis Tingginya *Total Imperfection Index (IPI)* Benang CD41 di Area *Drafting Zone Mesin Ring Spinning*

Hendri Pujianto^{1*}, Bambang Yulianto², Muhammad Anwar Apriyanto³

¹ Program Studi Teknik Pembuatan Kain Tenun, Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk Tekstil Surakarta

^{2,3} Program Studi Teknik Pembuatan Benang, Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk Tekstil Surakarta

hendrip@ak-tekstilsolo.ac.id^{1*}, Bambyul1960@gmail.com², muhammad.anwar2048@gmail.com³

ABSTRAK

Mesin *ring spinning* adalah salah satu mesin dalam industri pemintalan yang banyak dimanfaatkan karena karena berbagai kelebihannya, termasuk kualitas benang, kerataan, sedikit bulu, dan kemudahan penanganan. Namun, area peregangan dalam mesin ini sering mengalami kerusakan komponen mekanis yang berdampak besar untuk kualitas benang pada total indeks ketidaksempurnaan benang. Departemen pemintalan PT Danliris mengalami permasalahan tingginya indeks ketidaksempurnaan benang pada benang *carded* yang diproduksi mesin *ring spinning*, khususnya jenis CD41. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa faktor penyebab besarnya total ketidaksempurnaan benang CD41 (*Carded 41*), dan berfokus pada studi kasus percobaan produksi dengan menggunakan komponen mekanis top apron dan top roll, yang sering ditemukan mengalami kerusakan pada area peregangan di mesin *ring spinning*. Kedua komponen mekanis ini sangat penting bagi peregangan serat pada saat pemintalan. Metode penelitian ini adalah dengan melakukan percobaan produksi benang CD41 dengan kedua komponen tersebut dengan dua macam kualitas komponen yaitu komponen baik dan buruk serta menguji hasil kualitas benang yang dihasilkan. Hasilnya menunjukan bahwa penggunaan apron atas dan rol atas dengan kondisi mekanis yang baik dapat memenuhi parameter kualitas benang CD41 sesuai dengan standar perusahaan pada indeks ketidaksempurnaan benang yaitu tipis; 20-94 (maksimal: 152), tebal; 390-814 (maksimal: 830), serat menonjol; 390-644 (maksimal: 980). Selain itu juga pada ketidakrataan benang (U% maksimal 15,80); 13,15-14,69, dan kekasaran benang (maksimal: 6,40); 5,36-6,02. Sebaliknya komponen yang buruk tidak dapat mencapai kualitas benang sesuai standar dan di atas angka maksimal toleransi. Penelitian ini menggaris bawahi pentingnya penggunaan komponen mekanis yang baik pada area peregangan mesin *ring spinning* terhadap kualitas benang.

Kata Kunci: area peregangan, indeks ketidaksempurnaan, mesin *ring spinning*, apron atas, rol atas

ABSTRACT

A ring spinning machine is one of the machines in the spinning industry that is widely used because of its various advantages, including yarn quality, evenness, little hairiness, and ease of handling. However, the drafting zones in this machine often experience mechanical component damage that significantly impacts yarn quality, especially the total yarn imperfection index. The spinning department of PT Danliris experienced a problem with the high yarn imperfection index in carded yarn produced by ring spinning machines, especially the CD41. The study aims to analyze the factors causing the significant total imperfection of CD41 yarn (Carded 41). It focuses on a case study of production trials using mechanical components of the top apron and top roll, which are often found to experience damage in the drafting zones in ring spinning machines. These two mechanical components are essential for fiber drafting during spinning. The method of this study is to conduct a trial of CD41 yarn production with both components, with two kinds of component qualities, i.e., standard and non-standard components, and test the results of the resulting yarn quality. The results show that the use of top apron and top roll with standards mechanical conditions can meet the quality parameters of CD41 yarn according to company standards on the yarn imperfection index, including Thin; 20-94 (maximum: 152), Thick; 390-814 (maximum: 830), Neps; 390-644 (maximum: 980). In addition, on yarn Unevenness (U% maximum 15.80), 13.15-14.69, and Hairiness (maximum: 6.40), 5.36-6.02. On the other hand, non-standard components cannot achieve yarn quality according to standards and above the maximum tolerance. This study underlines the importance of using standard mechanical components in the drafting zones of the ring spinning machine for yarn quality.

Keywords: drafting zone, imperfection index, ring spinning machine, top apron, top roll

1. Pendahuluan

Industri tekstil dan produk tekstil adalah bisnis untuk pembuatan serat, benang, kain, pakaian dan barang untuk rumah dan/atau dekorasi (Belzagui & Gutiérrez-Bouzán, 2022). Industri ini merupakan bagian penting dari ekonomi dunia, menyediakan lapangan kerja bagi jutaan orang di hampir 200 negara (Singh & Khajuria, 2018) dan merupakan salah satu sektor manufaktur andalan dari lima sektor manufaktur Indonesia (Bintang et al., 2024) yang memberikan dampak signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi melalui kontribusi pada produktivitas nasional serta penyerapan tenaga kerja dan industri tekstil modern di Indonesia telah berusia 100 tahun (Balai Besar Tekstil Kementerian Perindustrian, 2022). Industri pemintalan adalah salah satu industri manufaktur dalam tahap awal produksi tekstil (Raian, Siddiqua, et al., 2023) yang membuat benang dengan memproses serat dan filamen alami atau buatan (Pujianto et al., 2023).

Proses pembuatan serat muncul di hulu pemintalan dalam rantai pasokan tekstil untuk produksi di hilir yaitu penenunan dan perajutan (Camargo et al., 2014). Kualitas benang penting dalam pembuatan kain dan produk tekstil. Pemeriksaan benang memastikan bahwa produk akhir memenuhi standar kualitas yang diinginkan. Lebih jauh lagi, kualitas benang secara langsung memengaruhi karakteristik kain, seperti kekuatan, daya tahan, tekstur, dan tampilan (Pereira et al., 2025). Hal ini menandakan bahwa kualitas benang yang diproduksi secara langsung mempengaruhi kualitas produk akhir dan proses pemintalan memegang peranan penting dalam kualitas produk yang dihasilkan (Dai et al., 2023). Oleh karena itu, upaya peningkatan kualitas di setiap tahapan produksi benang sangatlah penting karena kualitas produk akhir merupakan parameter penting yang ingin dicapai oleh produsen dan selalu dicari oleh konsumen (Abd-Elhamied et al., 2022).

PT Danliris sebagai salah satu pelaku industri pemintalan benang menghadapi tantangan signifikan terkait kualitas benang produksinya. Observasi awal menunjukkan adanya permasalahan tingginya *Total Imperfection Index (IPI)* pada benang *carded* yang diproduksi pada mesin *ring spinning*, khususnya jenis CD41 pada parameter yaitu *Thin places*, *Thick places* dan *Unevenness (U%)* serta *Hairiness*. Kondisi ini dapat menyebabkan PT Danliris mengalami peningkatan tingkat cacat produk, penurunan efisiensi produksi, dan potensi kerugian finansial akibat *reprocessing* atau penolakan produk dari pelanggan. Oleh karena itu, identifikasi penyebab akar masalah dari tingginya IPI ini menjadi sangat mendesak untuk meningkatkan kualitas benang guna mengurangi produk cacat dalam meningkatkan efisiensi produksi (Harianto et al., 2025).

Parameter kualitas benang yang menjadi perhatian konsumen diwakili oleh IPI yang mencakup *Thick*, *Thin places* dan *Neps* (Irfan et al., 2023). Nilai IPI yang rendah dari benang menandakan kualitas benang semakin baik (Wijaya & Sulistyadi, 2020). Selain itu ketidakrataan benang (*Unevenness/U%*) dan kekasaran benang (*Hairiness*), kekasaran juga dianggap sebagai salah satu atribut penting benang *ring spinning*, karena kinerja kain sangat ditentukan olehnya, bergantung pada aplikasinya, sejumlah kekasaran diinginkan untuk mendapatkan sifat estetika kain (Arafat & Uddin, 2022). Bulu yang berlebihan memengaruhi kinerja benang dalam menenun dan merajut, dan variasi bulu dapat menurunkan kualitas produk akhir tertentu seperti tampilan dan rasa kain. Selain itu, variasi bulu merupakan sumber bilah pakan dan garis-garis lungsin pada kain (Thilagavathi & Karthik, 2016). Penampilan benang sangat penting untuk kualitas benang karena dapat memengaruhi kualitas proses produksi kain. Dalam proses perajutan, ketidakrataan benang dalam hal tempat tebal dan tipis dapat memengaruhi kinerja rajutan secara negatif, karena tempat tipis dapat menurunkan kekuatan benang dan mengakibatkan benang putus dalam proses tersebut. Selain itu, benang yang tidak rata dan kusut, yang merupakan gumpalan serat yang kusut, dapat berdampak langsung pada tampilan kain, dan dapat dianggap mengurangi kualitas kain dan nilai estetika (Raiskio et al., 2025). Semua hal ini berujung pada penurunan produktivitas dan peningkatan biaya produksi.

Permasalahan ini menjadi semakin relevan pada produksi benang *carded*, karena benang *carded* lebih berbulu dibandingkan dengan benang *combed* karena tidak ada serat pendek yang dihilangkan dengan menggunakan proses penyisiran untuk proses pembersihan lebih lanjut (Umair et al., 2017). Sifat-sifat ketidakteraturan seperti *thick places*, *thin places* dan *neps* dan jumlah IPI (*Imperfections per Unit Length*) merupakan hal-hal yang paling signifikan pada benang. Tebal dan tipis berarti perbedaan diameter benang yang memengaruhi kekuatan benang. Kusut, yang merusak kekuatan dan tekstur benang, adalah massa serat kusut yang terbentuk oleh serat pendek atau kontaminan. IPI, yang mencakup kusut, perbedaan tebal-tipis, dan cacat lainnya, mengukur total cacat pada panjang benang tertentu. Untuk menghasilkan benang berkualitas tinggi, anomali ini harus dikelola, yang dicapai melalui teknik pengendalian kualitas yang ketat (Islam et al., 2024). Pengendalian kualitas benang menjadi esensial untuk memenuhi standar kualitas pasar dalam pemenuhan kebutuhan pelanggan, meningkatkan efisiensi dan mempertahankan daya saing industri tekstil (Pujianto et al., 2022).

Parameter kualitas pada proses *drafting zone* dalam sistem *ring spinning* sangat mempengaruhi kualitas benang, dan mengoptimalkannya secara efektif mengurangi persentase ketidakrataan dan indeks

ketidaksempurnaan. Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji pengaruh dari parameter *drafting zone* dengan berbagai pendekatan terhadap sifat-sifat benang, namun menyesuaikan parameter ini di *drafting zone* memakan waktu dan mahal dengan menggunakan metode coba-coba (Amiri Savadroodbari et al., 2025). Oleh karena itu, identifikasi akar masalah dari tingginya IPI di tahapan kritis ini sangat penting untuk pengembangan strategi peningkatan kualitas benang yang efektif.

Penelitian ini adalah sebuah studi kasus yang berfokus pada analisis komprehensif penyebab tingginya *Total Imperfection Index* (IPI) pada benang *carded* di area *drafting zone* mesin *ring spinning*. Penelitian ini akan menginvestigasi berbagai faktor yang berpotensi menyebabkan masalah dan berfokus pada kondisi mekanis komponen yang menyusun *drafting zone* serta dampak variasi parameter proses terhadap pembentukan *neps*, *thicks*, dan *thin places*. Tujuan utama dari studi ini adalah untuk menyediakan dasar ilmiah yang kuat bagi identifikasi masalah dan perumusan solusi praktis guna mengurangi IPI, sehingga dapat berkontribusi pada peningkatan kualitas dan efisiensi produksi benang *carded* di industri tekstil.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada divisi *spinning* PT Dan Liris selama 4 bulan yang diawali dengan pengumpulan data dengan cara penggalian informasi lapangan, serta curah pendapat terkait masalah tingginya total IPI. Hasil pengumpulan data kemudian diuraikan dan dianalisis dengan menggunakan diagram tulang ikan untuk mengetahui faktor-faktor dan akar masalah (Pujianto, 2020) yang mempengaruhi tingginya total IPI pada proses produksi CD 41 di mesin *ring spinning*. Setelah diketahui berbagai faktor yang berpotensi menyebabkan masalah, kemudian penelitian berfokus pada kondisi mekanis komponen *drafting zone*. Penelitian ini melakukan percobaan produksi benang CD41 dengan menggunakan parameter kondisi mekanis *Good* dan *Not Good* dari komponen *top roll* dan *top apron*, karena berdasarkan pengumpulan data yang diperoleh dari bagian *maintenance*, kedua komponen ini memiliki frekuensi kerusakan tertinggi selama penelitian. Kualitas benang hasil percobaan produksi kemudian dianalisis dengan menggunakan Uster® Tester 6 (UT 6, Uster Technologies, Swiss) sesuai dengan standar ASTM D1425/1425M-14(2020) dengan kecepatan pengujian 400 m/menit. Pengecekan kualitas meliputi, ketidakrataan benang (U%), Total IPI (*thin places*, *thick places*, *neps*) dan *hairiness* (kekasaran benang/variasi bulu). Ambang batas sensitivitas bagian tebal (+50%), bagian tipis (-50%), dan serat kusut (+200%) per 1000 m benang dipertimbangkan untuk analisis data (Arafat & Uddin, 2022). Tahap terakhir dari penelitian ini adalah dengan membandingkan hasil percobaan produksi dengan standar kualitas CD41 yang diproduksi di unit *spinning* PT Dan Liris yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar kualitas benang *ring spinning* CD 41

| Item uji | Target | Toleransi |
|-----------------------|--------|---------------------------------|
| Ne | 41 | ± 2% |
| U% | 11,90 | Maksimal 15,80 |
| <i>Thin</i> /1000m | 17 | Maksimal 152,0 |
| <i>Thick</i> /1000m | 152 | Maksimal 830,0 |
| <i>Neps</i> /1000m | 364 | Maksimal 980,0 |
| <i>Hairiness</i> | 4,20 | Maksimal 6,400 |
| <i>Elongation</i> | 8,60 | Minimal 7,00 |
| <i>Twist per inch</i> | 28,28 | Maksimal 29,69 Minimal 26,87 |

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Identifikasi Akar Penyebab Masalah

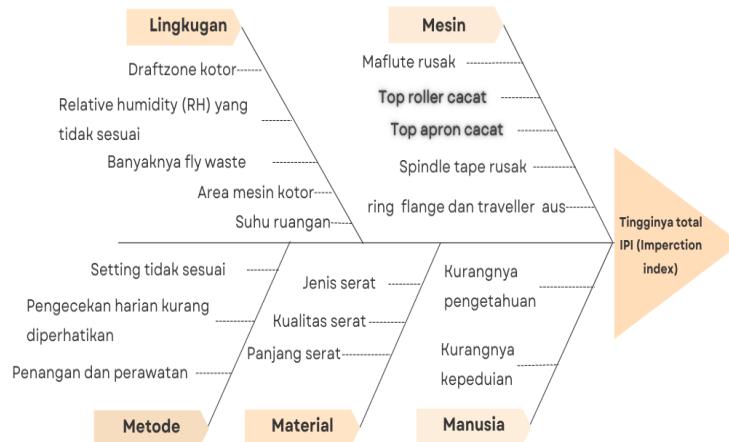
Pada tahap ini, data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan diagram tulang ikan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Diagram tulang ikan digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab yang berpotensi mengakibatkan total IPI yang tinggi. Sehingga dapat lebih sistematis untuk mengambil tindakan yang tepat dan dapat diusulkan.

Gambar 1 menunjukkan terdapat lima penyebab tingginya total IPI (*imperfection index*) dan akar penyebab masalah yang terbagi menjadi faktor manusia, lingkungan, metode, material dan mesin.

a. Manusia

Berdasarkan informasi yang didapat dari *leader* bagian *ring spinning* kurang telitinya saat pengecekan mesin juga salah satu penyebab tingginya total IPI. Selanjutnya, kurang tanggapnya operator saat terjadi *lapping* atau selip ke gerakan mekanis berikutnya. Kesalahan pemeriksaan, dan perbaikan yang minimal dapat memengaruhi kualitas produksi yang tidak sempurna, yang memengaruhi kuantitas produksi (Lin et

al., 2011). Padahal dalam industri tekstil, posisi operator sangat krusial bahkan pada sistem otomatis, karena bersama dengan intervensi operator mampu meningkatkan rata-rata 95% akurasi deteksi kegagalan dicapai dalam produksi (Almeida et al., 2021).



Gambar 1. Diagram tulang ikan akar penyebab masalah total IPI

b. Lingkungan

Kebersihan lingkungan kerja di area mesin *ring spinning* harus dijaga agar benang yang sedang di produksi di mesin *ring spinning* dapat terhindar dari *fly waste*. Serat yang lebih pendek dari limbah proses berkontribusi terhadap insiden ketidaksempurnaan yang lebih besar, yang dapat berdampak buruk pada kualitas benang secara keseluruhan. Selain itu, serat dari limbah proses sering mengalami beberapa tekanan mekanis selama penggunaan awal, yang dapat mengakibatkan peningkatan kerusakan serat dan lebih banyaknya cacat yang tidak diinginkan seperti bagian yang tebal dan tipis (Hamzi et al., 2025). Temperatur area dan kelembaban udara/*Relative Humidity (RH)* juga harus diperhatikan. Kondisi lingkungan dapat meningkatkan kelembaban relatif benang yang dapat mempengaruhi sifat-sifatnya, seperti kekuatan tarik, elastisitas, kekakuan dan lain-lain, karena sangat dipengaruhi oleh kelembaban yang diperoleh (Baluprithviraj et al., 2022) karena karakteristik dan kualitas serat kapas selama proses pemintalan adalah suhu dan perolehan kembali kelembapan. Oleh karen itu, pada saat pemintalan harus memastikan lingkungan pemintalan selama pemrosesan dalam kisaran yang sesuai (Cao et al., 2024). Apabila RH rendah maka akan cenderung membuat serat pada benang menjadi kaku dan rapuh, sehingga menyebabkan serat kapas menjadi lebih mudah kusut dan membentuk *neps* saat proses produksi. Hal ini terjadi karena suhu tinggi berdampak negatif pada kehalusan dan keseragaman serat (Saleem et al., 2023). Sebuah penelitian oleh Cintrón and Ingber (2013) mengungkapkan serat yang putus pada RH tinggi menunjukkan patahan yang lebih berjumbai karena lebih banyak serat yang terurai. Hal ini terjadi karena variasi kerapatan linier serat kapas mencapai maksimum, dan permukaan serat menunjukkan patahan yang nyata, lubang lokal, dan kerusakan terlipat (Cao et al., 2024). Pada kondisi standar patahan serat lebih granular atau patahan bersih, yang mencerminkan pemutusan yang lebih unilateral. Pada RH rendah patahan serat menunjukkan pola granular yang terdistorsi, dengan patahan yang semakin panjang. Sistem pemantauan yang tidak memadai sering kali mengakibatkan penerapan kelembapan yang tidak konsisten, yang menyebabkan kerusakan serat atau pengondisionan yang tidak lengkap, yang selanjutnya mempengaruhi langkah-langkah pemrosesan hilir seperti pemintalan (Ortiqov, 2024).

c. Metode

Metode perawatan mesin *ring spinning* seperti *cleaning*, penilaian umur mekanis komponen (*scoring*), penghalusan *cots roll* (*grinding*) atau pengecekan harian yang tidak dilaksanakan atau terlewat dari jadwal perawatan preventif yang sudah dibuat sebelumnya akan mempengaruhi kualitas benang yang di produksi. Prediksi dan penilaian kualitas unit yang diperbaiki dengan cepat sangat penting untuk meningkatkan kinerja produk dan mengurangi tingkat kegagalan di bidang perbaikan (Apazhev et al., 2021). Penanganan perbaikan atau perawatan yang kurang memadai seperti penyetelan mesin yang tidak sesuai dan pemasangan komponen mesin yang kurang sesuai, akan menimbulkan masalah yang dapat mengganggu

proses dan sangat berpengaruh pada kualitas benang yang sedang di produksi di mesin *ring spinning*. Banyak karakteristik (keuletan, perpanjangan, ketidakrataan, dan lain-lain) benang yang diproduksi di pabrik pemintalan salah satunya ditentukan oleh parameter pengaturan mesin di lini pemintalan (Yeshzhanov et al., 2024).

d. Material

Kualitas bahan kapas merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kualitas benang. Kapas dengan kualitas tinggi memiliki serat yang panjang, kuat dan seragam. Serat kapas berkualitas sangat penting untuk menghasilkan benang berkualitas, memahami karakteristik serat kapas dan hubungannya dengan kualitas benang dan kain sangat penting untuk menghasilkan tekstil berkualitas baik (Siddiqui et al., 2020). Material kapas yang kurang baik memiliki serat yang pendek dan kasar, akan menyebabkan akan membuat benang menjadi banyak gumpalan dan menjadikan kualitas benang menjadi rendah. Hal ini dikarenakan serat yang pendek lebih mudah putus dan kusut dibandingkan serat yang panjang. Kualitas benang katun secara langsung dipengaruhi oleh kandungan serat, kandungan serat pendek yang tinggi berkontribusi terhadap keuletan dan kerataan benang yang buruk, IPI yang lebih tinggi, bulu benang yang lebih banyak, dan efisiensi pemintalan yang lebih rendah (Ibrahim, 2018). Terlebih lagi pada proses CD 41 menggunakan bahan baku kapas yang mana kapas sendiri merupakan serat yang berasal dari alam dan mengandung madu. Semakin tinggi kandungan madu (*Honey Dew*) pada kapas maka akan sangat berpengaruh dalam proses produksi seperti material saling menempel dan dapat menyebabkan banyak *lapping* di mesin *ring spinning*. Kontaminasi embun madu pada kapas dapat menyebabkan terbentuknya serat lengket, sehingga menurunkan kualitas serat dan mengganggu pemrosesan tekstil (Al Ktash et al., 2025).

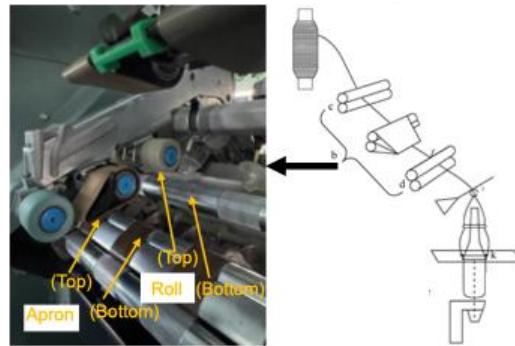
e. Mesin

Salah satu faktor penyebab tingginya total IPI adalah kondisi part mesin yang rusak atau yang sudah melewati masa pakai. Hal ini harus menjadi perhatian karena sebuah mesin *ring spinning* yang mencakup beberapa zona fungsional (Raian, Saha, et al., 2023). Penelitian ini mengumpulkan data untuk mengetahui jumlah komponen mesin yang rusak atau komponen yang perlu diganti. Data dikumpulkan dari monitoring pihak *maintenance*. Data yang diproleh dari pihak *maintenance* kemudian diolah dan menampilkan persentase penyebab tingginya total IPI.

Tabel 2. Data kerusakan komponen mesin *ring spinning* CD 41

| No | Komponen | Jumlah | Kumulatif | Presentase (%) |
|-------|----------------------|--------|-----------|----------------|
| 1 | <i>Top Roll</i> | 47 | 47 | 14% |
| 2 | <i>Top Apron</i> | 162 | 209 | 49% |
| 3 | <i>Bottom Apron</i> | 37 | 246 | 11% |
| 4 | <i>Creadle Crack</i> | 22 | 268 | 7% |
| 5 | <i>Distance Clip</i> | 11 | 279 | 3% |
| 6 | <i>Spindle Tape</i> | 7 | 286 | 2% |
| 7 | <i>Separator</i> | 28 | 314 | 8% |
| 8 | <i>Lappet</i> | 2 | 316 | 1% |
| 9 | <i>Maflute</i> | 6 | 322 | 2% |
| 10 | <i>Pondenstail</i> | 4 | 326 | 1% |
| 11 | <i>Spindle hook</i> | 6 | 332 | 2% |
| Total | | 332 | | 100% |

Tabel 2 di atas menunjukkan data kerusakan komponen mekanis mesin *ring spinning* pada saat penelitian, dimana persentase terbesar adalah kerusakan pada komponen *top apron* sebesar 49% dan *top roller* 14 % yang berada pada area *drafting zone ring spinning*. Oleh karena itu, penelitian akan memfokuskan percobaan pembuatan benang CD41 dengan parameter “*Good*” dan “*Not Good*” komponen *top apron* dan *top roller* pada area *drafting zone*. Area *drafting zone ring spinning* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Area drafting zone pada mesin ring spinning

Kondisi dari *top apron* yang terdapat pada mesin mengalami cacat pada permukaanya seperti cacat pecah dan cacat sobek. Selain itu kondisi *top roll* yang cacat seperti dimensi *cots* yang melapisi pada *top roll* tidak rata. Kedua komponen itu sangat berpengaruh pada proses peregangan serat di mesin *ring spinning*. Serat yang melewati kedua bagian ini menjadi tidak teratur dan kusut karena kedua kondisi komponen ini, sehingga dapat tingginya total IPI pada benang. Cacat pada *top apron* dan *top roll* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Cacat pada top apron dan top roll

Gambar 3 di atas menunjukkan *top apron* dan *top roll* cacat yang dapat menyebabkan terganggunya proses produksi dan kualitas benang yang buruk. Hal ini terjadi karena peregangan serat-serat menjadi tidak sempurna (*undraft*).

3.2. Percobaan Produksi Benang CD41

Penelitian ini melakukan percobaan produksi untuk mendapatkan perbandingan kualitas benang dengan menggunakan *top apron* dan *top roll* dengan parameter “Good” dan “Not Good”. Berikut ini hasil pengujian dan perbandingan kualitas benang *ring spinning* dari percobaan produksi yang dilakukan untuk mengetahui kualitas benang dengan menggunakan Uster® Tester 6.

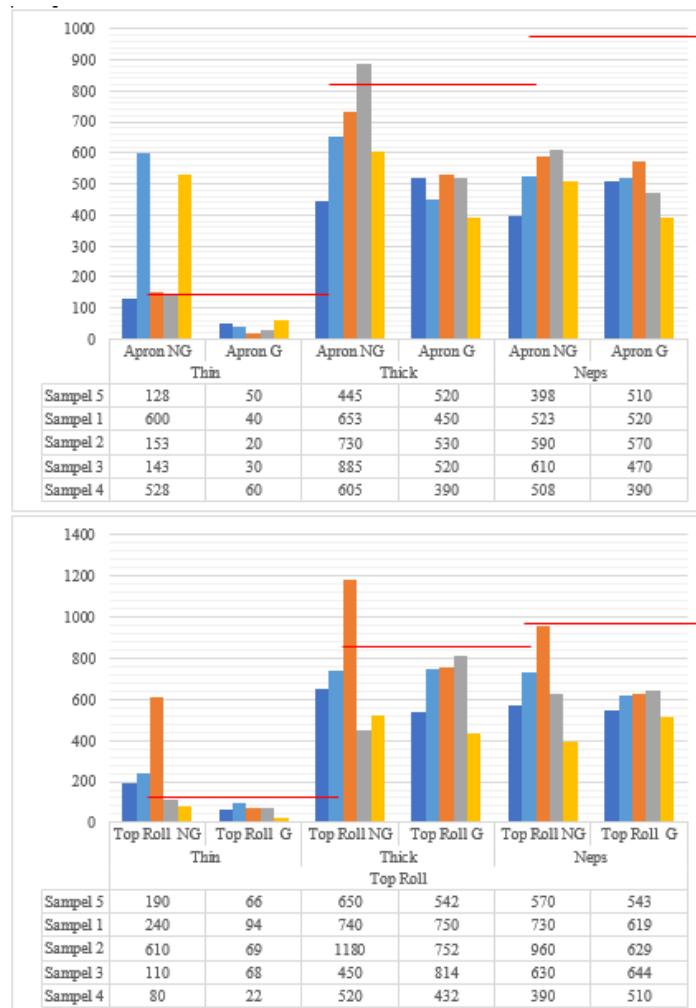
Tabel 3. Hasil pengujian kualitas benang CD41 dengan *top apron* dan *top roll*

| Sampel | Not good top apron | | | | | | | Not good top roll | | | | | | |
|-----------|--------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-----|-------------------|--------|------|-------|------|-------|---|
| | U% | Ne. | Thin | Thick | Neps | H | f | U% | Ne. | Thin | Thick | Neps | H | f |
| 1 | 15,501 | 41,53 | 600* | 653 | 523 | 6,75* | 2 | 14,68 | 41,35 | 240* | 740 | 730 | 5,01 | 1 |
| 2 | 14,37 | 40,75 | 153* | 730 | 590 | 5,65 | 1 | 16,36* | 41,01 | 610* | 1180* | 960 | 5,15 | 3 |
| 3 | 14,82 | 41,40 | 143 | 885* | 610 | 5,16 | 1 | 14,08 | 40,39 | 110 | 450 | 630 | 5,79 | 0 |
| 4 | 14,21 | 41,01 | 528* | 605 | 508 | 6,39 | 1 | 13,43 | 40,72 | 80 | 520 | 390 | 6,19 | 0 |
| 5 | 13,67 | 41,48 | 128 | 445 | 398 | 6,58* | 1 | 14,62 | 40,17 | 190* | 650 | 570 | 5,02 | 1 |
| \bar{x} | 14,5142 | 41,234 | 310,4 | 663,6 | 525,8 | 6,106 | 1,2 | 14,634 | 40,728 | 246 | 708 | 656 | 5,432 | 1 |

| Sampel | Good top apron | | | | | | | Good top roll | | | | | | |
|-----------|----------------|--------|------|-------|------|------|---|---------------|--------|------|-------|------|-------|---|
| | U% | Ne. | Thin | Thick | Neps | H | f | U% | Ne. | Thin | Thick | Neps | H | f |
| 1 | 13,35 | 41,63 | 40 | 450 | 520 | 5,52 | 0 | 14,69 | 41,23 | 94 | 750 | 619 | 6,02 | 0 |
| 2 | 13,56 | 41,11 | 20 | 530 | 570 | 5,76 | 0 | 14,35 | 40,46 | 69 | 752 | 629 | 5,48 | 0 |
| 3 | 14,29 | 40,50 | 30 | 520 | 470 | 5,36 | 0 | 14,69 | 41,09 | 68 | 814 | 644 | 5,47 | 0 |
| 4 | 13,18 | 40,78 | 60 | 390 | 390 | 5,99 | 0 | 13,32 | 41,01 | 22 | 432 | 510 | 5,57 | 0 |
| 5 | 13,15 | 41,22 | 50 | 520 | 510 | 5,47 | 0 | 13,74 | 41,4 | 66 | 542 | 543 | 5,43 | 0 |
| \bar{x} | 13,506 | 41,048 | 40 | 482 | 492 | 5,62 | 0 | 14,158 | 41,038 | 63,8 | 658 | 589 | 5,594 | 0 |

Catatan: *: diluar batas toleransi; H : Hairiness

Tabel 3 di atas menunjukkan hasil perbandingan pengujian kualitas benang CD41 pada percobaan produksi dengan menggunakan parameter “Good” dan “Not Good” pada komponen *top apron* dan *top roll*. Hasilnya terdapat perbaikan nilai Total IPI pada penggunaan komponen mekanis yang baik. Hasil pengujian juga menunjukkan semua parameter kualitas benang yang diuji selain total IPI yaitu ketidakrataan dan kekasaran juga berada dibawah ambang batas kualitas dari standar yang ditentukan. Gambar 4 menunjukkan dengan jelas perbedaan hasil pengujian kualitas dari kedua parameter: *Good* dan *Not Good* dan kedua komponen: *top apron* dan *top roll*.



Gambar 4. Grafik hasil pengujian percobaan produksi benang CD41 dengan *top apron* dan *top roll*

Kerusakan pada *top apron* dan *top roll* akan sangat berpengaruh pada produktivitas proses berikutnya terutama pada mesin *winding*. Efisiensi produksi pada mesin *winding* nantinya akan turun karena banyak pemotongan dan sambungan akibat banyaknya benang yang tebal dan tipis.

3.3. Usulan Perbaikan Proses

a. Lingkungan

Pengaturan kelembapan yang tepat sangat penting untuk mempertahankan karakteristik alami serat dan mengoptimalkan kinerjanya selama pemintalan (Ortiqov, 2024). PT Dan Liris sendiri menggunakan stasiun AC agar pada saat proses CD41 kelembaban udara tetap terjaga pada kurang lebih 45% -50% dan suhu 35 °C - 40 °C.



Gambar 5. Monitor suhu dan *relative humidity*

b. Manusia

Solusi yang dapat diberikan adalah memberi arahan kepada operator mengenai penanganan dan standar operasional kerja seperti cara penyambungan benang yang benar, membersihkan area kerja secara berkala dan segera melaporkan ke pihak maintenance apabila terjadi kejanggalan atau masalah pada mesin. Hal tersebut dimaksudkan untuk meningkatkan rasa tanggung jawab dan pengetahuan operator agar dapat melakukan tindakan pencegahan dan penanggulangan sesuai dengan SOP yang berlaku dengan tugas masing-masing. Dalam pabrik pemintalan, tenaga kerja yang intensif terlibat dalam berbagai proses industri tekstil. Mengembangkan sistem dan mengikutiinya dengan sempurna adalah tugas terbesar. Banyak industri mengikuti sistem tradisional selama bertahun-tahun dan berjuang untuk mempertahankannya. SOP harus diikuti secara teratur sedemikian rupa untuk mempertahankan produktivitas dan membuat proses lebih efisien. Pemantauan rutin terhadap proses saat ini dan membangun sistem baru sesuai dengan persyaratan saat ini sangat penting untuk menutup celah tersebut. Melewati sistem dan aturan menciptakan rintangan dalam mempertahankan standarisasi proses (Kumar, 2020).

c. Metode

Dalam menghasilkan benang yang memiliki karakteristik kualitas yang memuaskan, proses pemintalan perlu dijalankan sambil mengatur berbagai variabel input (parameter kontrol) pada tingkat operasi optimalnya (Diyale & Chakraborty, 2021). Selain itu, pengecekan harian dan perbaikan seperti pengecekan *lifetime* setiap komponen mesin yang harus diganti atau diperbaiki harus selalu dilakukan dengan teliti agar tidak terjadi masalah pada kualitas dan proses produksi yang sedang berlangsung. Karena, pemeliharaan preventif selama proses produksi meningkatkan keandalan mesin dan kualitas produk (Cheng & Li, 2020).

d. Material

Kelengketan kapas merupakan masalah yang sangat serius bagi industri tekstil, yang juga memengaruhi pemintalan, selama proses transformasi kapas lengket dari serat menjadi benang sampai dengan pemintalan, mesin terkontaminasi dan memengaruhi efisiensi pemrosesan serta kualitas produk yang diperoleh (Hequet & Abidi, 2005). Maka dari itu perlu perlakuan khusus dengan menyemprotkan cairan *miracle* (cairan pembersih kotoran pada material besi dan keramik) dan dipanaskan menggunakan lampu *halogen* untuk menurunkan kadar lengket dari madu dalam serat kapas yang dipintal.

e. Mesin

Top apron cacat tidak disarankan untuk digunakan lagi dan harus segera diganti dikarenakan dapat membuat kualitas benang menjadi tidak standar. Karena akan menyebabkan selipnya apron ke apron dan berdampak pada pergerakan serat yang tidak terkendali di zona apron, sehingga menghasilkan kualitas benang yang buruk (Das et al., 2002). Berikut merupakan hal-hal yang harus diperhatikan dalam melakukan perawatan *top apron*:

- 1) Pengecekan harian rutin yang dilakukan pada setiap *shift* dan memastikan kelayakannya.
 - 2) *Top Apron* harus dicuci minimal 2 bulan sekali menggunakan deterjen, karena kebersihannya sangat berpengaruh terhadap ketidakrataan benang.
 - 3) Pengecekan masa pakai dari *top apron* yang digunakan.
 - 4) Pelaksanaan jadwal *scoring* sesuai dengan jadwal *preventive maintenance* yang sudah ditentukan.
 - 5) Pemasangannya harus tepat dan sesuai dengan SOP yang berlaku.
- Cacat *top roll* yang paling banyak ditemukan adalah cacat sayatan yang dikarenakan pisau pengait. Perbaikan dari *top roll* yang cacat ini dapat dilakukan dengan menggrinda ulang *rubber cots*. Apabila cacat pada *top roll* terlalu parah maka *rubber cots* perlu diganti dengan yang baru. Karena eksentrisitas rol atas pada mesin pemintalan cincin meningkatkan ketidakrataan dan ketidaksempurnaan benang (El-Habiby, 2021). Berikut merupakan upaya pencegahan yang dapat dilakukan untuk permasalahan tersebut:
- 1) Pembatasan penggunaan pisau pengait kepada operator yang tidak berkepentingan, memberi sanksi tegas kepada karyawan yang tetap menggunakan pisau pengait saat terjadi *lapping* pada *top roll*.
 - 2) Pengarahan kepada operator untuk menyambung benang dari bawah *top roll*. Agar sisi *top roll* tidak cepat tergerus karena gesekan benang.
 - 3) Kontrol suhu dan kelembaban area kerja agar tidak terjadi banyak putus benang. Saat terjadi putus benang sangat memungkinkan untuk terjadi *lapping*. Apabila dibiarkan terlalu lama dapat mengakibatkan *top roll* panas dan membuat *rubber cots* gosong.
 - 4) Edukasi operator tentang penanganan *lapping*. Apabila tidak segera ditangani, *lapping* akan terus menerus membesar dan semakin kuat melilit *top roll* yang kemudian dapat membuat *rubber cots* pecah.
 - 5) Pelaksanaan *grinding* sesuai dengan jadwal *preventive maintenance* yang sudah dibuat.

4. Kesimpulan

Hasil analisis terhadap besarnya total IPI pada benang CD41 adalah faktor lingkungan, manusia, material, metode dan mesin. Penelitian yang berfokus pada komponen mekanis yang menyusun bagian *drafting zone* menemukan bahwa komponen mekanis yang sering mengalami kerusakan dan mempengaruhi kualitas benang CD41 adalah *top apron* dan *top roll*. Pada percobaan produksi dengan kedua komponen mekanis tersebut, penelitian ini menemukan bahwa penggunaan *top apron* dan *top roll* yang rusak kondisi mekanisnya dapat menurunkan kualitas benang dengan total IPI yang tinggi. Sebaliknya, dengan menggunakan komponen dengan kondisi mekanis yang baik, kualitas benang CD41 dapat memenuhi standar benang CD41 dengan total IPI serta parameter kualitas lainnya masuk aman dalam batas kualitas yang ditentukan perusahaan. Hasil ini menggaris bawahi pentingnya untuk menjaga komponen mekanis yang merangkai bagian *drafting zone* pada proses mesin *ring spinning*, khususnya pada komponen mekanis *top apron* dan *top roll* yang memiliki komposisi karet pada komponen tersebut. Oleh karena ini penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan untuk memodifikasi *apron draft* yang dengan *top roll* berlapis karet yang lebih lembut untuk mengetahui peningkatan kualitas benang katun dan mengurangi tingkat putusnya benang.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada pihak industri yang telah memfasilitasi penelitian ini dan kepada seluruh pihak yang telah membantu pada kegiatan penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

- Abd-Elhamied, M. R., Hashima, W. A., ElKateb, S., Elhawary, I., & El-Geiheini, A. (2022). Prediction of Cotton Yarn's Characteristics by Image Processing and ANN. *Alexandria Engineering Journal*, 61(4), 3335–3340. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.08.057>
- Al Ktash, M., Knoblich, M., Wackenhet, F., & Brecht, M. (2025). UV Hyperspectral Imaging and Chemometrics for Honeydew Detection: Enhancing Cotton Fiber Quality. *Chemosensors*, 13(1), 21. <https://doi.org/10.3390/chemosensors13010021>
- Almeida, T., Moutinho, F., & Matos-Carvalho, J. P. (2021). Fabric Defect Detection With Deep Learning and False Negative Reduction. *IEEE Access*, 9, 81936–81945. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3086028>

- Amiri Savadroodbari, H., Razbin ,Milad, Reza Hasani ,Mohsen, & and Safar Johari, M. (2025). Tuning drafting zone parameters for polyester yarn within a ring spinning system: Modeling and optimization. *The Journal of The Textile Institute*, 116(6), 1147–1160. <https://doi.org/10.1080/00405000.2024.2368287>
- Apazhev, A. K., Shekikhachev, Y. A., Hazhmetov, L. M., & Shekikhacheva, L. Z. (2021). Forecasting and operational assessment of the quality of repaired units. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1155(1), 012023. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1155/1/012023>
- Arafat, Y., & Uddin, A. J. (2022). Recycled fibers from pre- and post-consumer textile waste as blend constituents in manufacturing 100% cotton yarns in ring spinning: A sustainable and eco-friendly approach. *Helijon*, 8(11), e11275. <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2022.e11275>
- Balai Besar Tekstil Kementerian Perindustrian. (2022, July 29). *Kemenperin: 100 Tahun Industri Tekstil, Momentum Tingkatkan Kinerja Industri TPT*. <https://bbt.kemenperin.go.id/blog/konten-26>
- Baluprithviraj, K. N., Monesh, M. S., PraneshRaj, C., & Varuna, S. (2022). Enhancement of Yarn Quality by Controlling the Humidity and Temperature. *2022 International Conference on Automation, Computing and Renewable Systems (ICACRS)*, 1363–1369. <https://doi.org/10.1109/ICACRS55517.2022.10029286>
- Belzagui, F., & Gutiérrez-Bouzán, C. (2022). Review on alternatives for the reduction of textile microfibers emission to water. *Journal of Environmental Management*, 317, 115347. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115347>
- Bintang, H. S., Pujiyanto, H., Darmawi, A., Harianto, D., & Ibriza, A. C. (2024). Perbaikan Kualitas Neps Sliver Rayon pada Proses Carding Dengan Metode Dmaic. *PROSIDING SNAST*, C8-14. <https://doi.org/10.34151/prosidingsnast.v1i1.4991>
- Camargo, V. C. B., Toledo, F. M. B., & Almada-Lobo, B. (2014). HOPS – Hamming-Oriented Partition Search for production planning in the spinning industry. *European Journal of Operational Research*, 234(1), 266–277. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.10.017>
- Cao, J., Liu, X., Mo, R., Liu, H., & Xu, H. (2024). Structure Damage on Cotton Fiber via Coupling Effect of Moisture Regains and Low Temperature. *Journal of Natural Fibers*, 21(1), 2338926. <https://doi.org/10.1080/15440478.2024.2338926>
- Cheng, G., & Li, L. (2020). Joint optimization of production, quality control and maintenance for serial-parallel multistage production systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 204, 107146. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.107146>
- Cintrón, M. S., & Ingber, B. F. (2013). Preliminary examination of the effects of relative humidity on the fracture morphology of cotton flat bundles. *Textile Research Journal*, 83(10), 1044–1054. <https://doi.org/10.1177/0040517512470194>
- Dai, N., Jin, H., Xu, K., Hu, X., Yuan, Y., & Shi, W. (2023). Prediction of Cotton Yarn Quality Based on Attention-GRU. *Applied Sciences*, 13(18), 10003. <https://doi.org/10.3390/app131810003>
- Das, A., Yadav, P., & Ishtiaque, S. (2002). Apron slippage in ring frame: Part I - Establishing the phenomenon and its impact on yarn quality. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 27, 38–43.
- Diyale, S., & Chakraborty, S. (2021). Teaching-learning-based optimization of ring and rotor spinning processes. *Soft Computing*, 25(15), 10287–10307. <https://doi.org/10.1007/s00500-021-05990-0>
- El-Habiby, F. (2021). *Effect of Effect of Front Top Roll Eccentricity in Ring Spinning on Yarn Regularity and Imperfections*. 26(3). <https://doi.org/10.21608/bfemu.2021.145994>
- Hamzi, A., Habib, A., Babaarslan, O., Abushaega, M. M., Masum, M., & Al Mamun, Md. A. (2025). Production of Sustainable Yarn Incorporating Process Waste to Promote Sustainability. *Processes*, 13(3), 764. <https://doi.org/10.3390/pr13030764>
- Harianto, D., Pujiyanto, H., Bintang, H. S., & Alfanti, D. (2025). Analisa Perbaikan Benang Kusut Akibat Ring Touch pada Proses Penggulungan di Mesin Ring Spinning Frame. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 12(1), 67–78. <https://doi.org/10.24853/jisi.12.1.67-78>
- Hequet, E., & Abidi, N. (2005). Effects of the Origin of the Honeydew Contamination on Cotton Spinning Performances. *Textile Research Journal*, 75(10), 699–709. <https://doi.org/10.1177/0040517505053909>
- Ibrahim, I. (2018). Effect of Fiber Length and Short Fiber Percent in Cotton on Fiber and Yarn Quality. *Alexandria Science Exchange Journal*, 39(OCTOBER-DECEMBER), 663–668. <https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2018.20692>
- Irfan, M., Qadir, M. B., Afzal, A., Shaker, K., Salman, S. M., Majeed, N., Indrie, L., & Albu, A. (2023). Investigating the effect of different filaments and yarn structures on mechanical and physical properties of dual-core elastane composite yarns. *Helijon*, 9(9), e20007. <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2023.e20007>

- Islam, Md. R., Karim, F.-E.-, & Khan, A. N. (2024). Statistical analysis of Cotton-Jute blended ratio for producing good quality blended yarn. *Heliyon*, 10(2), e25027. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25027>
- Kumar, J. A. (2020, May 4). *Sustainable production strategies for spinning mills*. <https://www.textiletoday.com.bd/sustainable-production-strategies-spinning-mills>
- Lin, Y.-H., Chen, J.-M., & Chen, Y.-C. (2011). The impact of inspection errors, imperfect maintenance and minimal repairs on an imperfect production system. *Mathematical and Computer Modelling*, 53(9–10), 1680–1691. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.12.040>
- Ortiqov, Z. U. (2024). Problems of the process of moistening raw cotton and cotton fiber. Cotton fiber wetting process problems. *«System Analysis and Applied Information Science»*, 4, 34–40. <https://doi.org/10.21122/2309-4923-2024-4-34-40>
- Pereira, F., Lopes, H., Pinto, L., Soares, F., Vasconcelos, R., Machado, J., & Carvalho, V. (2025). Yarn quality analysis by using computer vision and deep learning techniques. *Textile Research Journal*, 00405175251331205. <https://doi.org/10.1177/00405175251331205>
- Pujianto, H. (2020). *Implementasi Kaizen Dalam Meningkatkan 5s dan Menjaga Kualitas Hasil Praktik Pada Workshop Pertemuan di Ak-Tekstil Solo*. 28(1).
- Pujianto, H., Dharmia, F. P., Afifudin, M., & Hindardi, D. (2022). Implementasi Kaizen dalam Menurunkan Cacat Benang Belang pada PT. XYZ. *Proceeding Mercubuana Confrence on Industrial Engineering 4th MBCIE 2022, 18 Juni 2022: Renewable Energy Toward Sustainability Of Supply Chains In The I4.0 Era*, 4, 124–128. <https://doi.org/10.22441/MBCIE.2022.014>
- Pujianto, H., Yulianto, B., Bintang, H. S., & Pramesti, D. A. (2023). Optimum Splice Thickness Ratio Splicer of a Winding Machine to PE20KT Thread Splicing Quality. *Sainteks: Jurnal Sains dan Teknik*, 5(2), 228–235. <https://doi.org/10.37577/sainteks.v5i2.605>
- Raiyan, S., Saha, S. K., Hossen, J., Baral, L. M., Begum, H. A., Islam, Md. R., & Hossain, M. M. (2023). Assessing the Impact of Spacer Size Variations on the Ring-Spun Yarn Quality Ranking. *Textile & Leather Review*, 6, 559–609. <https://doi.org/10.31881/TLR.2023.102>
- Raiyan, S., Siddiqua, T., Abdul Moktadir, Md., & Rahman, T. (2023). An empirical model for identifying and controlling operational and environmental risks in spinning industry in an emerging economy. *Computers & Industrial Engineering*, 180, 109244. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109244>
- Raiskio, S., Periyasamy, A., Hummel, M., & Heikkilä, P. (2025). Transforming mechanically recycled cotton and linen from post-consumer textiles into quality ring yarns and knitted fabrics. *Waste Management Bulletin*, 3(1), 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.12.006>
- Saleem, M. A., Baig, M. M. A., Ahmad, M. Q., Zia, Z. U., Asif, M., & Nauman, M. (2023). Micro-Climatic effect on Cotton Yield, quality, Bt toxin & GT Gene. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 7(1), 40–52. <https://doi.org/10.29329/ijiar.2023.536.3>
- Siddiqui, M. Q., Wang, H., & Memon, H. (2020). Cotton Fiber Testing. In H. Wang & H. Memon (Eds.), *Cotton Science and Processing Technology: Gene, Ginning, Garment and Green Recycling* (pp. 99–119). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9169-3_6
- Singh, S., & Khajuria, R. (2018). Chapter 11—Penicillium Enzymes for the Textile Industry. In V. K. Gupta & S. Rodriguez-Couto (Eds.), *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering* (pp. 201–215). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63501-3.00011-9>
- Thilagavathi, G., & Karthik, T. (2016). *Process Control and Yarn Quality in Spinning* (1st ed.). WPI Publishing.
- Umair, M., Shaker ,Khbab, Ahmad ,Naseer, Hussain ,Muzzamal, Jabbar ,Madeha, & and Nawab, Y. (2017). Simultaneous Optimization of Woven Fabric Properties Using Principal Component Analysis. *Journal of Natural Fibers*, 14(6), 846–857. <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1279994>
- Wijaya, T. B., & Sulistyadi. (2020). *Peningkatan Kualitas Imperfection Indicator (IPI) Benang P/C Ne1 45 pada Mesin Ring Spinning Toyoda Model Ry dengan Setting Variasi Diameter Ring Flange dan Nomor Traveller*. 6(3), 95–102.
- Yeshzhanov, A., Erdem, R., Murzabayeva, G., Tojimirzaev, S., Batyrkulova, A., Kaldybaev, R., & Zhambylbay, A. (2024). Impact of take-in speed on the characteristics of ring-spun yarn. *Industria Textila*, 75(06), 768–774. <https://doi.org/10.35530/IT.075.06.2023135>

