

Analisis Penyebab Utama Dan Peningkatan Kualitas Yarn Fault Pada Proses Winding Cotton Compact Ne 40 UW: Pendekatan Empiris

Ahmad Darmawi¹, Rendy Stiyaji², Sih Parmawati³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pembuatan Benang, Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk Tekstil Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia

Email: ahmad.darawi@ak-tekstilsolo.ac.id¹, rendistiyaji@gmail.com², sihparmawati@gmail.com³

ABSTRACT

This study aims to identify and analyze the main factors contributing to the high yarn fault rates in the winding process of Cotton Compact Ne 40 UW production at PT Tantra Textile Industry. The methodology employed includes an ex post facto approach, direct observation, and historical data analysis from the Ring Spinning Frame (RSF) and winding machines. The findings reveal that Short Thick and Long Thick faults are the most dominant types, accounting for over 60% of the total detected faults, primarily due to variations in yarn thickness beyond control limits. Additionally, unstable environmental conditions and suboptimal machine cleanliness were found to exacerbate the quality of the yarn. These findings emphasize the need for stricter control over environmental parameters and improved machine maintenance to enhance yarn quality. The practical implications of this research include the implementation of advanced environmental monitoring systems and intensive machine maintenance programs. This study makes a significant contribution to the literature by providing detailed empirical analysis of the factors affecting yarn quality during the winding stage and offering data-driven recommendations for improving textile production quality.

Keywords: cotton compact, quality improvement, winding process, yarn defects.

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor utama yang menyebabkan tingginya tingkat cacat benang (yarn fault) dalam proses winding pada produksi Cotton Compact Ne 40 UW di PT Tantra Textile Industry. Metode yang digunakan mencakup pendekatan ex post facto, observasi langsung, serta analisis data historis dari mesin Ring Spinning Frame (RSF) dan mesin winding. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cacat Short Thick dan Long Thick merupakan jenis cacat yang paling dominan, menyumbang lebih dari 60% dari total cacat yang terdeteksi, yang disebabkan oleh variasi ketebalan benang di luar batas kendali. Selain itu, kondisi lingkungan yang tidak stabil dan kebersihan mesin yang kurang optimal juga ditemukan sebagai faktor yang memperburuk kualitas benang. Temuan ini menegaskan pentingnya pengendalian yang lebih ketat terhadap parameter lingkungan dan pemeliharaan mesin untuk meningkatkan kualitas benang. Implikasi praktis dari penelitian ini mencakup implementasi sistem monitoring lingkungan yang lebih canggih dan program pemeliharaan mesin yang intensif. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam literatur dengan menyediakan analisis empiris yang mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas benang pada tahap winding, serta menawarkan rekomendasi berbasis data untuk peningkatan kualitas produksi tekstil.

Kata kunci: cacat benang, cotton compact, peningkatan kualitas, proses penggulungan.

PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan sektor yang sangat kompetitif, di mana kualitas produk akhir sangat dipengaruhi oleh berbagai tahap dalam proses produksinya. Salah satu produk penting dalam industri ini adalah benang, yang kualitasnya menentukan kualitas tekstil yang dihasilkan (Sari et al., 2020; Indrayani & Triwiswara, 2020). Proses winding merupakan salah satu tahap kritis dalam produksi benang, di mana cacat atau kesalahan pada benang dapat terjadi dan mempengaruhi kualitas produk akhir. Penelitian menunjukkan bahwa cacat benang, seperti Short Thick, Long Thick, Thin Places, dan Neps, dapat menyebabkan penurunan kualitas benang secara signifikan, yang pada gilirannya berdampak pada efisiensi produksi dan kepuasan pelanggan (Ibrahim, 2018; Saha et al., 2020).

Kualitas benang dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk sifat serat yang digunakan, proses pemintalan, serta kontrol kualitas selama proses penggulungan (Adamu et al., 2021). Sebagai contoh, panjang dan pendeknya serat pada kapas dapat mempengaruhi parameter kualitas

seperti kekuatan, keseragaman, dan kehalusan benang (Barbu et al., 2018; Yang & Gordon, 2018). Selain itu, metode pemintalan yang digunakan, seperti compact spinning, juga berperan penting dalam mengurangi ketidaksempurnaan dan meningkatkan kualitas benang (Islam & Uddin, 2022). Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas benang, masih terdapat kesenjangan dalam memahami penyebab utama cacat benang pada tahap penggulungan, khususnya pada produksi Cotton Compact Ne 40 UW.

Masalah utama yang dihadapi dalam penelitian ini adalah tingginya tingkat cacat benang (yarn fault) yang terdeteksi selama proses winding pada produksi Cotton Compact Ne 40 UW. Solusi umum yang diusulkan melibatkan identifikasi faktor-faktor penyebab utama cacat ini dan penerapan strategi perbaikan yang efektif untuk mengurangi tingkat cacat benang tersebut. Penelitian sebelumnya telah mengidentifikasi beberapa solusi potensial untuk mengatasi masalah cacat benang pada proses winding. (Ibrahim, 2018) menunjukkan bahwa variasi dalam panjang serat dan kandungan serat pendek dapat diatasi dengan pemilihan bahan baku yang lebih baik dan pengendalian kualitas yang lebih ketat selama proses pemintalan. Selain itu, penerapan metode compact spinning telah terbukti dapat mengurangi hairiness dan meningkatkan kekuatan benang, meskipun masih ada tantangan dalam mengendalikan ketebalan benang yang tidak merata (Islam et al., 2020). Lebih lanjut, penyesuaian tekanan vakum utama dan tekanan hisap tambahan selama proses pemintalan dapat membantu mengurangi variasi massa dan ketidaksempurnaan benang (Kanon et al., 2023). Penerapan teknologi pemantauan waktu nyata dan sistem kontrol yang lebih canggih juga direkomendasikan untuk mendeteksi dan mengoreksi ketidaksesuaian pada tahap awal produksi, sehingga mengurangi tingkat cacat pada tahap penggulungan (Ali et al., 2021; Mahawan & Luo, 2001; Riyadi et al., 2020). Dalam literatur terkait, berbagai penelitian telah mengeksplorasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas benang, termasuk metode pemintalan, kualitas serat, dan kondisi mesin (Adamu et al., 2021; Islam & Uddin, 2022; Rashid et al., 2021). Sebagai contoh, compact spinning telah dibahas secara luas sebagai metode yang efektif untuk meningkatkan kualitas benang dengan mengurangi ketidaksempurnaan seperti hairiness dan meningkatkan kekuatan tarik benang (Sayed & Abd-Elkawe, 2021; Raian et al., 2023). Namun, sebagian besar penelitian ini berfokus pada tahap pemintalan, sementara hanya sedikit yang mengeksplorasi secara mendalam dampak variasi proses pada tahap penggulungan terhadap kualitas benang.

Selain itu, sebagian besar penelitian lebih berfokus pada parameter proses individual seperti tekanan dan suhu, tetapi kurang memperhatikan interaksi antara faktor-faktor ini dan bagaimana mereka bersama-sama mempengaruhi hasil akhir (Baymuratov et al., 2021; Islam & Uddin, 2022; Khodjiev et al., 2021). Hal ini menciptakan kesenjangan dalam pemahaman kita tentang faktor-faktor spesifik yang berkontribusi paling besar terhadap cacat benang pada tahap penggulungan, terutama dalam konteks produksi Cotton Compact Ne 40 UW, yang menjadi fokus penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor utama yang menyebabkan tingginya tingkat cacat benang dalam proses winding pada produksi Cotton Compact Ne 40 UW. Studi ini berusaha untuk mengisi kesenjangan dalam literatur dengan memberikan analisis empiris yang mendetail tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas benang pada tahap winding. Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan komprehensif yang menggabungkan analisis faktor lingkungan, kondisi mesin, dan parameter proses untuk menghasilkan rekomendasi yang berbasis data guna meningkatkan kualitas benang. Cakupan studi ini mencakup analisis data historis, pengamatan langsung, dan penggunaan metode statistik untuk mengidentifikasi penyebab utama cacat benang dan menyarankan strategi perbaikan yang efektif.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *ex post facto* untuk menganalisis data yang dikumpulkan dari proses winding pada produksi Cotton Compact Ne 40 UW di PT Tantra Textile Industry (Ahmed et al., 2022; Hossain, 2019; Khan et al., 2023). Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk memeriksa data historis dan variabel yang telah terjadi, sehingga dapat mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi pada tingkat kesalahan benang yang tinggi tanpa intervensi langsung dalam proses produksi (Amanuel, 2021; Roy et al., 2022).

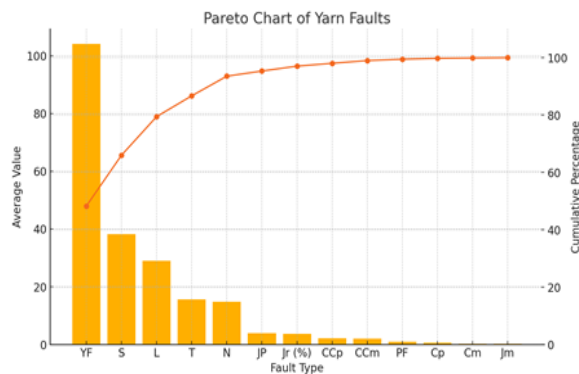
Data dikumpulkan melalui observasi langsung pada mesin winding dan mesin Ring Spinning Frame (RSF) yang digunakan dalam produksi Cotton Compact Ne 40 UW. Pengumpulan data dilakukan selama periode lima hari, di mana setiap cacat benang yang terdeteksi oleh sensor mesin winding dicatat dan diklasifikasikan berdasarkan jenis cacat, seperti Short Thick, Long Thick, Thin Places, dan Neps. Selain itu, parameter lingkungan seperti suhu dan kelembaban relatif di ruangan produksi juga diukur secara berkala menggunakan alat hygrometer dan termometer digital.

Data cacat benang yang dikumpulkan dianalisis menggunakan diagram Pareto untuk mengidentifikasi jenis cacat yang paling dominan. Diagram Pareto ini membantu memvisualisasikan distribusi cacat dan menentukan prioritas dalam pengendalian kualitas (Nurwulan & Veronica, 2020; Pradana et al., 2020). Setiap jenis cacat diberi nilai kumulatif berdasarkan frekuensi terjadinya, dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk grafik untuk memudahkan interpretasi. Penelitian ini juga menggunakan diagram Fishbone (Ishikawa) untuk mengidentifikasi penyebab utama cacat benang. Diagram ini mengkategorikan penyebab potensial cacat ke dalam beberapa faktor, termasuk material, manusia, lingkungan, dan mesin. Setiap kategori dianalisis untuk menentukan faktor-faktor spesifik yang paling berkontribusi terhadap terjadinya yarn fault dalam proses winding. Penggunaan diagram Fishbone (Ishikawa) untuk mengidentifikasi penyebab utama cacat benang, mampu mengkategorikan penyebab potensial cacat ke dalam beberapa faktor, termasuk material, manusia, lingkungan, dan mesin. Setiap kategori dianalisis untuk menentukan faktor-faktor spesifik yang paling berkontribusi terhadap terjadinya yarn fault dalam proses winding.

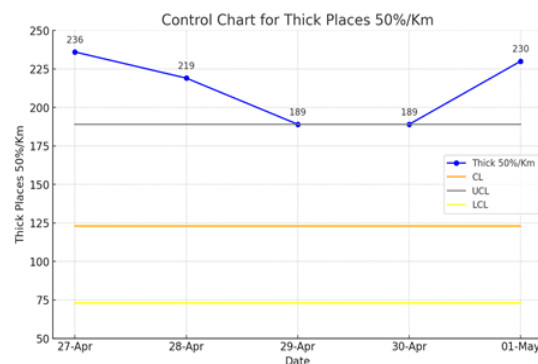
Setelah analisis dilakukan, hasil temuan divalidasi dengan membandingkannya terhadap data historis dan literatur yang ada. Validasi ini dilakukan untuk memastikan bahwa hasil penelitian konsisten dengan penelitian sebelumnya dan dapat diandalkan sebagai dasar untuk perbaikan proses. Proses validasi juga melibatkan diskusi dengan ahli di bidang pemintalan untuk mengkonfirmasi relevansi dan aplikabilitas rekomendasi yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

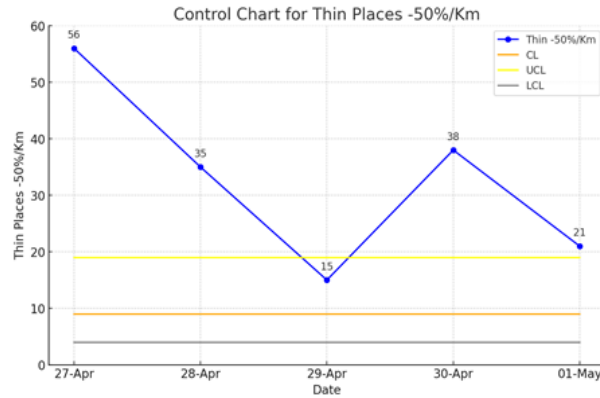
Hasil analisis menunjukkan bahwa cacat benang yang paling dominan dalam proses winding Cotton Compact Ne 40 UW adalah cacat Short Thick dan Long Thick, dengan persentase kumulatif masing-masing sebesar 35,4% dan 26,9%. Terlihat pada **Gambar 1**, Diagram Pareto yang digunakan untuk memvisualisasikan distribusi cacat ini menegaskan bahwa dua jenis cacat tersebut menyumbang lebih dari 60% dari total cacat yang terdeteksi. Selain itu, *Thin Places* dan *Neps* juga teridentifikasi sebagai kontribusi signifikan terhadap nilai yarn fault, meskipun dengan persentase yang lebih rendah. Terlihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**, Analisis diagram kendali pada Ring Spinning Frame (RSF) menunjukkan bahwa variasi ketebalan benang di luar batas kendali merupakan penyebab utama terjadinya cacat Short Thick dan Long Thick.



Gambar 1. Diagram pareto yarn fault

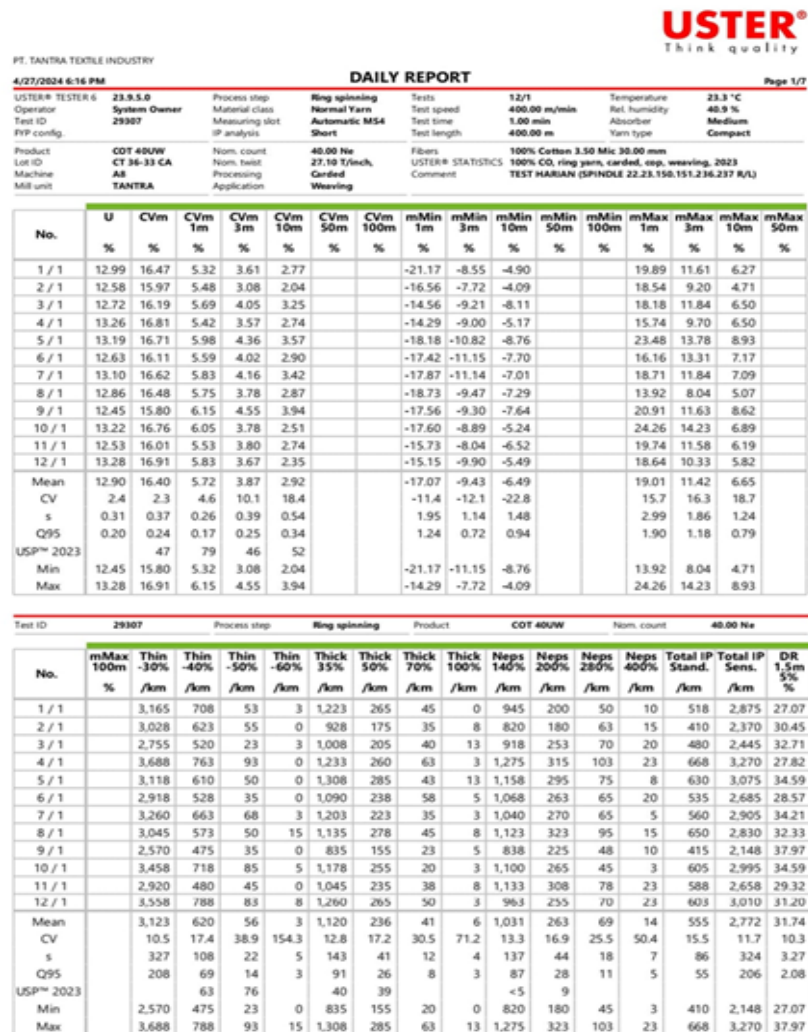


Gambar 2. Diagram kendali thick 50%



Gambar 3. Diagram kendali thin places -50%

Analisis lebih lanjut terhadap data menunjukkan bahwa variasi dalam kualitas benang yang diproduksi oleh mesin Ring Spinning Frame (RSF) merupakan faktor utama yang mempengaruhi tingginya nilai yarn fault pada proses winding. Diagram kendali yang digunakan untuk memantau parameter ketebalan benang menunjukkan bahwa sebagian besar ketidaksesuaian berada di luar batas kendali yang ditetapkan, terutama pada ketebalan Short Thick dan Long Thick. Selain itu, hasil pengujian benang Cotton Compact Ne 40 UW, terlihat pada **Gambar 4**, menunjukkan adanya ketidaksempurnaan yang konsisten, khususnya pada nilai Thin Places dan Neps, yang berkontribusi lebih lanjut terhadap cacat yang terdeteksi oleh sensor pada mesin winding.

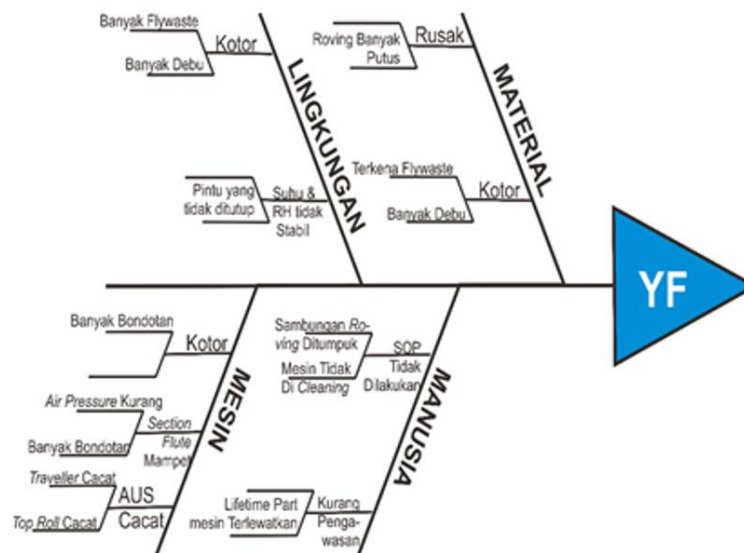


Gambar 4. Hasil tes UT 6

Ketika membandingkan hasil ini dengan penelitian lain, seperti yang dilakukan oleh (Rashid et al., 2021), yang menunjukkan bahwa compact spinning mampu mengurangi cacat seperti hairiness dan meningkatkan kekuatan benang, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun ada peningkatan dalam aspek tersebut, masih ada tantangan signifikan terkait dengan kontrol ketebalan benang. Temuan-temuan tersebut juga mengkonfirmasi hasil dari (Erbil et al., 2022; Liyew, 2022; Roy et al., 2022) yang menekankan pentingnya parameter pemintalan dalam mengurangi ketidakseragaman ketebalan benang. Dalam konteks ini, studi ini menonjol dengan menawarkan analisis empiris terperinci tentang faktor-faktor yang berkontribusi terhadap cacat pada proses penggulungan, khususnya pada produksi Cotton Compact Ne 40 UW, yang belum banyak dibahas dalam literatur sebelumnya.

Signifikansi temuan ini terletak pada kemampuannya untuk memberikan dasar yang kuat bagi pengembangan strategi perbaikan kualitas dalam proses pemintalan. Dengan mengidentifikasi dan memahami sumber utama ketidaksempurnaan benang, produsen dapat menerapkan langkah-langkah yang lebih efektif dalam pengendalian proses untuk meminimalkan cacat. Secara praktis, peningkatan ini dapat menghasilkan benang dengan kualitas yang lebih tinggi, mengurangi frekuensi produk cacat, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Dari perspektif ilmiah, hasil penelitian ini memperkaya literatur dengan memberikan bukti empiris yang mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas benang, serta menggarisbawahi pentingnya kontrol yang ketat pada tahap-tahap kunci dalam proses produksi tekstil.

Hasil pengamatan terlihat pada **Gambar 5**, menunjukkan bahwa variasi dalam parameter lingkungan, seperti suhu dan kelembaban relatif, memiliki dampak signifikan terhadap kualitas benang yang diproduksi. Suhu yang tidak stabil dan kelembaban yang rendah di dalam ruangan produksi berkontribusi pada peningkatan ketidakseragaman ketebalan benang, yang pada akhirnya terdeteksi sebagai cacat pada proses winding. Selain itu, kondisi mesin yang tidak optimal, seperti kebersihan mesin yang kurang terjaga dan kondisi part mesin yang aus, juga ditemukan sebagai faktor yang memperburuk terjadinya yarn fault, terutama jenis Short Thick dan Long Thick.



Gambar 5. Diagram fishbone *yarn fault*

Dibandingkan dengan studi yang dilakukan oleh (Pietrzak, 2024) dan (Devi et al., 2022), yang menekankan pentingnya stabilitas suhu dan kelembaban dalam proses pemintalan untuk menjaga kualitas benang, hasil penelitian ini menekankan bahwa ketidakstabilan parameter lingkungan dapat mempengaruhi kualitas produk akhir secara signifikan. Hal ini juga sejalan dengan temuan dari penelitian lain yang menunjukkan bahwa kebersihan dan perawatan mesin yang buruk dapat menyebabkan peningkatan cacat benang (Afshar et al., 2021). Penelitian ini menambah perspektif baru dengan menunjukkan bahwa bahkan variasi kecil dalam parameter lingkungan dapat memiliki dampak besar pada hasil produksi, khususnya dalam proses winding.

Temuan ini menegaskan pentingnya pengendalian yang lebih ketat terhadap parameter lingkungan dan pemeliharaan mesin di fasilitas produksi tekstil. Implikasi praktis dari penelitian ini mencakup perlunya implementasi sistem monitoring yang lebih canggih untuk memastikan suhu dan

kelembaban tetap dalam batas yang ditentukan sepanjang waktu, serta program pemeliharaan mesin yang lebih intensif untuk memastikan kondisi optimal selama proses produksi. Dari sudut pandang ilmiah, penelitian ini memberikan kontribusi penting dengan mengidentifikasi faktor-faktor spesifik yang dapat diintervensi untuk meningkatkan kualitas benang, menawarkan arah baru bagi penelitian lebih lanjut mengenai optimasi proses produksi tekstil di berbagai kondisi lingkungan.

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor utama yang menyebabkan tingginya nilai yarn fault dalam proses winding pada produksi Cotton Compact Ne 40 UW. Cacat Short Thick dan Long Thick ditemukan sebagai penyebab dominan, berkontribusi lebih dari 60% terhadap total cacat yang terdeteksi, yang sebagian besar disebabkan oleh variasi ketebalan benang yang dihasilkan oleh mesin Ring Spinning Frame (RSF). Selain itu, kondisi lingkungan yang tidak stabil dan kebersihan mesin yang kurang terjaga turut memperburuk kualitas benang yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Dari sudut pandang ilmiah, temuan ini menambah pemahaman mendalam tentang bagaimana variabel proses dan lingkungan mempengaruhi kualitas benang pada tahap winding. Secara praktis, penelitian ini memberikan rekomendasi yang dapat diimplementasikan untuk memperbaiki kualitas produksi, seperti pengendalian ketat terhadap suhu dan kelembaban, serta pemeliharaan mesin yang lebih intensif. Hasil ini tidak hanya berpotensi meningkatkan kualitas produk akhir, tetapi juga efisiensi produksi secara keseluruhan. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi lebih lanjut dampak dari interaksi antara parameter lingkungan dan variabel proses lainnya, serta mengembangkan teknologi monitoring yang lebih canggih untuk mendeteksi dan mengoreksi cacat pada tahap-tahap awal proses produksi. Penelitian ini berkontribusi signifikan terhadap literatur dengan menyediakan analisis empiris yang dapat dijadikan acuan dalam optimasi proses produksi tekstil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusinya dalam penyelesaian penelitian ini. Terima kasih kepada AK-Tekstil Solo dan PT. XYZ, khususnya bagian spinning, yang telah memberikan akses fasilitas dan data yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamu, B. F., Atalie, D., & Liyew, E. Z. (2021). Quality Evaluation of Ethiopian 100% Cotton Carded Ring Spun Yarn with Respect to USTER Standards. *Journal of Engineering*, 2021, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2021/4286957>
- Afshar, M., Abdi, S., Oraee, A., Ebrahimi, M., & McMahon, R. (2021). Eccentricity fault detection in brushless doubly fed induction machines. *IET Electric Power Applications*, 15(7), 916–930. <https://doi.org/10.1049/elp2.12060>
- Ahmed, T., Toki, G. F. I., Mia, R., Li, J., Islam, S. R., & Rishad, M. M. A. (2022). Implementation of the Six Sigma Methodology for Reducing Fabric Defects on the Knitting Production Floor: A Sustainable Approach for Knitting Industry. *Textile & Leather Review*, 5, 223–239. <https://doi.org/10.31881/TLR.2022.29>
- Ali, M. H., Ahmed, R., & Amer, M. (2021). Yarn Tension Control Technique for Improving Polyester Soft Winding Process. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79928-1>
- Amanuel, L. (2021). Woven fabric defect control methods in shuttle loom. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 16, 15589250211014181. <https://doi.org/10.1177/15589250211014181>
- Barbu, I., Szabo, M., & Fogorasi, M. S. (2018). The high quality yarns – the first condition for quality textiles. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 400, 062004. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/400/6/062004>
- Baymuratov, B., Tulanov, S., Sultanov, K., & Ismailova, S. (2021). Strain characteristics of cotton yarns depending on the strain rate and methods of their manufacture. *E3S Web of Conferences*, 304, 03027. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130403027>

- Devi, T. K., Mohan, M., Baluprithviraj, K. N., Poojashri, V., Swetha, A., & Vasuki, P. (2022). IOT Based Moisture Measurement and Conveyor Belt Monitoring in Yarn Mill. *Journal of Physics Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2325/1/012009>
- Sayed, E. R., & Abd-Elkawe, E. Y. (2021). Production of Fine Count Yarns from Some Extra-long Egyptian Cottons on Different Spinning Systems. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(5), 90–96. <https://doi.org/10.24018/ejfood.2021.3.5.374>
- Erbil, Y., Islam, R., Babaarslan, O., & Sırlıbaş, S. (2022). Effect of Structural Changes on the Cotton Composite Yarn Properties. *Journal of Natural Fibers*, 19(5), 1899–1907. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1788687>
- Hossain, A. (2019). *Uster Imperfections of 35% Cotton and 65% Polyester Blended Yarn for 40Ne, 50Ne and 60Ne Ring Spun Yarn*. 1.
- 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/asejaigjsae.2018.20692>
- Islam, M. I & Uddin, A. J. (2022). Enhancing the quality of elastane-cotton core yarn by compact spinning. *Heliyon*, 8(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09562>
- Islam, S., Parvin, F., Urmay, Z., Ahmed, S., Arifuzzaman, M., Yasmin, J., & Islam, F. (2020). A Study On The Human Health Benefits, Human Comfort Properties And Ecological Influences Of Natural Sustainable Textile Fibers. *European Journal of Physiotherapy and Rehabilitation Studies*, 1(1). Retrieved from <https://oapub.org/hlt/index.php/EJPRS/article/view/47>
- Kanon, T. A., Rashid, M. E., Haque, R. U., Islam, M. A., & Khan, M. R. (2023). Double air suctioned carding process: A method for achieving improved quality ring-spun carded yarn. *Heliyon*, 9(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13096>
- Khan, Md. R., Dip, T. M., Rashid, Md. E., Haque, R. U., Nelay, F. K., Salehin, S. M. M., Sayem, A. S. M. (2023). Comparative Analysis of Production Processes and Quality Parameters of Two Different Semi-Combed Yarns. *Journal of Natural Fibers*, 20(1), 2163333. <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2163333>
- Khodjiev, M., Abbasov, I., & Karimov, J. (2021). Influence of Local Resistance on Pressure and Speed Changes in Expanded Pneumatic Conveying. *E3S Web of Conferences*, 304, 03016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130403016>
- Liyew, E. Z. (2022). Effect of the Imperfection of Open-End Yarn (Thin, Thick, and Nep Place) on Air Permeability of Plain Woven Fabric. *Journal of Engineering*, 2022(1), 8710495. <https://doi.org/10.1155/2022/8710495>
- Mahawan, B & Luo, Z.-H. (2001). High-speed high-precision tracking control for electronically controlled winding machines. *Control Engineering Practice*, 9(5), 563–571. [https://doi.org/10.1016/S0967-0661\(01\)00011-9](https://doi.org/10.1016/S0967-0661(01)00011-9)
- Nurwulan, N. R & Veronica, W. A. (2020). Implementation of Failure Mode and Effect Analysis and Fault Tree Analysis in Paper Mill: A Case Study. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 9(3), 171–176. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v9i3.4059.171-176>
- Pietrzak, P. (2024). Condition Monitoring and Fault Diagnosis of Permanent Magnet Synchronous Motor Stator Winding Using the Continuous Wavelet Transform and Machine Learning. *Power Electronics and Drives*. <https://doi.org/10.2478/pead-2024-0007>
- Pradana, D. P., Rahayuningsih, S., & Santoso, H. B. (2020). Analisis Rejected Produk Dalam Proses Return Di PT. Gunawan Fajar Menggunakan Metode FMEA. *JURMATIS (Jurnal Manajemen Teknologi Dan Teknik Industri)*, 2(1), 44–53.
- Raian, S., Akter, S., & Baral, L. M. (2023). Prioritizing the quality parameters of cotton carded knit yarn by varying tensions of the bottom aprons of the ring frame. *Textile & Leather Review*, 6, 284–305. <https://doi.org/10.31881/TLR.2023.046>
- Rashid, E., Haque, R. U., & Khan, R. (2021). Compact Spinning in Cotton-based Core-spun Yarn: A Review. *European Scientific Journal*, ESJ, 17(37), 287–287. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n37p287>
- Riyadi, S., Haryadi, G. D., Suprihanto, A., Widodo, A., Ananto, G. P., & Kim, S. J. (2020). Failure consequences and risk based framework for reliability acceptance of the yarn winding machine. 060002. Jakarta, Indonesia. <https://doi.org/10.1063/5.0015859>
- Roy, M. D., Ghosh, S., & Sivasamy, S. (2022). Study on the Frictional Behavior of Cotton Spun Yarn (Unraveled from Fabrics) after Different Wet Processing Stages. *Journal of Natural Fibers*, 19(13), 5008–5018. <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1875349>

- Saha, S., Hossen, J., & Anm, M. R. (2020). Effect of Blend Ratio on Cotton-Modal Fibre Blended Ring- Spun Yarn Quality With Varying Modal Fibre Percentage. *J Textile Sci Eng.* <https://doi.org/10.37421/jtese.2020.10.406>
- Yang, S & Gordon, S. (2018). 4—Fiber-to-yarn predictions. In M. Miao & J. H. Xin (Eds.), *Engineering of High-Performance Textiles* (pp. 81–106). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101273-4.00005-6>