

## PERBAIKAN KUALITAS NEPS SLIVER RAYON PADA PROSES CARDING DENGAN METODE DMAIC

Hamdan S. Bintang<sup>1</sup>, Hendri Pujiyanto<sup>2\*</sup>, Ahmad Darmawi<sup>3</sup>, Dedy Harianto<sup>4</sup> Angghita Charina Ibriza<sup>5</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup> Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk Tekstil Surakarta, <sup>2</sup>[hendrip@ak-tekstilsolo.ac.id](mailto:hendrip@ak-tekstilsolo.ac.id)  
e-mail: <sup>1</sup> [hamdanintang1965@gmail.com](mailto:hamdanintang1965@gmail.com), <sup>3</sup> [ahmad.darmawi@ak-tekstilsolo.ac.id](mailto:ahmad.darmawi@ak-tekstilsolo.ac.id), <sup>4</sup> [dedy\\_mits@yahoo.com](mailto:dedy_mits@yahoo.com)  
<sup>5</sup> [angghitacharina@gmail.com](mailto:angghitacharina@gmail.com)

### ABSTRACT

High levels of neps are a critical problem in the carding process in the spinning industry because they will affect the quality of the sliver. The purpose of writing this paper is to reduce the level of neps from 6 neps/gram to 4 neps/gram according to company standards with the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) method. The implementation of the DMAIC method in the textile and clothing industry is a successful strategy to reduce defects generated along the production line. At the defined stage using the Pareto diagram found the highest type of neps defect in the daily quality check of sliver carding. Cause and effect analysis with a fishbone diagram illustrates that the critical cause is the neglect of machine cleanliness according to the applicable Standard Operational Procedures. After making improvements with the DMAIC method, the neps level decreased from 6 neps/gram to 3 neps/gram, exceeding the standards set by the company. Although the results show a significant decrease in the number of neps, there is a small variation in weekly results that may be caused by environmental factors or variations in the production process that are not fully controlled. Further research is needed to understand these factors and control them more effectively. The results of this study indicate that the DMAIC method not only helps in identifying problems but also in implementing effective solutions. This study contributes to the theoretical benefits of DMAIC in process improvement and practically in the textile industry.

**Keywords:** Carding Machine, DMAIC, Neps, Spinning Industry

### INTISARI

Tingginya kekusutan merupakan masalah kritis pada proses carding di industri pemintalan karena akan mempengaruhi kualitas *sliver*. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengurangi level *neps* dari 6 neps/gram menjadi 4 neps/gram sesuai dengan standar perusahaan dengan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*). Implementasi metode DMAIC dalam industri tekstil dan pakaian merupakan strategi yang berhasil untuk mengurangi cacat yang dihasilkan sepanjang jalur produksi. Pada tahap *define* menggunakan diagram pareto menemukan jenis cacat *neps* paling tinggi pada pemeriksaan kualitas harian *sliver* carding. Analisis penyebab dan akibat dengan diagram tulang ikan menggambarkan bahwa penyebab kritis terdapat pada pengabaian kebersihan mesin sesuai dengan SOP yang berlaku. Setelah melakukan perbaikan dengan metode DMAIC, level *neps* menurun dari 6 neps/gram menjadi 3 neps/gram, melampaui standar yang ditetapkan oleh perusahaan. Meskipun hasil menunjukkan penurunan yang signifikan dalam jumlah *neps*, terdapat variasi kecil dalam hasil mingguan yang mungkin disebabkan oleh faktor lingkungan atau variasi dalam proses produksi yang tidak terkontrol sepenuhnya. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami faktor-faktor ini dan mengontrolnya secara lebih efektif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode DMAIC tidak hanya membantu dalam mengidentifikasi masalah tetapi juga dalam implementasi solusi yang efektif. Penelitian ini berkontribusi pada teoritis tentang manfaat DMAIC pada perbaikan proses dan secara praktis pada industri tekstil.

**Kata kunci:** DMAIC, Industri Pemintalaan, Kekusutan, Mesin Carding

### 1. PENDAHULUAN

Industri tekstil dan Produk Tekstil adalah salah satu dari lima sektor manufaktur utama yang memiliki peran penting dalam perekonomian nasional (Industrial human resources development agency, 2021). Salah satu industri ini adalah industri pemintalan yang memproses serat dan filamen alami atau buatan menjadi benang (Pujiyanto et al., 2021). Departemen *carding* di industri pemintalan terkadang disebut sebagai jantung pabrik pemintalan (Motin et al., 2023). Mesin *carding* adalah mesin yang mencampur, menyatukan, dan meregangkan bahan baku (Niedziela et al., 2021), menghilangkan kotoran dan serat pendek (Kanon et al., 2023) yang mempengaruhi kualitas *sliver* dan benang karena meningkatkan penyelarasan serat dan mengurangi kerusakan serat (Motin et al., 2023). Mesin *carding* adalah mesin yang meningkatkan produktivitas dengan meningkatkan kualitas permukaan *carding* dan menambah area *carding* (Aripova et al., 2023). Siklus *carding* mempengaruhi kualitas *sliver* dan atribut benang selanjutnya karena merupakan langkah utama pembentukan *sliver* (Sayed et al., 2021). Oleh karena itu, penting untuk menjaga kualitas *sliver* yang dihasilkan oleh mesin *carding* dan harus

memenuhi standar yang telah ditetapkan.

PT Sri Rejeki Isman Tbk. adalah industri tekstil dan produk tekstil yang memiliki industri pemintalan, dimana salah satu proses yang dilalui adalah proses menggunakan mesin *carding*. Salah satu masalah yang terjadi pada departemen *Spinning X* adalah proses *carding* yaitu penyimpangan pada hasil produksi mesin *carding*, salah satunya adalah tingginya jumlah *neps* pada *sliver*. *Neps* selalu menjadi tantangan bagi pabrik dan produsen, dimana merupakan serat yang terjerat dan terikat yang terbentuk selama dalam proses *ginning* (Elmogahzy, 2024). *neps* adalah jalinan kecil serat tekstil dalam bentuk bola kecil (Lal Regar et al., 2023) yang saling melilit untuk membentuk efek tidak teratur (Aker & Helali, 2021). Hal ini harus menjadi perhatian karena kualitas benang terutama ditentukan oleh kualitas *sliver* (Kanon et al., 2023). Benang menunjukkan ketidaksempurnaan sebagai akibat dari *sliver* yang tidak rata (Rashid et al., 2024). Penting untuk mengukur *neps* secara berkala dalam proses dan dalam *sliver carding* untuk menentukan efisiensi penghilangan *neps* (Elmogahzy, 2024).

Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan adalah dengan Implementasi *Lean Six Sigma*. Implementasinya dalam industri tekstil dan pakaian merupakan strategi yang berhasil untuk mengurangi cacat yang dihasilkan sepanjang jalur produksi, salah satunya meningkatkan kualitas benang di industri tekstil, pemintalan dan pertununan (Abbes et al., 2022). Integrasi kerangka kerja DMAIC (*Define, Measure, Analysis, Improve, Control*) diimplementasikan untuk mencapai hal ini (Wang et al., 2024). DMAIC biasa digunakan untuk perbaikan proses yang ada (Daniyan et al., 2022). DMAIC telah terbukti berhasil diterapkan pada industri pemintalan seperti menghilangkan cacat pada *cones* yang diproduksi dengan mengurangi benang limbah (Ibrahim, 2019), mengurangi konsumsi energi pada industri pemintalan (Sakti et al., 2021) dan pada departemen *winding* untuk mengurangi tingkat cacat sebelum produk jadi sampai ke pelanggan (Kumar et al., 2021). Penelitian ini merupakan studi kasus untuk mengusulkan perbaikan proses di departemen *carding* pada *neps sliver* dengan metode DMAIC. Tujuannya adalah untuk mengurangi parameter *neps* dari 6 *neps/gram* menguranginya hingga sesuai standarnya yaitu 4 *neps/gram*.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2024 di departemen *Spinning X* PT Sri Rejeki Isman Tbk. Fokus objek penelitian pada mesin *carding* nomor 20 yang telah teridentifikasi menghasilkan *neps* yang tinggi. Sumber data dan pengumpulan data diperoleh dari pengamatan langsung dan pengujian di lapangan. Penelitian ini menggunakan alat *Lean Six Sigma* dengan metode DMAIC, Langkah-langkahnya sebagai berikut (Mittal et al., 2023):

*Define*: Menetapkan masalah dan tujuan perbaikan.

*Measure*: Mengkaji status masalah saat ini.

*Analyze*: Menganalisis situasi saat ini dan mencari solusi untuk mencapai tujuan. Pada tahap ini menggunakan alat diagram pareto (Nowotarski et al., 2019) dengan prinsip 80% masalah disebabkan oleh 20% penyebab (Salah et al., 2023) dan diagram tulang ikan untuk menemukan akar penyebab masalah (Pujiyanto, 2020).

*Improve*: Menerapkan solusi untuk mencapai tujuan.

*Control*: Memastikan bahwa perbaikan permanen dilakukan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Level *neps* pada *sliver* yang dihasilkan pada proses *carding* cukup tinggi, diatas standar perusahaan yaitu 6 *neps/gram*. Hal ini akan berpengaruh pada hasil akhir benang yang dihasilkan. Oleh karena itu, digunakan menggunakan DMAIC guna mengurangi level *neps* pada *sliver* hasil proses *carding*. DMAIC yang digunakan dalam studi kasus ini dibagi menjadi lima fase mendasar

### 3.1. Define

Kasus pada bagian *carding*: Level *neps* yang tinggi akan berdampak pada hasil akhir benang yang diproduksi.

Pernyataan Masalah: Level *neps* adalah 6 *neps/gram*

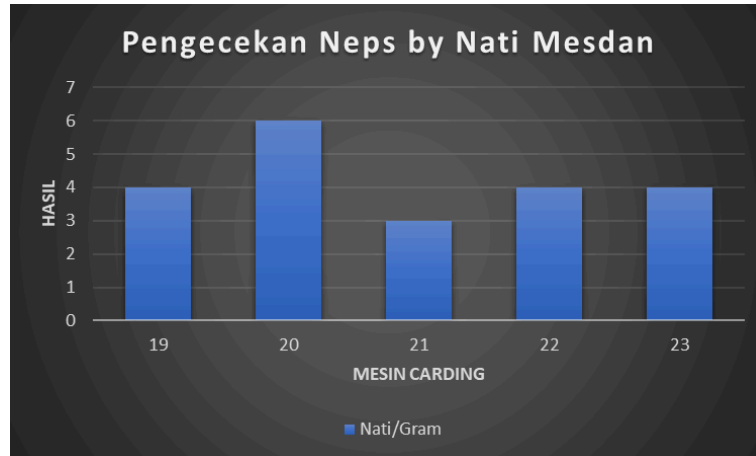
Tujuan proyek: mengurangi level *neps* menjadi 4 *neps/gram*

Identifikasi Pernyataan Kebutuhan Pelanggan: Mencapai *neps* sesuai standar karena *neps* berukuran besar di dalam benang dapat mengakibatkan tampilan benang yang buruk dan dapat muncul pada kain yang sudah jadi dalam bentuk titik-titik gelap (Elmogahzy, 2024).

Manfaat Finansial yang Diharapkan: Penghematan biaya yang signifikan karena pengurangan cacat

Manfaat yang Diharapkan Pelanggan: Meningkatkan kepuasan konsumen secara keseluruhan

Gambar 1 menunjukkan masalah tingginya *neps* pada *sliver carding* mesin nomor 20 yang mencapai 6 *neps/gram*. Hasil pengujian *neps* by NATI Mesdan dari *sliver carding* yang diambil langsung pada mesin *carding* departemen *spinning X* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Hasil Pengujian *Neps* pada Mesin *Carding* Departemen *Spinning X*

### 3.2. Measure

Pengumpulan data dari fase pengukuran digunakan untuk menentukan tingkat kinerja proses saat ini. Oleh karena itu, pengukuran kuantitas cacat dan penghapusannya sangat penting untuk peningkatan kualitas. Hasil pengukuran frekuensi kualitas yang dimiliki *sliver carding* nomor 20 dapat dilihat pada Tabel 1.

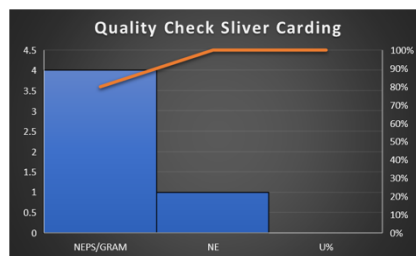
Tabel 1. Pengujian *Sliver Carding* Nomor 20

Parameter	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Tes 5	Standar	Frekuensi	Rata-rata
Ne	0,103	0,105	0,108	0,109	0,104	0,103-0,108	1	0,1058
U%	3,48	3,74	2,99	3,46	3,13	3,5	0	3,36
Neps/gram	6	5	4	9	5	4	4	5,8

Tabel di atas menjelaskan bahwa rata-rata pengukuran pada *sampel sliver* menunjukkan nilai *neps* pada mesin *carding* nomor 20 sebesar 5,8 neps/gram. Hal ini tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan perusahaan.

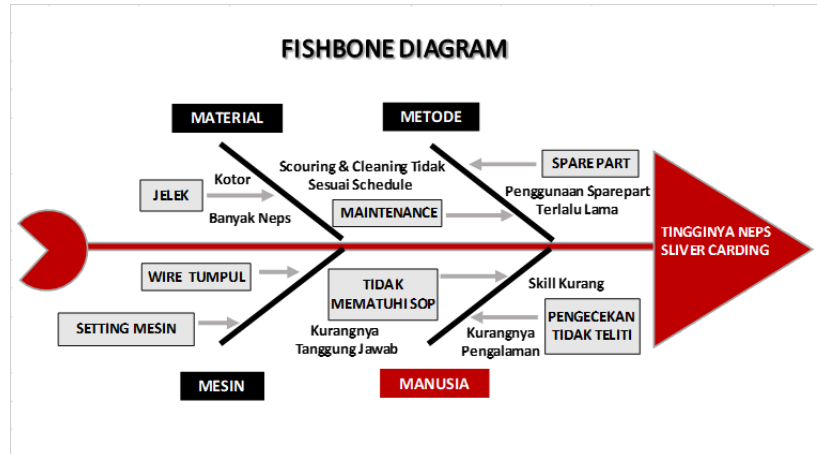
### 3.3. Analyze

Pada langkah analisis, data yang diperoleh dianalisis menggunakan bagan Analisis Pareto, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Analisis cacat dan persentase kumulatif cacat untuk mengetahui tingkat cacat tertinggi pada produk. Untuk menyempurnakan proses, gunakan diagram *fishbone* untuk mengidentifikasi akar penyebab dari cacat tertinggi yang ditemukan pada bagan pareto, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pareto Pengujian *Sliver*

Gambar di atas menjelaskan terdapat tiga macam pengujian terhadap *sliver*, yaitu ketidakrataan (U%), nomor benang (Ne) dan Neps/gram. *Neps* memiliki frekuensi paling tinggi dan paling prioritas diatas 80%. Oleh karena itu, *Neps* menjadi prioritas perbaikan kualitas *sliver*. Kemudian diagram tulang ikan membantu mengidentifikasi potensi akar permasalahan sehingga tindakan yang tepat dapat diambil dan dapat diusulkan dengan menggunakan pendekatan sistematis.



Gambar 3. Diagram Fishbone Neps Sliver Carding

Gambar 3 menjelaskan diagram *fishbone*, ada beberapa penyebab tingginya *neps sliver carding* pada mesin nomor 20 departemen *Spinning X* sebagai berikut:

1. Material

Kualitas bahan baku tidak baik, dimana area mesin dan material tersebut kotor dan banyak *neps* natural menjadi faktor tingginya *neps* pada *sliver* yang di proses di mesin *carding*. Meskipun sudah melalui proses pembersihan pada area *blowroom* dan *carding*, namun *neps* natural masih ada yang menjadi penyebab kualitas pada proses selanjutnya tidak sesuai dengan standar.

2. Mesin

Setelan pada komponen mesin *carding* yang tidak sesuai, baik penyetelan yang longgar atau terlalu rapat dan penggunaan *wire* yang sudah tumpul juga sangat mempengaruhi hasil *neps* yang dihasilkan pada *sliver carding*.

3. Metode

Ditinjau dari segi *spare part* dan program *maintenance* juga merupakan salah satu penyebab *neps/gram* menjadi tinggi. Penggunaan *part* mesin yang terlalu lama seperti *wire* dan elemen mesin lainnya menyebabkan kinerja *spare part* tersebut akan menurun dan tidak hanya berpengaruh pada kualitas namun juga pada produksi yang tidak memenuhi target. Hal serupa juga berlaku pada program *maintenance* tidak sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

4. Manusia

Pengecekan yang tidak teliti dimana operator maupun mekanik kurang memiliki keahlian dan pengalaman dalam pelayanan mesin. Kurangnya ketelitian dalam pengecekan kebersihan pada area tertentu seperti pada area *doffer*, *undecasing* dan lain-lain. Banyak operator produksi dan operator mekanik mesin *carding* dalam melaksanakan tugasnya kurang bertanggung jawab dan mengabaikan *Standard Operational Procedure (SOP)* yang ada.

### 3.4. Improve

Tahap perbaikan merupakan tahap yang diusulkan dan diharapkan dapat meminimalkan *neps* pada *sliver carding* dalam hal faktor produksi di lapangan. Rekomendasi yang efektif dikembangkan untuk memberantas akar penyebab masalah dimana pada tahap *improve* ini penelitian mengimplementasikan solusi berdasarkan hasil analisis adalah sebagai berikut:

1. Perbaikan pada faktor material adalah dengan perbaikan kebersihan area mesin dan pembersihan serat. Pembersihan serat merupakan tindakan yang sangat umum dan wajib dilakukan pada mesin *carding* (Islam et al., 2019) dalam aspek kontrol proses yang terkait dengan operasi *carding* (Alagirusamy, 2013).
2. Perbaikan pada faktor mesin dan metode adalah dengan pengaturan mesin yang lebih tepat. Hal ini karena *Sliver* berkualitas tinggi dapat diproduksi dengan menggunakan kawat baru, kecepatan rendah elemen *carding*, atau kandungan serat yang tepat dalam benang campuran (Jiang et al., 2012). Kualitas *sliver* yang diproduksi oleh mesin *carding* sangat penting dan bergantung pada pengaturan mesin, yang mempengaruhi *neps* (Serat kusut) (Bagwan & Jadhav, 2016) dan sifat benang (Alagirusamy, 2013).

- Perbaikan pada faktor manusia adalah pelatihan operator sesuai dengan SOP perusahaan. SOP sangat penting untuk pengoperasian yang aman dari sistem yang kompleks dan sensitif terhadap bahaya, terutama ketika diperlukan campur tangan manusia (Bashatah et al., 2021)

Pengujian dilakukan menggunakan alat uji NATI Mesdan untuk mengukur jumlah neps sesudah implementasi metode DMAIC dengan rekomendasi perbaikan. Hasil pengujian *neps* setelah implementasi dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengujian Sliver Carding Nomor 20 setelah Implementasi DMAIC

Pengujian	Neps/gram
Minggu 1	6
Minggu 2	5
Minggu 3	4
Minggu 4	4
Minggu 5	3

Tabel di atas menunjukkan bahwa jumlah neps pada *sliver carding* mengalami penurunan yang signifikan dari minggu pertama hingga kelima setelah implementasi metode DMAIC dilakukan.

### 3.5. Control

Tahap perbaikan dilakukan dengan memantau dan mengevaluasi hasil perbaikan untuk memastikan bahwa jumlah neps pada *sliver carding* telah berkurang dan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Hal ini dicapai dengan melakukan pengendalian oleh *supervisor* terhadap kegiatan produksi yang selalu diawasi oleh bagian *Quality Assurance (QA)* terhadap faktor-faktor yang ditemukan mempengaruhi kualitas.

## 4. KESIMPULAN

Penelitian menggunakan metode DMAIC dalam meningkatkan kualitas *pada sliver carding* di mesin *carding* nomor 20 di pabrik tekstil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian *sliver carding* proses Rayon J yang dilakukan menggunakan alat uji NATI Mesdan menunjukkan kualitas neps/gram pada *sliver carding* mencapai 6 neps/gram. Hal ini tidak sesuai dengan standar perusahaan, oleh karena itu menjadi prioritas untuk dilakukan penyelesaian mengingat hasil kualitas dari *sliver carding* sangat berpengaruh besar dalam proses pemintalan. Implementasi DMAIC, pada tahap *analyze* dengan diagram *fishbone* mengidentifikasi potensi akar permasalahan penyebab tingginya angka *neps* pada material rayon di mesin *carding* nomor 20 adalah pada faktor material, mesin, metode dan manusia. Akar penyebabnya adalah pengecekan yang tidak teliti dimana operator maupun mekanik kurang memiliki keahlian dan pengalaman dalam pelayanan mesin, kurangnya ketelitian dalam pengecekan kebersihan pada area mesin dan serat dan SOP yang terabaikan. Perbaikan dilakukan dengan cara perbaikan kebersihan pada area mesin dan kebersihan serat, pengaturan mesin yang lebih tepat dan pelatihan operator sesuai dengan SOP. Setelah penerapan metode DMAIC secara signifikan mengurangi jumlah neps dari 6 neps/gram menjadi 3 neps/gram dalam lima minggu, angka ini mencapai standar perusahaan yaitu 4 neps/gram. Penurunan ini menunjukkan bahwa metode DMAIC tidak hanya membantu dalam mengidentifikasi masalah tetapi juga dalam mengimplementasikan solusi yang efektif untuk meningkatkan kualitas *sliver carding*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbes, N., Sejri, N., Xu, J., & Cheikhrouhou, M. (2022). New Lean Six Sigma readiness assessment model using fuzzy logic: Case study within clothing industry. *Alexandria Engineering Journal*, 61(11), 9079–9094. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.02.047>
- Akter, S., & Helali, Md. M. (2021). The effect of mechanical crimp on the basic properties of jute yarn. *Materials Today: Proceedings*, 46, 425–432. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.431>
- Alagirusamy, R. (2013). 6—Process control in blowroom and carding operations. In A. Majumdar, A. Das, R. Alagirusamy, & V. K. Kothari (Eds.), *Process Control in Textile Manufacturing* (pp. 132–157). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857095633.2.132>
- Aripova, O. A., Kazakov, F. F., & Sattarova, N. N. (2023). Changes in the distances of the main working parts of modern carding machines and their analysis. *Современные Инновации, Системы и Технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies*, 3(4), 0101–0108.

- <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2023-3-4-0101-0108>
- Bagwan, A., & Jadhav, K. (2016). Card Setting: A Factor for Controlling Sliver Quality and Yarn. *Journal of Textile Science & Engineering*, 06. <https://doi.org/10.4172/2165-8064.1000246>
- Bashatah, J. A., Sherry, L., Dam, S., Flenniken, L., Hartmann, P., & Harold, T. (2021). Analyzing Standard Operating Procedures Using Model-Based Systems Engineering Diagrams. *INCOSE International Symposium*, 31(1), 1130–1144. <https://doi.org/10.1002/j.2334-5837.2021.00891.x>
- Daniyan, I., Adeodu, A., Mpofu, K., Maladzi, R., & Kana-Kana Katumba, M. G. (2022). Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry. *Heliyon*, 8(3), e09043. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09043>
- Elmogahzy, yehia. (2024). Learn About The Effect of Fiber Neps. Retrieved 12 October 2024, from <https://www.cottonusa.org/expert-outlooks/learn-about-the-effect-of-fiber-neps>
- Ibrahim, T. M. (2019). *Implementation of Lean Six Sigma in the Yarn Manufacturing: A case study*. 10(12). Industrial human resources development agency, I. ministry of industry. (2021). *Pembangunan Vokasi Industri Bertaraf Global Menuju Corporate University BPSDMI Kementerian Perindustrian*.
- Islam, Md. R., Zubaer, N., Iqbal, T., & Khan, Md. A. (2019). Mathematical Logic Establishment for Automated Trash Controlling in Carding Machine. *European Scientific Journal ESJ*, 15(3). <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n3p38>
- Jiang, X., Cheng, L., Yu, J., Wang, Q., Stojanovska, E., & Xu, S. (2012). Relationship between Akund Fibers' Carding and Sliver Quality. *Advanced Materials Research*, 476–478, 2014–2019. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.476-478.2014>
- Kanon, T. A., Rashid, Md. E., Haque, R. U., Islam, Md. A., & Khan, Md. R. (2023). Double air suctioned carding process: A method for achieving improved quality ring-spun carded yarn. *Heliyon*, 9(1), e13096. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13096>
- Kumar, S., Goga, G., & Singh, A. (2021). Application of DMAIC Tool of Six Sigma in Small Scale Industry. *International Journal of Advance Research and Innovation*, 9(1), 49–53. <https://doi.org/10.51976/ijari.912108>
- Lal Regar, M., Ram Meena, C., & Singh Hada, J. (2023). 13—Fiber testing. In R. Chattopadhyay, S. K. Sinha, & M. L. Regar (Eds.), *Textile Calculation* (pp. 301–324). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99041-7.00013-8>
- Mittal, A., Gupta, P., Kumar, V., Al Owad, A., Mahlawat, S., & Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, 9(3), e14625. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14625>
- Motin, Md. M., Khan, A. N., & Rahman, Md. O. (2023). Study on Licker-In and Flat Speeds of Carding Machine and Its Effects on Quality of Cotton Spinning Process. *Journal of Textile Science and Technology*, 09(03), 198–214. <https://doi.org/10.4236/jtst.2023.93013>
- Niedziela, M., Szaśiadek, M., & Woźniak, W. (2021). Modelling of the selected mechanical properties of the modern double-drum cards for manufacturing of spunlace nonwovens. *The Journal of The Textile Institute*, 112(10), 1655–1665. <https://doi.org/10.1080/00405000.2020.1835154>
- Nowotarski, P., Szymanski, P., & Rzepecka, P. (2019). DMAIC Method of Quality Improvement of Ground Works Processes: Case Study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 221, 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/221/1/012002>
- Pujianto, H. (2020). Implementasi Kaizen Dalam Meningkatkan 5S dan Menjaga Kualitas Hasil Praktik Pada Workshop Pertenunan di AK-Tekstil Solo. *Majalah Teknik Industri*, 28(1), 43–49.
- Pujianto, H., Dharma, F. P., Hindardi, D., & Tuwarno, T. P. (2021). Penentuan Setelan Rotor Mesin Open End Untuk Pembuatan Benang Ne 6 sebagai Upaya Jaminan Atas spesifikasi dan Kualitas Pada Workshop Pemintalan di Ak-Tekstil Solo. *Indonesian Journal of Laboratory*, 4(2), 46. <https://doi.org/10.22146/ijl.v4i2.66993>
- Rashid, Md. E., Islam, Md. A., Kanon, T. A., Khan, Md. R., Uddin, Md. B., Haque, R. U., ... Haque, Md. M. (2024). Valorization of dyed brush fiber waste through production of upcycled mélange yarn: A sustainable approach. *Journal of Cleaner Production*, 447, 141464. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141464>
- Sakti, S., Sopha, B. M., & Saputra, E. S. T. (2021). Energy Efficiency Analysis in a Textile Company Using DMAIC Approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1096(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1096/1/012007>
- Salah, B., Alnahhal, M., & Ali, M. (2023). Risk prioritization using a modified FMEA analysis in industry 4.0. *Journal of Engineering Research*, S2307187723001645.

<https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.07.001>

- Sayed, Z. B., Afrose, N., & Kabir, S. (2021). Impact of the Speed of Flat of a Typical Carding Machine on the Quality of Carded Sliver and 40 Ne Yarn. *Journal of Textile Science and Technology*, 07(01), 66–76. <https://doi.org/10.4236/jtst.2021.71006>
- Wang, C.-N., Nguyen, T.-D., Thi Nguyen, T.-T., & Do, N.-H. (2024). The performance analysis using Six Sigma DMAIC and integrated MCDM approach: A case study for microlens process in Vietnam. *Journal of Engineering Research*, S2307187724001032. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.04.013>