

## Pendekatan Kuantitatif Terhadap Peningkatan Kualitas *Sliver* melalui Intervensi Pembersihan *Top Roll* Pada Mesin *Drawing*

Dedy Harianto<sup>1\*</sup>, Sugiyarto<sup>2</sup>, Monika Surya Setyowati<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Program Studi Teknik Pembuatan Benang, Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk Tekstil  
Surakarta, Jl. Ki Hajar Dewantara, Jebres, Surakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Pembuatan Garmen, Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk Tekstil  
Surakarta, Jl. Ki Hajar Dewantara, Jebres, Surakarta, Indonesia  
dedy\_mits@yahoo.com<sup>1\*</sup>, sugiyarto@ak-tekstilsolo.ac.id<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas penggunaan alkohol teknis 70% dalam menurunkan nilai *unevenness* (U%) *sliver* sebagai indikator mutu produk semi jadi dalam industri tekstil. Melalui pendekatan kuantitatif *pre-post design* di lingkungan produksi nyata PT XYXY, Tbk, nilai U% diukur sebelum dan sesudah intervensi pembersihan *top roll*. Hasil menunjukkan penurunan signifikan nilai U% dari 1,97% menjadi 1,88% ( $p < 0,001$ ) dengan ukuran efek besar (*Cohen's d* = 2,07). Selain itu, analisis *Fishbone Diagram* mengidentifikasi lima faktor utama penyebab *lapping*: mesin, material, metode kerja, lingkungan, dan manusia. Temuan ini menegaskan bahwa intervensi sederhana dapat memberikan dampak signifikan secara teknis dan praktis, namun belum cukup untuk memenuhi standar mutu internal. Implikasi praktis mencakup adopsi prosedur pembersihan standar, pelatihan rutin operator, serta pengembangan protokol perawatan terpadu berbasis data. Studi ini merekomendasikan evaluasi lanjutan terhadap umur pakai komponen serta eksplorasi pelarut alternatif yang lebih berkelanjutan.

**Kata Kunci:** alkohol teknis, mesin *drawing*, *lapping*, pemeliharaan terpadu, *unevenness sliver*.

### ABSTRACT

This study evaluates the effectiveness of 70% technical alcohol in reducing the *unevenness* (U%) of *sliver*, a key quality indicator in textile manufacturing. Using a *pre-post quantitative design* in the actual production setting of PT XYXY, Tbk, U% values were measured before and after the *top roller cleaning* intervention. Results showed a significant reduction in U% from 1.97% to 1.88% ( $p < 0.001$ ) with a large effect size (*Cohen's d* = 2.07). A *Fishbone Diagram* analysis identified five main contributing factors to *lapping*: machine condition, raw material, cleaning method, environment, and human factors. The findings confirm that simple interventions can yield significant technical and practical benefits, although the results remain slightly above internal quality thresholds. Practical implications include standardizing cleaning procedures, routine operator training, and developing an integrated maintenance protocol based on data. The study recommends further investigation into component longevity and exploration of more sustainable solvent alternatives.

**Keywords:** technical alcohol, drawing machine, lapping, integrated maintenance, sliver unevenness.

### 1. Pendahuluan

Dalam industri tekstil modern, konsistensi *sliver*, yaitu material setengah jadi yang menjadi dasar produksi benang, memegang peranan penting dalam menjamin kualitas produk akhir (Karakan Günaydin, 2022). Ketidakteraturan *sliver* yang diukur melalui nilai *unevenness* (U%) tidak hanya berdampak pada efisiensi proses *spinning*, tetapi juga berkontribusi langsung terhadap munculnya cacat produk seperti benang rapuh dan tekstur kain yang tidak merata (Z. Islam, 2019; Tesema, 2024). PT XYXY, Tbk, sebagai salah satu produsen tekstil utama di Asia Tenggara, menghadapi tantangan serius dalam menjaga kestabilan nilai *unevenness* (U%) *sliver* agar tetap berada dalam batas toleransi mutu internal. Data internal menunjukkan bahwa nilai rata-rata *unevenness* (U%) *sliver* mencapai 1,98%, melampaui batas toleransi internal sebesar 1,80%. Kondisi ini dapat berpotensi berdampak langsung terhadap pemborosan bahan baku hingga 15% (Mohd Rusli, 2019) serta menurunkan daya saing produk di pasar global yang kompetitif (Hossain & Samanta, 2019).

Salah satu penyebab utama peningkatan *unevenness* (U%) *sliver* adalah fenomena *lapping* pada *top roll* mesin *drawing*, yaitu akumulasi serat atau kotoran akibat adhesi zat lengket yang menempel pada permukaan

*roll*. Studi oleh Yang et al. (2021) menunjukkan bahwa kelembaban tinggi dan akumulasi muatan statis di area produksi meningkatkan frekuensi kejadian *lapping*, terutama ketika sistem gulungan bersentuhan dengan partikel mikroskopik. Kondisi lingkungan seperti fluktuasi suhu dan kelembaban turut memperparah akumulasi residu ini (Bhowmick et al., 2018). Upaya teknis seperti pengendalian suhu telah menunjukkan hasil positif. Penggunaan sistem pengatur suhu menurunkan insiden *lapping* hingga 22% dalam studi kasus di India (Choudhury, 2017). Namun, pendekatan berbasis kontrol iklim ini tidak secara langsung mengatasi penyebab kimiawi *lapping*, seperti akumulasi minyak atau lilin pada permukaan *roll*.



Gambar 1. Top roll mesin drawing

Penggunaan alkohol sebagai cairan pembersih menjadi praktik umum karena efektivitas jangka pendeknya dalam menghilangkan residu (Bainbridge, 2023). Namun, risiko degradasi material akibat sifat oksidatif alkohol, seperti pelunakan elastomerik dan korosi permukaan *roll*, belum sepenuhnya ditangani. Studi oleh Malleval (2022) menunjukkan bahwa penggunaan alkohol 70% dalam 150 siklus pembersihan dapat mempercepat oksidasi hingga 40%. Hal ini menunjukkan perlunya kerangka evaluasi yang mempertimbangkan dampak teknis dan umur pakai komponen secara simultan (Pucciarelli, 2023). Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya menunjukkan sifat yang terfragmentasi, dengan penekanan hanya pada satu dimensi permasalahan (lingkungan atau kimiawi) dan tanpa integrasi manajerial. Akyaz & Engin (2024) menggabungkan pendekatan kontrol lingkungan dan pembersihan alkohol, tetapi dilakukan dalam kondisi laboratorium yang tidak mencerminkan kompleksitas lapangan. Di sisi lain, pendekatan berbasis *Internet of Things (IoT)* oleh Chang et al. (2021) menunjukkan penurunan insiden *lapping* hingga 18%, namun keterbatasan biaya dan adopsi teknologi belum dianalisis secara mendalam.

Masalah ini menggambarkan kesenjangan antara solusi teknis dan kebutuhan sistemik industri tekstil, yang menuntut pendekatan lintas-disiplin dan berbasis data. Studi oleh Goldsworthy et al. (2022) menyoroti bahwa absennya kerangka integratif menjadi hambatan dalam peningkatan efisiensi sistemik dan transformasi menuju manufaktur cerdas yang berkelanjutan. Sejalan dengan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengevaluasi efektivitas alkohol dalam menurunkan nilai *unevenness* (U%) *sliver* dengan mempertimbangkan *trade-off* antara efisiensi dan risiko kerusakan komponen; (2) memetakan penyebab *lapping* menggunakan *Fishbone Diagram* untuk mengkuantifikasi kontribusi setiap faktor; dan (3) merancang protokol perawatan terpadu yang menggabungkan aspek teknis, kimiawi, dan manajerial. Pendekatan ini diharapkan tidak hanya menyelesaikan permasalahan spesifik di PT XYXY, Tbk, tetapi juga menjadi model sistematis bagi industri tekstil yang bergerak menuju sistem produksi berkelanjutan dan presisi.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode eksperimen semu berbasis pendekatan kuantitatif untuk menguji efektivitas aplikasi alkohol teknis dalam mengurangi fenomena *lapping* pada mesin *drawing* di PT XYXY, Tbk. Pemilihan pendekatan ini didasarkan pada kebutuhan untuk mengamati perubahan nilai *unevenness* (U%) *sliver* sebelum dan sesudah perlakuan pembersihan *top roller* menggunakan alkohol, dalam kondisi produksi aktual yang tidak memungkinkan kontrol penuh terhadap variabel pengganggu, namun tetap mempertahankan struktur pengukuran berulang pada subjek yang sama (*pre-post design*) (Rahman et al., 2023). Penelitian dilakukan pada lini produksi bagian *drawing* yang aktif dan representatif terhadap konfigurasi standar proses pemintalan di perusahaan. Unit mesin yang diteliti dipilih secara *purposive* berdasarkan data historis yang menunjukkan frekuensi kejadian *lapping* tertinggi dalam enam bulan terakhir. Pemilihan ini bertujuan untuk memastikan kejelasan pengaruh perlakuan dalam kondisi yang paling relevan secara operasional.

Perlakuan utama dalam penelitian ini adalah aplikasi alkohol teknis 70% (jenis isopropanol), yang dioleskan secara merata ke seluruh permukaan *top roll* dengan tekanan ringan menggunakan kain *microfiber* bersih berukuran 30x30 cm. Volume alkohol yang digunakan untuk setiap aplikasi adalah 10 ml, dituangkan langsung pada kain, bukan pada *roller*. Aplikasi dilakukan dua kali per hari, yaitu sebelum dimulainya shift pagi dan sesudah produksi berakhir, dengan pola pengusapan satu arah (dari ujung ke tengah) selama  $\pm 30$  detik per sisi. Setelah pengusapan, *roller* dibiarkan selama 60 detik agar alkohol menguap sepenuhnya sebelum mesin dijalankan kembali. Langkah ini bertujuan memastikan penguapan sempurna dan menghindari kontaminasi silang pada material.

Pengumpulan data dilakukan dalam dua tahap observasi: tahap pertama (pra-perlakuan) mencatat nilai *unevenness* (U%) *sliver* selama lima hari kerja berturut-turut tanpa penggunaan alkohol. Tahap kedua (pasca-perlakuan) dilaksanakan pada hari kerja yang sama di minggu berikutnya, dengan prosedur penggunaan alkohol diterapkan secara rutin. Pada tiap hari, lima sampel *sliver* diambil secara acak dari produksi aktual ( $n = 25$  per tahap), dan nilai *unevenness* (U%) *sliver* diukur menggunakan perangkat *Uster Tester* dalam mode standar (Musyoki, 2019).

Untuk memperkuat interpretasi hasil kuantitatif, penelitian juga mengumpulkan data kualitatif melalui observasi langsung dan wawancara semi-terstruktur. Observasi mencakup prosedur pembersihan, durasi aplikasi alkohol, dan pencatatan harian insiden *lapping* oleh teknisi. Wawancara dilakukan dengan enam operator dan dua teknisi pemeliharaan, untuk menggali persepsi mereka terhadap perubahan performa mesin dan pengalaman penggunaannya dalam operasional harian (M. T. Islam & Rashid, 2020). Analisis statistik dilakukan dengan *paired t-test* setelah memverifikasi distribusi normal data melalui uji Shapiro-Wilk. Analisis ini digunakan untuk menilai signifikansi perbedaan rata-rata nilai *unevenness* (U%) *sliver* sebelum dan sesudah perlakuan (Harianto et al., 2024). Selain itu, pendekatan *Fishbone Diagram* digunakan untuk memetakan kontribusi relatif dari faktor penyebab *lapping*, yang diklasifikasikan ke dalam lima kategori utama: mesin, material, metode kerja, lingkungan, dan manusia. Visualisasi ini diperoleh melalui triangulasi data lapangan dan diskusi kelompok terfokus (FGD) dengan staf teknis. Pendekatan ini tidak hanya mengukur efektivitas teknis, tetapi juga bertujuan membangun pemahaman sistemik terhadap akar masalah serta menghasilkan protokol perawatan yang integratif dan dapat direplikasi (Harianto et al., 2025; Rahman et al., 2023).

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Kuantitatif

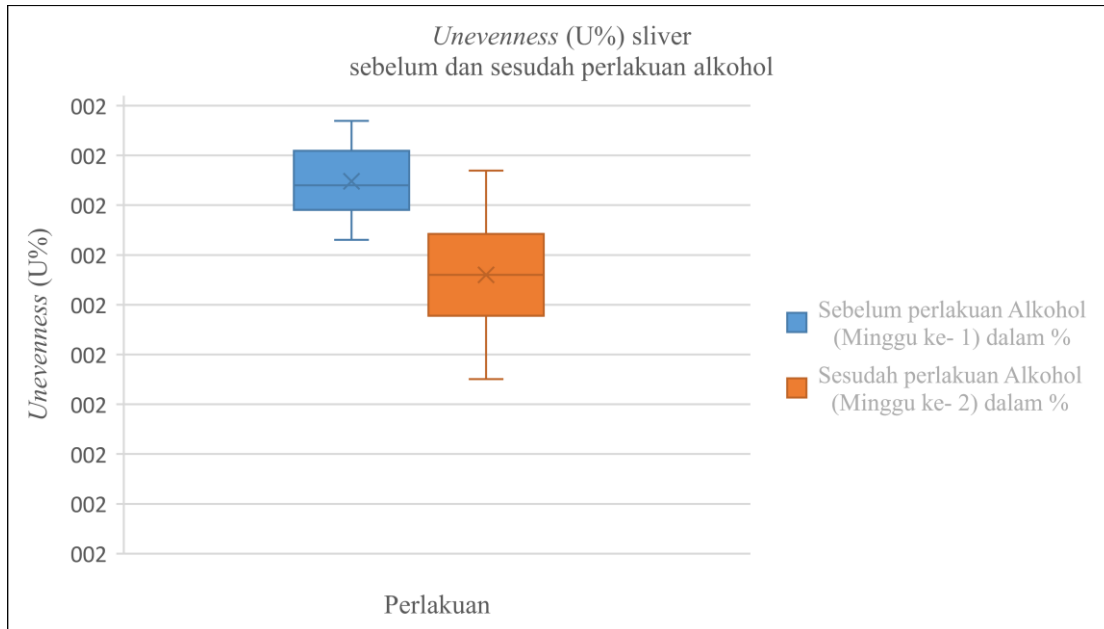
Penelitian ini mengukur nilai *unevenness* (U%) *sliver* pada lima hari berturut-turut sebelum dan sesudah penerapan alkohol teknis 70% pada *top roll* mesin *drawing*. Hasil rata-rata *unevenness* (U%) *sliver* menunjukkan tren penurunan yang konsisten selama fase pascaperlakuan. Rangkuman nilai pengukuran disajikan pada Tabel 1 dan divisualisasikan dalam Gambar 1.

**Tabel 1.** Nilai *unevenness* (U%) *sliver* per-hari dan per sampel sebelum dan sesudah perlakuan ( $n = 25$  per kelompok)

Hari Ke-	Rata - rata <i>unevenness</i> (U%) <i>sliver</i>									
	Sebelum pemberian alkohol (minggu ke- 1)					Sesudah pemberian alkohol (minggu ke- 2)				
	dalam %					dalam %				
	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Data 5	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Data 5
Hari 1	1.92	1.94	1.96	1.98	2.00	1.90	1.92	1.94	1.96	1.98
Hari 2	1.95	1.97	1.99	2.01	2.03	1.87	1.89	1.91	1.93	1.95
Hari 3	1.95	1.97	1.99	2.01	2.03	1.81	1.83	1.85	1.87	1.89
Hari 4	1.94	1.92	1.96	2.00	1.98	1.78	1.80	1.84	1.82	1.86
Hari 5	1.93	1.95	1.97	1.99	2.01	1.84	1.88	1.86	1.90	1.92
Rata-rata	1.97					1.88				

Nilai rata-rata *unevenness* (U%) *sliver* sebelum perlakuan adalah 1.97%, sementara sesudah perlakuan adalah 1.88%. Gambar 1 menunjukkan distribusi data *unevenness* (U%) *sliver* dalam bentuk *boxplot*.

Visualisasi menunjukkan pergeseran median dan penurunan keseluruhan sebaran *unevenness* (U%) *sliver* setelah perlakuan. Distribusi pascaperlakuan tampak lebih rendah dan simetris, menunjukkan potensi pengaruh signifikan dari intervensi pembersihan.



Gambar 2. Distribusi nilai *unevenness* (U%) *sliver* sebelum dan sesudah perlakuan alkohol teknis

### 3.2. Uji Normalitas dan Justifikasi Statistik

Sebagai prasyarat metodologis, konfirmasi kecenderungan distribusi normal data harus dilakukan sebelum analisis inferensial. Proses validasi ini menjadi fondasi krusial untuk memastikan kelayakan penggunaan uji parametrik seperti *paired t-test* dalam kerangka penelitian kuantitatif. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan uji normalitas menggunakan metode *Shapiro–Wilk*, yang dikenal memiliki kekuatan statistik tinggi untuk ukuran sampel kecil hingga sedang (Uyanto, 2022). Hasil uji *Shapiro–Wilk* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji normalitas (*Shapiro–Wilk*)

Kondisi	W (Shapiro)	p-value	Interpretasi
Sebelum Perlakuan	0.967	0.567	Data terdistribusi normal
Sesudah Perlakuan	0.990	0.995	Data terdistribusi normal

Berdasarkan hasil analisis statistik, kedua kelompok data memenuhi kriteria distribusi normal karena nilai signifikansi ( $p > \alpha = 0.05$ ), sehingga asumsi parametrik dapat dipertahankan. Dengan demikian, validitas penggunaan uji-t berpasangan untuk menguji perbedaan nilai *unevenness* (U%) *sliver* sebelum dan sesudah perlakuan dapat dibenarkan secara statistik.

### 3.3. Uji-t Sampel Berpasangan dan Signifikansi Statistik

Setelah konfirmasi distribusi normal, uji-t sampel berpasangan diterapkan untuk menguji hipotesis bahwa terdapat perbedaan signifikan antara nilai *unevenness* (U%) *sliver* sebelum dan sesudah perlakuan. Uji ini sangat sesuai karena sampel berasal dari unit yang sama (yaitu mesin *drawing*) dan pengukuran dilakukan secara berulang dalam kondisi yang dikontrol sebisa mungkin di lapangan. Hasil uji statistik ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji-t sampel berpasangan

Statistik uji	Nilai
Mean Selisih (Sebelum - Sesudah)	0.094
Standar Deviasi Selisih	0.04546
Standar Error Mean	0.00909
Confidence Interval 95%	(0.07523 ; 0.11277)
Nilai t	10.339
Derajat bebas (df)	24
p-value (Sig. 2-tailed)	< 0.001

Analisis statistik mengungkap disparitas *mean* yang bermakna dengan nilai  $t(24) = 10.339$  dan  $p < 0.001$ . Nilai rerata perbedaan sebesar 0,094 dengan simpangan baku 0,04546. Interval kepercayaan 95% untuk

perbedaan rerata berada pada rentang 0,07523 hingga 0,11277. Hasil ini memperkuat dugaan bahwa intervensi yang diberikan efektif dalam meningkatkan hasil pengukuran pascaintervensi.

Secara praktis, ini berarti bahwa perlakuan pembersihan *top roll* menggunakan alkohol teknis memberikan dampak nyata terhadap penurunan ketidakseragaman *sliver*. Konsistensi penurunan *across time* dan *across operator* memperkuat validitas hasil secara ekologi (*ecological validity*), yakni relevansi dalam dunia nyata (Riglet et al., 2023).

### 3.4. Ukuran Efek dan Interpretasi Praktis

Selain uji signifikansi statistik, analisis ukuran efek juga dilakukan untuk mengetahui besar dampak perlakuan. Hasil pengujian ukuran efek sebelum dan sesudah perlakuan disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Ukuran Efek (*Effect Size*)

Ukuran Efek	Nilai	95% CI
Cohen's d	2.068	[1,359 – 2,762]
Hedges' g	2,035	[1,338 – 2,718]

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *Cohen's d* sebesar 2.068, dengan interval kepercayaan 95% antara 1.359 hingga 2.762, menandakan bahwa efek perlakuan berada dalam kategori "sangat besar" menurut interpretasi standar *Cohen*.

Untuk mengoreksi potensi bias pada ukuran sampel kecil, dilakukan pula perhitungan *Hedges' g*, yang menghasilkan nilai 2.035. Nilai ini tetap masuk dalam kategori efek besar, memperkuat kesimpulan bahwa intervensi memiliki pengaruh yang signifikan secara praktis.

Dengan demikian, baik berdasarkan *Cohen's d* maupun *Hedges' g*, intervensi yang diberikan tidak hanya signifikan secara statistik, tetapi juga bermakna dalam praktik. Hal ini mengarahkan pada pemahaman yang lebih luas yang akan dijelaskan pada bagian diskusi berikut.

### 3.5. Diskusi Temuan

Hasil ini memperkuat bahwa intervensi sederhana berbasis alkohol teknis mampu menurunkan *unevenness* (U%) *sliver* secara substansial. Perbedaan rerata sebesar 0,094 poin, disertai nilai  $p < 0,001$  dan ukuran efek yang sangat besar ( $Cohen's d = 2.07$ ), memberikan justifikasi ilmiah dan praktis terhadap efektivitas pembersihan *top roll* dalam meningkatkan stabilitas mutu *sliver*. Secara mekanistik, perbaikan *unevenness* (U%) *sliver* terjadi melalui dua mekanisme utama. Pertama, alkohol teknis mengangkat residu mikroskopik seperti minyak dan lilin dari permukaan *roller*. Residu ini mengganggu kestabilan *drafting* dan menyebabkan fluktuasi massa serat (Behera et al., 2024; Yulianto, 2020). Kedua, permukaan *roller* yang bersih memulihkan distribusi gaya gesek, sehingga mengurangi *lapping* dan menghasilkan aliran serat yang lebih seragam. Penurunan median dan pergeseran distribusi *unevenness* (U%) *sliver* yang teramati dalam *boxplot* mendukung adanya efek sistemik, bukan sekadar fluktuasi acak.

Temuan ini selaras dengan laporan Eco-Nova (2023), yang menunjukkan bahwa isopropanol (IPA) merupakan pelarut industri yang efektif untuk penghilangan residu karena volatilitasnya tinggi, cepat menguap, dan tidak meninggalkan sisa zat lengket. Lebih jauh, Bremen Cotton Exchange (2021) menegaskan bahwa fragmen kontaminan submikron dari proses *carding* dapat menyebabkan ketidakaturan massa jika tidak ditangani pada tahap *drawing*. Oleh karena itu, strategi pembersihan preventif pada *top roll* menjadi penting sebagai intervensi teknis murah namun berdampak tinggi.

Namun, nilai *unevenness* (U%) *sliver* setelah perlakuan yang masih sedikit di atas standar mutu internal (1,80%) secara rerata menunjukkan bahwa pembersihan saja belum cukup untuk mencapai tingkat kualitas maksimal. Beberapa nilai individu memang berada di bawah standar yang ditetapkan perusahaan, namun variabilitas antar sampel dan antar hari mengindikasikan perlunya standarisasi teknik aplikasi alkohol dan pelatihan operator untuk memastikan konsistensi hasil.

Keterbatasan lain dari studi ini adalah belum adanya analisis longitudinal terhadap dampak kumulatif penggunaan alkohol terhadap material *elastomerik roller*. Studi oleh Malleval (2022) mencatat bahwa siklus pembersihan berulang dapat mempercepat oksidasi dan degradasi fisik komponen. Oleh karena itu, evaluasi terhadap umur pakai komponen mesin dalam jangka panjang perlu dilakukan untuk memastikan keberlanjutan pendekatan ini. Dalam lingkup sistem manajemen produksi, temuan ini mendukung perlunya pendekatan integratif yang menggabungkan pembersihan berkala, pengendalian kelembaban lingkungan produksi, inspeksi visual, serta sistem pemeliharaan prediktif berbasis sensor dan data analitik. Temuan Chang et al. (2021)

tentang implementasi sistem monitoring mesin berbasis *real-time* menunjukkan potensi penurunan insiden *lapping* sebesar 18%, menjadi acuan strategis untuk perluasan skala implementasi.

Selain alkohol teknis, terdapat sejumlah alternatif pelarut non-alkohol yang mulai dipertimbangkan dalam industri tekstil karena profil keberlanjutannya yang lebih ramah lingkungan (Grau et al., 2022). Pelarut berbasis air yang diperkaya dengan *surfaktan* alami seperti ekstrak sabun (*saponin*) dari *Sapindus mukorossi* (*soapnut*) telah terbukti efektif menghilangkan residu lilin dan pengotor non-selulosa pada kain kapas dengan waktu pembasahan rata-rata 15 detik, sekaligus mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis (Patil & Athalye, 2024). *Bio-based solvent* seperti *D-limonene* yang diekstrak dari limbah kulit jeruk menunjukkan efisiensi ganda sebagai agen pereduksi dan pendispersi dalam sintesis nanopartikel logam, serta mampu membersihkan residu lilin tanpa menyebabkan degradasi elastomerik atau korosi pada peralatan produksi (Ali et al., 2024). Namun, efektivitasnya dalam kondisi kelembaban tinggi serta ketersediaan pasarnya masih menjadi tantangan tersendiri. Eksplorasi terhadap alternatif ini perlu dilakukan secara komparatif, baik dari sisi efektivitas teknis, kompatibilitas material, maupun dampak lingkungan dan ekonomi jangka panjang.

### 3.6. Pemetaan Akar Masalah dengan Fishbone Diagram

Untuk memahami penyebab mendasar (*root causes*) dari meningkatnya nilai *unevenness* (U%) *sliver* yang terkait dengan fenomena *lapping* pada mesin *drawing*, dilakukan pemetaan sistematis menggunakan metode *Fishbone Diagram* (dikenal pula sebagai Diagram Ishikawa). Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya dalam mengidentifikasi dan mengorganisasi berbagai faktor penyebab dalam sistem produksi yang kompleks, serta sangat direkomendasikan dalam konteks analisis kualitas industri manufaktur tekstil (Goldsworthy et al., 2022).

Penyusunan *Fishbone Diagram* dilakukan melalui triangulasi tiga sumber utama: (1) hasil observasi langsung terhadap mesin dan proses operasional selama 10 hari pengamatan, (2) wawancara semi-terstruktur dengan enam operator dan dua teknisi pemeliharaan, serta (3) telaah literatur ilmiah terkait *lapping* dan kendala mutu pada proses *drafting*. Hasil pemetaan disusun ke dalam lima kategori penyebab utama yang sesuai dengan praktik industri tekstil: Mesin, Material, Metode Kerja, Lingkungan, dan Manusia.

Kategori 1: Mesin; Faktor mesin merupakan penyumbang terbesar dalam kejadian *lapping*. Hasil observasi menunjukkan adanya keausan pada permukaan *top roll*, serta akumulasi residu mikroskopik yang tidak sepenuhnya terangkat dalam siklus pembersihan sebelumnya. Operator juga mengonfirmasi bahwa keterbatasan jumlah mesin cadangan menyebabkan unit yang bermasalah tetap digunakan dalam kondisi sub-optimal.

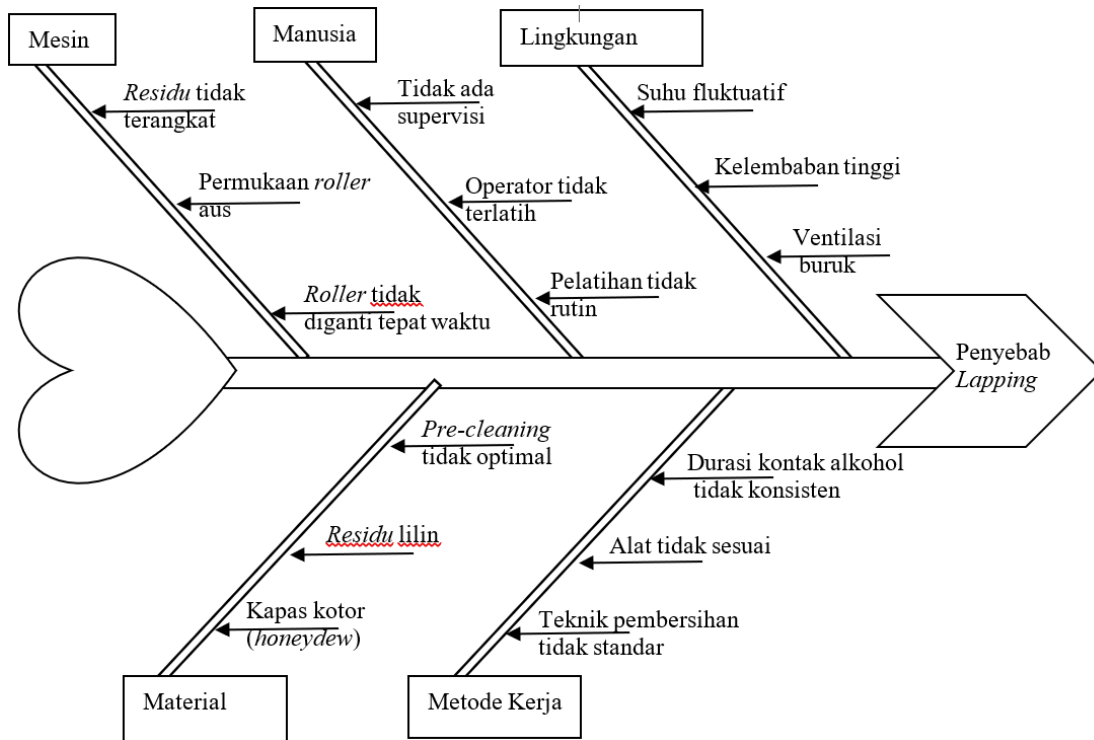
Kategori 2: Material; *Sliver* yang digunakan berasal dari lintasan pemrosesan kapas dengan kadar impuritas tinggi, termasuk lilin alami dan debu serat (*honeydew*). Literatur menunjukkan bahwa residu ini bersifat lengket dan dapat dengan mudah terakumulasi pada permukaan logam yang hangat dan berminyak (Behera et al., 2024). Operator melaporkan bahwa *lapping* cenderung meningkat saat menggunakan lot kapas tertentu, khususnya dari pemasok yang tidak melalui proses *pre-cleaning* yang optimal.

Kategori 3: Metode Kerja; Tidak adanya prosedur standar pembersihan *top roll* menyebabkan variasi dalam metode, alat, dan waktu pembersihan antar operator. Sebagian teknisi mengaplikasikan alkohol dengan tekanan berlebih atau menggunakan kain abrasif, yang justru dapat mempercepat keausan *roller*. Selain itu, waktu kontak larutan pembersih dengan permukaan *roller* tidak terstandarisasi, sehingga efektivitasnya tidak konsisten.

Kategori 4: Lingkungan; Kondisi ruang produksi yang lembap dan bersuhu tinggi mempercepat terjadinya kondensasi serta penumpukan partikel mikro di sekitar sistem *drafting*. Hasil pencatatan suhu dan kelembaban menunjukkan fluktuasi harian yang cukup tinggi ( $> \pm 7^{\circ}\text{C}$ ; kelembaban  $> 65\%$ ), yang secara tidak langsung meningkatkan frekuensi insiden *lapping*. Faktor ini relevan dengan studi Bhowmick et al. (2018) mengenai degradasi performa sistem elastomerik dalam lingkungan tropis.

Kategori 5: Manusia; Pengetahuan operator mengenai tanda-tanda awal *lapping* serta dampaknya terhadap U% masih terbatas. Pelatihan terakhir yang diterima sebagian besar operator adalah lebih dari 18 bulan yang lalu. Selain itu, pengawasan supervisor terhadap siklus pembersihan tidak dilakukan secara sistematis, menyebabkan terjadinya variasi antar *shift* dan antar lini produksi.

Visualisasi dan Analisis Interaktif; *Fishbone Diagram* yang disusun menggambarkan interkoneksi antara kelima kategori utama dan sub-penyebab yang berkontribusi terhadap ketidakteraturan massa *sliver*. Visualisasi ini membantu dalam mengidentifikasi titik kritis (*critical control points*) yang dapat ditargetkan dalam program pemeliharaan terpadu. Diagram ini juga digunakan sebagai alat dalam diskusi kelompok terfokus (FGD) untuk merancang solusi berbasis konsensus teknis dan operasional.



Gambar 3. Fishbone diagram penyebab lapping pada mesin drawing

Melalui pendekatan sistematis ini, penelitian memperluas cakupan evaluasi melampaui aspek teknis menuju pengembangan kerangka diagnostik untuk perumusan strategi pemeliharaan holistik. Identifikasi akar masalah ini menjadi fondasi dalam penyusunan protokol perawatan terpadu yang menggabungkan aspek teknis (pembersihan berbasis alkohol), kimiawi (pemilihan pelarut yang sesuai), serta manajerial (standarisasi prosedur dan pelatihan berkala).

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa pembersihan *top roll* dengan alkohol teknis 70% secara signifikan menurunkan nilai *unevenness* (U%) pada *sliver* hasil proses *drawing* di lingkungan produksi nyata. Penurunan rata-rata sebesar 0,0984 poin, dengan signifikansi statistik tinggi ( $p < 0,001$ ) dan ukuran efek besar (*Cohen's d* = 2,07), menunjukkan bahwa intervensi ini memiliki dampak yang substansial baik secara teknis maupun praktis. Hasil ini memberikan bukti kuat bahwa tindakan sederhana seperti pembersihan harian menggunakan pelarut berbasis isopropanol dapat memperbaiki stabilitas aliran serat dan kualitas produk tekstil secara umum. Temuan penelitian mengungkap peluang optimasi meskipun telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Nilai *unevenness* (U%) *sliver* pasca perlakuan masih melampaui standar kualitas internal 1.80%, mengindikasikan kebutuhan pendekatan multifaktor untuk mencapai target optimal. Diperlukan integrasi antara pembersihan fisik, pengendalian lingkungan, serta peningkatan kapasitas operator melalui pelatihan rutin.

Implikasi praktis dari penelitian ini cukup luas dalam lingkungan industri tekstil skala menengah hingga besar. Pertama, pembersihan *top roll* menggunakan alkohol dapat diadopsi sebagai bagian dari protokol pemeliharaan preventif tanpa memerlukan perubahan struktural besar pada mesin produksi. Kedua, strategi ini berpotensi mengurangi pemborosan bahan baku akibat produk cacat, serta menurunkan beban *rework* dan *downtime* produksi. Ketiga, pendekatan ini dapat menjadi titik masuk untuk transformasi menuju manufaktur berbasis data dan prediksi, di mana intervensi sederhana dikombinasikan dengan sistem pemantauan kondisi (*condition-based monitoring*).

Ke depan, studi lanjutan disarankan untuk menguji frekuensi optimal pembersihan, mengevaluasi dampak kumulatif terhadap umur pakai *roller*, serta membandingkan efektivitas jenis pelarut lain yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, penting untuk mengembangkan kerangka evaluasi ekonomis terhadap strategi ini, termasuk estimasi penghematan biaya dan dampaknya terhadap produktivitas keseluruhan. Langkah selanjutnya yang direkomendasikan mencakup desain studi longitudinal untuk mengevaluasi dampak kumulatif pembersihan alkohol terhadap umur pakai *roller*, serta eksperimen komparatif antara pelarut

alternatif dengan profil keberlanjutan yang lebih tinggi. Penelitian lintas lokasi industri juga akan memperkuat validitas eksternal dari protokol yang diusulkan.

Sebagai turunan langsung dari temuan dan pemetaan *fishbone*, penelitian ini juga menghasilkan *draft* protokol perawatan terpadu yang menggabungkan pendekatan teknis (pembersihan alkohol), pendekatan kimiawi (pemilihan pelarut tidak merusak), serta pendekatan manajerial (standarisasi prosedur, pelatihan operator, dan sistem audit berkala). Protokol ini dirancang agar fleksibel terhadap kondisi aktual lapangan dan dapat diintegrasikan dalam sistem konsep pemeliharaan produktif terpadu (TPM) atau ISO 9001:2015.

## 5. Daftar Pustaka

- Akyaz, T., & Engin, D. (2024). Machine Learning-Based Predictive Maintenance System for Artificial Yarn Machines. *IEEE Access*, *12*, 125446–125461. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3454548>
- Ali, S., Rasul, A., Shah, P. A., Al-Rawi, M. B., & Naseem, M. (2024). Green synthesis of antipathogenic particles by utilizing the citrus plant waste and their application in medicated fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, *54*. <https://doi.org/10.1177/15280837241275203>
- Bainbridge, A. (2023). Material-Based Treatments. *Conservation of Books*, 554–640. <https://doi.org/10.4324/9781003162674-30>
- Behera, P., Aravind, S., & Seetharaman, B. (2024). Honeydew contaminated cotton: a sticky problem needs a solution. *Research Journal of Textile and Apparel*, *28*(4), 507–527. <https://doi.org/10.1108/RJTA-05-2022-0053>
- Bhowmick, A., Hall, M., & Benarey, H. A. (2018). Rubber Products Manufacturing Technology. *Rubber Products Manufacturing Technology*. <https://doi.org/10.1201/9780203740378>
- Bremen Cotton Exchange. (2021). *35th International Cotton Conference Bremen, DEVirtual Event, 17.03. – Premiere for the hybrid edition*. <https://etn-net.org/berichte/35th-international-cotton-conference-bremen-devirtual-event-17-03-18-03-2021.html>
- Chang, R.-I., Lee, C.-Y., & Hung, Y.-H. (2021). Cloud-Based Analytics Module for Predictive Maintenance of the Textile Manufacturing Process. *Applied Sciences*, *11*(21), 9945. <https://doi.org/10.3390/app11219945>
- Choudhury, A. K. R. (2017). Fabric Dyeing and Printing. *Textile and Clothing Design Technology*, 281–332. <https://doi.org/10.1201/9781315156163-11/FABRIC-DYEING-PRINTING-ASIM-KUMAR-ROY-CHOUDHURY>
- Eco-Nova. (2023). *Cleaning rollers in industry*. <https://www.eco-nova.de/en/sichere-walzenreinigung-ohne-aceton/>
- Goldsworthy, K., Harris, K., Hassan, J. M., & Solomon, M. (2022). *Catalyst Report on Circular Fashion and Textiles-The Provision of Research Relating to Environmental Science for Circular Fashion and Textiles*.
- Grau, J., Azorín, C., Benedé, J. L., Chisvert, A., & Salvador, A. (2022). Use of green alternative solvents in dispersive liquid-liquid microextraction: A review. *Journal of Separation Science*, *45*(1), 210–222. <https://doi.org/10.1002/JSSC.202100609>
- Hariato, 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>
- Hariato, D., Sugiyarto, S., & Azizah, R. N. (2024). Perbandingan Kinerja Yarn Guide tipe Pig tail dan Snail Wire dalam Kualitas Hairiness Benang Ring Spinning Frame. *Jurnal Tekstil: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Bidang Tekstil dan Manajemen Industri*, *7*(2), 111–119.
- Hossain, Md. A., & Samanta, A. K. (2019). Uster analysis of cotton/polyester blended spun yarns with different counts. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, *5*(4). <https://doi.org/10.15406/jteft.2019.05.00204>
- Islam, M. T., & Rashid, A. R. M. H. (2020). *Optimization of the Critical Production Process in a Textile Factory using AHP*.
- Islam, Z. (2019). Comparing Quality Parameters of Yarn Produced by Ring, Rotor, and Compact Spinning System. *European Scientific Journal ESJ*, *15*(3). <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n3p461>
- Karakan Günaydin, G. (2022). Effect of selected production parameters on yarn evenness, imperfections and tensile properties of core spun vortex yarns. *International Journal of Clothing Science and Technology*, *34*(6), 829–851. <https://doi.org/10.1108/IJCST-08-2021-0116>
- Malleval, J.-V. (2022). *Clean production processes for the textile industry*.
- Mohd Rusli, N. W. (2019). *Effects of kenaf/polyester blending ratios on physical and mechanical properties of yarns produced from ring spinning system*.



- Musyoki, J. K. (2019). *Improvement Of Ring Frame Spindle Utilization In Short Staple Spinning: A Case Study Of A Cotton Spinning Mill*.
- Patil, H., & Athalye, A. (2024). Sustainable scouring of cotton using extracts from wood ash and soapnut and its optimisation by response surface methodology. *Coloration Technology*. <https://doi.org/10.1111/COTE.12776>
- Pucciarelli, M. (2023). *Life Cycle Thinking for the sustainability assessment of nanoparticles' manufacturing and applications*.
- Rahman, M. M., Mashud, M., & Rahman, M. M. (2023). Advanced Technology in Textiles: Fibre to Apparel. Dalam *Textile Science and Clothing Technology*. Springer Nature Singapore. <https://books.google.co.id/books?id=ys7FEAAAQBAJ>
- Riglet, L., Nicol, F., Leonard, A., Eby, N., Claquesin, L., Orliac, B., Ornetti, P., Laroche, D., & Gueugnon, M. (2023). The Use of Embedded IMU Insoles to Assess Gait Parameters: A Validation and Test-Retest Reliability Study. *Sensors*, 23(19), 8155. <https://doi.org/10.3390/S23198155/S1>
- Tesema, G. B. (2024). *Cotton Quality Requirements for Spinning*. 241–284. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-9149-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-99-9149-5_10)
- Uyanto, S. S. (2022). An Extensive Comparisons of 50 Univariate Goodness-of-fit Tests for Normality. *Austrian Journal of Statistics*, 51(3), 45–97. <https://doi.org/10.17713/AJS.V51I3.1279>
- Yang, Y., Zhang, M., Ju, Z., Tam, P. Y., Hua, T., Younas, M. W., Kamrul, H., & Hu, H. (2021). Poly(lactic acid) fibers, yarns and fabrics: Manufacturing, properties and applications. *Textile Research Journal*, 91(13–14), 1641–1669. <https://doi.org/10.1177/0040517520984101>
- Yulianto, B. (2020). Analisis tentang Setting Roller Gauge dan Break Draft Tidak Merubah Total Draft pada Mesin Roving Rieter type F10 / 55011- 00425 Tahun Pembuatan 1998. *Jurnal Tekstil: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Bidang Tekstil dan Manajemen Industri*, 3(1), 26–35. <https://doi.org/10.59432/jute.v3i1.8>