

No: TA/RT/2026/09

**PENGENDALIAN KETIDAKRATAAN
SLIVER AKRILIK MELALUI OPTIMASI
PARAMETER *DRAWING* PADA MESIN
AUTOLEVELLER DI PT HANIL INDONESIA**

LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada Bidang Rekayasa Tekstil**



Disusun Oleh:

**Nama : Diva Ibnu Sakti
No. Mahasiswa : 22526023**

**PROGRAM STUDI REKAYASA TEKSTIL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2026

**LAPORAN TUGAS AKHIR
PENELITIAN**

**PENGENDALIAN KETIDAKRATAAN
SLIVER AKRILIK MELALUI OPTIMASI
PARAMETER *DRAWING* PADA MESIN
AUTOLEVELLER DI PT HANIL INDONESIA**

**Divia Ibnu Sakti
22526023**



2026

**PENGENDALIAN KETIDAKRATAAN SLIVER *AKRILIK*
MELALUI OPTIMASI PARAMETER *DRAWING* PADA
MESIN *AUTOLEVELLER* DI PT HANIL INDONESIA**

LAPORAN TUGAS AKHIR PENELITIAN

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik pada Bidang Rekayasa Tekstil**



Disusun Oleh:

Nama : Diva Ibnu Sakti
No. Mahasiswa : 22526023

**PROGRAM STUDI REKAYASA TEKSTIL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

**PENGENDALIAN KETIDAKRATAAN SLIVER *AKRILIK*
MELALUI OPTIMASI PARAMETER *DRAWING* PADA
MESIN *AUTOLEVELLER* DI PT HANIL INDONESIA**

PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Diva Ibnu Sakti
No. Mahasiswa : 22526023

Menyatakan bahwa seluruh hasil Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung risiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 04 Maret 2026

Mahasiswa,



Divu Ibnu Sakti

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGENDALIAN KETIDAKRATAAN SLIVER AKRILIK
MELALUI OPTIMASI PARAMETER *DRAWING* PADA
MESIN *AUTOLEVELLER* DI PT HANIL INDONESIA**

PENELITIAN

Disusun Oleh:

Nama : Diva Ibnu Sakti
No. Mahasiswa : 22526023

Yogyakarta, 04 Maret 2026

Menyetujui:

Pembimbing Tugas Akhir I

Pembimbing Tugas Akhir II



Ahmad Satria Budiman, S. T., M. Sc. Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M. Eng.

Mengetahui:

**Ketua Program Studi Rekayasa Tekstil
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PENGENDALIAN KETIDAKRATAAN SLIVER *AKRILIK* MELALUI OPTIMASI PARAMETER *DRAWING* PADA MESIN *AUTOLEVELLER* DI PT HANIL INDONESIA

PENELITIAN

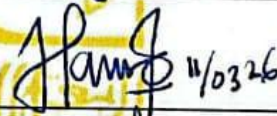
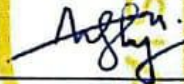
Disusun Oleh:

Nama : Diva Ibnu Sakti
No. Mahasiswa : 22526023

Telah dipertahankan di hadapan penguji pada ujian pendadaran sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Bidang Rekayasa Tekstil, Program Studi Rekayasa Tekstil, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 04 Maret 2026

Tim Penguji,
Ahmad Satria Budiman, S.T.,
M.Sc.
Ketua Penguji
Dr. Khamdan Cahyari, S.T.,
M.Sc.
Anggota Penguji I
Diyah Dwi Nugraheni, S.T.,
M.T.
Anggota Penguji II



Mengetahui:

Ketua Program Studi Rekayasa Tekstil
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Penelitian yang berjudul “Pengendalian Ketidakrataan Sliver Akrilik melalui Optimasi Parameter *Drawing* pada Mesin *Autoleveller* di PT Hanil Indonesia” dengan baik dan tepat waktu. Laporan ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan kelulusan di Program Studi Rekayasa Tekstil, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penulisan Laporan Tugas Akhir Penelitian saya ucapkan terima kasih kepada setiap pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan dan pelaksanaan Tugas Akhir ini hingga selesai. Oleh karena itu, saya ucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Eng Rina Afiani Rebia S.Hut., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Rekayasa Tekstil Universitas Islam Indonesia, sekaligus Dosen Pembimbing Penelitian Tugas Akhir, yang telah memberikan arahan, saran, dan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir.
2. Bapak Ahmad Satria Budiman S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Penelitian Tugas Akhir yang telah membimbing saya dan memberikan saran maupun arahan yang bermanfaat bagi saya.
3. Seluruh pihak PT Hanil Indonesia, yang telah memberikan kesempatan, fasilitas, serta data penelitian yang diperlukan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.
4. Kedua Orang Tua saya yang telah senantiasa memberikan dukungan moral, doa, dan motivasi selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Saudari Nasywa Hanifah Anwar, S.T. yang dengan sukarela meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu dan menemani saya secara langsung dalam penyusunan penelitian hingga selesai;
6. Semua pihak yang telah membantu dan berpartisipasi, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan penelitian.

Saya selaku penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata baik dan sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun diharapkan agar menjadi pelajaran dan perbaikan bagi saya untuk kedepannya. Semoga laporan penelitian ini bermanfaat bagi saya maupun bagi yang membaca.

Demikian yang dapat saya sampaikan, saya mengucapkan terima kasih.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 12 Januari 2026

Hormat kami

Penyusun

INTISARI

Ketidakrataan sliver (*Unevenness* atau disimbolkan U%) merupakan salah satu indikator utama kualitas pada proses pemintalan karena variasi massa yang tidak terkendali dapat menurunkan mutu benang dan mengganggu stabilitas produksi. Hasil observasi pada mesin *Autoleveller (1.1P)* di PT Hanil Indonesia menunjukkan bahwa nilai U% sliver berada pada rentang 2,07–2,45, melebihi standar mutu perusahaan sebesar 1,5–1,9, sehingga diperlukan upaya optimasi parameter proses untuk meningkatkan kestabilan *drafting* dan efektivitas sistem *autoleveller*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pengaturan parameter proses *drawing* terhadap tingkat ketidakrataan (U%) sliver pada mesin *Autoleveller (1.1P)*. Penelitian dilakukan menggunakan metode percobaan dengan variasi parameter proses melalui tiga perbaikan, yaitu pengaturan *creel tension*, *delivery*, dan kombinasi keduanya. Pengujian ketidakrataan dilakukan menggunakan Uster Tester 3. Data dianalisis secara deskriptif dan diuji menggunakan analisis varians (ANOVA) dan Paired One Sample t-test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan *creel tension* menurunkan nilai U% dari 2,07 menjadi 1,96; pengaturan *delivery* memberikan penurunan lebih besar dari 2,45 menjadi 1,86; dan penurunan paling optimal diperoleh melalui metode kombinasi, yaitu dari 2,11 menjadi 1,74, yang telah memenuhi standar mutu perusahaan. Hasil uji ANOVA dan Paired One Sample t-test menunjukkan bahwa perbedaan sebelum dan sesudah perbaikan tidak berbeda signifikan secara statistik ($p > 0,05$), namun secara teknis terjadi perbaikan mutu sliver yang nyata. Tidak ditemukan cacat berupa *thin*, *thick*, maupun neps pada seluruh kondisi pengujian. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa optimasi parameter proses, khususnya melalui kombinasi *creel tension* dan *delivery setting*, efektif dalam menurunkan nilai ketidakrataan sliver serta meningkatkan stabilitas proses pemintalan pada mesin *Autoleveller (1.1P)*.

Kata Kunci: ketidakrataan, tekanan *creel*, kecepatan mesin, sliver, pemintalan, benang akrilik, uster tester.

ABSTRACT

Sliver unevenness (Unevenness as expressed as U%) is one of the main quality indicators in the spinning process because uncontrolled mass variation can reduce yarn quality and disrupt production stability. Observations on the Autoleveller (1.1P) machine at PT Hanil Indonesia showed that the U% value of sliver ranged from 2.07–2.45, exceeding the company's quality standard of 1.5–1.9. Therefore, optimization of process parameters is required to improve drafting stability and the effectiveness of the autoleveller system. This study aims to analyze the effect of adjusting drawing process parameters on the level of sliver unevenness (U%) in the Autoleveller (1.1P) machine. The research was conducted using an experimental method with variations in process parameters through three improvements, namely creel tension adjustment, delivery setting adjustment, and a combination of both. Unevenness testing was carried out using Uster Tester 3. The data were analyzed descriptively and further tested using Analysis of Variance (ANOVA) and Paired One Sample t-test. The results showed that the adjustment of creel tension reduced the U% value from 2.07 to 1.96; the delivery setting adjustment produced a greater reduction, from 2.45 to 1.86' and the most optimal reduction was obtained through the combined method, decreasing from 2.11 to 1.74, which meets the company's quality standards. The results of the ANOVA and Paired One Sample t-test indicated that the differences before and after the improvements were not statistically significant ($p > 0.05$), although technically there was a clear improvement in sliver quality. No defects such as thin places, thick places, or neps were found under all testing conditions. Overall, this study shows that the optimization of process parameters, particularly through the combination of creel tension and delivery settings, is effective in reducing sliver unevenness and improving the stability of the spinning process on the Autoleveller (1.1P) machine.

Keywords: *unevenness, creel tension, delivery, sliver, spinning, acrylic yarn, uster tester.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL.....	3
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	4
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	5
KATA PENGANTAR.....	6
INTISARI	8
ABSTRACT	9
DAFTAR ISI.....	10
DAFTAR TABEL	12
DAFTAR GAMBAR	13
BAB I. PENDAHULUAN.....	14
1.1. Latar Belakang.....	14
1.2. Rumusan Masalah.....	15
1.3. Batasan Masalah	16
1.4. Tujuan Penelitian.....	16
1.5. Manfaat Penelitian	17
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	19
2.1. Penelitian yang Relevan.....	19
2.2. Landasan Teori	21
2.2.1. Profil Perusahaan.....	21
2.2.2. Pemintalan Benang Akrilik.....	21
2.2.3. Sliver dan Kualitasnya.....	23
2.2.4. Proses <i>Drawing</i>	24

2.2.5. <i>Delivery Setting</i>	25
2.2.6. <i>Creel Tension</i>	26
2.2.7. Pengujian Ketidakrataan Menggunakan <i>Uster Tester</i>	27
2.3. Hipotesis Penelitian	28
BAB III. METODOLOGI	30
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	30
3.2. Bahan	31
3.3. Peralatan	31
3.4. Prosedur dan Pengumpulan Data	33
3.5. Pengolahan dan Analisis Data	36
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Hasil Penelitian	39
4.1.1. Hasil Uji Pada Perbaikan <i>Creel Tension Setting</i>	39
4.1.2. Hasil Uji Pada Perbaikan <i>Delivery Setting</i>	40
4.1.3. Hasil Uji Pada Perbaikan Kombinasi	41
4.1.4. Perbandingan Persentase U% antar perbaikan	43
4.1.5. Hasil Uji Statistik	44
4.2. Pembahasan	46
BAB V. PENUTUP	53
5.1. Kesimpulan	53
5.2. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Rancangan Perbaikan <i>Creel Tension</i>	39
Tabel 4.2 Sebelum Perbaikan Metode <i>Creel Tension</i>	39
Tabel 4.3 Setelah Perbaikan Metode <i>Creel Tension</i>	39
Tabel 4.4 Rancangan Perbaikan <i>Delivery Setting</i>	40
Tabel 4.5 Sebelum Perbaikan Metode <i>Delivery Setting</i>	40
Tabel 4.6 Setelah Perbaikan Metode <i>Delivery Setting</i>	41
Tabel 4.7 Rancangan Kombinasi <i>Creel Tension</i> dan <i>Delivery Setting</i>	41
Tabel 4.8 Sebelum Perbaikan Metode <i>Creel Tension</i> dan <i>Delivery Setting</i>	42
Tabel 4.9 Setelah Perbaikan <i>Creel Tension</i> dan <i>Delivery Setting</i>	42
Tabel 4.10 Persentase Penurunan U%.....	43
Tabel 4.11 Hasil Uji Statistik R.....	44
Tabel 4.12 Hasil Uji Statistik Paired One Sample t-test	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alur Proses Serat Pendek	22
Gambar 2.2 Diagram Alur Proses Serat Panjang	23
Gambar 3.1 Sliver	31
Gambar 3.2 Mesin <i>Autoleveller</i> (1.1P)	31
Gambar 3.3 Uster Tester 3.....	32
Gambar 3.4 <i>Cane</i>	32
Gambar 3.5 <i>Flow Chart</i> Prosedur dan Pengambilan Data.....	33
Gambar 4.1 Grafik Persentase Hasil Antar Perbaikan	45
Gambar 4.2 <i>Fishbone</i> Diagram Penyebab Ketidakrataan	51

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT Hanil Indonesia merupakan perusahaan penanaman modal asing (PMA) asal Korea yang bergerak di bidang industri tekstil, khususnya pemintalan benang akrilik. Produk utama yang dihasilkan adalah benang akrilik 100% dengan merek HANILON yang dipasarkan untuk kebutuhan domestik maupun ekspor. Dalam industri tekstil, PT Hanil Indonesia termasuk salah satu produsen benang akrilik berkapasitas besar di Indonesia dengan orientasi pasar internasional dan standar produksi yang terverifikasi.

Pemintalan moderen menuntut kualitas sliver yang tinggi dan stabil sebagai bahan baku utama proses lanjutan seperti *roving* dan *spinning*. Salah satu indikator utama kualitas sliver adalah ketidakrataan (*unevenness*, U%), yang menunjukkan variasi massa per satuan panjang dan tingkat homogenitas serat. Nilai U% yang tinggi dapat menurunkan kekuatan tarik benang, meningkatkan cacat visual, serta menyebabkan ketidakstabilan proses pemintalan, sehingga berdampak langsung pada mutu produk akhir dan efisiensi produksi (Karakan Günaydın, 2022).

Dalam praktik industri, ketidakrataan sliver menjadi permasalahan penting karena variasi massa yang tidak terkontrol dapat menyebabkan inefisiensi material dan penurunan kualitas benang. Untuk mengatasi hal tersebut, mesin *drawing* yang dilengkapi sistem *autoleveller* digunakan secara luas guna mengoreksi fluktuasi massa sliver secara otomatis selama proses produksi. Namun, efektivitas sistem *autoleveller* sangat dipengaruhi oleh kestabilan parameter operasi mesin, seperti kecepatan mesin, kestabilan aliran sliver, serta kondisi mekanis dan kebersihan mesin (Ghosh & Majumdar, 2013).

Hasil observasi di PT Hanil Indonesia menunjukkan bahwa pada proses *drawing* mesin *Autoleveller N. Schlumberger (1.1P)* menghasilkan nilai ketidakrataan sliver (U%) yang relatif tinggi, yaitu berada pada kisaran 2,07–

2,45, sehingga melampaui standar toleransi perusahaan sebesar 1,5–1,9 dimana 1,5 adalah batas bawah dan 1,9 adalah batas atas. Kondisi ini mengindikasikan adanya ketidaksesuaian pengaturan parameter proses, khususnya *delivery* dan tekanan *creel*, yang menyebabkan aliran sliver menuju zona *drafting* menjadi kurang stabil.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *delivery speed* yang terlalu tinggi dapat menurunkan efektivitas *autoleveller* akibat keterbatasan waktu respons sistem serta mengganggu keteraturan serat di zona *drafting*, sehingga meningkatkan ketidakrataan sliver (Ishtiaque et al., 2007). Selain itu, pengaturan *creel tension* yang tidak tepat dapat menyebabkan fluktuasi aliran sliver, meningkatkan slip antar serat, dan mengganggu kestabilan proses *drafting*. Kondisi kebersihan mesin juga berperan sebagai faktor pendukung, karena akumulasi kotoran dan serat sisa dapat menghambat kelancaran aliran sliver dan memperburuk ketidakrataan.

Upaya perbaikan yang dilakukan di PT Hanil Indonesia antara lain melalui penyesuaian kecepatan mesin, pengaturan *creel tension*, serta pembersihan area mesin *autoleveller* (1P) terbukti mampu menurunkan nilai U% sliver hingga mendekati standar perusahaan. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis pengaruh pengaturan *delivery* dan *creel tension* terhadap tingkat ketidakrataan (U%) sliver pada proses *drawing* mesin *Autoleveller (1.1P)* di PT Hanil Indonesia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis untuk mengoptimalkan parameter proses *drawing* guna meningkatkan stabilitas proses dan mutu produksi secara berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pengaturan tekanan *creel* (*creel tension setting*) terhadap nilai ketidakrataan (U%) sliver?
2. Bagaimana pengaruh pengaturan kecepatan mesin (*delivery setting*) terhadap nilai ketidakrataan (U%) sliver?

3. Bagaimana hasil kombinasi antara pengaturan tekanan *creel* dan pengaturan kecepatan mesin terhadap pencapaian standar U% sliver?
4. Bagaimana perbandingan nilai U% sliver sebelum dan sesudah dilakukan pengaturan parameter proses *drawing* pada mesin *autoleveller* di PT Hanil Indonesia?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada mesin *Drawing N. Schumberger Autoleveller (I.IP)* yang beroperasi di area produksi *drawing* PT Hanil Indonesia.
2. Sampel sliver yang diuji berasal dari *order* produksi, yang dijadikan sebagai representasi proses aktual di lapangan.
3. Parameter proses yang dianalisis, yaitu :
 - Kecepatan mesin (*rpm*)
 - Tekanan *creel*
4. Pengujian kualitas sliver dibatasi pada parameter ketidakrataan (U%), yang diukur menggunakan Uster Tester 3 dengan panjang sliver 25 meter dengan waktu uji 1 menit pada setiap perbaikan.
5. Variabel lain seperti jenis serat, kondisi lingkungan (suhu dan kelembapan), serta tekanan *nip roller* dijaga tetap sesuai standar operasional PT Hanil Indonesia dan tidak menjadi variabel bebas dalam penelitian.
6. Analisis hasil difokuskan pada perbandingan nilai ketidakrataan sebelum dan sesudah perbaikan, tanpa menganalisis parameter lain seperti *thick & thin, places* atau neps.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh *creel tension setting* terhadap nilai ketidakrataan sliver (U%).

2. Menganalisis pengaruh *delivery setting* terhadap nilai ketidakrataan sliver (U%).
3. Menganalisis hasil penerapan kombinasi parameter proses terhadap penurunan nilai ketidakrataan sliver (U%).
4. Membandingkan hasil pengaturan parameter proses *drawing* untuk memperoleh kondisi optimal atau metode terbaik yang menghasilkan nilai U% sesuai standar perusahaan.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Secara teoretis, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu rekayasa tekstil, khususnya pada kajian proses *drawing* dalam pemintalan serat akrilik. Penelitian ini memperkaya pemahaman mengenai hubungan antara pengaturan kecepatan mesin (*delivery*) dan tekanan *creel* terhadap tingkat ketidakrataan sliver (U%). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkuat teori yang menyatakan bahwa kestabilan parameter proses pada mesin *drawing* berperan penting dalam mengendalikan kualitas sliver, serta menjadi referensi ilmiah bagi penelitian selanjutnya yang berfokus pada optimasi parameter proses dan pengendalian mutu sliver berbasis kondisi aktual industri. sekaligus berfungsi sebagai referensi ilmiah penting bagi penelitian mendatang yang berfokus pada pengendalian kualitas sliver dalam proses pemintalan

2. Manfaat Praktis

a) Bagi Industri/Perusahaan

Secara praktis bagi PT Hanil Indonesia, penelitian ini diproyeksikan sebagai rujukan teknis dalam menetapkan kombinasi optimal antara kecepatan mesin dan tekanan *creel* demi mereduksi nilai U% sliver agar sesuai batas toleransi. Temuan ini juga berfungsi sebagai landasan evaluasi strategis dalam manajemen operasional, terutama terkait kalibrasi parameter *drawing* dan pemeliharaan

mesin, guna menjamin konsistensi mutu produksi secara berkelanjutan.

b) Bagi Prodi/Perguruan Tinggi

Bagi akademik, penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu rekayasa manufaktur tekstil, khususnya dalam analisis pengaruh parameter proses mesin *drawing* terhadap kualitas sliver. Penelitian ini juga dapat menjadi referensi ilmiah terkait pengendalian ketidakrataan (*unevenness*) pada proses pemintalan serat panjang (*filament*), serta memperkaya literatur akademik mengenai upaya optimasi proses tekstil berbasis data industri aktual, yang relevan dengan kebutuhan industri tekstil modern.

c) Bagi Penulis

Bagi penulis, penelitian ini memberikan pengalaman langsung dalam menerapkan teori yang diperoleh selama perkuliahan ke dalam permasalahan nyata di industri tekstil. Melalui penelitian ini, penulis dapat memahami hubungan antara pengaturan parameter proses mesin *drawing* dan kualitas sliver, meningkatkan kemampuan analisis data produksi, serta mengembangkan pola pikir sistematis dan kritis dalam menyelesaikan permasalahan teknis di lingkungan manufaktur tekstil.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian yang Relevan

Sejumlah penelitian yang relevan terkait penelitian ini antara lain:

1. Penelitian berjudul “*The Effect of Sliver Delivery Speed on the Unevenness of Carded and Combed Cotton Yarns*” yang dilakukan oleh Zeybek (2022) menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan (*delivery*) menyebabkan peningkatan nilai ketidakrataan (CVm dan U%), karena keterbatasan waktu respon sistem pengendalian terhadap fluktuasi massa sliver. Penelitian ini menegaskan bahwa pengaturan *delivery* yang terlalu tinggi dapat menurunkan kualitas kerataan sliver, sehingga diperlukan optimasi kecepatan mesin untuk mencapai nilai U% sliver yang stabil dan sesuai standar.
2. Penelitian berjudul “*Study of drafting force variability and sliver irregularity at the break draft zone of a draw frame*” yang dilakukan oleh Siddiqui et al. (2015) menunjukkan bahwa gaya tarik selama proses drafting berkontribusi terhadap meningkatnya variasi massa sliver. Kondisi ini berkaitan erat dengan pengaturan kecepatan mesin dan kestabilan aliran sliver, yang secara tidak langsung memengaruhi nilai U%. Temuan ini mendukung pentingnya pengaturan parameter mesin yang tepat untuk menjaga kualitas sliver selama proses *drawing*.
3. Penelitian berjudul “*Study on Drafting Force and Sliver Irregularity on Drawing Frame*” yang dilakukan oleh Zhang and Yu (2012) menunjukkan bahwa kestabilan kondisi operasi mesin, termasuk kecepatan dan pengaturan mekanis, berperan penting dalam efektivitas sistem pengendalian ketidakrataan. Ketidaksesuaian parameter operasi dapat menurunkan kinerja sistem koreksi dan menyebabkan nilai U% berada di luar batas yang diharapkan. Penelitian ini memperkuat dasar bahwa pengaturan *delivery* dan kondisi mekanis mesin harus dikontrol secara optimal.

4. Penelitian berjudul “*A study of the drafting force in roller drafting and its influence on sliver irregularity*” yang dilakukan oleh Lin et al. (2011) menunjukkan bahwa ketegangan sliver yang tidak stabil, termasuk akibat pengaturan *tension* yang tidak sesuai, dapat meningkatkan variasi massa sliver. Penelitian ini relevan dengan pengaturan *creel tension*, karena tekanan yang terlalu besar maupun terlalu kecil dapat mengganggu kestabilan aliran serat menuju zona *drafting* dan berdampak pada nilai U% sliver.
5. Penelitian berjudul “Pendekatan Kuantitatif Terhadap Peningkatan Kualitas *Sliver* melalui Intervensi Pembersihan *Top Roll* Pada Mesin *Drawing*” yang dilakukan oleh Harianto et al. (2025) menunjukkan bahwa pembersihan rutin pada komponen mesin mampu menurunkan nilai U% secara signifikan dan meningkatkan kestabilan proses produksi. Penelitian ini relevan dengan observasi lapangan di PT Hanil Indonesia, di mana pembersihan mesin menjadi bagian dari upaya pendukung perbaikan proses untuk menurunkan nilai U% sliver.
6. Penelitian berjudul “*Impact of high-speed draw frame and its preparatory on fibre orientation parameters at sliver*” yang dilakukan oleh Ishtiaque (2007) menunjukkan bahwa kestabilan aliran sliver dan pengaturan parameter proses selama tahapan *drawing* berpengaruh signifikan terhadap nilai ketidakrataan sliver. Ketidaksesuaian kondisi operasi mesin dapat meningkatkan variasi massa sliver dan menurunkan konsistensi kualitas produk.
7. Penelitian berjudul “*Influence of Can-spring Stiffness, Delivery Speed and Sliver Coils Position on Unevenness*” yang dilakukan oleh Singh, dkk. (2019) menunjukkan bahwa *delivery speed* dan kondisi mekanis sistem penyimpanan sliver (*can-spring*) berpengaruh signifikan terhadap nilai U% sliver pada tahap *finisher drawframe*. Penelitian ini relevan dengan penelitian yang dilakukan di PT Hanil Indonesia, karena sama-sama menegaskan bahwa pengaturan kecepatan mesin merupakan faktor utama dalam pengendalian ketidakrataan sliver, meskipun penelitian ini

menitikberatkan pada optimasi *delivery speed* dan *creel tension* sebagai parameter proses untuk menurunkan nilai U% sliver.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Profil Perusahaan

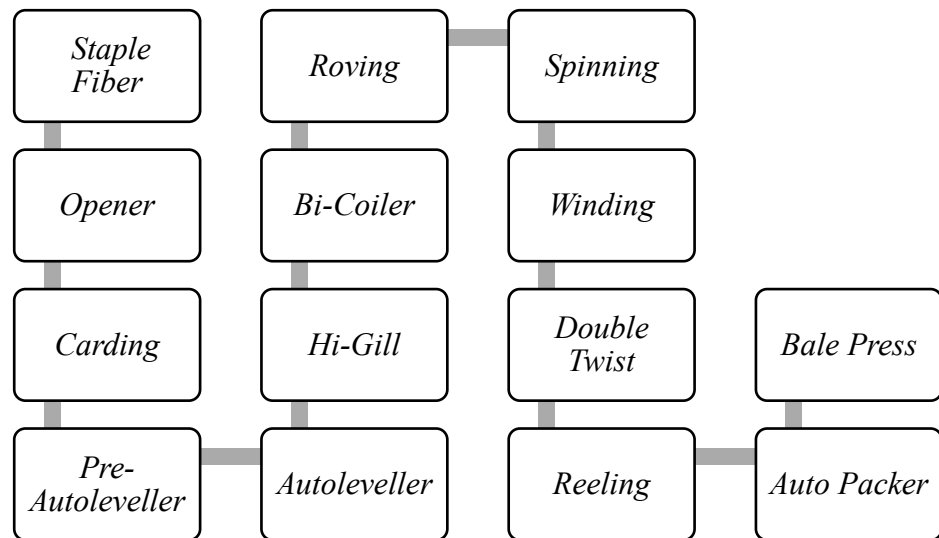
Berikut ini merupakan profil perusahaan lebih rinci yang bergerak di bidang industri tekstil, khususnya pemintalan (*spinning*) :

Nama Perusahaan	: PT Hanil Indonesia
Tahun Berdiri	: Januari 1992
Luas Area	: 136.286 m ²
Karyawan	: 1.700
Bidang Usaha	: Industri Tekstil
Aktivitas	: Pemintalan Benang (<i>spinning</i>)
Produk	: Benang Akrilik
Pasar Ekspor	: Korea, Eropa, Timur Tengah, dan Amerika
Target Penjualan	: Lokal 15%, Ekspor 85%
Alamat	: Jl. Raya Randusari – Klaten, Nepen, Teras, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah 57322, Indonesia
No. Telepon	: +62-21-526-5230
Email	: jslee919@gmail.com
Website	: https://hanilindonesia.id/

2.2.2. Pemintalan Benang Akrilik

Proses pemintalan benang akrilik secara umum dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pemintalan menggunakan serat pendek (*staple fiber*) dan pemintalan menggunakan serat panjang (*tow fiber*). Secara prinsip, kedua jenis pemintalan tersebut memiliki kesamaan, namun perbedaannya terletak pada tahapan proses dan jenis mesin yang digunakan. Pada proses pemintalan serat pendek, tahapan produksi diawali dengan proses pembukaan dan pembersihan serat melalui

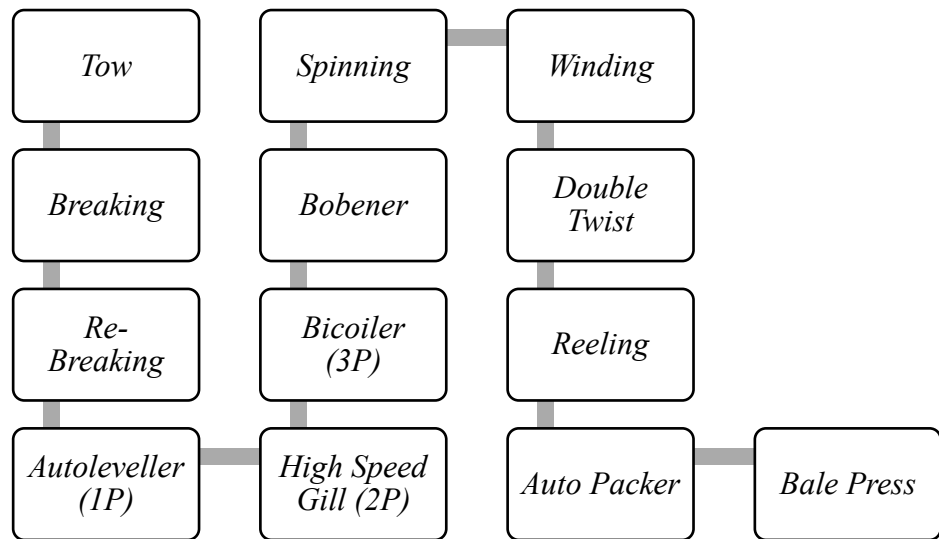
mesin *opener* dan *carding*. Selanjutnya, sliver hasil proses *carding* diproses secara bertahap melalui mesin *pre-autoleveller*, *autoleveller*, *high speed gill*, *bicoiler*, *rover*, *ring spinning*, *winding*, *double twist*, *reeling*, *auto packer*, hingga tahap akhir berupa pengepakan menggunakan *bale press*. Proses serat pendek dilakukan di jalur khusus, yaitu *line cognetex* (nama mesin produksi). Berikut *flow process* untuk pemintalan serat pendek:



Gambar 2.1 Diagram Alur Proses Serat Pendek

Sumber: Dokumentasi Perusahaan

Sementara itu, pada proses pemintalan serat panjang, tahapan awal dimulai dari mesin *breaking* dan *re-breaking*, kemudian dilanjutkan ke mesin *autoleveller* (1P), *high speed gill* (2P), *bicoiler* (3P), *bobener*, *spinning*, *winding*, *double twist*, *reeling*, *auto packer*, hingga proses pengepakan menggunakan *bale press*. Proses serat panjang dilakukan pada *line nsc* (nama mesin). Berikut *flow process* untuk pemintalan serat panjang:



Gambar 2.2 Diagram Alur Proses Serat Panjang

Sumber: Dokumentasi Perusahaan

Perbedaan utama antara kedua proses tersebut terletak pada jumlah tahapan pemintalan, di mana pemintalan serat pendek melalui dua tahapan proses awal, sedangkan pemintalan serat panjang hanya melalui satu tahapan proses.

2.2.3. Sliver dan Kualitasnya

Sliver adalah material setengah jadi yang diperoleh melalui proses *carding* atau *gilling*, berupa kumpulan serat paralel tanpa adanya *twist*. Kualitas sliver dievaluasi menggunakan parameter *unevenness* (U%), yaitu koefisien variasi massa per unit panjang yang merefleksikan homogenitas distribusi serat. Nilai U% yang tinggi mengindikasikan ketidakseragaman massa serat yang dapat menurunkan kualitas benang akhir (Karakan Günaydın, 2022).

Menurut Hossain dan Samanta (2019), variasi *unevenness* yang terdapat pada sliver secara inheren terbawa ke dalam proses *spinning* dan secara signifikan mempengaruhi kekuatan tarik (*strength*),

keseragaman massa (*evenness*), serta indeks ketidaksempurnaan (*imperfection index*) pada benang yang dihasilkan.

2.2.4. Proses *Drawing*

Proses *drawing* merupakan salah satu tahapan penting dalam pemintalan benang yang berfungsi untuk melakukan perangkapan, penyisiran, dan penyetaraan sliver secara bertahap. Proses *drawing* meliputi beberapa tahapan, yaitu mesin *autoleveller*, *high speed gill*, hingga *bicoiler*, yang bertujuan untuk meningkatkan keseragaman dan kualitas sliver. Proses *drawing* bekerja berdasarkan prinsip perbedaan kecepatan antar *roller* serta penyisiran serat menggunakan *faller*, sehingga serat dapat tersusun sejajar dan merata. Sliver yang digunakan sebagai bahan baku (*input*) pada proses *drawing* berasal dari hasil proses *re-breaking*, sedangkan produk keluarannya (*output*) berupa sliver yang telah mengalami proses peregangan dan penyetaraan pada setiap tahapan proses *drawing*.

Menurut Ghosh dan Majumdar (2013), *drawing* memiliki sejumlah fungsi utama yang berpengaruh besar terhadap kualitas benang akhir. Fungsi pertama adalah perangkapan (*doubling*), yaitu penggabungan beberapa sliver, umumnya antara enam hingga delapan untaian, untuk menurunkan variasi massa melalui efek perataan. Fungsi kedua adalah penyetaraan serat (*parallelisation*), yang bertujuan meluruskan serat-serat yang masih melengkung atau membentuk kait (*hooks*) akibat proses *carding* sehingga serat sejajar dengan arah sliver. Selain itu, *drawing* juga berfungsi sebagai media pencampuran serat (*blending*) untuk menghasilkan distribusi serat yang lebih homogen, serta melakukan pembersihan akhir terhadap debu dan serat pendek melalui sistem penghisapan (*suction*) yang terdapat pada zona *drafting*.

Untuk menjaga kestabilan nilai ketidakrataan sliver (U%), proses *drawing* modern umumnya dilengkapi dengan sistem *autoleveller*

yang berfungsi sebagai pengendali otomatis dalam mendeteksi dan mengoreksi variasi massa sliver secara *real-time* selama proses berlangsung. Pada sistem *open-loop* yang banyak digunakan di industri pemintalan, sensor pengukuran ditempatkan pada bagian masukan untuk memantau fluktuasi ketebalan sliver yang masuk ke mesin, kemudian sinyal hasil pengukuran tersebut diteruskan ke unit kontrol elektronik untuk mengatur kecepatan motor penggerak melalui penyesuaian kecepatan drafting.

Apabila terdeteksi bagian sliver yang terlalu tebal, sistem akan meningkatkan tingkat regangan untuk menurunkan ketebalannya, sedangkan pada bagian yang terlalu tipis regangan akan dikurangi, sehingga sliver keluaran memiliki tingkat keseragaman massa yang tinggi dan konsisten meskipun terdapat variasi pada bahan baku.

2.2.5. *Delivery Setting*

Delivery setting merupakan pengaturan kecepatan keluaran sliver dari mesin *drawing* yang umumnya dinyatakan dalam satuan meter per menit (m/min). Parameter ini berkaitan langsung dengan kecepatan proses *drafting* dan tingkat produktivitas mesin, sehingga pengaturannya harus mempertimbangkan keseimbangan antara pencapaian kualitas sliver dan efisiensi produksi. Pengaturan *delivery* yang tidak tepat dapat berdampak pada kestabilan proses dan kualitas sliver yang dihasilkan.

Ishtiaque dan Khasru (2007) menyatakan bahwa *delivery setting* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap ketidakrataan sliver. Peningkatan kecepatan mesin yang terlalu tinggi dapat menyebabkan ketidakstabilan aliran sliver selama proses *drafting* akibat meningkatnya gaya tarik serta berkurangnya waktu respons sistem drafting. Kondisi tersebut memicu fluktuasi massa sliver yang pada akhirnya meningkatkan nilai ketidakrataan (U%). Pada mesin *drawing* yang dilengkapi dengan sistem *autoleveller*, efektivitas

sistem pengendalian ketidakrataan juga sangat dipengaruhi oleh *delivery setting*. Kecepatan mesin yang berlebihan dapat menurunkan kemampuan *autoleveller* dalam melakukan koreksi massa sliver secara optimal, terutama terhadap variasi ketidakrataan jangka pendek (Ishtiaque & Khasru, 2007).

Hasil penelitian lain yang dipublikasikan dalam *Textile Journal of Science and Engineering* (TJSE, 2022) menunjukkan bahwa peningkatan *delivery setting* tanpa diikuti penyesuaian parameter proses lainnya dapat menyebabkan ketidakseimbangan gaya pada zona *drafting*. Ketidakseimbangan tersebut berpotensi menimbulkan fenomena *drafting wave* dan ketidakseragaman penarikan serat, yang selanjutnya berkontribusi terhadap meningkatnya nilai U% sliver. Sebaliknya, *delivery setting* yang terlalu rendah dinilai kurang optimal karena dapat menurunkan produktivitas mesin tanpa memberikan peningkatan kualitas sliver yang signifikan. Oleh karena itu, diperlukan pengaturan *delivery setting* yang optimum agar diperoleh nilai ketidakrataan sliver yang rendah sekaligus tetap mempertahankan efisiensi proses produksi (TJSE, 2022).

2.2.6. Creel Tension

Creel tension merupakan tegangan awal (*pre-draft tension*) yang dialami sliver saat ditarik dari *cane* sliver pada sistem *creel* sebelum memasuki zona *drafting* mesin *drawing*. Tegangan ini berpengaruh langsung terhadap kestabilan aliran sliver dan kondisi awal serat yang akan mengalami proses peregangan. Sistem *creel* berfungsi sebagai penyuplai sliver secara kontinu menuju zona *drafting*, sehingga ketidakseragaman tegangan pada tahap ini dapat menyebabkan sliver memasuki zona *drafting* dalam kondisi yang tidak stabil dan tidak seragam (Noerati et al., 2013).

Pengendalian tegangan material pada tahap awal proses pemintalan merupakan faktor penting dalam menjaga kestabilan

proses dan kualitas produk. Variasi *creel tension* yang tidak terkontrol dapat menimbulkan fluktuasi gaya tarik selama proses *drafting*, yang berdampak pada ketidakteraturan distribusi massa sliver dan berpotensi meningkatkan nilai ketidakrataan (U%) (Thilagavathi & Karthik, 2016). Oleh karena itu, kestabilan *creel tension* menjadi salah satu prasyarat untuk memperoleh proses *drafting* yang seragam dan terkendali.

Penelitian oleh Çelik, Eren, dan İhtiyar (2019) menunjukkan bahwa penerapan sistem kontrol tegangan berbasis umpan balik (*feedback tension control system*) yang menjaga tegangan material mendekati nilai *set point* mampu menekan fluktuasi tegangan secara signifikan. Meskipun penelitian tersebut dilakukan pada mesin warping, prinsip pengendalian tegangan yang dibahas relevan secara mekanis dengan sistem *creel* pada mesin *drawing*, karena keduanya melibatkan pengaturan tegangan material sebelum memasuki zona proses utama. Dalam praktik proses *drawing*, *creel tension* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gaya tarik berlebih sebelum *drafting*, sedangkan *creel tension* yang terlalu rendah dapat mengakibatkan *feeding* sliver tidak stabil, sehingga diperlukan pengaturan *creel tension* yang optimum untuk menjaga keseimbangan gaya tarik dan menurunkan ketidakrataan sliver.

2.2.7. Pengujian Ketidakrataan Menggunakan *Uster Tester*

Uster Tester merupakan alat uji standar internasional yang digunakan untuk mengukur ketidakrataan massa (*mass irregularity*) pada produk hasil proses pemintalan seperti sliver, roving, dan benang, serta banyak dijadikan acuan dalam evaluasi mutu produk pemintalan secara global (USTER® Technologies, 2018; Hossain & Samanta, 2019).

Prinsip kerja *Uster Tester* didasarkan pada metode kapasitansi, yaitu sliver dialirkan di antara dua elektroda yang membentuk

kapasitor. Perubahan massa linear sliver sepanjang pengujian akan menyebabkan perubahan nilai kapasitansi, yang kemudian dikonversi menjadi sinyal listrik dan diolah secara digital menjadi data kuantitatif ketidakrataan (USTER® Technologies, 2018; Lawrence, 2010). Semakin besar fluktuasi sinyal yang terdeteksi, semakin tinggi tingkat variasi massa sliver yang terukur (Saville, 2001).

Parameter utama yang dihasilkan dari pengujian *Uster Tester* meliputi $U\%$ (*Unevenness*) dan $CVm\%$ (*Coefficient of Mass Variation*), serta indikator cacat berupa *thin places*, *thick places*, dan *neps* (Saville, 2001; Hossain & Samanta, 2019). Nilai $U\%$ menunjukkan tingkat ketidakrataan massa sliver per satuan panjang dan menjadi parameter utama dalam penelitian ini. Sementara itu, $CVm\%$ menggambarkan variasi statistik massa sliver dan secara empiris berkaitan dengan $U\%$ melalui hubungan $CVm\% \approx 1,25 \times U\%$ pada kondisi distribusi massa yang mendekati normal (Saville, 2001).

Pengujian sliver menggunakan *Uster Tester* dilakukan pada panjang sampel serta kondisi pengujian yang telah distandarisasi untuk menjamin konsistensi dan keterbandingan hasil pengukuran antar perbaikan (USTER® Technologies, 2018). Data hasil pengujian tersebut digunakan untuk mengevaluasi perubahan tingkat ketidakrataan sliver sebelum dan sesudah pengaturan parameter proses, sehingga *Uster Tester* berfungsi sebagai alat ukur utama dalam menilai respon kualitas sliver.

2.3. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. $H0_1$: Perubahan pengaturan tekanan *creel* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai ketidakrataan sliver ($U\%$) pada mesin *drawing autoleveller*.

2. H₁₁ : Perubahan pengaturan tekanan *creel* berpengaruh secara signifikan terhadap nilai ketidakrataan sliver (U%) pada mesin *drawing autoleveller*.
3. H₀₂ : Perubahan pengaturan *delivery* mesin tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai ketidakrataan sliver (U%) pada mesin *drawing autoleveller*.
4. H₁₂ : Perubahan pengaturan *delivery* mesin berpengaruh secara signifikan terhadap nilai ketidakrataan sliver (U%) pada mesin *drawing autoleveller*.
5. H₀₃ : Kombinasi pengaturan *delivery* mesin dan tekanan *creel* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai ketidakrataan sliver (U%) pada mesin *drawing autoleveller*.
6. H₁₃ : Kombinasi pengaturan *delivery* mesin dan tekanan *creel* berpengaruh secara signifikan terhadap nilai ketidakrataan sliver (U%) pada mesin *drawing autoleveller*.
7. H₀₄ : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai ketidakrataan sliver (U%) sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan proses.
8. H₁₄ : Terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai ketidakrataan sliver (U%) sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan proses.

BAB III. METODOLOGI

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan sampel dilakukan di PT Hanil Indonesia yang beralamat di Jl. Randusari – Klaten, Nepen, Kec. Teras, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. PT Hanil Indonesia memiliki produk utamanya, yaitu benang akrilik 100% dengan merek *Hanilon*, termasuk dengan benang fungsional antibakteri *Hanilon AB+*.
2. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium PT Hanil Indonesia. Laboratorium PT Hanil Indonesia berperan penting sebagai bagian dari sistem *quality control* (QC) dalam mendukung proses produksi benang akrilik. Laboratorium ini berfungsi untuk memastikan bahwa bahan baku produk antara (*sliver, roving*), dan produk akhir memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan perusahaan sebelum dilanjutkan ke tahap proses berikutnya maupun sebelum dipasarkan. Pemilihan Lokasi pengujian berdasarkan pada ketersediaan alat yang memenuhi standar pengujian *sliver* pada saat proses produksi.

Adapun penelitian ini dilaksanakan selama 3 (tiga) bulan, yaitu sejak bulan Desember 2025 hingga Februari 2026.

3.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sliver yang diperoleh dari mesin *re-braking (pre-combing)*



Gambar 3.1 Sliver

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.3. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin *Autoleveller (1.1P)*



Gambar 3.2 Mesin *Autoleveller (1.1P)*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. *Uster Tester 3*



Gambar 3.3 Uster Tester 3

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. *Cane*

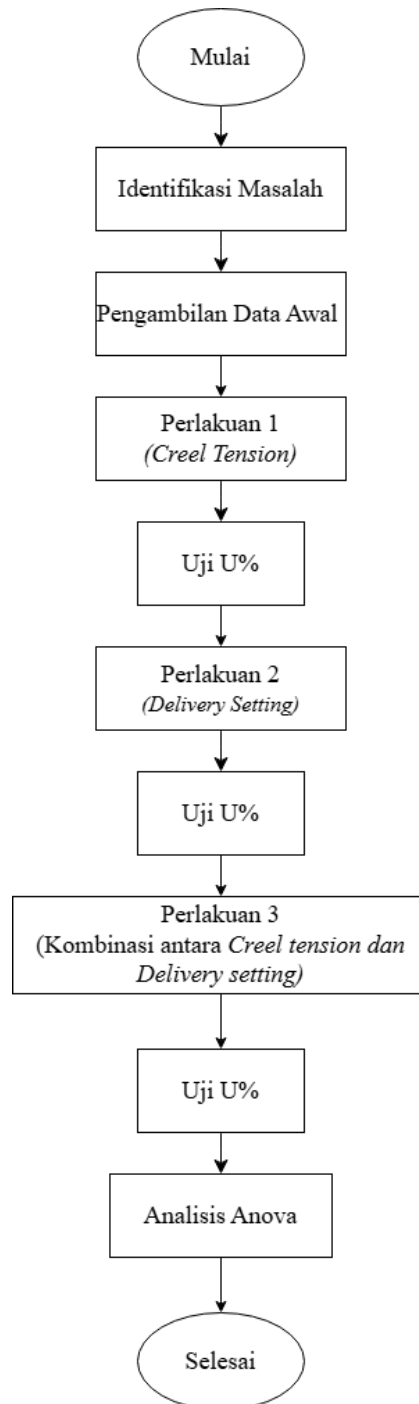


Gambar 3.4 *Cane*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.4. Prosedur dan Pengumpulan Data

Prosedur dan pengumpulan data dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 3.5 *Flow Chart* Prosedur dan Pengambilan Data

Sumber: Dokumentasi Pribadi

1. Observasi Awal

Observasi awal dilakukan untuk mengetahui kondisi parameter proses pada mesin *Autoleveller (1.1P)* serta nilai ketidakrataan sliver (U%) sebelum dilakukan perbaikan. Pengamatan dilakukan terhadap parameter *delivery setting* dan *creel tension* yang digunakan dalam proses produksi. Hasil observasi awal terhadap parameter proses dan nilai U% sliver ditunjukkan pada tabel 3.1 :

Tabel 3.1 Observasi Awal Parameter Proses

Observasi	<i>Delivery (rpm)</i>	<i>Creel Tension</i>	U%
1	265	8,9	2,07
2	265	5,5	2,45
3	230	5,5	2,11

2. Mengubah tekanan *creel*

Perbaikan pertama dilakukan dengan menyesuaikan tekanan *creel* yang awalnya 8,9 di turunkan menjadi 5,5 dan *delivery* mesin tidak diubah (265rpm). Yang mana untuk menjaga kestabilan aliran sliver menuju zona *drafting*. Tahapan perbaikan ini meliputi:

- a) Mengatur tekanan *creel tension* sesuai kondisi awal mesin, yaitu 8,9
- b) Menyesuaikan tekanan *creel tension* ke kondisi yang lebih stabil menjadi 5,5 berdasarkan hasil observasi.
- c) Memastikan aliran sliver menuju zona *drafting* berjalan lancar tanpa slip atau fluktuasi berlebih
- d) Mengoperasikan mesin hingga kondisi proses stabil.
- e) Mengambil sampel sliver hasil proses *drawing* setelah pengaturan tekanan *creel tension* dilakukan.

3. Mengubah kecepatan mesin

Perbaikan kedua dilakukan dengan mengatur kecepatan *delivery* mesin *autoleveller* yang awalnya 265 diturunkan menjadi 230, tanpa mengubah tekanan pada *creelnya* (5,5). Tahapan perbaikan ini meliputi:

- a) Menjalankan mesin *drawing autoleveller N. Schlumberger (1P)* pada kondisi awal sesuai standar operasional perusahaan.

- b) Mencatat nilai *delivery* (kecepatan) awal yang digunakan dalam proses produksi, yaitu 265rpm.
 - c) Menurunkan kecepatan *delivery* mesin ke nilai yang telah ditentukan berdasarkan hasil observasi lapangan.
 - d) Mengoperasikan mesin dengan kecepatan *delivery* yang telah disesuaikan hingga proses berjalan stabil.
 - e) Mengambil sampel sliver hasil proses *drawing* setelah penerapan pengaturan *delivery*.
4. Mengubah kecepatan mesin dan tekanan *creel*
- Perbaikan ketiga dilakukan dengan mengombinasikan pengaturan kecepatan mesin dan tekanan *creel* secara bersamaan. Kecepatan mesin yang awalnya 230 rpm, diturunkan menjadi 200 rpm dan tekanan *creel* disesuaikan menjadi 2,5. Perbaikan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi parameter proses terhadap ketidakrataan sliver. Tahapan perbaikan ini meliputi:
- a) Mengatur tekanan *creel* dari 5,5 menjadi 2,5 pada perbaikan pertama.
 - b) Mengatur kecepatan *delivery* mesin dari 230 rpm menjadi 200 rpm pada perbaikan kedua.
 - c) Mengoperasikan mesin *autoleveller* dengan kedua parameter tersebut secara bersamaan
 - d) Menjalankan mesin hingga kondisi proses stabil.
 - e) Mengambil sampel sliver hasil proses *drawing* setelah penerapan kombinasi parameter dilakukan.
5. Uji Ketidakrataan Sliver (U%) sebelum perbaikan
- a) Mengambil sampel sliver dari hasil proses mesin *autoleveller* (1.1P) pada kondisi awal.
 - b) Melakukan pengujian ketidakrataan sliver menggunakan Uster Tester 3.
 - c) Pengujian dilakukan dengan panjang sliver 25 meter dan waktu pengujian selama 1 menit untuk setiap sampel.

- d) Mencatat nilai ketidakrataan sliver (U%) sebagai data awal penelitian.
6. Uji Ketidakrataan Sliver (U%) setelah perbaikan
- a) Mengambil sampel sliver hasil proses mesin *autoleveller (1.1P)* setelah penerapan perbaikan 1, 2, dan 3.
 - b) Melakukan pengujian ketidakrataan sliver menggunakan Uster Tester 3 dengan ketentuan pengujian yang sama seperti pengujian awal.
 - c) Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali untuk setiap kondisi perbaikan.
 - d) Mencetak dan mencatat nilai ketidakrataan sliver (U%) sebagai data penelitian.
 - e) Menghitung nilai rata-rata U% untuk setiap kondisi perbaikan. Penelitian ini menggunakan pendekatan trial perbaikan parameter proses secara bertahap (*sequential process adjustment*) berdasarkan kondisi aktual produksi. Oleh karena itu kondisi awal setiap perbaikan dapat berbeda mengikuti kondisi operasional mesin pada saat pengambilan data.

3.5. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Cara Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan terhadap data ketidakrataan sliver (U%) yang diperoleh dari hasil pengujian sliver menggunakan Uster Tester 3 selama proses penelitian berlangsung di PT Hanil Indonesia. Data yang dikumpulkan terdiri dari data U% sliver pada kondisi awal sebelum dilakukan perbaikan serta data U% sliver setelah dilakukan perbaikan. Perbaikan yang dilakukan meliputi pengaturan *creel tension*, pengaturan kecepatan mesin (*delivery setting*), dan kombinasi dari keduanya.

Setiap kondisi perbaikan dilakukan pengambilan sampel sliver hasil proses mesin *autoleveller (1.1P)*, kemudian dilakukan pengujian ketidakrataan sliver sebanyak tiga kali pengulangan untuk memperoleh nilai U% yang lebih stabil. Nilai U% hasil pengujian tersebut kemudian dicatat dan dihitung nilai rata-ratanya untuk masing-masing kondisi, yaitu kondisi sebelum perbaikan, setelah pengaturan *delivery* mesin, setelah pengaturan tekanan *creel*, dan setelah perbaikan kombinasi kedua parameter. Seluruh hasil pengolahan data disusun dalam bentuk tabel perbandingan nilai U% untuk memudahkan proses analisis dan pembahasan hasil penelitian.

2. Cara Interpretasi Data

Interpretasi data dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata ketidakrataan sliver (U%) sebelum perbaikan dengan nilai rata-rata U% setelah perbaikan diberikan. Perbandingan ini digunakan untuk melihat perubahan nilai U% yang terjadi akibat pengaturan tekanan *creel*, pengaturan *delivery*, serta kombinasi kedua parameter tersebut. Interpretasi dilakukan dengan mengamati apakah terjadi penurunan nilai U% setelah perbaikan dibandingkan dengan kondisi awal.

Selain itu, interpretasi data juga dilakukan dengan membandingkan hasil antarperbaikan untuk mengetahui perbaikan mana yang memberikan penurunan nilai U% paling signifikan dan paling stabil. Hasil interpretasi ini digunakan untuk menilai efektivitas pengaturan parameter proses yang diterapkan berdasarkan kondisi aktual mesin *autoleveller* di PT Hanil Indonesia, serta untuk menentukan kombinasi pengaturan parameter yang menghasilkan kualitas sliver terbaik sesuai dengan standar perusahaan.

3. Metode Statistik

a. One Way ANOVA (*Analysis of Variance*)

One Way ANOVA digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata nilai ketidakrataan sliver (U%) pada beberapa perbaikan yang diberikan. Dalam penelitian ini,

analisis One Way ANOVA digunakan untuk membandingkan hasil pengujian pada kondisi awal dengan rata-rata hasil setelah dilakukan pengaturan parameter proses seperti *creel tension* dan *delivery*. Metode ini bertujuan untuk mengetahui apakah variasi perbaikan yang diberikan menghasilkan perbedaan yang signifikan terhadap kualitas sliver yang dihasilkan. Keputusan pengujian dilakukan berdasarkan nilai signifikansi (*p-value*) dengan taraf signifikansi 0,05. Apabila nilai $p < 0,05$ maka terdapat perbedaan yang signifikan antar perbaikan, sedangkan apabila nilai $p > 0,05$ maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

b. Paired One Sample t-test

Paired One Sample t-test digunakan untuk membandingkan dua kondisi data yang saling berpasangan, yaitu nilai ketidakrataan sliver (U%) sebelum dan sesudah perbaikan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah perubahan parameter proses yang diterapkan dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan nilai U%. Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata sebelum perbaikan dengan nilai rata-rata setelah perbaikan pada masing-masing parameter yang diuji. Keputusan pengujian juga didasarkan pada nilai signifikansi (*p-value*) dengan taraf signifikansi 0,05. Jika nilai $p < 0,05$ maka perubahan yang terjadi dianggap signifikan, sedangkan jika nilai $p > 0,05$ maka perubahan yang terjadi tidak signifikan secara statistik.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Hasil Uji Pada Perbaikan *Creel Tension Setting*

a. Sebelum Perbaikan

Rancangan penelitian pada perbaikan ini dilakukan dengan mempertahankan parameter *delivery setting* tetap pada 265 rpm, sedangkan *creel tension* diturunkan dari 8,9 menjadi 5,5.

Tabel 4.1 Rancangan Perbaikan *Creel Tension*

Parameter	Kondisi Awal	Perbaikan
<i>Delivery Setting</i>	265 rpm	265 rpm (tetap)
<i>Creel Tension</i>	8,9	5,5
Pengujian U%	1 kali	3 kali

Tabel 4.2 Sebelum Perbaikan Metode *Creel Tension*

Test. no	Um %	CVm %	Thin places (-50%)	Thick places (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count %
<i>Mean value</i>	2,07	2,61	0/km	0/km	0/km	100,0

b. Setelah Perbaikan

Tabel 4.3 Setelah Perbaikan Metode *Creel Tension*

Test. no	Um %	CVm %	Thin places (-50%)	Thick places (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count %
1.	1,99	2,54	0	0	0	100,0
2.	1,97	2,46	0	0	0	100,0
3.	1,91	2,39	0	0	0	100,0

<i>Mean value</i>	1,96	2,46	0/km	0/km	0/km	100,0
-------------------	------	------	------	------	------	-------

Berdasarkan hasil pengujian ketidakrataan (U%) sliver menggunakan Uster Tester 3, nilai U% sliver sebelum perbaikan tercatat sebesar 2,07 yang disajikan pada tabel 4.2 yang mana hasil pengujian melebihi standar yang ditetapkan oleh perusahaan. Setelah adanya perbaikan dengan pengaturan *creel tension*, nilai U% mengalami penurunan dengan hasil rata-rata 1,96 yang disajikan pada tabel 4.3 dan pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan.

4.1.2. Hasil Uji Pada Perbaikan *Delivery Setting*

a. Sebelum Perbaikan

Pada perbaikan ini *creel tension* dipertahankan tetap pada 5,5, sedangkan *delivery setting* diturunkan dari 265 rpm menjadi 230 rpm.

Tabel 4.4 Rancangan Perbaikan *Delivery Setting*

Parameter	Kondisi Awal	Perbaikan
<i>Delivery Setting</i>	265 rpm	230 rpm
<i>Creel Tension</i>	8,9	5,5 (tetap)
Pengujian U%	1 kali	3 kali

Tabel 4.5 Sebelum Perbaikan Metode *Delivery Setting*

Test. no	Um %	CVm %	Thin places (-50%)	Thick places (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count %
<i>Mean value</i>	2,45	3,08	0/km	0/km	0/km	100,0

b. Setelah Perbaikan

Tabel 4.6 Setelah Perbaikan Metode *Delivery Setting*

Test. no	Um %	CVm %	Thin places (-50%)	Thick places (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count %
1.	1,86	2,33	0	0	0	100,0
2.	1,85	2,36	0	0	0	100,0
3.	1,86	2,37	0	0	0	100,0
<i>Mean value</i>	1,86	2,35	0/km	0/km	0/km	100,0

Berdasarkan hasil pengujian ketidakrataan (U%) sliver menggunakan Uster Tester 3, nilai U% sliver sebelum perbaikan tercatat sebesar 2,45 yang disajikan pada tabel 4.5 yang mana hasil pengujian melebihi standar yang ditetapkan oleh perusahaan. Setelah adanya perbaikan dengan pengaturan *delivery setting*, nilai U% mengalami penurunan dengan hasil rata-rata 1,86 yang disajikan pada tabel 4.6 dengan pengujian sebanyak 3 kali.

4.1.3. Hasil Uji Pada Perbaikan Kombinasi

a. Sebelum Perbaikan

Pada perbaikan ketiga dilakukan kombinasi pengaturan *creel tension* dan *delivery* untuk memperoleh hasil penurunan nilai U% yang lebih optimal. Parameter *creel tension* diturunkan dari 5,5 menjadi 2,5, sedangkan *delivery setting* diturunkan dari 230 rpm menjadi 200 rpm.

Tabel 4.7 Rancangan Kombinasi *Creel Tension* dan *Delivery Setting*

Parameter	Kondisi Awal	Perbaikan
<i>Delivery Setting</i>	230 rpm	200 rpm

<i>Creel Tension</i>	5,5	2,5
Pengujian U%	1 kali	3 kali

Tabel 4.8 Sebelum Perbaikan Metode *Creel Tension* dan *Delivery Setting*

Test. no	Um %	CVm %	Thin places (-50%)	Thick places (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count %
<i>Mean value</i>	2,11	2,62	0/km	0/km	0/km	100,0

b. Setelah Perbaikan

Tabel 4.9 Setelah Perbaikan *Creel Tension* dan *Delivery Setting*

Test. no	Um %	CVm %	Thin places (-50%)	Thick places (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count %
1.	1,69	2,09	0	0	0	100,0
2.	1,76	2,35	0	0	0	100,0
3.	1,76	2,25	0	0	0	100,0
<i>Mean value</i>	1,74	2,23	0/km	0/km	0/km	100,0

Berdasarkan hasil pengujian ketidakrataan (U%) sliver menggunakan *Uster Tester 3*, nilai U% sliver sebelum perbaikan tercatat sebesar 2,11 disajikan pada tabel 4.8 yang mana hasil pengujian melebihi standar yang ditetapkan oleh perusahaan. Setelah adanya perbaikan dengan pengaturan *delivery* dan *creel tension*, pengujian dilakukan sebanyak 3 kali, nilai U% mengalami penurunan dengan hasil rata-rata 1,74 yang disajikan pada tabel 4.9.

4.1.4. Perbandingan Persentase U% antar perbaikan

Tabel 4.10 Persentase Penurunan U%

Perbaikan	U% <i>Awal</i>	U% <i>Setelah Perbaikan</i>	<i>Penurunan</i> U% (ΔU%)	<i>Penurunan</i> (%)
<i>Creel Setting</i>	2,07	1,96	0,11	5,31%
<i>Delivery Setting</i>	2,45	1,86	0,59	24,08%
Kombinasi <i>Delivery & Creel Setting</i>	2,11	1,74	0,37	17,54%

Pengaturan *creel tension* menurunkan nilai U% dari 2,07 menjadi 1,96, dengan persentase penurunan sebesar 5,31%, yang merupakan penurunan paling kecil. Perbaikan *delivery setting* menurunkan nilai U% dari 2,45 menjadi 1,86, dengan persentase penurunan sebesar 24,08% dan menjadi penurunan terbesar. Sementara itu, kombinasi *creel tension* dan *delivery setting* menurunkan nilai U% dari 2,11 menjadi 1,74, dengan persentase penurunan sebesar 17,54% dan menghasilkan nilai U% akhir terendah.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa *delivery setting* memberikan penurunan persentase terbesar, sedangkan kombinasi *creel tension* dan *delivery setting* menghasilkan presentase menengah, serta *creel tension setting* menghasilkan presentase terkecil, sehingga perbaikan kombinasi menghasilkan paling optimal karena mendekati batas bawah standar mutu perusahaan, yaitu 1,5. Dengan demikian, perbaikan yang paling optimal adalah kombinasi antara *creel tension* dan *delivery setting*. Lebih lanjut hasil penurunan U% dapat dilihat pada gambar grafik 4.1.

4.1.5. Hasil Uji Statistik

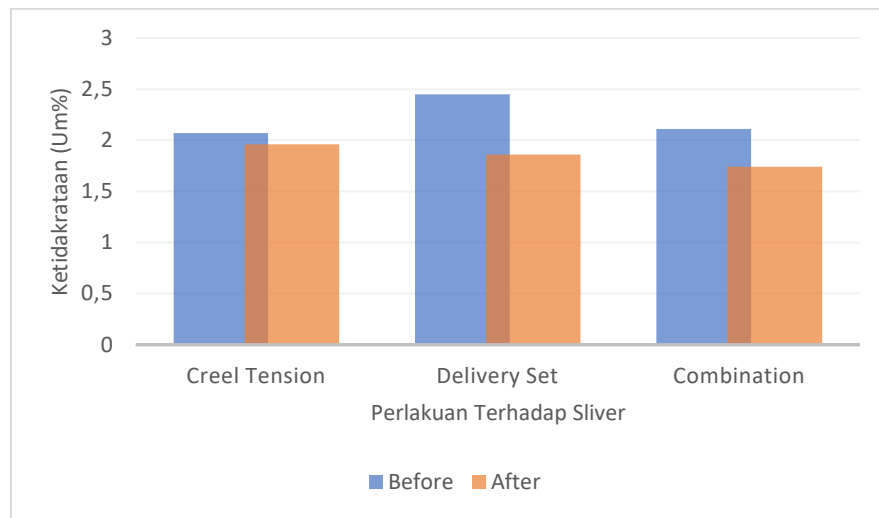
Tabel 4.11 Hasil Uji Statistik R

\$fx	diff	lwr	upr	p adj
2-1	-0.225	-0.9513919	0.5013919	0.4878669
3-1	-0.460	-1.1863919	0.2663919	0.1490636
3-2	-0.235	-0.9613919	0.4913919	0.4636831

Tabel 4.12 Hasil Uji Statistik Paired One Sample t-test

		Paired Samples Test						Significance		
		Paired Differences			95% Confidence Interval of the Difference		t	df	One-Sided p	Two-Sided p
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper				
Pair 1	U%_Awal - U% _Setelah_Perlakuan	.35667	.24028	.13872	-.24022	.95355	2.571	2	.062	.124

4.1.6. Grafik Persentase Hasil antar Perbaikan



Gambar 4.1 Grafik Persentase Hasil Antar Perbaikan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan uji ANOVA satu arah (*One-Way ANOVA*) dengan bantuan perangkat lunak R, diperoleh nilai signifikansi (*p-value*) lebih besar dari 0,05 pada seluruh perbaikan. Secara deskriptif, parameter *delivery setting* menunjukkan penurunan U% terbesar, yaitu dari 2,45% menjadi 1,86% (selisih 0,59%). Meskipun penurunan ini paling besar secara numerik dibandingkan perbaikan lainnya, hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik pada taraf kepercayaan 95%.

Hasil uji lanjut Tukey juga memperkuat temuan tersebut, di mana perbandingan 3–2 menghasilkan nilai $p = 0,4636831$ ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa penurunan yang terjadi masih berada dalam rentang variasi alami proses dan belum dapat dinyatakan berbeda nyata.

Hasil tersebut didukung dengan validasi menggunakan uji statistik paired sample t-test penurunan tersebut belum signifikan karena nilai signifikansi (Sig. 2 tailed) sebesar 0,124, yang lebih besar dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai U% sliver sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan.

Dengan demikian, perbaikan yang diberikan belum memberikan pengaruh yang signifikan pada nilai ketidakrataan (U%) sliver sebelum dan sesudah perbaikan, baik pada metode *creel tension*, *delivery setting*, maupun kombinasi keduanya.

4.2. Pembahasan

4.2.1. Analisis Pengaruh Parameter Proses

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pengaturan parameter proses, yaitu *creel tension* dan *delivery setting*, terhadap nilai ketidakrataan sliver (U%) pada mesin *Autoleveller (1.1P)* di PT Hanil Indonesia. Berdasarkan data awal penelitian, nilai ketidakrataan sliver (U%) berada di atas standar mutu perusahaan (1,5–1,9), yaitu pada rentang 2,07 hingga 2,45. Kondisi tersebut menunjukkan ketidakstabilan distribusi massa serat, yang diduga dipengaruhi oleh fluktuasi pada mekanisme *drafting* serta respon sistem kendali *autoleveller* yang belum bekerja secara optimal dalam mengoreksi variasi massa sliver.

Pada perbaikan pengaturan *creel tension* diperoleh penurunan nilai U% dari 2,07 menjadi 1,96 atau sebesar 5,31%. Namun, penurunan ini relatif lebih kecil dibandingkan dengan perbaikan *delivery setting* maupun kombinasi keduanya. Hal tersebut menunjukkan bahwa *creel tension* berfungsi sebagai parameter pendukung yang menjaga kestabilan suplai sliver sebelum zona *drafting*, tetapi tidak secara langsung mengendalikan proses peregangan serat. Temuan ini sejalan dengan Lin et al. (2011) dan Noerati et al. (2013) yang menyatakan bahwa kestabilan *feeding* dari *creel* bukan faktor dominan dalam pengendalian mutu sliver. Dengan demikian, pengaturan *creel tension* menunjukkan kecenderungan perbaikan terhadap nilai U%, namun efektivitasnya paling rendah dibandingkan metode pengaturan lainnya.

Perbaikan *delivery setting* menunjukkan penurunan nilai U% sliver dari 2,45 menjadi 1,86 atau sebesar 24,08%. Penurunan tersebut terjadi karena pengaturan *delivery* secara langsung mengendalikan kecepatan proses drafting, sehingga peregangan serat menjadi lebih stabil dan variasi massa sliver dapat diminimalkan. Kondisi ini meningkatkan efektivitas sistem *autoleveller* dalam merespon ketidakrataan. Temuan ini sejalan dengan Istiaque dan Khasru (2007) yang menyatakan bahwa kecepatan proses yang terlalu tinggi dapat meningkatkan variasi drafting dan ketidakrataan sliver. Dibandingkan perbaikan lainnya, pengaturan *delivery* menunjukkan pengaruh teknis yang lebih besar dibandingkan *creel tension*, meskipun masih memerlukan dukungan parameter proses lain untuk mencapai kondisi yang benar-benar optimal.

Hasil paling optimal dalam penelitian ini diperoleh melalui kombinasi pengaturan *creel tension* dan *delivery setting*, di mana nilai U% sliver menurun dari 2,11 menjadi 1,74 atau sebesar 17,54%. Meskipun persentase penurunannya lebih kecil dibandingkan *delivery setting* tunggal, kombinasi perbaikan ini menunjukkan hasil paling optimal karena menghasilkan nilai ketidakrataan sliver terendah. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kestabilan *feeding* dari *creel tension* dan pengendalian *drafting* melalui *delivery setting* bekerja secara saling melengkapi dalam mengontrol variasi massa sliver. Pengaturan kedua parameter secara simultan meningkatkan kestabilan proses pada mesin drawing serta efektivitas sistem *autoleveller* dalam merespons ketidakrataan.

Berdasarkan perbandingan seluruh perbaikan, dapat dikatakan bahwa kombinasi pengaturan *creel tension* dan *delivery setting* merupakan metode yang paling optimal secara teknis dalam penelitian ini, karena menghasilkan nilai U% terendah (1,74) dan telah memenuhi standar mutu perusahaan, meskipun perbedaannya belum terbukti signifikan secara statistik.

Pada perbaikan *creel tension*, terjadi penurunan nilai U% secara numerik, namun hasil uji statistik menunjukkan nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 sehingga perubahan tersebut tidak signifikan dan hipotesis nol (H_{01}) diterima. Pada perbaikan *delivery setting*, penurunan U% lebih besar secara numerik dan menunjukkan perbaikan teknis pada kestabilan *drafting*, tetapi karena nilai signifikansinya juga lebih besar dari 0,05, hipotesis nol (H_{02}) diterima. Sementara itu, pada perbaikan kombinasi *creel tension* dan *delivery setting*, diperoleh nilai U% terendah dan telah memenuhi standar mutu perusahaan, namun secara statistik hasilnya tetap tidak signifikan ($p > 0,05$), sehingga hipotesis nol (H_{03}) dapat diterima. Secara keseluruhan, uji One-Way ANOVA menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan antar perbaikan pada taraf kepercayaan 95%, sehingga hipotesis nol (H_{01} – H_{04}) diterima dan hipotesis alternatif (H_{11} – H_{14}) ditolak.

Selain itu, hasil pengujian menunjukkan tidak ditemukannya cacat berupa *thin*, *thick*, maupun *neps* pada seluruh kondisi pengujian. Kondisi ini dapat disebabkan oleh karakteristik sliver yang memiliki massa relatif besar sehingga variasi kecil tidak terdeteksi sebagai cacat individual, serta karena parameter pengujian lebih menekankan pada pengukuran ketidakrataan massa ($U\%/CV\%$). Nilai *relative count* sebesar 100% menunjukkan bahwa berat linear sliver sesuai dengan target dan tidak terdapat penyimpangan massa yang berarti.

4.2.2. Analisis Akar Masalah Ketidakrataan Sliver

Untuk memahami penyebab mendasar (*root causes*) dari meningkatnya nilai ketidakrataan sliver (U%) mesin *Autoleveller (IP)*, dilakukan pemetaan sistematis menggunakan kemampuan 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 dua sumber utama, yaitu hasil observasi langsung terhadap mesin dan proses operasional selama 14 hari pengamatan, wawancara dengan pengawas lapangan, kepala *quality control (QC)*, dan teknisi pemeliharaan. Hasil pemetaan disusun ke dalam lima kategori penyebab utama sesuai dengan praktik industri tekstil : Mesin, Material, Metode Kerja, Lingkungan, dan Manusia.

Kategori 1: Mesin; Penyebab ketidakrataan sliver berkaitan dengan kinerja sistem *autoleveller* yang belum sepenuhnya responsif terhadap variasi massa sliver. Selain itu, kestabilan mekanisme *drafting*, kondisi *top roller*, serta adanya *faller* yang aus atau patah turut memengaruhi keseragaman peregangan serat, sehingga berkontribusi terhadap fluktuasi nilai U%.

Kategori 2: Material; Kualitas sliver dari proses sebelumnya, khususnya mesin *re-breaking*, yang menjadi bahan baku pada mesin *Autoleveller (IP)*. Ketidakrataan awal sliver serta perbedaan karakteristik jenis serat menyebabkan proses penyejajaran ulang serat selama *drafting* tidak berlangsung optimal dan berdampak pada nilai U% pada sliver.

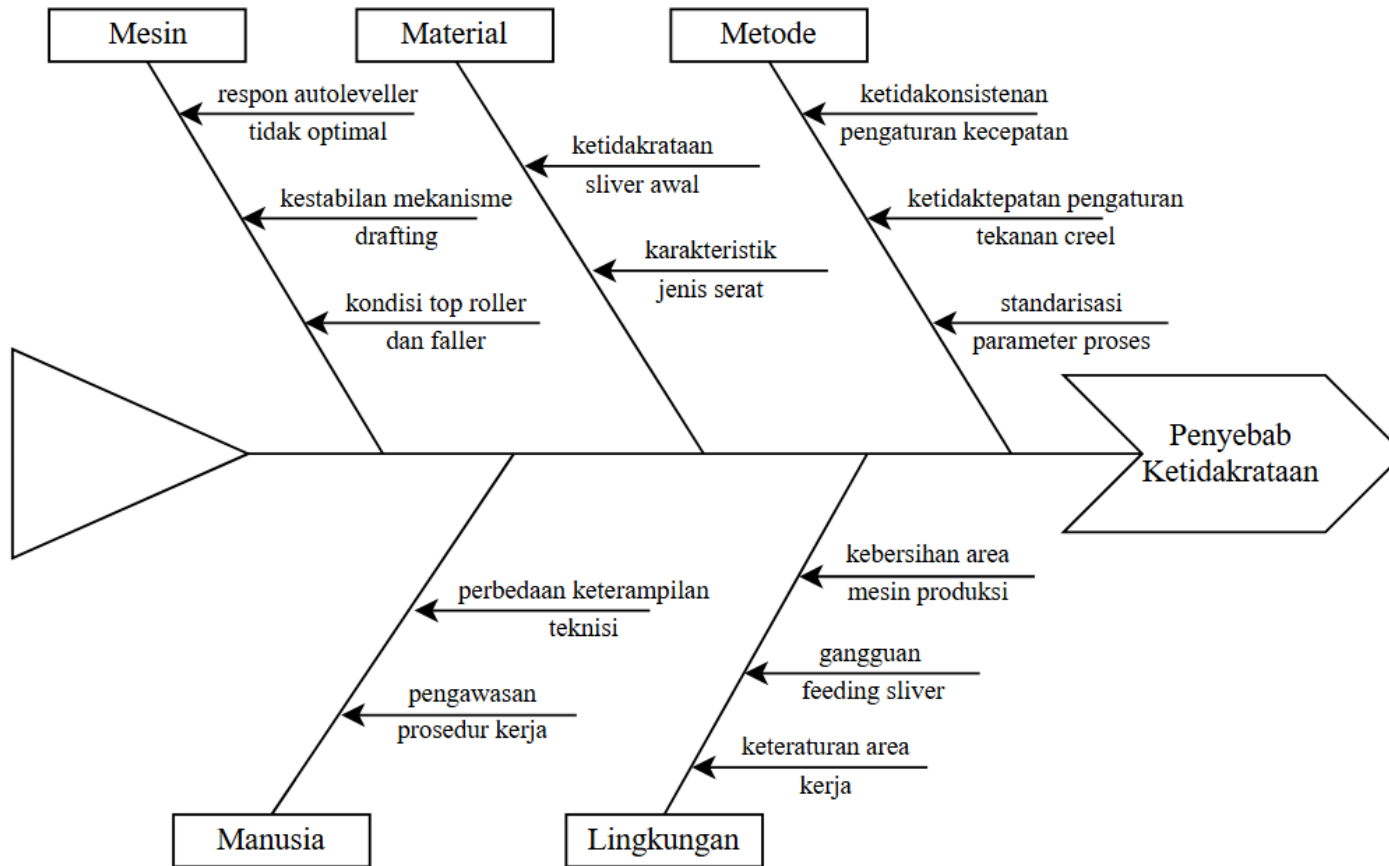
Kategori 3: Metode Kerja; Faktor ini menjadi penyebab dominan ketidakrataan sliver. Hal tersebut ditunjukkan oleh tingginya nilai U% pada kondisi awal, yang mengindikasikan bahwa pengaturan parameter proses belum dilakukan secara konsisten. Ketidaktepatan pengaturan *creel tension* dan *delivery setting* menyebabkan respon proses berbeda-beda, sehingga kestabilan aliran sliver dan mekanisme *drafting* tidak terjaga dengan baik.

Kategori 4: Manusia; Ketelitian teknisi dalam melakukan penyetelan *delivery* dan *creel tension*. Selain itu, pengawasan *supervisor* terhadap pelaksanaan prosedur kerja, khususnya pada

jadwal pembersihan mesin, belum dilakukan secara sistematis. Kondisi ini menimbulkan variasi penerapan antar *shift* dan lini produksi yang berdampak pada ketidakkonsistenan nilai U% sliver.

Kategori 5: Lingkungan; kurangnya kebersihan mesin produksi menyebabkan akumulasi sisa serat pada jalur aliran sliver dan komponen mesin. Kondisi tersebut berpotensi mengganggu kelancaran *feeding* sliver, sehingga memicu ketidakstabilan aliran material dan berkontribusi terhadap meningkatnya nilai U% sliver.

Adapun visual dari *fishbone diagram* dari kelima kategori tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 *Fishbone* Diagram Penyebab Ketidakrataan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan hasil pemetaan kelima kategori tersebut, dapat dikatakan bahwa kategori 3 terkait metode kerja adalah yang berkaitan dengan *creel tension* dan *delivery setting*. Lebih lanjut, kategori ini dapat diidentifikasi sebagai penyebab dominan yang secara langsung mempengaruhi nilai U%. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian ini yang menunjukkan bahwa pengaturan kedua parameter tersebut mampu menurunkan nilai ketidakrataan secara signifikan.

Selama pelaksanaan penelitian, terdapat beberapa kendala yang mana peneliti harus mengikuti prosedur proses produksi perusahaan sehingga tidak dapat mengubah parameter mesin secara bebas sesuai rancangan awal. Variabel *roller re-surfacing*, *roller spacing* dan pergantian *top roller* yang semula direncanakan tidak dapat diterapkan karena berkaitan langsung dengan kebijakan operasional dan stabilitas produksi. Oleh karena itu, variabel penelitian disesuaikan dengan metode perbaikan U% yang berlaku di perusahaan, yaitu melalui pengaturan *creel tension* dan *delivery*, agar penelitian tetap dapat dilaksanakan tanpa mengganggu proses produksi.

BAB V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaturan *creel tension* berhasil menurunkan nilai ketidakrataan sliver (U%) dari 2,07 menjadi 1,96 atau sebesar 5,31%. Secara teknis, pengaturan ini membantu menjaga kestabilan suplai sliver sebelum zona *drafting*.
2. Pengaturan *delivery* berhasil menurunkan nilai U% dari 2,45 menjadi 1,86 atau sebesar 24,08% dan merupakan penurunan terbesar secara persentase. Hal ini menunjukkan bahwa *delivery setting* berpengaruh lebih besar secara teknis terhadap kestabilan *drafting* dan kinerja *autoleveller*.
3. Kombinasi pengaturan antara *creel tension* dan *delivery setting* menghasilkan nilai U% terendah, yaitu 1,74 dengan penurunan sebesar 17,54% dan telah memenuhi standar mutu perusahaan (1,5–1,9). Secara teknis, kombinasi ini menunjukkan kestabilan proses paling optimal karena parameter *feeding* dan *drafting* bekerja secara saling melengkapi.
4. Secara keseluruhan, pengaturan parameter proses *drawing* mampu menurunkan nilai U% jika dibandingkan kondisi awal, sehingga perbaikan yang dilakukan dapat digunakan sebagai langkah pengendalian ketidakrataan sliver. Namun demikian, berdasarkan analisis statistik pada taraf signifikansi 5%, seluruh perbaikan belum menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap ketidakrataan sliver, sehingga H0 diterima dan H1 ditolak.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah replikasi pengujian agar variasi data dapat lebih terkontrol dan hasil analisis statistik menjadi lebih kuat dalam mendeteksi perbedaan antar perbaikan.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji variabel mekanis seperti, pengaturan tegangan *belt*, pergantian *top roller* dan *faller*, pada kondisi yang lebih fleksibel (misalnya saat *maintenance*), sehingga pengaruh parameter tersebut terhadap nilai U% sliver dapat dianalisis tanpa mengganggu stabilitas produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Çelik, N., Eren, R., & İhtiyar, A. (2019). Tension control system design and application in textile processes. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 14, 1–10.
- 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.
- Ghosh, A., & Majumdar, A. (2013). *Process control in textile manufacturing*. Woodhead Publishing.
- Harianto, A., Pratama, D. R., & Suryadi, T. (2025). Pendekatan kuantitatif terhadap peningkatan kualitas sliver melalui intervensi pembersihan top roll pada mesin drawing. *Jurnal Tekstil dan Produk Tekstil*, 40(1), 15–24.
- Hossain, M. A., & Samanta, A. K. (2019). Influence of sliver irregularity on yarn quality and processing performance. *Journal of Textile Science & Engineering*, 9(3), 1–7.
- Ishtiaque, S. M., & Khasru, M. R. (2007). Impact of high-speed draw frame and its preparatory on fibre orientation parameters at sliver. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 32(3), 315–321.
- Karakan Günaydın, G. (2022). Effect of sliver unevenness on yarn properties and fabric quality. *Journal of Natural Fibers*, 19(9), 3567–3578.
- Lawrence, C. A. (2010). *Advances in yarn spinning technology*. Woodhead Publishing.
- Lin, J., Wang, X., & Guo, Y. (2011). A study of the drafting force in roller drafting and its influence on sliver irregularity. *Textile Research Journal*, 81(18), 1887–1896.
- Noerati, A., Widodo, S., & Widiastuti, R. (2013). Pengaruh sistem creel terhadap kestabilan sliver pada mesin drawing. *Majalah Ilmiah Tekstil*, 28(2), 85–92.
- Saville, B. P. (2001). *Physical testing of textiles*. Woodhead Publishing.

- Siddiqui, M. A., Chattopadhyay, R., & Salhotra, K. R. (2015). Study of drafting force variability and sliver irregularity at the break draft zone of a draw frame. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 40(4), 385–391.
- Singh, S., Bhowmick, N., & Vaz, A. (2019). Influence of Can-spring Stiffness, Delivery Speed and Sliver Coils Position on Unevenness. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 11(1), 1–15.
- USTER® Technologies AG. (2018). *Uster® Tester 5: Application handbook*.
- Zhang, Y., & Yu, W. (2012). Study on drafting force and sliver irregularity on drawing frame. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20(6), 42–46.
- Zeybek, S. (2022). The effect of sliver delivery speed on the unevenness of carded and combed cotton yarns. *Textile Research Journal*, 92(9–10), 1735–1746.

LAMPIRAN

HASIL DATA MENTAH USTER TESTER

USTER TESTER 3 V2.42 TU 6-01-26 12:56 OPERATOR: PAGE: 1
PT.HANIL INDONESIA

SINGLE-/OVERALL RESULTS

Art.no.: 1.1P Test.no.: - Fiber assembly: 0.042 Nm
v: 25 m/min t: 1.0 min Tests: 1/1 Slot: Ext.meas.probe Yarn tension: 100 % Imperfections: long staple

Test no.	Um (%)	CVm (%)	Thin places (-50%)	Thick pl. (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count (%)
1	2.07	2.61	0	0	0	100.0
Mean value	2.07	2.61	0 /km	0 /km	0 /km	100.0

Scanned with CamScanner

USTER TESTER 3 V2.42 TU 6-01-26 13:00 OPERATOR: PAGE: 2
PT.HANIL INDONESIA

SINGLE-/OVERALL RESULTS

Art.no.: 1.1P Test.no.: - Fiber assembly: 0.042 Nm
v: 25 m/min t: 1.0 min Tests: 1/1 Slot: Ext.meas.probe Yarn tension: 100 % Imperfections: long staple

Test no.	Um (%)	CVm (%)	Thin places (-50%)	Thick pl. (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count (%)
1	1.99	2.54	0	0	0	100.0
Mean value	1.99	2.54	0 /km	0 /km	0 /km	100.0

Scanned with CamScanner

USTER TESTER 3 V2.42 MO 5-01-26 14:30 OPERATOR: PAGE: 3
PT.HANIL INDONESIA

SINGLE-/OVERALL RESULTS

Art.no.: 1.1P Test.no.: - Fiber assembly: 0.045 Nm
v: 25 m/min t: 1.0 min Tests: 1/1 Slot: Ext.meas.probe Yarn tension: 100 % Imperfections: long staple

Test no.	Um (%)	CVm (%)	Thin places (-50%)	Thick pl. (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count (%)
1	1.97	2.46	0	0	0	100.0
Mean value	1.97	2.46	0 /km	0 /km	0 /km	100.0

Scanned with CamScanner

USTER TESTER 3 V2.42 TU 6-01-26 14:59 OPERATOR:
PT.HANIL INDONESIA

PAGE: 1

SINGLE-/OVERALL RESULTS

Art.no.: 1.1P Test.no.: - Fiber assembly: 0.042 Nm
v: 25 m/min t: 1.0 min Tests: 1/1 Slot: Ext.meas.probe Yarn tension: 100 % Imperfections: long staple

Test no.	Um (%)	CVm (%)	Thin places (-50%)	Thick pl. (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count (%)
1	1.91	2.39	0	0	0	100.0
Mean value	1.91	2.39	0 /km	0 /km	0 /km	100.0

CS Scanned with CamScanner

USTER TESTER 3 V2.42 TH 8-01-26 10:35 OPERATOR:
PT.HANIL INDONESIA

PAGE: 1

SINGLE-/OVERALL RESULTS

Art.no.: 1.1P Test.no.: - Fiber assembly: 0.042 Nm
v: 25 m/min t: 1.0 min Tests: 1/1 Slot: Ext.meas.probe Yarn tension: 100 % Imperfections: long staple

Test no.	Um (%)	CVm (%)	Thin places (-50%)	Thick pl. (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count (%)
1	2.45	3.08	0	0	0	100.0
Mean value	2.45	3.08	0 /km	0 /km	0 /km	100.0

CS Scanned with CamScanner

USTER TESTER 3 V2.42 WE 7-01-26 14:52 OPERATOR:
PT.HANIL INDONESIA

PAGE: 1

SINGLE-/OVERALL RESULTS

Art.no.: 1.1P Test.no.: - Fiber assembly: 0.042 Nm
v: 25 m/min t: 1.0 min Tests: 1/1 Slot: Ext.meas.probe Yarn tension: 100 % Imperfections: long staple

Test no.	Um (%)	CVm (%)	Thin places (-50%)	Thick pl. (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count (%)
1	1.86	2.33	0	0	0	100.0
Mean value	1.86	2.33	0 /km	0 /km	0 /km	100.0

CS Scanned with CamScanner

USTER TESTER 3 V2.42 WE 7-01-26 15:14 OPERATOR:
PT.HANIL INDONESIA

PAGE: 1

SINGLE-/OVERALL RESULTS

Art.no.: 1.1P Test.no.: - Fiber assembly: 0.042 Nm

v: 25 m/min t: 1.0 min Tests: 1/1 Slot: Ext.meas.probe Yarn tension: 100 % Imperfections: long staple

Test no.	Um (%)	CVm (%)	Thin places (-50%)	Thick pl. (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count (%)
1	1.85	2.36	0	0	0	100.0
Mean value	1.85	2.36	0 /km	0 /km	0 /km	100.0

Scanned with CamScanner

USTER TESTER 3 V2.42 WE 7-01-26 10:40 OPERATOR:
PT.HANIL INDONESIA

PAGE: 1

SINGLE-/OVERALL RESULTS

Art.no.: 1.1P Test.no.: - Fiber assembly: 0.042 Nm

v: 25 m/min t: 1.0 min Tests: 1/1 Slot: Ext.meas.probe Yarn tension: 100 % Imperfections: long staple

Test no.	Um (%)	CVm (%)	Thin places (-50%)	Thick pl. (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count (%)
1	1.86	2.37	0	0	0	100.0
Mean value	1.86	2.37	0 /km	0 /km	0 /km	100.0

Scanned with CamScanner

USTER TESTER 3 V2.42 MO 5-01-26 9:10 OPERATOR:
PT.HANIL INDONESIA

PAGE: 2

SINGLE-/OVERALL RESULTS

Art.no.: 1.1P Test.no.: - Fiber assembly: 0.042 Nm
v: 25 m/min t: 1.0 min Tests: 1/1 Slot: Ext.meas.probe Yarn tension: 100 % Imperfections: long staple

Test no.	Um (%)	CVm (%)	Thin places (-50%)	Thick pl. (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count (%)
1	2.11	2.62	0	0	0	100.0
Mean value	2.11	2.62	0 /km	0 /km	0 /km	100.0

CS Scanned with CamScanner

USTER TESTER 3 V2.42 TH 8-01-26 15:04 OPERATOR:
PT.HANIL INDONESIA

PAGE: 2

SINGLE-/OVERALL RESULTS

Art.no.: 1.1P Test.no.: - Fiber assembly: 0.042 Nm
v: 25 m/min t: 1.0 min Tests: 1/1 Slot: Ext.meas.probe Yarn tension: 100 % Imperfections: long staple

Test no.	Um (%)	CVm (%)	Thin places (-50%)	Thick pl. (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count (%)
1	1.69	2.09	0	0	0	100.0
Mean value	1.69	2.09	0 /km	0 /km	0 /km	100.0

CS Scanned with CamScanner

USTER TESTER 3 V2.42 TH 8-01-26 15:00 OPERATOR:
PT.HANIL INDONESIA

PAGE: 1

SINGLE-/OVERALL RESULTS

Art.no.: 1.1P Test.no.: - Fiber assembly: 0.042 Nm
v: 25 m/min t: 1.0 min Tests: 1/1 Slot: Ext.meas.probe Yarn tension: 100 % Imperfections: long staple

Test no.	Um (%)	CVm (%)	Thin places (-50%)	Thick pl. (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count (%)
1	1.76	2.35	0	0	0	100.0
Mean value	1.76	2.35	0 /km	0 /km	0 /km	100.0

CS Scanned with CamScanner

USTER TESTER 3 V2.42 MO 5-01-26 14:26 OPERATOR:
PT.HANIL INDONESIA

PAGE: 1

SINGLE-/OVERALL RESULTS

Art.no.: 1.1P Test.no.: - Fiber assembly: 0.045 Nm
v: 25 m/min t: 1.0 min Tests: 1/1 Slot: Ext.meas.probe Yarn tension: 100 % Imperfections: long staple

Test no.	Um (%)	CVm (%)	Thin places (-50%)	Thick pl. (+50%)	Neps (+200%)	Rel. count (%)
1	1.76	2.25	0	0	0	100.0
Mean value	1.76	2.25	0 /km	0 /km	0 /km	100.0

CS Scanned with CamScanner

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Diva Ibnu Sakti
NIM : 22526023
Semester, Tahun Akademik : Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA : Penelitian / ~~Perancangan~~
Mulai Masa Bimbingan TA : 15 September 2025
Selesai Masa Bimbingan TA : 28 Februari 2026
Judul TA : PENGENDALIAN KETIDAKRATAAN SLIVER
AKRILIK MELALUI OPTIMASI PARAMETER
DRAWING PADA MESIN *AUTOLEVELLER* DI PT
HANIL INDONESIA
Nama Dosen Pembimbing : Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.

No.	Tanggal	Deskripsi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	05 November 2025	Perbaikan proposal	
2.	07 November 2025	Diskusi perbaikan judul TA	
3.	13 November 2025	Diskusi perbaikan judul TA	
4.	25 November 2025	Perbaikan proposal bab 1 (rumusan masalah), bab 2 (dasar teori pemintalan akrilik), dan bab 3 (prosedur dan pengumpulan data), serta arahan untuk observasi dan mengambil data	
5.	23 Desember 2025	Diskusi parameter mesin yang tidak dapat diubah bebas untuk menentukan perlakuan	
6.	05 Januari 2026	Diskusi jumlah pengulangan pada pengujian dan penggunaan mesin yang sama luster namun perlakuan di tempat berbeda	
7.	30 Januari 2026	Pembahasan persentase penurunan U%	
8.	13 Februari 2026	Pembahasan hasil dan fishbone diagram	
9.	18 Februari 2026	Penyesuaian struktur pembahasan	
10.	20 Februari 2026	Persetujuan laporan dan ujian pendadaran	
11.	11 Maret 2026	Perbaikan judul sesuai hasil revisi ujian	

Yogyakarta, 11 Maret 2026




Dosen Pembimbing,



Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Diva Ibnu Sakti
NIM : 22526023
Semester, Tahun Akademik : Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA : Penelitian / ~~Perancangan~~
Mulai Masa Bimbingan TA : 15 September 2025
Selesai Masa Bimbingan TA : 28 Februari 2026
Judul TA : PENGENDALIAN KETIDAKRATAAN SLIVER
AKRILIK MELALUI OPTIMASI PARAMETER
DRAWING PADA MESIN AUTOLEVELLER DI PT
HANIL INDONESIA
Nama Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S. Hut., M. Eng.

No.	Tanggal	Deskripsi Bimbingan	Paraf Dosen
1	15 Januari 2026	Konfirmasi apakah menggunakan uji statistik	
2	12 Februari 2026	Bertanya mengenai uji statistik one-way ANOVA	
3	5 Maret 2026	Bertanya mengenai uji statistik one sample t-test	

Yogyakarta, 12 Maret 2026
Dosen Pembimbing,



Dr. Eng. Rina Afiani Rebia, S. Hut., M. Eng.



UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

**SURAT PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING
PRODI REKAYASA TEKSTIL FTI UII**

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Pembimbing Tugas Akhir di lingkungan Prodi Rekayasa Tekstil Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia menerangkan:

Nama : Diva Ibnu Sakti

NIM : 22526023

Bahwa mahasiswa tersebut di atas telah menyelesaikan draft laporan Tugas Akhir dan dapat mendaftarkan diri pada ujian pendadaran dengan melengkapi persyaratan yang diperlukan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 20 Februari 2026

Dosen Pembimbing,

Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.



UNIVERSITAS
ISLAM
INDONESIA

SURAT KETERANGAN BEBAS LABORATORIUM PRODI REKAYASA TEKSTIL FTI UII

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Yang bertanda tangan di bawah ini, Kepala Laboratorium (Kalab) di lingkungan Prodi Rekayasa Tekstil Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia menerangkan:

Nama : Diva Ibnu Sakti

NIM : 22526023

Bahwa mahasiswa tersebut di atas tidak memiliki pinjaman atau tanggungan terhadap bahan baku atau peralatan laboratorium di lingkungan Prodi Rekayasa Tekstil FTI UII.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.





Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Mengetahui:

No	Laboratorium	Nama Kalab	Tanda Tangan	Tanggal
1	Manufaktur dan Pengujian Tekstil	Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.		23/02/2026
2	Desain Produk Tekstil	Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.		23-2-2026
3	Proses Kimia Tekstil dan Teknologi Nano	Feris Firdaus, S.Si., M.Sc.		23-2-2026
4	Tekstil Fungsional	Dr.Eng. Rina Afiani Rebia, S.Hut., M.Eng.		23-2-2026

KARTU KONSULTASI REVISI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Diva Ibnu Sakti
NIM : 22526023
Semester, Tahun Akademik : Ganjil, 2025/2026
Bentuk TA : Penelitian / Perancangan
Mulai Masa Bimbingan TA : 15 September 2025
Selesai Masa Bimbingan TA : 27 Februari 2026
Judul TA : PENGENDALIAN KETIDAKRATAAN SLIVER AKRILIK
MEALUI OPTIMASI PARAMETER *DRAWING* PADA
MESIN *AUTOLEVELLER* DI PT HANIL INDONESIA
Nama Dosen Penguji 2 : Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Deskripsi Revisi	Paraf Dosen
1	04 Maret 2026	Menyampaikan urgensi penelitian dulu baru tujuan penelitian	
2	04 Maret 2026	Menyampaikan profil perusahaan secara ringkas	
3	04 Maret 2026	Memasukkan profil perusahaan	
4	04 Maret 2026	Menggambar <i>flowchart</i> proses penelitian yang dilakukan	




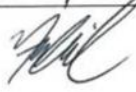


Yogyakarta, 10 Maret 2026
Dosen Penguji 2,



Diyah Dwi Nugraheni, S.T., M.T.

DAFTAR HADIR PROGRESS MEETING TUGAS AKHIR

Hari, Tanggal : Rabu, 26 November 2025
Waktu : 13.00 WIB – selesai
Tempat : Laboratorium Rekayasa Tekstil FTI UII

No.	NIM	Nama Peserta	Tanda Tangan
1.	22526009	Ayu Ameylia	
2.	22526018	Faragita Shesa Russandra	
3.	22526020	Ferry Fadli Hermawan	
4.	22526021	Kalifatul Ardhi Nabil Abdul Ghani	
5.	22526023	Diva Ibnu Sakti	
6.	22526024	Syah Resa Adilla Haqi	







Yogyakarta, 26 November 2025
Dosen Pembimbing,



Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.

DAFTAR HADIR PROGRESS MEETING TUGAS AKHIR

Hari, Tanggal : Selasa, 13 Januari 2026
Waktu : 10.30 WIB – selesai
Tempat : Laboratorium Rekayasa Tekstil FTI UII

No.	NIM	Nama Peserta	Tanda Tangan
1.	22526009	Ayu Ameylia	
2.	22526018	Faragita Shesa Russandra	
3.	22526020	Ferry Fadli Hermawan	
4.	22526021	Kalifatul Ardhi Nabil Abdul Ghani	
5.	22526023	Diva Ibnu Sakti	
6.	22526024	Syah Resa Adilla Haqi	

Yogyakarta, 13 Januari 2026
Dosen Pembimbing,



Ahmad Satria Budiman, S.T., M.Sc.