

PENGARUH KECEPATAN ROL PELILINAN DI MESIN WINDING TERHADAP FRIKSI DAN HAIRINESS BENANG

EFFECT OF SPEED WASHER IN WINDING MACHINE ON YARN FRICTION AND HAIRINESS

Ria Wanti*, Rivani Setiawati

Politeknik STTT Bandung, Bandung, 40272, Indonesia

*Penulis korespondensi:
Email : riawanti.kemenperin@gmail.com

Tanggal diterima: 25 Maret 2024, direvisi: 31 Mei 2024,
disetujui terbit: 03 Juni 2024

Abstrak

Akhir-akhir ini di PT. X terjadi penurunan kualitas benang, yaitu nilai koefisien friksi dan *hairiness* benang. Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai koefisien friksi dan *hairiness* benang yaitu proses pemberian lilin yang dilakukan di mesin *winding*. Dalam proses pemberian lilin terdapat beberapa pilihan kecepatan rol pelilinan. Pada penelitian ini dilakukan percobaan di mesin *winding* dengan memvariasikan lima variasi kecepatan rol pelilinan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh kecepatan putaran rol pelilinan terhadap nilai koefisien friksi dan *hairiness* benang serta mengetahui kecepatan putaran rol pelilinan yang akan menghasilkan nilai koefisien friksi serta *hairiness* benang minimum. Percobaan dilakukan di mesin *winding* merek Savio Polar M dengan bahan baku benang poliester 100% Ne 30s. Variasi kecepatan rol pelilinan yang digunakan yaitu RPM 20, 45, 56, 75, dan 113. Benang hasil percobaan lalu diuji koefisien friksi dan *hairiness*-nya. Hasilnya kecepatan rol pelilinan memberikan pengaruh terhadap nilai koefisien friksi dan *hairiness* benang yang dihasilkan. Penyetelan kecepatan rol pelilinan yang menghasilkan nilai koefisien friksi dan *hairiness* minimum yaitu RPM 20 yang menghasilkan nilai koefisien friksi sebesar 0,11752 u dan *hairiness* sebesar 5,448 cm/1cm benang.

Kata Kunci : rol pelilinan, *winding*, koefisien friksi, *hairiness*

Abstract

Recently at PT. X there is a decrease in the quality of the yarn, namely friction coefficient and hairiness. One of the factors that influence friction coefficient and yarn hairiness is the waxing process carried out on winding machine. In process of applying wax, there are several choices of speed washer. In this research, experiments were carried out on a winding machine by varying speed washer. Purpose of this research is to determine whether there is an influence of speed washer on friction coefficient and hairiness and to determine speed washer which will produce minimum values of friction coefficient and hairiness. The experiment was carried out on a Savio Polar M winding machine with Ne 30s 100% polyester yarn as material. Speed washer variations used were RPM 20, 45, 56, 75, and 113. Yarn resulting from experiment was then tested for its friction coefficient and hairiness. As a result, speed washer has an influence on friction coefficient and hairiness of yarn

produced. Speed washer setting which produces minimum friction coefficient and hairiness is RPM 20 with a friction coefficient 0.11752 u and hairiness 5.448 cm/1cm of yarn.

Keywords: speed washer, winding, friction coefficient, hairiness

PENDAHULUAN

PT. X adalah perusahaan pemintalan benang yang sedang berkembang. Perusahaan ini memproduksi benang Polyester 100%. Bahan baku yang digunakan oleh PT. X adalah serat poliester.

Penurunan kualitas benang akhir-akhir ini terjadi di PT. X, salah satu penurunan kualitas yang timbul yaitu nilai koefisien friksi benang dan *hairiness* benang yang dihasilkan oleh perusahaan berada di luar standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Standar koefisien friksi benang yang ditetapkan oleh PT. X untuk benang Ne 30s LOT 69C sebesar 0,1300u dengan area *control limit* +/- 5% (*Upper Control Limit* 0,1365u ; *Lower Control Limit* 1,235u). Sementara standar *hairiness* benang yang ditetapkan sebesar 5,4 cm/1cm benang dengan *control limit* sebesar +/- 5% (*Upper Control Limit* 5,67 cm/1cm benang ; *Lower Control Limit* 5,13 cm/1cm benang).

Nilai koefisien friksi benang akan berpengaruh pada kelancaran benang saat menjalani proses selanjutnya, misalnya saat proses perajutan dan penghanian, sementara *hairiness* benang akan menyebabkan kenampakkan benang berbulu, apabila hal ini dibiarkan maka akan menimbulkan potensi adanya ketidakpuasan konsumen. Sebelum hal tersebut terjadi akan lebih baik apabila masalah ini diperbaiki sejak dini.

Salah satu faktor yang mempengaruhi koefisien friksi benang dan *hairiness* benang adalah proses pemberian lilin/wax yang terjadi di mesin *winding*. Pada buku *Fundamentals of Yarn*

Technology yang ditulis oleh Carl A. Lawrence Ph.D disebutkan bahwa pemberian lilin pada benang dengan jumlah tertentu dapat menurunkan nilai koefisien friksi benang sampai nilai tertentu, dalam Uster Hw-400 *application report* juga disebutkan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi *hairiness* benang adalah parameter proses yang di dalamnya dijelaskan bahwa penggunaan wax/lilin pada benang akan menurunkan nilai *hairiness* (bulu-bulu yang terdapat pada benang).

Kecepatan rol pelilinan (*speed washer*) yang digunakan saat ini adalah 56. Tersedia beberapa pilihan kecepatan putaran rol pelilinan pada mesin *winding*, yang tentunya akan memberikan nilai koefisien friksi dan *hairiness* benang yang berbeda-beda pula. Pilihan kecepatan putaran rol pelilinan (*speed washer*) yang tersedia yaitu 20, 25, 28, 32, 45, 56, 75, 113. Adanya pilihan kecepatan putaran rol pelilinan ini dapat ditindaklanjuti agar diketahui seberapa besar pengaruh masing-masing kecepatan putaran rol pelilinan (*speed washer*) terhadap koefisien friksi dan *hairiness* benang yang dihasilkan, selain itu dapat diketahui juga kecepatan putaran rol pelilinan mana yang akan menghasilkan koefisien friksi dan *hairiness* benang minimum sehingga dapat diterapkan di mesin.

Rumusan masalah pada penlitian ini yaitu apakah pengaturan variasi kecepatan putaran rol pelilinan (*speed washer*) berpengaruh terhadap koefisien friksi benang yang dihasilkan dan kecepatan putaran rol pelilinan mana yang akan menghasilkan nilai

koefisien friksi benang minimum serta apakah pengaturan variasi kecepatan putaran rol pelilinan berpengaruh terhadap *hairiness* benang yang dihasilkan dan kecepatan putaran rol pelilinan mana yang akan menghasilkan nilai *hairiness* benang minimum.

Bulu benang merupakan parameter kualitas benang yang penting¹. Bulu benang ini mempengaruhi penampilan benang dan pemrosesan selanjutnya dalam proses tekstil². Dalam proses penggulungan setelah *ring spinning*, bulu benang meningkat secara signifikan karena bagian mekanis memisahkan serat dari badan benang melalui efek gesekan pada putaran benang berkecepatan tinggi. Bulu benang yang panjangnya lebih dari 3 mm merusak efisiensi pasca pemrosesan dan efek permukaan kain³. Tekstur permukaan kain merupakan sifat penting karena karakteristik kinerja kain akan berubah sesuai dengan sifat permukaan kain⁴. Bulu benang yang berlebihan menyebabkan rendahnya efisiensi konversi benang menjadi kain; bulu benang yang tinggi juga menyebabkan pilling yang mudah dan masalah pewarnaan pada kain yang dihasilkan⁵.

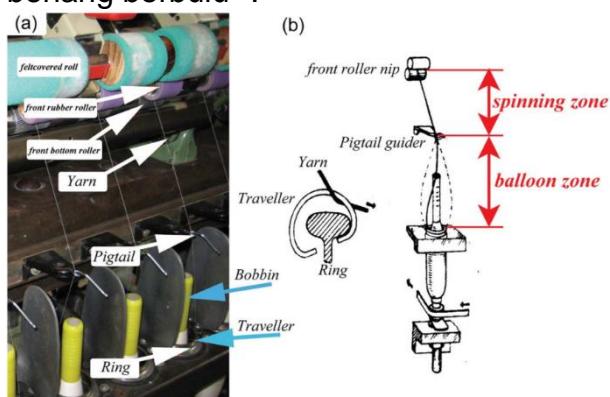
Nilai koefisien friksi/gesekan merupakan parameter kunci dalam setiap analisis perilaku kompleks tali serat⁶. Gesekan telah terbukti mempunyai pengaruh yang signifikan dalam menentukan kinerja dampak balistik kain tenun⁷. Benang dengan sifat gesekan yang lebih tinggi menghasilkan kain yang sifat gesekannya lebih tinggi secara proporsional. Gaya gesek antara benang dan jarum rajut menghasilkan panas yang menyebabkan putusnya jarum rajut dan benang. Peningkatan gesekan benang menghasilkan tingkat kerusakan yang tinggi pada perajutan dan penenunan⁸.

Mesin *winding* berfungsi untuk menggulung kembali benang hasil produksi *ring spinning* dari bentuk palet menjadi bentuk *cones* atau gulungan baru dengan berat benang yang sesuai dengan kebutuhan proses selanjutnya. Selain itu, juga untuk memperbaiki mutu benang dengan cara membuang bagian-bagian cacat yang terdapat pada benang, yang terdiri dari *thick*, *thin*, *slub*, dan *neps*, juga membersihkan benang dari partikel-partikel asing yang menempel pada benang. Pemberian lilin/wax saat proses *winding* pada permukaan benang akan membentuk lapisan tipis atau film yang menutupi permukaan benang sehingga bulu benang yang terbentuk selama proses *winding* berlangsung menjadi tidur, selain itu pemberian lilin juga dimaksudkan untuk menurunkan nilai koefisien gesek benang karena adanya film tersebut.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh kecepatan putaran rol pelilinan (*speed washer*) yang terdapat pada mesin *winding* terhadap nilai koefisien friksi benang dan *hairiness* benang yang dihasilkan serta mengetahui kecepatan putaran rol pelilinan (*speed washer*) yang akan menghasilkan nilai koefisien friksi benang minimum serta *hairiness* benang minimum.

TINJAUAN PROSES RING SPINNING
Ring spinning menempati posisi penting dalam berbagai teknologi pemintalan, mencakup lebih dari 80% pasar pemintalan. Pemberian antihan/*twist* pada untaian serat adalah dasar pembuatan benang stapel dalam *ring spinning*.³ Proses pemberian antihan pada pemintalan dapat dilihat pada Gambar 1. Prinsipnya antihan/*twist* diberikan pada untaian serat yang berputar ketika dililitkan pada *bobbin* untuk mendorong sebuah *traveller* yang bergerak di atas *ring*. Secara

bersamaan, antihan/twist yang dihasilkan dipindahkan dari *balloon zone* ke atas *spinning zone*, dan disisipkan pada untaian serat stapel yang berbentuk seperti pita yang dihasilkan dari ujung rol depan. Selama pemberian antihan/twist, migrasi heliks serat tercipta pada untaian serat sesuai dengan fungsi geometris dan tegangan; oleh karena itu, serat-serat dalam untaian dapat menyatu untuk membentuk benang stapel yang berkesinambungan.⁵ Efek torsi yang tidak tepat yang disebabkan oleh antihan benang sering kali membuat ujung serat bermigrasi keluar dari permukaan benang dan menjadi benang berbulu³.



Gambar 1. Proses pemberian antihan pada pemintalan; (a) pemberian antihan praktis dan (b) ilustrasi pemberian antihan⁵

RUANG LINGKUP PENELITIAN

Percobaan dilakukan di mesin *winding* merek Savio Polar M yang memproduksi benang poliester 100% jenis *semi dull* (A1) Ne 30s. Pengujian kualitas benang yang dilakukan yaitu koefisien friksi menggunakan alat *friction tester* merek Reseda Binder dan *hairiness* (bulu-bulu benang) menggunakan alat Uster Tester 3.

BAHAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah lima puluh *cops* benang Poliester Ne 30s yang dihasilkan dari mesin *ring spinning* pada jalur proses

yang sama. Adapun spesifikasi terkait benang yang digunakan secara rinci dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Benang Penelitian

Nomor Benang	: Ne1 30s
Jenis Serat	: Polyester 100 %
Panjang Serat	: 38 mm
Kehalusan Serat	: 1,3 denier
Tenacity Serat ⁹	: 35–56 cN ⁻¹
Warna Serat	: Semi dull
Grade Serat	: A1
Arah Twist	: Z

Spesifikasi mesin *winding* yang digunakan untuk percobaan dapat dilihat pada Tabel 2. Lima puluh lilin/wax dalam kondisi baru disiapkan untuk proses pelilinan di mesin *winding*. Spesifikasi lilin yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Spesifikasi Mesin *Winding*

Merek mesin	: Savio
Tipe mesin	: Polar M
Tahun pembuatan	: 2010
RPM motor utama	: 3000 RPM
Spindle yang digunakan	: 1-10
Kecepatan penggulungan	: 1.200 m/menit
Pilihan kecepatan rol pelilinan	: 20, 25, 28, 32, 45, 56, 75, 113 (cm/menit)
Spindle terpasang	: 72 spindle
Diameter drum	: 94 mm
Spindle kelos yang dipakai	: 1 drum/spindle kelos
Ring washer	: 2 buah

Tabel 3. Spesifikasi Lilin/Wax

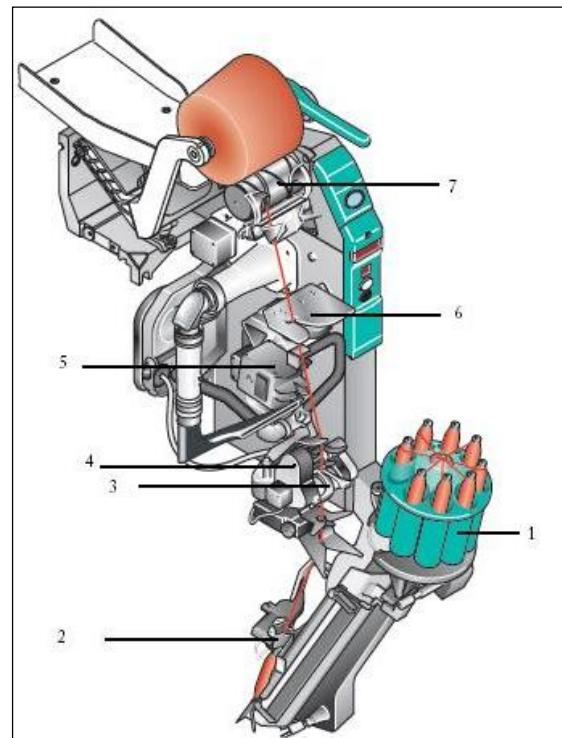
Merek	: Reseda Binder
Tipe	: Wax Roll for Savio
Diameter dalam	: 15 mm
Diameter luar	: 37,55 mm
Tinggi	: 39,4 mm
Kualitas	: Naturafin yellow Reseda

METODA Percobaan

Benang Polyester Ne 30s dalam bentuk *cops* dipasang di *magazine* mesin *winding* untuk kemudian digulung di mesin *winding* sehingga terbentuk gulungan dalam bentuk *cones*. Alur benang pada mesin *winding* mulai dari *cops* di dalam *magazine* sampai dengan gulungan benang dalam *cones* dapat dilihat pada Gambar 2. Proses penggulungan benang dilakukan dengan memvariasikan kecepatan rol pelilinan. Bagian pelilinan berfungsi sebagai pemberi lapisan lilin/wax pada benang. Bagian pelilinan pada mesin *winding* dapat dilihat pada Gambar 3. Kecepatan rol pelilinan yang diaplikasikan pada penelitian yaitu 20, 45, 56, 75, dan 113. Kecepatan penggulungan benang dibuat konstan yaitu pada 1200 m/menit. Pengaturan lain yang ada di mesin *winding* dikondisikan sama, sehingga variabel yang berbeda hanya kecepatan rol pelilinan.

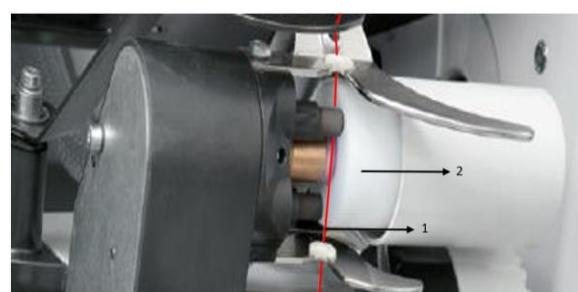
Pada masing-masing kecepatan rol pelilinan berat benang yang digulung diatur seberat 39 gram, sehingga penggulungan akan berhenti secara otomatis apabila mesin *winding* sudah menggulung benang sebanyak 39 gram. Penentuan berat benang yang digulung pada mesin *winding* sebesar 39 gram berdasarkan perhitungan kebutuhan sampel benang untuk

pengujian yang akan dilakukan, yang meliputi pengujian *hairiness* dengan alat Uster Tester 3, pengujian friction dengan alat friction tester Reseda Binder, dan penggulungan benang dengan alat *reeling* benang untuk mengetahui kadar lilin yang melekat pada benang.



Gambar 2. Alur benang pada mesin *winding*; (1) *magazine*; (2) *balloon breaker*; (3) *Yarn tensioner*; (4) *Bagian pelilinan*; (5) *Yarn splicer*; (6) *Electronic slub catcher*; (7) *Drum*

Sumber : <http://www.saviotechnologies.com>



Gambar 3. Bagian pelilinan pada mesin *winding*; (1) benang; (2) lilin

Sumber : <http://www.saviotechnologies.com>

Lilin/wax diganti dengan yang baru setiap pergantian kecepatan rol pelilinan. Lilin yang sudah digunakan untuk menggulung benang pada masing-masing kecepatan rol pelilinan ditimbang. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jumlah lilin yang digunakan pada masing-masing kecepatan rol pelilinan. Selain itu, benang yang belum diberi lilin dan sudah diberi lilin digulung pada mesin *reeling* benang sepanjang 120 yard lalu ditimbang. Panjang benang 120 yard ini merupakan panjang untaian benang yang dihasilkan oleh mesin *reeling* benang untuk satu kali jalan dengan pengaturan counter 80. Satu counter menyatakan satu putaran kincir dengan keliling kincir 1,5 yard. Sehingga counter 80 akan menghasilkan untaian benang dengan panjang 120 yard. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kadar lilin yang melekat pada benang. Benang yang sudah digulung pada cones lalu diuji koefisien friksi dan *hairiness/bulu-bulu* benangnya.

Pengujian Koefisien Friksi Benang

Pengujian koefisien friksi benang dilakukan di dalam laboratorium *Quality Control* dengan kondisi ruangan RH (*Relatif Humidity*) $65 \pm 2\%$ dan suhu $27 \pm 10^\circ\text{C}$. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Friction Tester* merek Reseda Binder yang dilengkapi dengan satu unit *portable computer*. Alat *Friction Tester* dapat dilihat pada Gambar 4. Benang yang akan diuji nilai frisksinya dilewatkan pada rol-rol yang terdapat pada alat *friction tester* sesuai dengan petunjuk garis berwarna biru yang tercantum pada Gambar 5.

Pengujian *Hairiness* (Bulu-Bulu Benang)

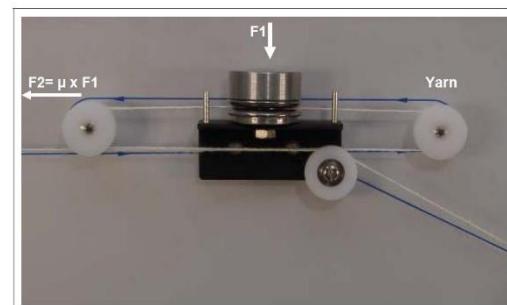
Pengujian *hairiness* atau bulu-bulu benang dilakukan di dalam laboratorium *Quality Control* dengan

kondisi ruangan RH (*Relatif Humidity*) $65 \pm 2\%$ dan suhu $27 \pm 10^\circ\text{C}$. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Uster Tester 3* dengan kecepatan pengujian 400 m/menit. Alat *Uster Tester 3* dapat dilihat pada Gambar 6. Mekanisme pengukuran *hairiness* dapat dilihat pada Gambar 7. Prinsip pengujiannya, benang dilewatkan pada sebuah sensor berupa kamera, dari gambar yang dihasilkan dibedakan bulu dan badan benang berdasarkan daya tembus cahayanya, sehingga benang dapat terukur panjang bulu benangnya. Sistem pengukuran benang yang digunakan dalam bentuk *index* (H), yang merupakan jumlah rata-rata seluruh panjang bulu benang (cm) yang diukur dalam setiap 1 cm benang.^[17]



Gambar 4. Alat *Friction Tester* merek Reseda Binder

Sumber : Buku Manual Mesin *Friction Tester* Merek Reseda Binder



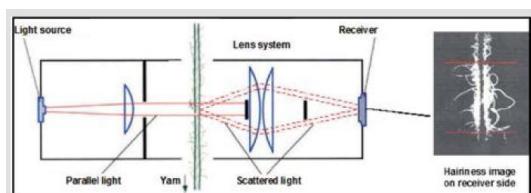
Gambar 5. Alur Benang Pengujian Friksi

Sumber : Buku Manual Mesin *Friction Tester* Merek Reseda Binder



Gambar 6. Uster Tester 3

Sumber : Bagian PPIC dan QC PT.X



Gambar 7. Mekanisme Pengukuran Hairiness (Bulu-Bulu Benang)

Sumber : Uster Tester Application Report

Pengolahan Data

Data hasil pengujian diolah dengan menggunakan perhitungan statistika secara manual. Metode Anava satu arah (klasifikasi tunggal) digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh variasi kecepatan rol pelilinan terhadap nilai koefisien friksi dan *hairiness* benang yang dihasilkan. Anava lebih dikenal dengan uji - F (*Fisher Test*), sedangkan arti variasi atau varians berawal dari pengertian konsep "Mean Square" atau Kuadrat Rerata (KR). Rumus sistematisnya yaitu sebagai berikut :

$$KR = \frac{JK}{db}$$

Keterangan :

JK = Jumlah Kuadrat (*sum of square*)
db = derajat bebas (*degree of freedom*)

Data yang akan diuji dengan metoda Anava harus berdistribusi normal.

Hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1) ditentukan terlebih dahulu. Lalu dilakukan pengujian terhadap hipotesis dengan cara menghitung nilai statistik F agar diketahui apakah terdapat sampel yang mempunyai harga variasi sama atau berbeda. Kesimpulan ditetapkan berdasarkan kriteria daerah kritisnya, yaitu F hitung berada pada daerah penerimaan, yaitu lebih kecil dari F_α atau F tabel maka hipotesis diterima, dan sebaliknya jika F hitung lebih besar dari pada daerah penolakannya yaitu lebih besar dari F_α atau F tabel, maka hipotesis ditolak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koefisien Friksi Benang

Penggunaan lilin pada permukaan benang akan membentuk lapisan tipis atau film yang menutupi permukaan benang sehingga permukaan benang cenderung lebih licin. Pemberian lilin pada benang dapat mengurangi hambatan gesek antara benang dan benang, benang dan logam, serta benang dan benda-benda lain. Kecepatan rol pelilinan yang berbeda dapat memberikan kadar lilin yang berbeda pada permukaan benang. Pemberian lilin harus tepat dan tidak boleh berlebihan. Pemberian lilin yang berlebihan akan menimbulkan masalah, karena akumulasi dari lilin bisa memicu peningkatan gesekan gesekan gesekan perlawan.

Hasil pengujian koefisien friksi benang dapat dilihat pada Tabel 4 dan standar koefisien friksi benang Ne 30s Lot 69C PT. X dapat dilihat pada Tabel 5. Grafik koefisien friksi benang dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai koefisien friksi benang yang dihasilkan dengan kecepatan rol pelilinan 20, 45, dan 113 masuk ke dalam standar koefisien friksi benang PT. X sementara koefisien friksi benang yang dihasilkan dari kecepatan

rol pelilinan 56 dan 75 tidak memenuhi standar koefisien friksi yang ditetapkan oleh PT. X.

Data koefisien friksi benang diuji normalitasnya. Hasilnya menunjukkan bahwa data koefisien friksi benang memiliki nilai sigifikansi 0,111. Nilai ini lebih besar dari 0,05, yang berarti bahwa data koefisien friksi benang berdistribusi normal. Data memenuhi syarat untuk dilakukan uji anava satu arah. Uji anava satu arah dilakukan untuk mengetahui sejauh mana perbedaan pengaruh variasi kecepatan rol pelilinan (*speed washer*) terhadap nilai koefisien friksi benang. Hipotesis pengujian yang disusun yaitu sebagai berikut :

H_0 : semua nilai rata-rata koefisien friksi sama

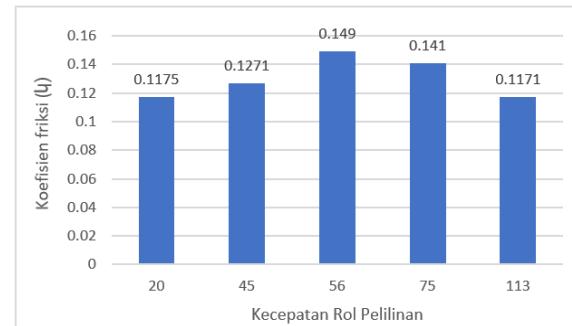
H_1 : sedikitnya ada satu nilai rata-rata koefisien friksi yang tidak sama

Tabel 4. Hasil pengujian koefisien friksi

Parameter	Kecepatan Rol Pelilinan (<i>Speed washer</i>)				
	20	45	56	75	113
n	10	10	10	10	10
\bar{x} Koefisien friksi (u)	0,1175	0,1271	0,1490	0,1412	0,1171
SD	0,0037	0,0042	0,0056	0,0070	0,0035
CV (%)	3,18	3,29	3,76	4,94	2,95
Error (%)	1,97	2,04	2,33	3,06	1,83

Tabel. 5 Standar koefisien friksi benang Ne 30s Lot 69C PT. X

Koefisien Friksi Standar	:	0,1300u
Upper Control Limit (UCL)	:	0,1365u
Lower Control Limit (LCL)	:	1,235u



Gambar 8. Grafik koefisien friksi benang pada setiap kecepatan rol pelininan

Hasil uji anava koefisien friksi benang dengan taraf nyata pengujian sebesar 5% dapat dilihat pada Tabel 6. Harga F hitung 82,8339 kemudian dibandingkan dengan harga F tabel 2,58. Jadi, $82,8339 > 2,58$ (F hitung $>$ F tabel), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Kesimpulannya adalah variasi kecepatan rol pelilinan (*speed washer*) memberikan pengaruh terhadap nilai koefisien friksi benang yang dihasilkan.

Tabel 6. Hasil Uji Anava Koefisien Friksi Benang

Sumber Variasi	Derajat Kebebasan (DK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F _{hitung}
Rata-Rata	1	0,850103	0,850104	82,8339
Antar Kelompok	4	0,008185	0,002046	
Dalam Kelompok	45	0,001112	0,0000247	
Total	50	0,859401	-	

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 8 dapat dilihat bahwa kecepatan rol pelilinan (*speed washer*) yang menghasilkan nilai koefisien friksi minimum yaitu 113 dengan nilai koefisien friksi benang sebesar 0,11706u diikuti dengan kecepatan rol pelilinan 20 yang menghasilkan nilai koefisien friksi benang sebesar 0,1175u.

Kemudian dilakukan uji rentang Newman Keuls dengan taraf nyata pengujian sebesar 5%. Hipotesis

pengujian yang disusun yaitu sebagai berikut :

$$H_0 : \text{nilai koefisien friksi sama}$$

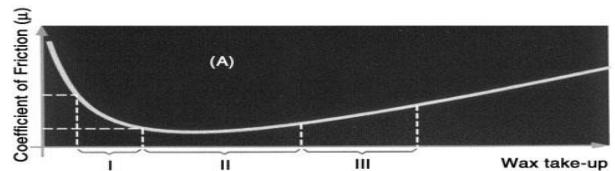
$$H_1 : \text{nilai koefisien friksi berbeda}$$

Hasil uji rentang Newman Keuls koefisien friksi benang dapat dilihat pada Tabel 7. Hasilnya, kecepatan rol pelilinan (56 vs 75), (56 vs 45), (56 vs 20), (56 vs 113), (75 vs 45), (75 vs 20), (74 vs 113), (45 vs 20), dan (45 vs 113) menghasilkan kesimpulan tolak H_0 dan terima H_1 , artinya variasi kecepatan rol pelilinan memberikan perbedaan yang berarti terhadap nilai koefisien friksi benang, sementara kecepatan rol pelilinan (20 vs 113) menghasilkan kesimpulan terima H_0 dan tolak H_1 artinya kecepatan rol pelilinan tidak memberikan perbedaan yang berarti terhadap nilai koefisien friksi benang.

Tabel 7. Hasil Uji Rentang Newman Keuls Koefisien Friksi Benang

Perbandingan kecepatan rol pelilinan	Selisih Rata-Rata	Selisih Rata-Rata vs RST	Hasil
56 vs 75	0,00784	0,00784 > 0,00444768	tolak H_0 & terima H_1
56 vs 45	0,02190	0,02190 > 0,00534350	tolak H_0 & terima H_1
56 vs 20	0,03152	0,03152 > 0,00587785	tolak H_0 & terima H_1
56 vs 113	0,03198	0,03198 > 0,00625504	tolak H_0 & terima H_1
75 vs 45	0,01406	0,01406 > 0,00534350	tolak H_0 & terima H_1
75 vs 20	0,02368	0,02368 > 0,00587785	tolak H_0 & terima H_1
75 vs 113	0,02414	0,02414 > 0,00625504	tolak H_0 & terima H_1
45 vs 20	0,00962	0,00962 > 0,00587785	tolak H_0 & terima H_1
45 vs 113	0,01008	0,01008 > 0,00625504	tolak H_0 & terima H_1
20 vs 113	0,00046	0,00046 < 0,00625504	terima H_0 & tolak H_1

Penggunaan lilin yang melekat pada benang yang paling efektif dan ekonomis yaitu sebesar 0,5 gram – 1,5 gram untuk 1 kg benang, pada kisaran tersebut akan dihasilkan nilai koefisien friksi benang yang paling efektif. Pemberian lilin yang terlalu banyak justru akan kembali meningkatkan koefisien friksi pada benang. Pengaruh kandungan lilin pada benang terhadap koefisien friksi dapat dilihat pada Gambar 9.



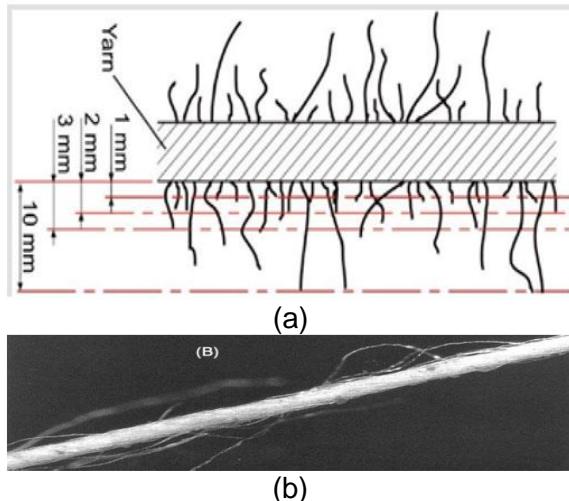
Gambar 9. Pengaruh kandungan lilin pada benang terhadap koefisien friksi

Sumber : *Fundamentals of Yarn Technology* (Carl A. Lawrence Ph.D, 2003)

Pemberian lilin dengan jumlah tertentu dapat menurunkan nilai koefisien friksi pada benang. Sumbu x menunjukkan kandungan lilin pada benang terbagi menjadi tiga zona. Zona pertama menunjukkan pemberian lilin dengan kadar pertama dapat menurunkan koefisien friksi benang sampai nilai tertentu, pada zona dua tampak koefisien friksi cenderung stabil di angka tertentu dengan pemberian lilin dengan kadar kedua, sementara pada zona ketiga koefisien friksi meningkat saat lilin yang terkandung pada benang memiliki kadar ketiga.

Hairiness (Bulu-Bulu Benang)

Penggunaan lilin pada permukaan benang akan membentuk lapisan tipis atau film yang menutupi permukaan benang sehingga bulu-bulu benang (*hairiness*) menjadi tidur. Kecepatan rol pelilinan yang berbeda dapat memberikan kadar lilin yang berbeda pada permukaan benang. Semakin banyak jumlah lilin yang melekat pada permukaan benang memungkinkan untuk menghasilkan nilai *hairiness* yang lebih rendah. Hal ini terjadi karena semakin banyak pula bulu-bulu dalam benang yang berubah posisi menjadi tidur. Pemberian lilin pada benang juga harus merata agar variasi *hairiness* pada benang tidak terlalu tinggi. Ilustrasi *hairiness* benang dan penampang benang yang sudah diberi lilin dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. (a) Ilustrasi *hairiness* benang; (b) penampang benang setelah diberi lilit

Sumber : Uster application report

Hasil pengujian *hairiness* (bulu-bulu benang) dapat dilihat pada Tabel 8 dan standar *hairiness* benang Ne 30s Lot 69C PT. X dapat dilihat pada Tabel 9. Grafik *hairiness* benang dapat dilihat pada Gambar 11. Nilai *hairiness* benang yang dihasilkan dengan kecepatan rol pelilinan 20, 45, 75, dan 113 masuk ke dalam standar *hairiness* benang PT. X sementara *hairiness* benang yang dihasilkan dari kecepatan rol pelilinan 56 tidak memenuhi standar *hairiness* yang ditetapkan oleh PT. X.

Data *hairiness* benang diuji normalitasnya. Hasilnya menunjukkan bahwa data *hairiness* benang memiliki nilai sigifikansi 0,236. Nilai ini lebih besar dari 0,05, yang berarti bahwa data *hairiness* benang berdistribusi normal. Data memenuhi syarat untuk dilakukan uji anava satu arah. Uji anava satu arah dilakukan untuk mengetahui sejauh mana perbedaan pengaruh variasi kecepatan rol pelilinan (*speed washer*) terhadap *hairiness* benang. Hipotesis pengujian yang disusun yaitu sebagai berikut :

H_0 : semua nilai rata-rata *hairiness* benang sama

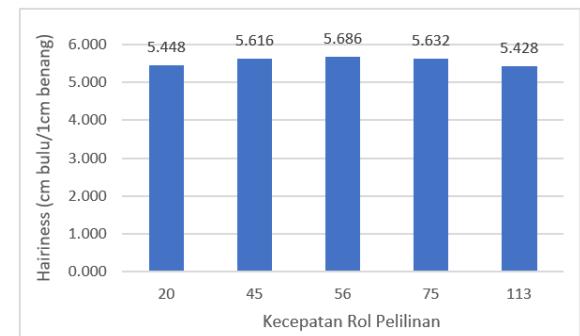
H_1 : sedikitnya ada satu nilai rata-rata *hairiness* benang yang tidak sama

Tabel 8. Hasil pengujian *hairiness* (bulu-bulu benang)

Parameter	Kecepatan Rol Pelilinan (Speed Washer)				
	20	45	56	75	113
n	10	10	10	10	10
\bar{x} <i>hairiness</i> (cm/1cm benang)	5,448	5,616	5,686	5,632	5,428
SD	0,256	0,161	0,083	0,198	0,262
CV (%)	4,71	2,86	1,46	3,52	4,84
Error (%)	2,92	1,77	0,90	2,18	3,00

Tabel 9. Standar *hairiness* benang Ne 30s Lot 69C PT. X

<i>Hairiness Standar</i>	:	5,4 cm/1cm benang
<i>Upper Control Limit (UCL)</i>	:	5,67 cm/1cm benang
<i>Lower Control Limit (LCL)</i>	:	5,13 cm/1cm benang



Gambar 11. Grafik *hairiness* benang pada setiap kecepatan rol pelininan

Hasil uji anava *hairiness* benang dengan taraf nyata pengujian sebesar 5% dapat dilihat pada Tabel 10. Harga F hitung 3,2742 kemudian dibandingkan dengan harga F tabel 2,58. Jadi, $3,2742 > 2,58$ (F hitung $>$ F tabel), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima. Kesimpulannya variasi kecepatan rol pelilinan berpengaruh terhadap *hairiness* benang.

Berdasarkan Tabel 8 dan Gambar 11 dapat dilihat bahwa kecepatan rol

pelilinan (*speed washer*) yang menghasilkan nilai *hairiness* benang minimum yaitu 113 dengan nilai *hairiness* benang sebesar 5,428 cm/1cm benang diikuti dengan kecepatan rol pelilinan 20 yang menghasilkan nilai *hairiness* benang sebesar 5,448 cm/1cm benang.

Tabel 10. Hasil Pengujian Anava *Hairiness* Benang

Sumber Variasi	Derasat Kebebasan (DK)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	Ehitung
Rata-Rata	1	1546,792	1546,7922	3,2742
Antar Kelompok	4	0,54144	0,13536	
Dalam Kelompok	45	1,86036	0,041341	
Total	50	1549,194	-	-

Kemudian dilakukan uji rentang Newman Keuls dengan taraf nyata pengujian sebesar 5%. Hipotesis pengujian yang disusun yaitu sebagai berikut :

$$H_0 : \text{nilai } hairiness \text{ benang sama}$$

$$H_1 : \text{nilai } hairiness \text{ benang berbeda}$$

Hasil uji rentang Newman Keuls *hairiness* benang dapat dilihat pada Tabel 11. Hasilnya, kecepatan rol pelilinan (56 vs 75), (56 vs 45), (56 vs 20), (75 vs 45), (75 vs 20), (75 vs 113), (45 vs 20), (45 vs 113), dan (20 vs 113) menghasilkan kesimpulan terima H_0 dan tolak H_1 artinya variasi kecepatan rol pelilinan tidak memberikan perbedaan yang berarti terhadap *hairiness* benang, sementara kecepatan rol pelilinan (56 vs 113) menghasilkan kesimpulan tolak H_0 dan terima H_1 artinya kecepatan rol pelilinan memberikan perbedaan yang berarti terhadap *hairiness* benang.

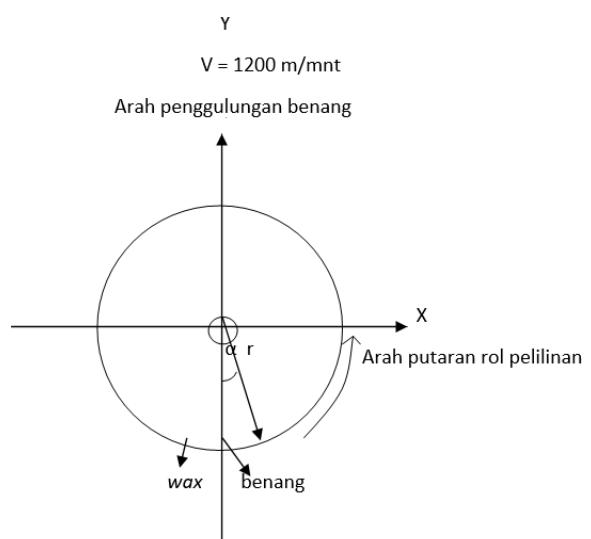
Pemakaian Lilin/Wax

Skema benang saat melewati rol pelilinan dapat dilihat pada Gambar 12. Benang ditarik ke arah atas untuk

proses penggulungan dengan kecepatan konstan 1200 m/menit, pada saat yang bersamaan benang melewati rol pelilinan yang berputar berlawanan arah jarum jam. Jika benang melewati permukaan rol pelilinan yang memiliki kecepatan putaran yang berbeda, maka benang yang dilewatkan pada permukaan rol pelilinan dengan kecepatan yang lebih tinggi akan menerima lilin yang menempel lebih banyak hal ini karena lebih banyak permukaan lilin yang berkenaan dengan benang sehingga memungkinkan lilin menempel lebih banyak pada benang.

Tabel 11. Hasil Uji Rentang Newman Keuls *Hairiness* Benang

Perbandingan kecepatan rol pelilinan	Selisih Rata-Rata	Selisih Rata-Rata vs RST	Hasil
56 vs 75	0,054	0,054 < 0,181960	terima H_0 & tolak H_1
56 vs 45	0,070	0,070 < 0,218609	terima H_0 & tolak H_1
56 vs 20	0,238	0,238 < 0,240470	terima H_0 & tolak H_1
56 vs 113	0,258	0,258 > 0,255901	tolak H_0 & terima H_1
75 vs 45	0,016	0,016 < 0,218609	terima H_0 & tolak H_1
75 vs 20	0,184	0,184 < 0,240470	terima H_0 & tolak H_1
75 vs 113	0,204	0,204 < 0,255901	terima H_0 & tolak H_1
45 vs 20	0,168	0,168 < 0,240470	terima H_0 & tolak H_1
45 vs 113	0,188	0,188 < 0,255901	terima H_0 & tolak H_1
20 vs 113	0,020	0,020 < 0,255901	terima H_0 & tolak H_1

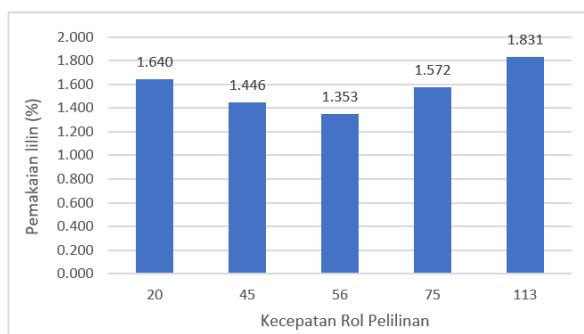


Gambar 12. Skema benang melewati rol pelilinan

Data persentase pemakaian lilin dapat dilihat pada Tabel 12. Grafik persentase pemakaian lilin dapat dilihat pada Gambar 13. Nilai ini mewakili jumlah lilin/wax yang melekat pada benang setelah proses penggulungan di mesin *winding*. Persentase penggunaan lilin berbanding terbalik dengan nilai koefisien friksi dan *hairiness* benang. Hal ini sesuai dengan teori yang tercantum dalam buku *Fundamentals of Yarn Technology* yang ditulis oleh Carl A. Lawrence Ph.D bahwa penambahan lilin pada benang dalam kisaran persentase (0,05 - 0,15)% dapat menurunkan nilai koefisien friksi benang sampai titik tertentu, hal ini juga terjadi pada *hairiness* benang. Nilai *hairiness* benang menurun saat dilakukan penambahan lilin, hal ini terjadi karena lilin yang melekat pada benang melapisi benang dan membentuk lapisan film tipis sehingga menidurkan bulu-bulu benang.

Tabel 12. Data persentase pemakaian lilin

Parameter	Kecepatan Rol Pelilinan (Speed Washer)				
	20	45	56	75	113
n data	10	10	10	10	10
\bar{X} pemakaian lilin (%)	1,640	1,446	1,353	1,572	1,831
SD	0,113	0,066	0,033	0,046	0,110
CV (%)	6,86	4,58	2,00	3,00	6,00
Error (%)	4,25	2,84	2,00	1,80	3,72



Gambar 13. Grafik persentase pemakaian lilin pada setiap kecepatan rol pelilinan

Kecepatan rol pelilinan 20 dan 113 menghasilkan nilai koefisien friksi dan *hairiness* benang terendah. Kecepatan rol pelilinan 20 menghasilkan koefisien friksi 0,1175u sementara kecepatan rol pelilinan 113 menghasilkan nilai koefisien friksi sebesar 0,1171u. Sementara *hairiness* yang dihasilkan dengan kecepatan rol pelilinan 20 adalah 5,448 cm/1cm benang dan kecepatan rol pelilinan 113 menghasilkan *hairiness* 5,428 cm/1cm benang.

Berdasarkan uji statistik dengan metode Newman Keuls data koefisien friksi dan *hairiness* benang yang dihasilkan oleh kecepatan rol pelilinan 20 dan 113 menghasilkan kesimpulan terima H_0 dan tolak H_1 artinya kecepatan rol pelilinan 20 dan 113 tidak memberikan perbedaan yang berarti terhadap nilai koefisien friksi dan *hairiness* benang.

Hal lain yang menjadi pertimbangan pada pemilihan kecepatan rol pelilinan adalah persentase penggunaan lilin. Penggunaan lilin pada kecepatan rol pelilinan 20 dan 113 menjadi bahan perhatian. Penggunaan lilin lebih rendah pada kecepatan rol pelilinan 20. Pada kecepatan rol pelilinan 20 digunakan lilin sebanyak 1,630% sementara kecepatan rol pelilinan 113 menghabiskan lilin sebanyak 1,831%. Berdasarkan hal tersebut kecepatan rol pelilinan 20 dapat dipertimbangkan untuk diterapkan karena dapat menghasilkan nilai koefisien friksi dan *hairiness* benang yang rendah namun dengan penggunaan lilin yang lebih rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kecepatan rol pelilinan mempengaruhi kadar lilin yang melekat pada benang. Kadar lilin yang melekat pada benang ini berpengaruh secara langsung terhadap nilai koefisien friksi dan *hairiness* benang. Lilin melapisi benang dan membentuk lapisan film tipis sehingga dapat menidurkan bulu-bulu benang serta membuat permukaan benang menjadi lebih licin.

Penyetelan kecepatan rol pelilinan yang dapat menghasilkan nilai koefisien friksi dan *hairiness* benang terendah adalah 20 dan 113. Namun keduanya tidak berbeda secara signifikan berdasarkan uji statistik. Dari kedua kecepatan rol

pelilinan tersebut, kecepatan rol pelilinan 20 menghabiskan lebih sedikit lilin untuk melapisi benang. Oleh karena itu kecepatan rol pelilinan yang direkomendasikan untuk penggulungan benang Ne 30s Lot 69C di mesin *winding* Savio polar M adalah 20 yang menghasilkan nilai koefisien friksi benang sebesar 0,11752 u, *hairiness* benang 5,448 cm/1cm benang dengan penggunaan lilin sebesar 1,640%.

Saran untuk PT. X yaitu menggunakan setelan kecepatan rol pelilinan 20 untuk penggulungan benang Ne 30s Lot 69C di mesin *winding* Savio polar M karena selain menghasilkan nilai koefisien friksi dan *hairiness* benang yang rendah juga meminimalisir penggunaan lilin.

DAFTAR PUSTAKA

1. Haleem, N. & Wang, X. Recent research and developments on yarn hairiness. *Text. Res. J.* 85, 211–224 (2015).
2. Sun, Y., Li, Z., Pan, R., Zhou, J. & Gao, W. Measurement of long yarn hair based on hairiness segmentation and hairiness tracking. *J. Text. Inst.* 108, 1271–1279 (2017).
3. Li, P., Guo, M., Sun, F. & Gao, W. Reducing yarn hairiness in ring spinning by an agent-aided system. *Text. Res. J.* 89, 4438–4451 (2019).
4. Becerir, B., Akgun, M. & Alpay, H. R. Effect of some yarn properties on surface roughness and friction behavior of woven structures. *Text. Res. J.* 86, 975–989 (2016).
5. Xia, Z. & Xu, W. A Review of Ring Staple Yarn Spinning Method Development and Its Trend Prediction. *J. Nat. Fibers* 10, 62–81 (2013).
6. Hobbs, R. E. & Ridge, I. M. L. A new estimate of the yarn-on-yarn friction coefficient. *J. Strain Anal. Eng. Des.* 53, 191–196 (2018).
7. Wang, Y., Chen, X., Young, R. & Kinloch, I. Finite element analysis of effect of inter-yarn friction on ballistic impact response of woven fabrics. *Compos. Struct.* 135, 8–16 (2016).
8. Cercetare-dezvoltare, I. N. De et al. *Industria*. 70, 203–296 (2019).
9. Mather, R. R. & Wardman, R. H. *The chemistry of textile fibres*. (2013).