



Evaluasi Permasalahan Kekuatan *Splicing* Benang pada Mesin *Winding* PT INS dengan Metode *Seven Tools*

Hasna Khairunnisa^{1,a)}, Fahri Triwidiyanto^{2,b)}, Irham Aribowo^{3,b)}

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pembuatan Benang, Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk Tekstil Surakarta
Jalan Ki Hajar Dewantara, Jebres, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia 57126

a) Corresponding author: hasna@ak-tekstilsolo.ac.id

b) ftriwidiyanto@gmail.com

c) aribowoirham@gmail.com

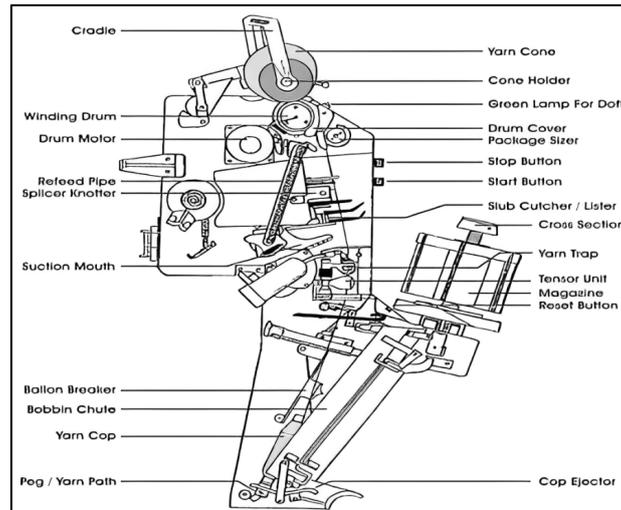
Received 30 Nov 2023 / Revised 07 Dec 2023 / Accepted 11 Dec 2023 / Published 31 Dec 2023

Abstract. Yarn manufacturing engineering stands as one of the initial phases in the textile industry and holds considerable significance in determining subsequent process qualities. PT INS specializes in producing ring spun yarn, wherein the final stage integrates an automatic yarn quality control mechanism within the winding machine. When the sensor identifies any yarn irregularity, an automatic cutting process initiates. Additionally, the winding machine incorporates a yarn splicing procedure to reconnect separated yarn ends or join yarn during cop changes. Any flaw in this splicing process can lead to a weak yarn splice, evident in the diminished Retained Spliced Strength (RSS), which in turn impacts subsequent weaving and knitting processes. PT INS encountered a yarn splicing issue, evidenced by consistently low RSS values from each spindle on its winding machines. An analysis was conducted employing various tools, including Control Charts, Fishbone Diagrams, Check Sheets, and Pareto Diagrams, to pinpoint the problematic spindle and identify the root cause of the splicing problem. Subsequently, improvement measures were proposed based on the analysis of each contributing factor. These steps aim not only to enhance the splicing process within the winding machine but also to elevate overall yarn quality. Through this approach, PT INS aims to rectify the splicing discrepancies, ultimately ensuring a more robust splicing process within the winding machine and elevating the overall yarn quality.

Keywords: QC seven tools; Textile; Winding machine; Yarn Manufacturing; Yarn Splicing

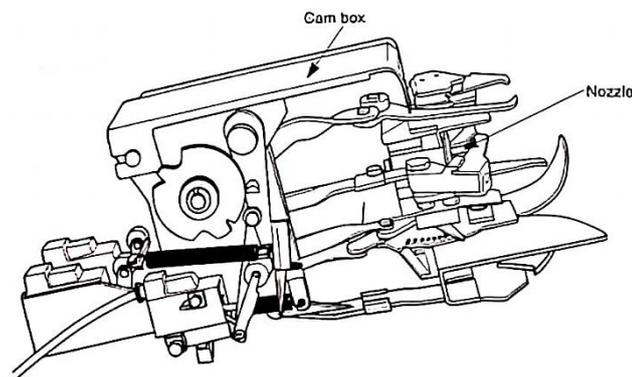
1. Introduction

Industri tekstil dan produk tekstil (TPT) merupakan salah satu industri yang penting dalam perekonomian global karena menyediakan berbagai produk yang digunakan dalam berbagai sektor seperti pakaian, furnitur, dan otomotif. Salah satu industri tekstil hulu yakni industri pemintalan benang melibatkan banyak mesin dan proses dalam produksinya, salah satunya adalah proses pada mesin *winding*. Proses *winding* merupakan proses paling akhir pada proses pemintalan benang sebelum dikemas dan dikirim ke konsumen (Khairunnisa *et al.*, 2023) dimana terdapat proses transfer benang dari satu *package* yang kecil (dalam gulungan *cop*) menjadi *package* yang lebih besar (dalam gulungan *cone*) yang lebih sesuai untuk proses selanjutnya dalam proses pembuatan kain yaitu *warping* ataupun *knitting* (Gandhi, 2019). Bagian dari mesin *winding* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagian mesin *winding* (Muratec, 2011)

Proses *winding* juga mencakup proses menghilangkan *defect* pada benang berupa *thick place*, *thin place*, *slub*, atau *nep* yang muncul pada benang, yang disebut sebagai proses *yarn clearing*, sehingga bisa mencegah dihasilkannya kain yang *defect*. Apabila *defect* pada benang terdeteksi oleh sensor, maka *yarn clearer* akan secara otomatis akan memotong benang. Salah satu bagian mesin *winding* yang penting adalah *splicer* yang berfungsi untuk melakukan proses penyambungan benang. Proses penyambungan benang diperlukan diantaranya untuk dua hal, yakni menyambung terputus saat penggulungan maupun pada saat terjadi pergantian *cop* yang telah habis dengan *cop* baru, serta penyambungan kembali antara dua ekor benang yang telah terpotong oleh *yarn clearer*. Sambungan yang dihasilkan ini harus baik dari segi bentuk maupun kekuatannya. Sehingga kondisi *splicer* akan sangat berpengaruh terhadap kelancaran mesin *winding*, apabila *splicer* kondisinya kurang baik, *spindle* mesin akan sering berhenti yang mengakibatkan turunnya efisiensi produksi mesin secara keseluruhan. *Splicer* pada mesin *winding* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Mach *splicer* (Muratec, 2011)

Terdapat berbagai macam varian jenis benang yang diproduksi berdasarkan pada jenis serat yang digunakan, salah satunya adalah benang *cotton carded* (CD) seperti yang digunakan pada penelitian ini. Dalam proses produksi benang CD30 muncul permasalahan terkait kualitas yang dihasilkan pada mesin *winding* tersebut, dimana terjadi lemahnya sambungan benang yang dihasilkan oleh *splicer*. Kualitas sambungan benang yang dihasilkan ditetapkan berdasarkan nilai *Retained spliced strength* (RSS), kualitas sambungan buruk apabila nilai RSS tidak mencapai batas nilai standar minimum yang ditetapkan perusahaan. RSS adalah persentase perbandingan kekuatan sambungan benang dengan benang induk atau *parent yarn* (Das *et al.*, 2005). Nilai RSS yang rendah menunjukkan bahwa kekuatan tarik sambungan benang setelah proses penggulungan menurun, hal ini akan berdampak pada kualitas produk akhir yang buruk dan berpengaruh terhadap pemrosesan benang selanjutnya. Selain itu, nilai RSS termasuk dalam

splicing parameter yang juga berpengaruh pada produktivitas mesin (Gulhane *et al.*, 2019), apabila nilai RSS menurun maka dapat berdampak pada peningkatan biaya produksi karena memerlukan waktu kerja mesin yang meningkat untuk memenuhi kebutuhan produksi dan juga berdampak pada reputasi perusahaan karena memungkinkan terjadinya keterlambatan pengiriman.

Studi pada mesin *Winding* telah banyak dilakukan sebelumnya, namun studi spesifik terkait *yarn splicing* masih terbatas ditemukan, dengan mayoritas berbasis studi eksperimen. Beberapa penelitian terkait *yarn splicing* sebagian besar bertujuan untuk memperoleh parameter *splicing* yang paling optimal berdasarkan pada jenis material benang dan parameter produksi lainnya. Seperti yang dilakukan oleh (Lam & Cheng, 1998) yang mempertimbangkan panjang ekor benang yang digunakan untuk proses *splicing*, (Hossan *et al.*, 2021) yang melakukan analisis pada *splice strength* untuk tiga jenis serat *cotton* yang berbeda, sementara (Uyanik, 2019) membandingkan performansi proses *splicing* untuk serat *cotton*, selulosa, dan akrilik. Penelitian serupa dilakukan oleh (Berlin Jinu & Thangamani, 2018) yang melakukan perbandingan antara perubahan parameter *untwisting*, nomor benang, dengan nilai RSSnya. (Das *et al.*, 2005) mengambil sudut pandang yang berbeda dimana korelasi antara nilai parameter produksi benang lainnya seperti *fiber friction*, *yarn twist*, dan *splicing air pressure* dengan performa *yarn splicing* disimpulkan berdasarkan pengujian berbasis factorial design. Prediksi terhadap parameter optimum dari proses *splicing* yang mempertimbangkan beberapa hal diantaranya juga dapat dilakukan dengan menggunakan metode statistika (Cheng & Lam, 2000) maupun *Response Surface Method* dan *Artificial Neural Network* (Ünal *et al.*, 2010).

Penelitian ini lebih didasarkan pada studi kasus kondisi nyata di PT INS yang sedang mengalami permasalahan pada proses *splicing* mesin *winding*, yang ditunjukkan dengan nilai RSS yang turun di bawah standar. Studi bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab masalah dan menyusun usulan perbaikan secara efektif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kepada PT INS dalam mengatasi masalah turunnya nilai RSS benang CD30 yang tidak mencapai standar minimum yang ditetapkan pada mesin *winding* Murata 7-5/Vss.

2. Metodologi

Penelitian dilakukan pada Divisi Spinning PT INS dengan fokus penelitian pada mesin *Winding* yang merupakan tahap terakhir proses pembuatan benang. Proses *winding* di PT ISP menggunakan beberapa tipe mesin, salah satunya menggunakan mesin dengan jenis Murata 7-5/Vss yang memiliki 60 *spindle* setiap mesinnya. Data diperoleh dengan cara melakukan pengujian untuk mendapatkan data *breaking strength* untuk *parent yarn* dan *spliced yarn*, dimana pengujian dilakukan sebanyak empat kali pengujian *breaking strength of parent yarn* dan empat kali uji *breaking strength of spliced yarn* tiap *spindle*-nya. Sehingga dapat diperoleh nilai *Retained spliced strength* (RSS) untuk masing-masing *spindle* tersebut (Lihat Formula 1)

$$\text{RSS, \%} = \frac{\text{Breaking Strength of Spliced Yarn}}{\text{Breaking Strength of Parent Yarn}} \times 100 \quad (1)$$

Metode *seven tools* sering digunakan sebagai solusi dalam penyelesaian masalah kualitas, dimana sebagian besar menggunakan analisis Pareto, sedangkan *Check Sheet* dan *Control Chart* adalah *tools* yang paling banyak digunakan secara global (Antony *et al.*, 2023). Penggunaan metode *seven tools* sering ditemukan untuk menyelesaikan masalah *defect* atau kerusakan produk pada berbagai sektor industri barang seperti Otomotif (Memon), Pesawat Terbang (Ginting & Fattah, 2020; Putra & Prakoso, 2021), Gula (Permono *et al.*, 2022), maupun jasa (Somadi *et al.*, 2020). *Seven tools* juga telah dimanfaatkan untuk penyelesaian industri tekstil, khususnya untuk industri garmen dalam pengidentifikasian dan minimalisasi produk garmen yang cacat (Sjarifudin & Kurnia, 2022).

Analisis pada penelitian ini menggunakan empat dari tujuh *seven tools of quality control*, yakni Diagram kendali atau *Control Chart*, Diagram *Fishbone*, dan *Check Sheet*, Diagram Pareto. Pertama-tama, dilakukan pengambilan data untuk memperoleh hasil perhitungan RSS mesin

winding, sehingga dapat dianalisis lebih lanjut berdasarkan pada *Control Chart* untuk melihat proses *splicing* secara keseluruhan, melihat performa tiap *spindle* apabila dibandingkan dengan standar minimal RSS yang telah ditetapkan oleh perusahaan dan juga untuk mendeteksi *spindle* yang bermasalah. Hal ini sesuai dengan fungsi dari *Control Chart* yang mampu membantu identifikasi penyebab variasi dan memperbaiki suatu proses (Putri, 2022). Setelah diketahui *spindle* yang bermasalah berdasarkan *control chart*, Diagram sebab akibat/*Fishbone* kemudian digunakan untuk melakukan analisis lebih mendalam penyebab dari turunnya nilai RSS pada mesin *Winding*. Berdasarkan data pada diagram *Fishbone* tersebut, selanjutnya akan diperdalam identifikasi penyebab pada faktor mesin dengan menggunakan *Check Sheet*. Data pada *Check Sheet* yang dimiliki akan digunakan untuk melakukan analisis menggunakan diagram pareto untuk mengetahui penyebab turunnya nilai RSS tersebut pada *Spindle* yang bermasalah yang ditemukan dari *Control Chart*, sehingga diperoleh prioritas penyelesaian masalah. Setelah mengetahui sumber penyebab permasalahan, diberikan usulan perbaikan untuk dapat diterapkan oleh perusahaan kedepannya agar nilai RSS dapat terjaga secara stabil.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Data Pengujian Retained spliced strength

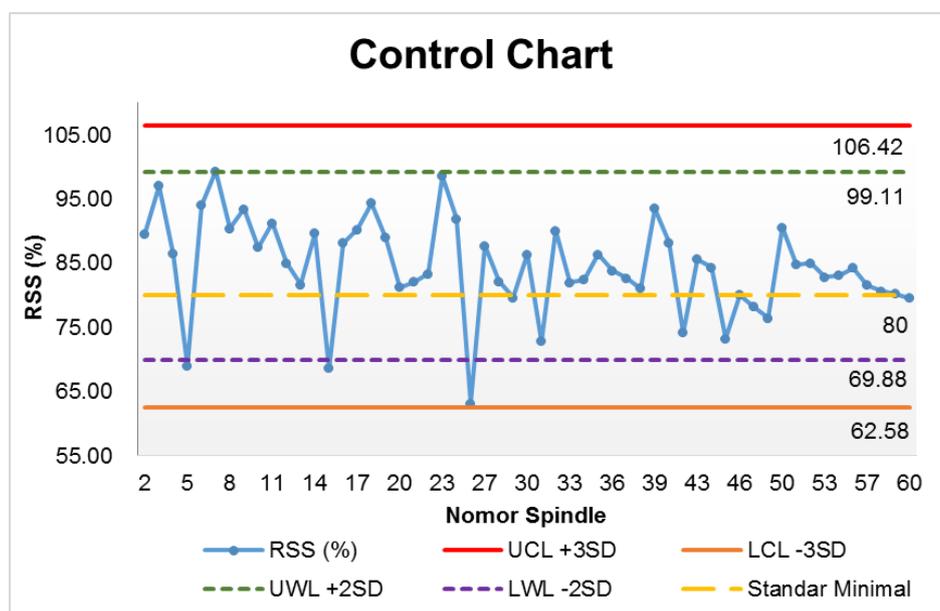
Pengujian nilai RSS benang dilakukan pada 55 *spindle* yang beroperasi dari keseluruhan 60 *spindle* mesin *winding* dengan bahan baku dan parameter mesin yang sama. Pengujian dilakukan sebanyak empat kali untuk masing-masing *spindle*, sehingga berikut diperoleh nilai rata-rata pengujian untuk setiap *spindle* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian nilai *Retained spliced strength* (RSS)

<i>Spindle</i>	<i>Avg. Breaking Strength of Parent Yarn (N)</i>	<i>Avg. Breaking Strength of Spliced Yarn (N)</i>	RSS (%)
2	2.55	2.28	89.52
3	2.38	2.30	97.02
4	2.05	1.78	86.42
5	2.43	1.68	69.06
6	2.33	2.18	94.00
7	2.23	2.20	99.33
8	2.33	2.10	90.39
9	2.25	2.10	93.38
10	2.15	1.88	87.42
11	2.30	2.10	91.25
12	1.85	1.58	85.00
13	2.88	2.33	81.67
14	2.80	2.48	89.65
15	3.10	2.13	68.58
16	2.90	2.55	88.10
17	2.88	2.60	90.25
18	3.03	2.85	94.35
19	2.93	2.60	88.95
20	3.08	2.50	81.19
21	2.98	2.43	82.02
22	2.70	2.25	83.29
23	2.90	2.85	98.53
24	2.90	2.65	91.94
26	2.85	1.80	63.15
27	3.03	2.65	87.66
28	3.13	2.57	82.17
29	2.70	2.13	79.60
30	2.90	2.50	86.38
31	3.03	2.20	72.83
32	3.25	2.93	90.07
33	2.85	2.33	81.97
34	2.95	2.43	82.36

Spindle	Avg. Breaking Strength of Parent Yarn (N)	Avg. Breaking Strength of Spliced Yarn (N)	RSS (%)
35	2.85	2.45	86.36
36	2.88	2.40	83.83
37	2.88	2.38	82.68
38	2.93	2.38	81.03
39	3.08	2.88	93.48
40	2.90	2.53	88.20
42	2.88	2.13	74.12
43	2.73	2.35	85.63
44	2.85	2.40	84.35
45	2.98	2.18	73.21
46	2.78	2.23	80.07
47	2.60	2.03	78.22
49	2.85	2.18	76.43
50	2.88	2.58	90.56
51	2.93	2.48	84.74
52	2.88	2.43	85.00
53	2.90	2.40	82.81
54	2.93	2.43	83.04
56	2.70	2.28	84.25
57	2.83	2.30	81.55
58	2.60	2.10	80.66
59	2.80	2.25	80.17
60	2.95	2.35	79.58

Untuk mengetahui apakah nilai RSS masih dalam batas kendali digunakan salah satu dari QC *seven tools* yaitu *Control Chart* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. *Control Chart* yang digunakan merupakan individual *Control Chart* yang bertujuan untuk mengetahui persebaran nilai RSS untuk setiap *spindle*. Digunakan beberapa parameter pada *Control Chart* ini yaitu data pengukuran itu sendiri, Garis tengah (*central line*) yang mewakili rata-rata dari data pengukuran, *Upper Control Limit* (UCL) yang menandai batas atas dari variabilitas yang diharapkan dalam proses yang didefinisikan dengan nilai rata-rata ditambah tiga kali standar deviasi, *Upper Warning Limit* (UWL) yang didefinisikan dengan nilai rata-rata ditambah dua kali standar deviasi, *Lower Warning Limit* (LWL) yang didefinisikan dengan nilai rata-rata dikurangi dua kali standar deviasi, serta *Lower Control Limit* (LCL) yang menandai batas bawah dari variabilitas yang diharapkan dalam proses, didefinisikan dengan nilai rata-rata dikurangi tiga kali standar deviasi.

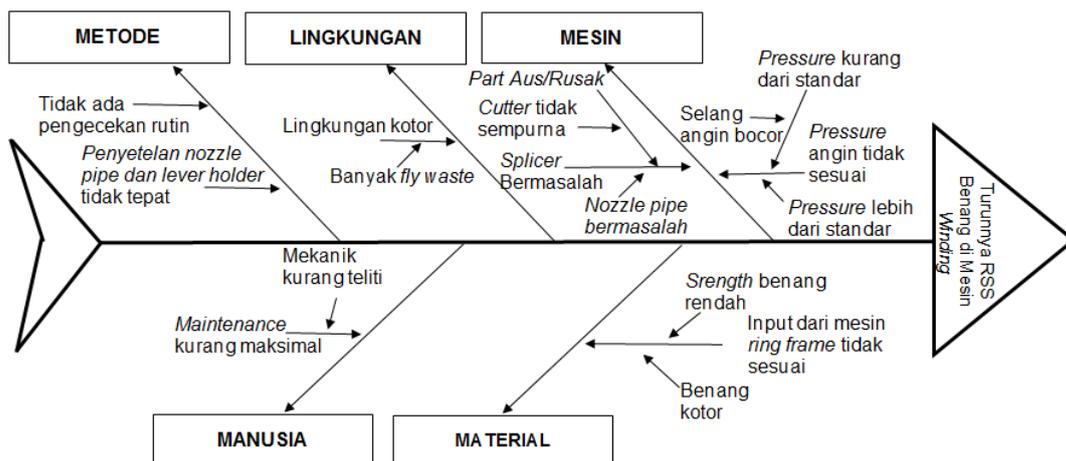


Gambar 3 Control Chart nilai Retained spliced strength (RSS) spindle

Berdasarkan diagram kendali terlihat bahwa nilai RSS tiap *spindle* mesin masih berada dalam kondisi terkendali. Hal tersebut disimpulkan dari diagram kendali diatas, dimana titik data nilai RSS masih berada di antara UCL (*Upper Control Limit*) dan LCL (*Lower Control Limit*). Terdapat tiga *spindle* dengan nomor 5, 15, dan 26 memiliki nilai RSS melewati LWL (*Lower Warning Line*) dan termasuk kategori nilai RSS rendah yang berarti data tersebut masih dalam kondisi terkendali namun sudah mendekati batas kontrol bawah yang perlu diperhatikan. Namun, kondisi di lapangan dinyatakan bahwa terjadi permasalahan proses dimana terdapat 10 *spindle* dengan nomor *spindle* 5, 15, 26, 29, 31, 42, 45, 47, 49 dan 60 dengan nilai RSS di bawah standar minimum yang telah ditetapkan, yaitu 80%. Proses *splicing* mesin *winding* diharuskan harus sempurna yang ditunjukkan dengan nilai RSS yang sesuai standar. Apabila terdapat *spindle* yang menghasilkan nilai RSS tidak mencapai standar, *spindle* tersebut dikategorikan bermasalah dan memerlukan perbaikan. Sepuluh *spindle* yang bermasalah memiliki nilai RSS di bawah 80% sehingga dikategorikan dengan kondisi sambungan benang yang lemah.

3.2 Analisis Penyebab Permasalahan

Lemahnya sambungan benang yang ditunjukkan dengan turunnya nilai RSS dianalisis lebih lanjut menggunakan diagram *Fishbone* untuk mengetahui dan mengidentifikasi penyebab terjadinya permasalahan dari masing-masing faktor, dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram *Fishbone* turunnya nilai *Retained spliced strength* (RSS)

1. Faktor Mesin

Mesin menjadi salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya permasalahan pada sambungan benang, khususnya pada bagian *splicer* yang digunakan sebagai bagian utama dalam proses *splicing* atau penyambungan benang, analisis penyebabnya diantaranya:

- *Pressure* angin tidak tepat

Pada mesin *winding* PT INS ditemukan selang angin dan nipple angin yang bocor. Hal tersebut mengakibatkan supply angin yang masuk pada *splicer* mengalami penurunan dan mengakibatkan ketidaksempurnaan proses *splicing*. Angin menjadi salah satu kunci utama agar terjadinya proses *splicing* dimana angin berfungsi untuk mengurai serat yang akan disambung serta melakukan *twist* ulang agar kedua ujung benang tersambung kembali. Ketidaksiharian angin tersebut bisa berupa kurangnya *pressure* atau karena kelebihan *pressure*. Kekuatan sambungan benang akan meningkat seiring meningkatnya tekanan angin yang digunakan hingga batas tertentu dan akan melemah ketika melebihi batas tersebut (Das *et al.*, 2005).

- *Splicer* bermasalah

Splicer yang berfungsi dalam proses penyambungan benang ditemukan bermasalah dan mengakibatkan sambungan benang yang tidak sempurna serta mengakibatkan sambungan tidak memiliki kekuatan yang cukup atau menurunkan

nilai RSS hingga di bawah standar yang telah ditentukan. Apabila *splicer* tidak berfungsi dengan baik, proses penyambungan benang menjadi tidak sempurna. *Splicer* bermasalah disebabkan oleh dua hal:

i. *Nozzle pipe* bermasalah

Nozzle pipe ini berfungsi untuk melakukan *untwisting* atau penguraian serat serta melakukan *twisting* untuk menyatukan kedua ujung serat yang telah terurai. Permasalahan tersebut berupa adanya *nozzle pipe* yang kotor atau tersumbat. Kondisi tersebut akan mengakibatkan terhambatnya proses *splicing* yang dapat menurunkan nilai RSS benang

ii. Part aus/rusak

Part yang aus pada bagian *splicer* seperti bearing dan bush juga berpengaruh terhadap keberlangsungan proses penyambungan benang. Kerusakan tersebut dapat menghambat pergerakan mekanisme proses penyambungan menjadi tidak sempurna sebagaimana seharusnya. Keausan pada *cutter* juga menjadi masalah yang perlu diperhatikan. *Cutter* yang aus akan menyebabkan ketidaksempurnaan *cutting* dalam membentuk ekor benang. Kesempurnaan *cutting* akan menyempurnakan bentuk serta kekuatan benang yang disambung.

2. Faktor Material

Material input mesin *winding* adalah benang dalam bentuk *cop* yang merupakan output dari mesin ring spinning. Material input ini menjadi salah satu faktor yang berpengaruh terhadap turunnya nilai RSS benang. Berikut ini adalah beberapa hal yang berkaitan dengan material yang dapat mengakibatkan rendahnya nilai RSS benang

- *Strength* benang rendah

Kualitas bahan baku yang digunakan dari mesin ring spinning memiliki dampak signifikan terhadap kekuatan sambungan benang yang dihasilkan oleh mesin *winding*. Jika bahan baku yang digunakan sebagai *supply winding* memiliki kualitas rendah, terutama dalam hal kekuatan benang (*strength*), maka sambungan benang yang dihasilkan juga dipastikan lemah. Hal ini disebabkan oleh benang yang memiliki kekuatan rendah, sehingga ketika terjadi penyambungan benang oleh *splicer*, sambungan benang tersebut tidak dapat mencapai kekuatan yang cukup dan menghasilkan nilai RSS yang rendah.

- Benang kotor

Kontaminasi serat dari kotoran juga merupakan faktor penting yang dapat mengurangi kerapatan serat benang saat disambung, hal tersebut akan mengakibatkan sambungan benang tidak memiliki kekuatan yang memadai. Ketika serat-serat benang terkontaminasi oleh kotoran atau partikel lainnya, akan mengganggu kerapatan serat-serat tersebut saat disambung dan menyebabkan sambungan benang yang dihasilkan tidak memiliki kekuatan yang cukup.

3. Faktor Metode

- Penyetelan *nozzle pipe* dan lever holder tidak tepat

Adanya ketidaktepatan penyetelan pada bagian *splicer* menyebabkan kekuatan sambungan benang yang dihasilkan akan lemah. Selain durasi penyambungan serta tekanan angin yang perlu dilakukan penyetelan, setting jarak part *splicer* pada bagian *nozzle pipe* dan lever holder menjadi hal penting yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil *splicing* yang maksimal. Sesuai anjuran manual book, setting *nozzle pipe* berada pada angka 20 mm dan lever holder dengan jarak setting 2,5 mm..

- Tidak adanya perawatan dan pengecekan rutin

Tidak adanya pengecekan rutin pada *splicer* dapat mengakibatkan masalah yang tidak terdeteksi, seperti kerusakan pada mesin atau komponen aus, yang dapat berpengaruh pada hasil sambungan benang. Selain itu, tidak adanya pengecekan rutin terhadap hasil sambungan benang dapat menyebabkan permasalahan pada *spindle* mesin tidak teridentifikasi. Hal tersebut dapat menjadi penyebab rendahnya nilai RSS benang yang dihasilkan oleh mesin.

4. Faktor Manusia

Proses maintenance yang kurang maksimal dilakukan di PT INS karena tidak dilaksanakan sesuai jadwal, dengan *checklist* penjadwalan yang kurang maksimal, juga terdapat kurangnya ketelitian mekanik misalnya dalam proses pelumasan, penyetelan, cleaning, dan pengecekan terhadap kondisi part mesin. Hal ini menyebabkan kelalaian dalam perawatan mesin *winding* serta memungkinkan adanya penyetelan mesin yang tidak tepat.

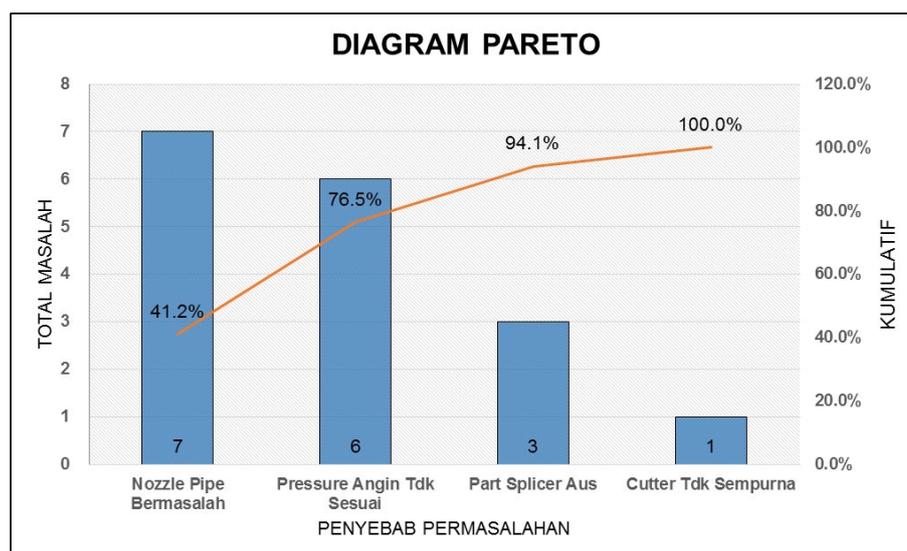
5. Faktor Lingkungan

Banyaknya *fly waste* yang berada pada lingkungan produksi dapat menyebabkan permasalahan pada mesin. *Waste* yang berterbangan dapat dengan mudah menempel pada bagian-bagian mesin. Mekanisme pergerakan *splicer* saat menyambung benang dapat terhambat karena adanya kotoran-kotoran yang menghambat mekanisme gerak bagian-bagian *splicer*. Oleh karena itu hal tersebut menjadi salah satu penyebab dihasilkannya kekuatan sambungan benang yang lemah.

Selanjutnya pada sepuluh *spindle* yang bermasalah dengan nilai RSS tidak sesuai standar (<80%) diamati lebih lanjut terkait tingkat kejadian penyebab rendahnya nilai RSS benang pada faktor mesin yang telah diidentifikasi dari analisis diagram *Fishbone* sebelumnya, yakni *Nozzle pipe* bermasalah, *pressure* angin tidak sesuai, part *splicer* aus, serta *cutter* tidak sempurna. *Check Sheet* frekuensi kejadian penyebab permasalahan RSS tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 *Check Sheet* frekuensi kejadian penyebab nilai RSS di bawah standar

Faktor Penyebab	No. <i>Spindle</i> Dengan Nilai RSS < 80%										Total Kejadian
	5	15	26	29	31	42	45	47	49	60	
<i>Nozzle pipe</i> Bermasalah	x		x	x	x			x	x	x	7
<i>Pressure</i> Angin Tidak Sesuai		x		x		x	x		x	x	6
<i>Part Splicer</i> Aus	x		x					x			3
<i>Cutter</i> Tidak Sempurna					x						1



Gambar 5 Diagram pareto penyebab permasalahan faktor mesin

Diagram pareto yang dapat dilihat pada Gambar 5 di atas memberikan gambaran yang jelas mengenai penyebab utama masalah turunnya nilai RSS benang. Terdapat dua faktor dominan yang menjadi penyebab utama masalah tersebut, yaitu *nozzle pipe* yang bermasalah dan tekanan angin yang tidak sesuai. Kedua faktor ini menjadi peran penting dalam kualitas sambungan benang yang dihasilkan mesin. *Nozzle pipe* yang bermasalah menjadi salah satu penyebab utama

turunnya nilai RSS benang. Kemungkinan adanya kerusakan atau keausan pada *nozzle pipe* serta adanya kotoran yang menyumbat dapat mengganggu aliran angin yang digunakan untuk proses penyambungan benang. Tekanan angin yang tidak sesuai juga merupakan faktor yang berpengaruh pada nilai RSS benang. Jika tekanan angin tidak diatur dengan benar, dapat menyebabkan ketidakstabilan aliran angin dan permasalahan proses *splicing*. Kedua faktor tersebut perlu dijadikan prioritas dalam tindakan perbaikan. Langkah-langkah perbaikan yang tepat dan terarah terhadap *nozzle pipe* dan pengaturan tekanan angin yang akurat akan membantu mengatasi masalah turunnya nilai RSS benang secara efektif. Dengan mengatasi faktor-faktor dominan ini, diharapkan kualitas sambungan benang pada mesin dapat meningkat secara signifikan, mengurangi jumlah *spindle* mesin dengan nilai RSS rendah, dan memastikan bahwa sambungan benang yang dihasilkan sesuai standar yang telah ditentukan.

3.3 Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis penyebab turunnya nilai RSS benang sebelumnya, maka diperlukan adanya upaya perbaikan yang perlu dilakukan untuk memperbaiki dan mencegah terjadinya permasalahan turunnya nilai RSS benang. Berikut ini adalah usulan perbaikan terhadap faktor penyebab turunnya nilai RSS benang:

1. Faktor Mesin

- Melakukan pengecekan menyeluruh terhadap kondisi *nozzle pipe* pada tiap *spindle* mesin *winding*. Kemungkinan adanya kerusakan, keausan, atau penyumbatan pada *nozzle pipe* perlu diidentifikasi dan diperbaiki secara tepat. Jika ditemukan masalah pada *nozzle pipe*, perlu dilakukan perbaikan atau penggantian sesuai kebutuhan. Dengan memastikan *nozzle pipe* berfungsi dengan baik, kualitas sambungan benang dapat ditingkatkan, sehingga nilai RSS dapat dijaga stabil dan tidak turun.
- Melakukan penyesuaian tekanan angin pada setiap *spindle* juga perlu dilakukan. Variasi tekanan angin yang tidak sesuai dapat menyebabkan sambungan benang yang lemah. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengecekan dan penyesuaian terhadap tekanan angin di setiap *spindle* mesin *winding*. Dalam proses penyambungan diperlukan *pressure* angin yang tepat dimana sesuai manual book instruction, *pressure* angin harus berada pada angka 6.5 bar untuk pipa *untwisting* (P1) dan 2.0-6.5 bar untuk *twisting* (P2). Tekanan angin yang tepat akan memastikan benang tersambung dengan kuat dan dapat meningkatkan nilai RSS benang.
- Melakukan perawatan dan pengecekan rutin terhadap kondisi part consumable mesin misalnya keausan dan kerusakan terhadap bearing, bush, dan *cutter*. *Cutter* yang bermasalah harus segera diganti untuk mendapatkan hasil pemotongan benang yang sempurna.

2. Faktor Material

- Menggunakan material input yang berkualitas tinggi menjadi langkah awal yang penting yang perlu diimplementasikan. Penting untuk memastikan bahwa bahan baku yang digunakan sebagai supply *winding* memiliki kekuatan benang yang cukup. Dengan menggunakan material input yang sudah lolos pengujian kualitas terutama *strength* benang, dapat dihindari terjadinya sambungan benang yang lemah saat proses *winding* dan turunnya nilai RSS benang dapat dihindari.
- Pencegahan kontaminasi terhadap serat juga harus diperhatikan. Kontaminasi serat dari kotoran dapat mengurangi kerapatan serat pada sambungan benang saat disambung, mengakibatkan kelemahan dalam kekuatan sambungan. Oleh karena itu, diperlukan pengawasan serta ketelitian terhadap pencegahan hal-hal yang dapat menjadi kontaminasi pada serat. Dengan menjaga kebersihan dan mencegah kontaminasi serat, dapat menghindari terjadinya penurunan nilai RSS benang.

3. Faktor Metode

- Diperlukan implementasi jadwal perawatan rutin untuk memeriksa kondisi *splicer* secara rutin. Pengecekan ini meliputi pemeriksaan keseluruhan mesin *splicer*, termasuk komponen-komponennya, untuk mendeteksi potensi kerusakan atau

keausan yang dapat mempengaruhi kualitas sambungan benang yang dapat berakibat pada turunnya nilai RSS benang. Dengan melakukan pengecekan rutin, masalah pada *splicer* dapat terdeteksi lebih awal dan tindakan perbaikan dapat diambil segera.

- Melakukan pengecekan rutin terhadap hasil sambungan benang yang dihasilkan. Pemeriksaan ini dilakukan untuk memastikan kualitas sambungan benang pada setiap *spindle* mesin. Dengan melakukan pengecekan rutin, dapat diidentifikasi adanya masalah pada hasil sambungan benang.
- Melakukan perawatan rutin terhadap setelan *nozzle pipe* dan lever holder pada *splicer*, untuk memastikan penyetelan part tersebut sesuai dengan ketentuan yang sudah ditentukan.

Berikut pada Tabel 5 diberikan usulan jadwal maintenance yang bisa diterapkan untuk mengantisipasi terjadinya turunnya nilai RSS benang di mesin *winding* PT INS:

Tabel 5 Usulan *checklist* perawatan mesin *winding*

JADWAL	ITEM CHECK	PETUNJUK PEMERIKSAAN	KONDISI IDEAL
Harian	<i>Spindle</i>	Bersihkan seluruh komponen <i>spindle</i> dari kotoran dan sisa-sisa kapas/ benang dengan menggunakan kompresor angin.	Tidak ada sisa material yang menempel pada <i>splicer</i> .
Seminggu sekali	Hasil sambungan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Periksa bentuk dan kekuatan sambungan. 2. Periksa ketajaman <i>cutter</i> (visual). 3. Periksa kesesuaian tekanan angin. 4. Periksa kondisi angin (bocor/tersumbat) dengan visual dan deteksi suara. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bentuk sambungan tidak terlalu tebal atau tipis (mirip dengan benang induknya) dan memiliki nilai RSS di atas 80% 2. Bisa memotong ekor benang dengan sempurna. 3. Regulator pipa <i>untwisting</i> (P1) menunjukkan 6.5 bar dan pipa <i>twisting</i> (P2) 2.0-6.5 bar. 4. Tidak ada suara angin bocor keluar pipa.
Setiap 3 bulan	<i>Splicer cutter</i>	Lakukan pelumasan sumbu <i>cutter</i> .	Sumbu <i>cutter</i> terlumasi secara keseluruhan (luar dalam).
Setiap 6 bulan	<i>Splicer</i>	<i>Cleaning</i> dan <i>checking part consumable splicer</i> .	Tidak ada <i>part consumable</i> yang aus/ rusak (segera lakukan penggantian jika didapati kerusakan/ aus), bersih dari sisa-sisa material.
Setahun sekali	<i>Nozzle pipe</i>	<i>Cleaning</i> pipa <i>untwisting</i> menggunakan sikat/ <i>brush</i> .	Tidak ada kotoran yang menempel/ menyumbat <i>nozzle pipe</i> .

4. Faktor Manusia

- Perlu dilakukan peningkatan ketelitian mekanik dalam menjalankan tugas perawatan dan pengoperasian mesin untuk memaksimalkan hasil proses maintenance. Mekanik perlu diberikan pelatihan yang lebih intensif mengenai pentingnya ketelitian dalam melakukan penyetelan mesin. Mekanik juga perlu mengetahui akibat yang dapat terjadi karena kelalaian dalam perawatan mesin, seperti sambungan benang yang lemah. Dengan meningkatkan kesadaran akan pentingnya ketelitian mekanik, diharapkan

tingkat kehati-hatian dalam penyetelan mesin dapat ditingkatkan, sehingga meminimalkan risiko terjadinya sambungan benang yang lemah.

- Perlu dilakukan perbaikan dalam proses maintenance mesin *winding*. PT INS dapat memperkuat tim maintenance dan memastikan mekanik memiliki pengetahuan serta keterampilan yang memadai dalam merawat mesin *winding*. Mengimplementasikan jadwal maintenance yang terstruktur dan teratur untuk memastikan mesin selalu dalam kondisi optimal. Selain itu, melakukan pemeriksaan rutin terhadap mesin *winding* khususnya yang berkaitan dengan mekanisme penyambungan benang untuk mendeteksi potensi masalah atau kerusakan, sehingga dapat diambil tindakan perbaikan sebelum lemah sambungan benang terjadi

5. Faktor Lingkungan

Untuk mengatasi masalah lemah sambungan benang yang disebabkan oleh banyaknya fly waste pada lingkungan produksi, perlu dilakukan upaya perbaikan untuk menjaga kebersihan lingkungan kerja. Diperlukan kegiatan pembersihan rutin untuk menghilangkan fly waste yang ada pada area produksi, khususnya di sekitar mesin-mesin *winding*. Selain itu, mengedukasi para pekerja mengenai pentingnya menjaga kebersihan dan kesadaran akan keberadaan fly waste akan membantu meningkatkan kepatuhan terhadap praktik-praktik kebersihan yang baik.

Perbaikan terhadap berbagai faktor penyebab permasalahan perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas hasil serta efisiensi produksi. Hal ini akan berdampak pada peningkatan kualitas sambungan benang, mengurangi jumlah produk cacat, dan meningkatkan efektivitas keseluruhan proses produksi khususnya pada PT INS. Usulan perbaikan pada penelitian ini dapat diterapkan dan dianalisis lebih lanjut pada penelitian selanjutnya guna memperoleh nilai RSS dan performa *splicing* yang optimal, sehingga proses penyambungan benang dapat berjalan dengan baik yang membuat produktivitas mesin *winding* secara keseluruhan juga meningkat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada mesin *winding* terdapat sepuluh *spindle* yang bermasalah dengan turunnya nilai *Retained spliced strength* (RSS) dan memiliki nilai RSS tidak mencapai batas standar minimum 80% yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Berdasarkan analisis menggunakan diagram *Fishbone*, masalah turunnya nilai RSS disebabkan oleh beberapa faktor faktor mesin, material, metode, lingkungan, dan manusia. Analisis terhadap faktor mesin pada *spindle* yang bermasalah diperdalam menggunakan diagram pareto sehingga ditemukan prioritas perbaikan yaitu pada *nozzle pipe*, *pressure* angin, serta keausan *splicer*. Usulan perbaikan dan pencegahan oleh perusahaan telah diberikan untuk masing-masing faktor penyebab tersebut, dengan usulan *checklist* perawatan dan pengecekan pada komponen yang terlibat pada mesin seperti *nozzle pipe*, *splicer*, dan *spindle*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diterapkan di perusahaan khususnya PT INS dan digunakan sebagai acuan dalam melakukan penyetelan dan perawatan pada komponen *splicer* sebagai komponen utama penentu kualitas mesin *winding* secara khusus dan kualitas benang pada umumnya. Selain itu dapat dilakukan studi lanjut terkait penerapan usulan perbaikan pada PT INS sehingga dapat diperoleh perbandingan kondisi nilai RSS sebelum dan sesudah perbaikan, serta dapat ditentukan metode perawatan yang paling efektif untuk mencapai nilai RSS yang optimal. Untuk skala yang lebih luas selanjutnya dapat dilakukan studi terkait penentuan parameter mesin dan sifat benang yang paling optimal untuk menghasilkan proses *splicing* yang sesuai standar, dengan menentukan kombinasi optimal dari nilai tekanan angin, *strength* benang, jarak antar *part* pada *splicer*, serta parameter lainnya yang berpengaruh.

Daftar Pustaka

- Antony, J., McDermott, O., & Sony, M. (2023). Revisiting Ishikawa's Original Seven Basic Tools of Quality Control: A Global Study and Some New Insights. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 70(11), 4005–4020. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3095245>
- Berlin Jinu, C. K., & Thangamani, K. (2018). Effect of *retwisting* parameters of *splicing* on the

- retained *splice strength*. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 43(4), 499–503.
- Cheng, K., & Lam, H. (2000). Physical Properties of Pneumatically Spliced Cotton Ring Spun Yarns. *Textile Research Journal*, 70(12), 1053–1057.
- Das, A., Ishtiaque, S. M., & Parida, J. R. (2005). Effect of fiber friction, *yarn twist*, and *splicing* air pressure on *yarn splicing* performance. *Fibers and Polymers*, 6(1), 72–78. <https://doi.org/10.1007/BF02875576>
- Gandhi, K. L. (2019). *Yarn preparation for weaving: Winding*. In *Woven Textiles: Principles, Technologies and Applications* (2nd ed.). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102497-3.00002-7>
- Ginting, R., & Fattah, M. G. (2020). Production quality control with new *seven tools* for defect minimization on PT. Dirgantara Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 452(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/452/1/012082>
- Gulhane, S., Shirsath, P., Kolte, P., & Kakde, M. (2019). Improving productivity of *winding* by optimization of *splicing* parameter. *Journal of the Textile Association*, 80(1), 5–7.
- Hossan, M., Rahman, M., Islam, T., Alam, M. A., & Mahmud, T. (2021). *Evaluation & Analysis of Splice strength of Ring Spun Yarn Produced from Different Types of Cotton Fibers*. October.
- Khairunnisa, H., Bintang, H. S., & Safitri, S. N. (2023). Process Improvement of *Winding* Machines for Reducing Cone Defects: Case Study in *Yarn Manufacturing Company*. *Proceeding of The 2nd International Conference on Engineering and Management in Industrial System (ICOEMIS)*, 411–422.
- Lam, H., & Cheng, K. (1998). Properties of pneumatic spliced short-staple ring spun yarns. *Research Journal of Textile and Apparel*, 2(1), 21–35.
- Muratec. (2011). *Muratec 21C Process Coner Manual Book*. Murata Machinery.
- Permono, L., Salmia, L. A., & Septiari, R. (2022). Penerapan Metode *Seven Tools* Dan *New Seven Tools* Untuk Pengendalian Kualitas Produk (Studi Kasus Pabrik Gula Kebon Agung Malang). *Jurnal Valtech*, 5(1), 58–65.
- Putra, A. M., & Prakoso, I. (2021). Pengendalian Kualitas Produk Bubble Window dengan Metode *New Seven Tools* (Studi Kasus: PT. X) Bubble Window Product Quality Control with *New Seven Tools* Method (Case Study: PT X). *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri*, 8, 97–103. <https://doi.org/10.25124/jrsi.v8i02.473>
- Putri, N. T. (2022). *Manajemen Kualitas Produk dan Jasa*. Andalas University Press.
- Sjarifudin, D., & Kurnia, H. (2022). The PDCA Approach with *Seven Quality Tools* for Quality Improvement Men's Formal Jackets in Indonesia Garment Industry. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 24(2), 159–176. <https://doi.org/10.32734/jsti.v24i2.7711>
- Somadi, S., Priambodo, B. S., & Okarini, P. R. (2020). Evaluasi Kerusakan Barang dalam Proses Pengiriman dengan Menggunakan Metode *Seven Tools*. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 6(1), 1–11. <https://doi.org/10.30656/intech.v6i1.2008>
- Ünal, P. G., Arikan, C., Özdil, N., & Taşkin, C. (2010). The Effect of Fiber Properties on the Characteristics of Spliced Yarns: Part II: Prediction of Retained Spliced Diameter. *Textile Research Journal*, 80(17), 1751–1758. <https://doi.org/10.1177/0040517510363189>
- Uyanık, S. (2019). A research on determining optimum *splicing* method in terms of fiber types and *yarn count*. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 29(1), 22–33. <https://doi.org/10.32710/tekstilvekonfeksiyon.451476>