

Analisis Probabilitas Risiko dan Usulan Perbaikan Pada Proses Weaving Pembuatan Produk Handuk di PT Paberik Tekstil Kasrie Menggunakan Metode *Fuzzy-Bow Tie Analysis*

Eki Wulandari Al Masruroh⁽¹⁾, Tranggono⁽²⁾

Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294, Indonesia

Email: ¹ekiwulandari.al@gmail.com, ²tranggono.ti@upnjatim.ac.id

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima 4 Mei 2024
Direvisi 7 Mei 2024
Disetujui 8 Mei 2024
Dipublikasikan 26 Mei 2025

Keywords:

Data-Driven Organization;
Digital Transformation;
Enterprise Architecture;
Governance; Organizational Culture

Kata Kunci:

Budaya Organisasi; Data-Driven Organization; Digital; Tata Kelola; Transformasi Enterprise Architecture

Corresponding Author:

Name:
Eki Wulandari Al Masruroh
Email:
ekiwulandari.al@gmail.com

Abstract: *The research aims to identify the risks that occur in the weaving process and provide risk management and prevention strategies. The method of this research is to use fuzzy-bow tie analysis where fuzzy analysis is used to calculate the probability of factors and impacts that occur while bow tie analysis is to identify risk variables and plan management and prevention strategies. The findings from the study have identified five risk variables: fire, work fatigue, Operator accident, machine damage, and product defect. After conducting a survey of 5 employees working in the weaving department by measuring the probability of risk occurrences and the level of risk impact, the results were that of the 5 main risks identified, 3 of them had high risk values and 2 had moderate risk. To reduce the level of risk, risk mitigation is carried out by conducting an analysis of prevention and management strategies using the Bow tie method.*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi risiko yang terjadi pada proses weaving dan memberikan strategi penanganan dan pencegahan risiko. Metode penelitian ini adalah menggunakan *fuzzy-Bow-Tie Analysis* dimana analisis fuzzy digunakan untuk menghitung probabilitas faktor dan dampak yang terjadi sedangkan bow tie analysis untuk mengidentifikasi variabel risiko dan perencanaan strategi penanganan serta pencegahan. Temuan dari penelitian terdapat 5 variabel risiko yang diidentifikasi yaitu kebakaran, kelelahan kerja, cedera Operator, kerusakan mesin, dan product defect. Dari 5 risiko utama ini dianalisis menghasilkan 15 faktor risiko dan 14 dampak risiko. Setelah dilakukan survei kepada 5 karyawan yang bekerja di bagian weaving dengan mengukur probabilitas kejadian risiko dan tingkat dampak risiko didapatkan hasil bahwa dari 5 risiko utama yang telah diidentifikasi, 3 diantaranya memiliki nilai risiko tinggi dan 2 sisanya memiliki nilai risiko sedang. Untuk mengurangi tingkat risiko, dilakukan mitigasi risiko dengan melakukan analisis terhadap strategi pencegahan dan penanganan menggunakan metode Bow-Tie Analysis.

PENDAHULUAN

Bersama dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi, jumlah industri manufaktur di Indonesia semakin beragam. Menurut kementerian perindustrian yang dikutip dari laman kompasiana (2023), tahun 2024 ditargetkan pertumbuhan industri manufaktur sebesar 5,8%, lebih tinggi dibandingkan proyeksi tahun 2023 yang sebesar 4,81%. Pertumbuhan industri manufaktur yang beragam ini disebabkan oleh perubahan pola dan gaya hidup masyarakat yang semakin konsumtif. Industri tekstil merupakan salah satu sektor manufaktur yang memiliki peran strategis

dalam mendukung pertumbuhan ekonomi suatu negara. PT Pabrik Kasrie Tekstil sebagai perusahaan yang bergerak dalam industri tekstil, dihadapkan pada berbagai risiko yang dapat mempengaruhi kelangsungan dan kinerja operasionalnya.

PT Pabrik Tekstil Kasrie merupakan perusahaan yang berfokus pada produksi produk-produk tekstil khususnya handuk. Perusahaan ini berdiri pada tahun 1937 dan telah bertahan lebih dari 80 tahun. Produk mereka mencakup berbagai jenis handuk dan selimut, termasuk *Plain dyed*, *Stripe*, *Jacquard*, dan *Velour*. Bahan yang digunakan adalah 100% katun atau campuran 92% katun dan 8% polyester. Perusahaan ini juga dikenal dengan komitmennya terhadap kualitas dan lingkungan, yang dibuktikan dengan sertifikasi ISO 9001, *Oeko-Tex Confidence In Textiles*, dan ISO 14001. Dengan kapasitas produksi sebesar 250 ton per bulan, PT Pabrik Tekstil Kasrie terus berkontribusi dalam industri tekstil Indonesia (Anggraini & Dayanti Oktavia, 2022)

Salah satu proses kritis dalam produksi handuk adalah proses *weaving*, yang memiliki potensi risiko yang perlu dikelola dengan baik. Menurut Kementrian Perindustrian (2021), *Weaving* adalah salah satu proses manufaktur dalam industri tekstil yang melibatkan penyusunan benang-benang menjadi suatu kain. Proses ini dilakukan dengan menggunakan alat khusus yang disebut mesin tenun. Dalam *weaving*, dua set benang yang disebut benang lusi (*warp*) dan benang pakan (*weft*) disusun secara bergantian untuk membentuk pola kain. Benang lusi ditenun sejajar dengan panjang kain, sedangkan benang pakan ditenun menyilang antara benang pakan. Proses *weaving* menciptakan struktur kain dengan memasukkan benang pakan di antara benang lusi, membentuk pola dan tekstur kain. Hasil dari proses ini adalah kain yang biasanya digunakan sebagai bahan baku untuk produk tekstil seperti pakaian, selimut, atau handuk (Zyahri, 2013).

Pada bagian *weaving*, tenaga kerja manusia digunakan untuk mengendalikan proses penenunan. Di stasiun *weaving* PT Pabrik Tekstil Kasrie, terdapat 20 pekerja per shift, dengan setiap pekerja bertanggung jawab mengoperasikan rata-rata empat mesin. Pekerja di stasiun *weaving* bekerja dalam posisi berdiri selama 8 jam kerja, dengan 1 jam waktu istirahat yang dapat menyebabkan kelelahan. Proses kerja ini memerlukan konsentrasi tinggi dan kesiapsiagaan untuk mengantisipasi kesalahan selama proses penenunan. Hal ini dapat menambah beban kerja dan membuat pekerja lebih mudah merasa lelah, yang pada akhirnya dapat menurunkan produktivitas.

Dalam 5 tahun terakhir PT Pabrik Tekstil Kasrie tercatat mengalami total 20 kejadian kecelakaan kerja dengan 14 kali kebakaran, 3 kali terkena jarum atau benda tajam, 2 kali terkena benda panas, dan 1 kali kejadian terpeleset. Dari data kecelakaan kerja diketahui bahwa jenis kecelakaan seperti terkena jarum dan terkena benda panas merupakan kecelakaan yang sering terjadi akibat dari kelelahan kerja karyawan. Kelelahan dan kurang fokus saat bekerja dapat mengakibatkan terjadinya kecelakaan kerja yang dapat membahayakan karyawan. Selain dari kecelakaan akibat kelelahan kerja, dari data tersebut diketahui bahwa sering terjadi kebakaran di perusahaan. Kebakaran dapat terjadi sebagian besar disebabkan oleh mesin yang overheating, kesalahan penggunaan mesin, ataupun konsleting listrik. Hal ini dapat diperparah karena bahan bahan dan produk tekstil yang mudah terbakar. Kecelakaan kecelakaan yang ada dalam data sebelumnya dapat dikategorikan ke dalam tingkatan tinggi dan menengah karena dampak yang diakibatkan dapat menimbulkan disabilitas sementara, disabilitas permanen atau bahkan kematian (Darmayani et al., 2023).

Dalam lingkungan produksi tekstil, risiko-risiko lain yang dapat terjadi melibatkan berbagai aspek, seperti keterlambatan produksi, kerusakan peralatan, ataupun fluktuasi harga bahan baku. Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Noverita (2022) ditemukan hasil bahwa kecelakaan yang sering terjadi pada saat proses *weaving* yaitu terkena sisir mesin, terjepit mesin, dan terkena cutter. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Sawamahasri (2019), hasil identifikasi potensi risiko pada proses *weaving* yaitu tangan pekerja terjepit mesin dan terkena debu dari serat halus benang. Untuk meningkatkan produktivitas pekerja dan mencapai hasil yang lebih optimal, sistem K3 atau kesehatan dan keselamatan kerja harus diterapkan dengan baik. Ini termasuk identifikasi potensi risiko dan bahaya, serta mencari langkah langkah pencegahan dan penanganan risiko tersebut.

Menurut Nur (2021) dalam Anggoro et al. (2023), Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah program yang dirancang oleh pengusaha dan karyawan untuk mencegah kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Menurut Iskandar & Basuki (2023) tujuan K3 adalah untuk memelihara

kesehatan dan keselamatan di lingkungan kerja (Iskandar & Basuki, 2023). Kecelakaan kerja atau kemungkinan kecelakaan kerja harus dicegah, dihilangkan, atau setidaknya dikurangi dampaknya secepat mungkin (Hasibuan et al., 2020). Penelitian ini sendiri bertujuan untuk melakukan analisis mitigasi risiko pada proses *weaving* produk handuk di PT Pabrik Kasrie Tekstil. Metode yang akan digunakan dalam analisis ini adalah metode *Fuzzy Bow-Tie Analysis*.

Fuzzy-Bow Tie Analysis adalah metode analisis risiko yang menggabungkan *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Event Tree Analysis* (ETA) dalam satu *platform* untuk membangun hubungan logis antara penyebab suatu kejadian yang tidak diinginkan dan konsekuensinya (Perdana et al., 2021). Tujuan teknik analisis *Bow-Tie* adalah untuk memberikan gambaran lengkap (*helicopter view*) dari logika beberapa skenario peristiwa risiko dan membantu memberikan penjelasan visual yang sederhana tentang hubungan antara peristiwa risiko dan penyebab dan konsekuensinya (Alijoyo et al., 2020). Dalam konteks ini, *Fuzzy* merujuk pada penggunaan teori himpunan *Fuzzy* untuk menangani ketidakpastian yang berkaitan dengan penilaian subjektif atau pengetahuan (Setiawan et al., 2018). *Fuzzy* adalah cabang dari logika yang menerapkan derajat keanggotaan dalam suatu himpunan sehingga keanggotaan tidak hanya bersifat *true/false* (Rindengan & Langi, 2019). *Fuzzy-Bow Tie Analysis* dirancang untuk mempertimbangkan faktor risiko dengan *fault tree*, dan kemudian dampak risiko tersebut dijelaskan dalam *event tree*. Kemudian analisis *Fuzzy* digunakan untuk menghitung probabilitas faktor dan dampak yang terjadi (Perdana et al., 2021).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Bhayangkara et al. (2021) menggunakan metode *Bow-Tie Analysis* belum dapat secara optimal menangani permasalahan dikarenakan metode *Bow-Tie* yang tidak bisa memilah kontrol mana yang lebih penting daripada kontrol lainnya dan merupakan metode kualitatif yang bersifat subjektif bergantung pada responden penelitian. Penambahan metode *fuzzy* ini pada penelitian ini digunakan untuk meningkatkan akurasi dari jawaban-jawaban yang subjektif tersebut menjadi jawaban objektif dengan probabilitas angka yang akan memudahkan menilai prioritas kontrol yang harus ditangani (Rahmatianti et al., 2022). Metode *Fuzzy Bow-Tie Analysis* sebelumnya telah digunakan pada penelitian yang dilakukan oleh Rahmatianti et al. (2022) dan Kaptan (2021) yang meneliti potensi risiko pada industri perkapalan, sedangkan dalam penelitian ini dilakukan pada proses produksi pada industri tekstil khususnya proses *weaving*. Dengan melakukan analisis mitigasi risiko pada proses *weaving*, diharapkan PT Pabrik Kasrie Tekstil dapat mengidentifikasi risiko-risiko potensial yang mungkin terjadi, mengevaluasi dampak dan probabilitasnya, serta merancang strategi mitigasi yang efektif. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan ketahanan perusahaan terhadap risiko-risiko yang mungkin timbul dalam operasionalnya, sehingga menciptakan lingkungan produksi yang lebih stabil dan berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan kombinasi pendekatan kuantitatif dan kualitatif. Menurut Bennet & Elman (2006) dalam Sahir (2021), metode kualitatif memiliki keunggulan komparatif dalam pengembangan internal langkah-langkah dengan konsep yang valid. Penelitian kuantitatif, di sisi lain didefinisikan sebagai suatu jenis penelitian yang bersifat sistematis dan terstruktur dengan tahapan yang jelas, bertujuan untuk menjelaskan atau menggambarkan suatu fenomena sosial yang ada (Fauzi et al., 2022). Metode yang digunakan untuk analisis data yaitu metode *Fuzzy Bow Tie Analysis*. *Fuzzy-Bow tie analysis* adalah metode analisis risiko yang menggabungkan *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Event Tree Analysis* (ETA) dalam satu platform untuk membangun hubungan logis antara penyebab suatu kejadian yang tidak diinginkan dan konsekuensinya. Metode *Fuzzy* akan digunakan untuk menangani ketidakpastian dan kompleksitas dalam penilaian risiko. Sedangkan *Bow-Tie Analysis* akan membantu dalam mengidentifikasi, menilai, dan mengelola risiko-risiko yang diidentifikasi (Perdana et al., 2021).

Proses pengumpulan dilakukan dengan melakukan observasi langsung, wawancara dengan ahli K3 di perusahaan dan juga melakukan penyebaran kuesioner. Wawancara atau diskusi telah diadakan dengan para pakar. Orang-orang yang diwawancarai adalah mereka yang

terkait dengan risiko kecelakaan kerja dan proses produksi, terutama dalam proses tenun. Wawancara ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui prosedur kerja dan juga risiko risiko yang pernah dan mungkin terjadi pada proses *weaving*. Kuesioner survei diberikan kepada 5 responden yang yang terkait dengan proses *weaving* dan risiko kecelakaan kerja. Selain itu, juga dipilih responden yang bekerja di bagian *weaving* dan mengerti mengenai K3. Kuesioner ini akan berisi mengenai daftar penyebab dan dampak dari 5 variabel risiko yang telah dianalisis yang akan dinilai tingkat risikonya dengan menggunakan variabel linguistik *fuzzy*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Variabel Risiko

Variabel risiko kecelakaan kerja diperoleh berdasarkan identifikasi awal risiko dan diperkuat dengan studi literatur penelitian sebelumnya yang kemudian didiskusikan dengan pihak terkait untuk mendapatkan variabel kecelakaan kerja yang nantinya dijadikan sebagai isi kuisisioner survei pendahuluan dan kuisisioner survei utama. Data kuesioner ini didapatkan dari hasil analisis dan identifikasi serta diskusi bersama dengan bagian K3 dan produksi PT Paberik Tekstil Kasrie. Berikut Tabel. 1 variabel risiko kecelakaan keja.

Tabel1. Variabel Factor Risiko			
No	Top Event	Factor	No. Code
1	Kebakaran (R1)	1. Gesekan pada mesin	F11
		2. Konsleting Listrik	F12
		3. Kerusakan pada komponen mesin	F13
2	Kelelahan Kerja (R2)	1. Berdiri terlalu lama	F21
		2. Usia <i>Operator</i> yang sudah melewati usia produktif	F22
		3. Kebisingan dan Temprature panas	F23
3	Cidera <i>Operator</i> (R3)	1. Terkena Jarum mesin	F31
		2. Terjepit saat pengoprasian mesin	F32
		3. <i>Operator</i> bekerja tanpa APD	F33
4	Kerusakan Mesin (R4)	1. Pengoperasian tidak sesuai SOP	F41
		2. Tidak adanya jadwal rutin untuk perawatan mesin	F42
		3. Mesin sudah tua	F43
5	<i>Product Defect</i> (R5)	1. Mesin yang tiba tiba berhenti	F51
		2. Terdapat benang putus	F52
		3. Kesalahan <i>Operator</i> saat penataan benang	F53

Sumber: PT Paberik Tekstil Kasrie (2024)

Tabel 2. Variabel Dampak Risiko			
No	Top Event	Impact	No. Code
1	Kebakaran (R1)	1. Korban luka	D11
		2. Kerusakan bahan dan produk	D12
		3. Kerusakan fasilitas	D13
2	Kelelahan Kerja (R2)	1. Hilang Fokus	D21
		2. Cidera Saat Bekerja	D22
3	Cidera <i>Operator</i> (R3)	1. Korban Luka	D31
		2. Menurunkan produktivitas	D32
		3. Karyawan absen	D33
4	Kerusakan Mesin (R4)	1. Menghambat Proses Produksi	D41
		2. Menambah pengeluaran untuk pergantian atau perbaikan mesin	D42
		3. Waktu penyelesaian <i>order</i> tidak optimal	D43
5	<i>Product Defect</i> (R5)	1. Menghasilakn banyak produk waste	D51
		2. Waktu produksi bertambah	D52
		3. <i>Cash flow</i> tidak maksimal	D53

Sumber: PT Paberik Tekstil Kasrie (2024)

Hasil Kuesioner Survei

Dilakukan survei kepada 5 responden yaitu karyawan PT Paberik Tekstil Kasrie dengan data diri sebagai berikut:

Tabel 3. Data Diri Responden Survei

No	Nama	Jenis Kelamin	Umur	Posisi
1	Panji	Laki – Laki	50	Kepala <i>Maintanance</i>
2	Suyadi	Laki – Laki	52	<i>Supervisor</i> Produksi
3	Nanik Mujiyati	Perempuan	55	<i>Operator</i> Mesin <i>Weaving</i>
4	Rosman Hidayat	Laki – Laki	53	<i>Staff</i> <i>Maintanance</i>
5	Khotimah	Perempuan	53	<i>Operator</i> Mesin <i>Weaving</i>

Sumber : Kuesioner Survei

Kuesioner ini akan berisi mengenai daftar penyebab dan dampak dari 5 variabel risiko yang telah dianalisis yang akan dinilai tingkat risikonya dengan menggunakan variabel linguistik *fuzzy* sebagai berikut:

Tabel 4. Variabel Linguistik dan Angka *Fuzzy* untuk Faktor Risiko

Variabel Penilaian Linguistik	Kode	Angka <i>Fuzzy</i>	Fungsi Karakteristik dari Angka <i>Fuzzy</i>
Sangat Mungkin Terjadi	SMT	0.9	(0.7, 0.9, 1.0)
Mungkin Terjadi	MT	0.7	(0.5, 0.7, 0.9)
Tidak Mungkin Terjadi	TMT	0.5	(0.3, 0.5, 0.7)
Sangat Tidak Mungkin Terjadi	STM	0.3	(0.1, 0.3, 0.5)
Tidak Diharapkan	TD	0.1	(0.0, 0.1, 0.3)

Sumber : Rahmatianti et al., 2022

Tabel 5. Variabel Linguistik dan Angka *Fuzzy* untuk Dampak Risiko

Variabel Penilaian Linguistik	Kode	Angka <i>Fuzzy</i>	Fungsi Karakteristik dari Angka <i>Fuzzy</i>
Tinggi	TI	9	(7, 9, 10)
Sedang	S	7	(5, 7, 9)
Rendah	R	5	(3, 5, 7)
Sangat Rendah	SR	3	(1, 3, 5)
Tidak	TK	1	(0, 1, 3)

Sumber : Rahmatianti et al., 2022

Berikut ini merupakan hasil survei kuesioner yang telah dilakukan kepada 5 responden terkait dengan probabilitas dan dampak untuk variabel faktor risiko dan dampak risiko:

Tabel 6. Hasil Survei kuesioner variabel Faktor risiko

Risiko	Faktor	<i>Expert 1</i>	<i>Expert 2</i>	<i>Expert 3</i>	<i>Expert 4</i>	<i>Expert 5</i>
R1	F11	MT	MT	STM	MT	MT
	F12	SMT	SMT	SMT	SMT	SMT
	F13	MT	MT	TMT	MT	MT
R2	F21	SMT	TMT	MT	MT	TMT
	F22	SMT	SMT	SMT	SMT	SMT
	F23	SMT	MT	S MT	MT	SMT
R3	F31	TMT	STM	STM	MT	MT
	F32	SMT	SMT	SMT	MT	SMT
	F33	MT	MT	MT	TMT	MT
R4	F41	STM	MT	STM	MT	STM
	F42	TMT	TMT	SMT	TMT	TMT
	F43	TMT	SMT	SMT	MT	SMT
R5	F51	TMT	SMT	SMT	SMT	MT
	F52	MT	SMT	SMT	TMT	SMT
	F53	MT	SMT	MT	MT	MT

Sumber : Kuesioner Survei

Tabel 7. Hasil Survei Kuesioner Variabel Faktor Risiko

Risiko	Dampak	<i>Impact/Probability</i>	<i>Expert 1</i>	<i>Expert 2</i>	<i>Expert 3</i>	<i>Expert 4</i>	<i>Expert 5</i>
R1	D11	<i>Probability</i>	STM	STM	TMT	STM	STM
		<i>Impact</i>	R	SR	SR	R	SR
	D12	<i>Probability</i>	SMT	MT	SMT	MT	SMT
		<i>Impact</i>	TI	TI	TI	S	TI
	D13	<i>Probability</i>	SMT	MT	TMT	MT	MT

		<i>Impact</i>	TI	S	TI	R	S
R2	D21	<i>Probability</i>	MT	SMT	TMT	MT	MT
		<i>Impact</i>	SR	TK	S	SR	S
	D22	<i>Probability</i>	MT	MT	MT	STM	MT
		<i>Impact</i>	SR	SR	SR	R	S
R3	D31	<i>Probability</i>	MT	MT	TMT	STM	MT
		<i>Impact</i>	SR	R	SR	S	S
	D32	<i>Probability</i>	SMT	SMT	MT	SMT	TMT
		<i>Impact</i>	R	SR	TI	R	SR
	D33	<i>Probability</i>	MT	SMT	SMT	MT	MT
		<i>Impact</i>	TI	SR	TI	R	SR
R4	D41	<i>Probability</i>	SMT	MT	SMT	TMT	SMT
		<i>Impact</i>	TI	R	TI	S	TI
	D42	<i>Probability</i>	MT	SMT	MT	MT	MT
		<i>Impact</i>	S	TI	R	S	S
	D43	<i>Probability</i>	TMT	TMT	MT	TMT	SMT
		<i>Impact</i>	S	TI	TI	TI	TI
R5	D51	<i>Probability</i>	STM	STM	TMT	TMT	STM
		<i>Impact</i>	R	R	R	R	R
	D52	<i>Probability</i>	MT	MT	SMT	MT	SMT
		<i>Impact</i>	TI	R	TI	S	TI
	D53	<i>Probability</i>	MT	TMT	MT	MT	SMT
		<i>Impact</i>	S	S	S	S	TI

Sumber: Kuesioner Survei

Perhitungan Probabilitas Kejadian Variabel Faktor Risiko

Setelah mengetahui variable linguistic dari faktor yang diperoleh, selanjutnya diberikan bobot guna menemukan nilai probabilitas dengan tahapan rumus yang didasarkan pada (Kumar Tyagi et al., 2010) sebagai berikut:

Himpunan *Fuzzy* untuk variabel Gesekan pada Mesin :

$$F_{11} = \{(0.5, 0.7, 0.9), (0.5, 0.7, 0.9), (0.3, 0.5, 0.7), (0.5, 0.7, 0.9), (0.5, 0.7, 0.9)\}$$

Standar Deviasi Minimum :

$$\tilde{P}_I(t) = (a_i - c_{1i}, a_i, a_i + c_{2i})$$

$$(0.7 - 0.2, 0.7, 0.7 + 0.2), (0.7 - 0.2, 0.7, 0.7 + 0.2), (0.5 - 0.2, 0.5, 0.5 + 0.2),$$

$$(0.7 - 0.2, 0.7, 0.7 + 0.2), (0.7 - 0.2, 0.7, 0.7 + 0.2)$$

$$d_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{1i} = \frac{0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2}{5} = 0.2$$

$$d_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{2i} = \frac{0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2}{5} = 0.2$$

Standar Deviasi Mutlak :

$$b = \frac{\min a_i + \max a_i}{2} = \frac{0.5 + 0.7}{2} = 0.6$$

Nilai Rata – Rata atau Agregat *Fuzzy* (Nilai Probabilitas) :

$$\tilde{P}_A(t) = (b - d_1, b, b + d_2) = (0.6 - 0.2, 0.6, 0.6 + 0.2) = (0.4, 0.6, 0.8)$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan agregat *fuzzy* atau nilai probabilitas dari variabel faktor risiko diantara kebakaran (R1), kelelahan kerja (R2), cedera *Operator* (R3), kerusakan mesin (R4), dan produk defect (R5) adalah sebagai berikut:

Tabel 8. Agregat *Fuzzy* untuk Variabel Faktor Risiko

Risiko	Faktor	Agregat
R1	F11	(0.4, 0.6, 0.8)
	F12	(0.7, 0.9, 1.0)
	F13	(0.4, 0.6, 0.8)
R2	F21	(0.4, 0.4, 0.86)
	F22	(0.7, 0.9, 1.0)
	F23	(0.6, 0.8, 0.94)
R3	F31	(0.3, 0.5, 0.7)
	F32	(0.6, 0.8, 0.92)

	F33	(0.4, 0.6, 0.8)
R4	F41	(0.3, 0.5, 0.7)
	F42	(0.5, 0.7, 0.88)
	F43	(0.5, 0.7, 0.84)
R5	F51	(0.5, 0.7, 0.84)
	F52	(0.5, 0.7, 0.84)
	F53	(0.6, 0.8, 0.98)

Sumber: Data diolah

Perhitungan Probabilitas Kejadian Variabel Dampak Risiko

1. Probability

Himpunan Fuzzy :

$$D_{11} = \{(0.1, 0.3, 0.5), (0.1, 0.3, 0.5), (0.3, 0.5, 0.7), (0.1, 0.3, 0.5), (0.1, 0.3, 0.5)\}$$

Standar Deviasi Minimum :

$$\tilde{P}_I(t) = (a_i - c_{1i}, a_i, a_i + c_{2i})$$

$$(0.3 - 0.2, 0.3, 0.3 + 0.2), (0.3 - 0.2, 0.3, 0.3 + 0.2), (0.5 - 0.2, 0.5, 0.5 + 0.2),$$

$$(0.3 - 0.2, 0.3, 0.3 + 0.2), (0.3 - 0.2, 0.3, 0.3 + 0.2)$$

$$d_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{1i} = \frac{0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2}{5} = 0.2$$

$$d_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{2i} = \frac{0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2}{5} = 0.2$$

Standar Deviasi Mutlak :

$$b = \frac{\min a_i + \max a_i}{2} = \frac{0.3 + 0.5}{2} = 0.4$$

Nilai Rata – Rata atau Agregat Fuzzy (Nilai Probabilitas) :

$$\tilde{P}_A(t) = (b - d_1, b, b + d_2) = (0.4 - 0.2, 0.4, 0.4 + 0.2) = (0.2, 0.4, 0.6)$$

2. Impact

Himpunan Fuzzy :

$$D_{11} = \{(3, 5, 7), (1, 3, 5), (1, 3, 5), (3, 5, 7), (1, 3, 5)\}$$

Standar Deviasi Minimum :

$$\tilde{P}_I(t) = (a_i - c_{1i}, a_i, a_i + c_{2i})$$

$$(5 - 2, 5, 5 + 2), (3 - 2, 3, 3 + 2), (3 - 2, 3, 3 + 2), (5 - 2, 5, 5 + 2),$$

$$(3 - 2, 3, 3 + 2)$$

$$d_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{1i} = \frac{2 + 2 + 2 + 2 + 2}{5} = 2$$

$$d_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{2i} = \frac{2 + 2 + 2 + 2 + 2}{5} = 2$$

Standar Deviasi Mutlak :

$$b = \frac{\min a_i + \max a_i}{2} = \frac{3 + 5}{2} = 4$$

Nilai Rata – Rata atau Agregat Fuzzy (Nilai Probabilitas)

$$\tilde{P}_A(t) = (b - d_1, b, b + d_2) = (4 - 2, 4, 4 + 2) = (2, 4, 6)$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan agregat fuzzy atau nilai probabilitas dari variabel faktor risiko diantaranya kebakaran (R1), kelelahan kerja (R2), cedera operator (R3), kerusakan mesin (R4), dan produk defect (R5) adalah sebagai berikut:

Tabel 9. Agregat Fuzzy untuk Variabel Dampak Risiko

Risiko	Faktor	Impact Probability	Agregat
R1	D11	Probability	(0.2, 0.4, 0.6)
		Impact	(2, 4, 6)

	D12	Probability	(0.8, 0.8, 0.94)
		Impact	(6, 8, 9.6)
	D13	Probability	(0.5, 0.7, 0.88)
		Impact	(5, 7, 8.6)
R2	D21	Probability	(0.5, 0.7, 0.88)
		Impact	(2.2, 4, 6)
	D22	Probability	(0.3, 0.5, 0.7)
		Impact	(3, 5, 7)
R3	D31	Probability	(0.3, 0.5, 0.7)
		Impact	(3, 5, 7)
	D32	Probability	(0.5, 0.7, 0.84)
		Impact	(4, 6, 7.8)
	D33	Probability	(0.6, 0.8, 0.96)
		Impact	(6, 6, 7.6)
R4	D41	Probability	(0.5, 0.7, 0.84)
		Impact	(5, 7, 8.4)
	D42	Probability	(0.6, 0.8, 0.98)
		Impact	(5, 7, 8.8)
	D43	Probability	(0.5, 0.7, 0.88)
		Impact	(6, 8, 9.2)
R5	D51	Probability	(0.2, 0.4, 0.6)
		Impact	(3, 5, 7)
	D52	Probability	(0.7, 0.9, 1.0)
		Impact	(5, 7, 8.4)
	D53	Probability	(0.5, 0.7, 0.88)
		Impact	(6, 8, 8.8)

Sumber: Data diolah

Perhitungan Probabilitas Total

Analisis *Bow-Tie* dilakukan untuk setiap risiko untuk mengidentifikasi faktor risiko dan dampak dan hubungan mereka. Untuk semua risiko yang teridentifikasi, hubungan antara faktor risiko adalah *OR* yang berarti bahwa setiap faktor risiko dapat menyebabkan peristiwa risiko. Di sisi lain, hubungan antara dampak risiko adalah *AND*. Berikut ini merupakan tahapan perhitungan untuk probabilitas total dan dampak total untuk risiko kebakaran (R1) :

$$\begin{aligned}
 \tilde{P}_{(R1)} &= \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - a_{1i}), 1 - \prod_{i=1}^n (1 - a_{2i}), 1 - \prod_{i=1}^n (1 - a_{3i}) \right) \\
 &= \left[1 - (1 - 0.4)(1 - 0.7)(1 - 0.4), 1 - (1 - 0.6)(1 - 0.9)(1 - 0.6), \right. \\
 &\quad \left. 1 - (1 - 0.8)(1 - 1)(1 - 0.8) \right] \\
 &= [1 - (0.6)(0.3)(0.6), 1 - (0.4)(0.1)(0.4), 1 - (0.2)(0)(0.2)] \\
 &= [1 - 0.108, 1 - 0.016, 1 - 0] \\
 &= (0.82, 0.984, 1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tilde{L}_{R1} &= \frac{\sum_{j=1}^N \tilde{P}_j(R_1) \otimes \tilde{L}_j(R_1)}{\sum_{j=1}^N \tilde{P}_j(R_1)} \\
 &= \frac{(0.2, 0.4, 0.6)(2, 4, 6) + (0.8, 0.8, 0.94)(6, 8, 9.6) + (0.5, 0.7, 0.88)(5, 7, 8.6)}{(0.2, 0.4, 0.6) + (0.8, 0.8, 0.94) + (0.5, 0.7, 0.88)} \\
 &= \frac{(0.4, 1.6, 3.6) + (4.8, 6.4, 9.02) + (2.5, 4.9, 7.57)}{(1.5, 1.9, 2.42)} \\
 &= \frac{(7.7, 12.9, 20.19)}{(1.5, 1.9, 2.42)} \\
 &= (5.13, 6.79, 8.34)
 \end{aligned}$$

Tabel 10 di bawah ini menunjukkan probabilitas total dan dampak yang dihitung untuk risiko. Probabilitas total dan dampak dari risiko digunakan untuk menemukan skor risiko berdasarkan matriks prioritas risiko yang ditunjukkan pada Tabel 11. Membagi risiko menjadi

rendah, menengah, dan tinggi dalam matriks prioritas risiko yang ditunjukkan dalam Tabel 11 didasarkan pada (Merna & Al - Thani, 2008).

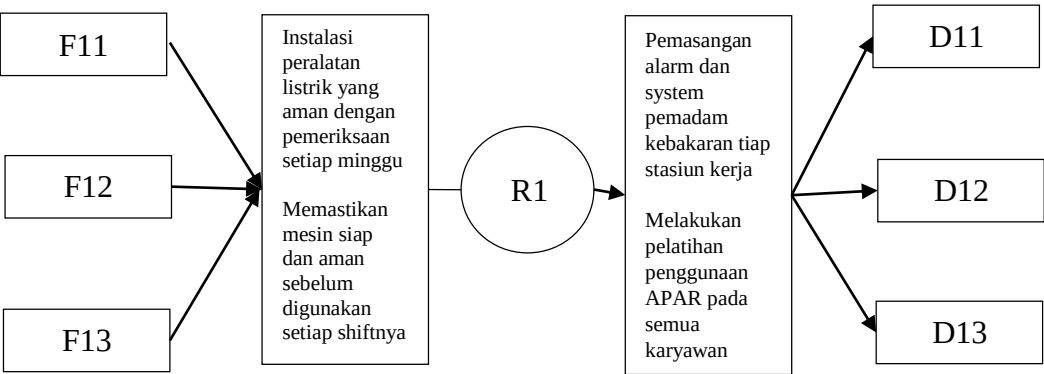
Tabel 10. Hasil Perhitungan Probabilitas totaldan Tingkat Dampak Risiko

Risk	Total Probability	Probability Score	Total Impact	Impact Score	Risk Score
R1	(0.82, 0.984, 1)	Very High	(5.13, 6.79, 8.34)	High	High
R2	(0.928, 0.988, 1)	Very High	(2.5, 4.42, 6.44)	Medium	Medium
R3	(0.832, 0.96, 0.995)	Very High	(4.64, 5.75, 7.49)	Medium	Medium
R4	(0.825, 0.955, 0.994)	Very High	(5.31, 7.32, 8.8)	High	High
R5	(0.9, 0.982, 0.999)	Very High	(5.42, 6.95, 7.92)	High	High

Tabel 11. Matriks Prioritas Risiko untuk Risiko yang Diidentifikasi

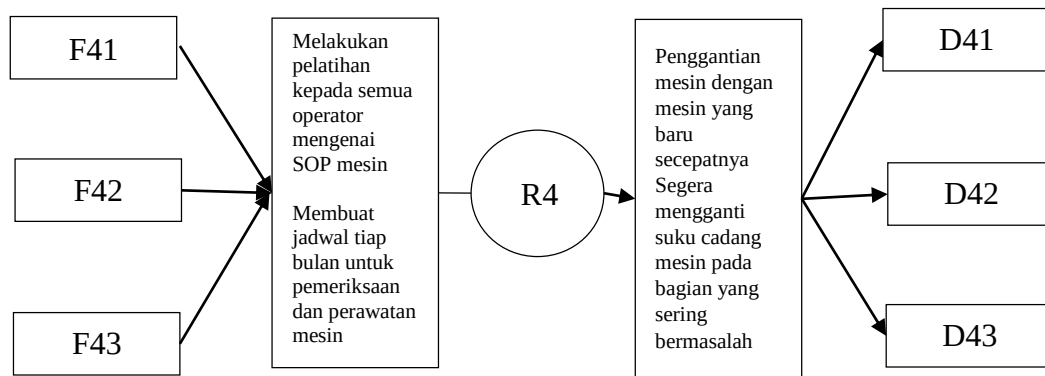
Impact \ Probability	Very High	High	Medium	Low	Very Low
Very High	-	R1, R4, R5	R2, R3	-	-
High	-	-	-	-	-
Medium	-	-	-	-	-
Low	-	-	-	-	-
Very Low	-	-	-	-	-

Berdasarkan skor risiko yang dihitung sebelumnya, dapat diketahui bahwa terdapat 3 variabel risiko yang memiliki hasil yang tinggi (*High*) yaitu kebakaran (R1), kerusakan mesin (R4), dan *produk defect* (R5). Sedang 2 variabel risiko lainnya yaitu kelelahan kerja (R2) dan cedera *operator* (R3) memiliki nilai medium. Untuk mengurangi tingkat risiko, strategi pencegahan dan penanganan dari risiko yang telah diidentifikasi dianalisis menggunakan metode *Bow-Tie Analysis* untuk memilih strategi terbaik. Pada tahap ini variabel yang dianalisis hanya pada variabel yang memiliki hasil pada tingkat tinggi (*High*) saja. Langkah penanganan dan penjegahan untuk setiap vaeriablel yang dianalisis didapatkan dari berbagai jurnal sebagaireferensi. Berikut ini merupakan analisis *Bow-Tie* yang dilakuakn pada 3 varibel risiko yang bernilai tinggi guna untuk mendapatkan usulan perbaikan untuk proses *weaving* :



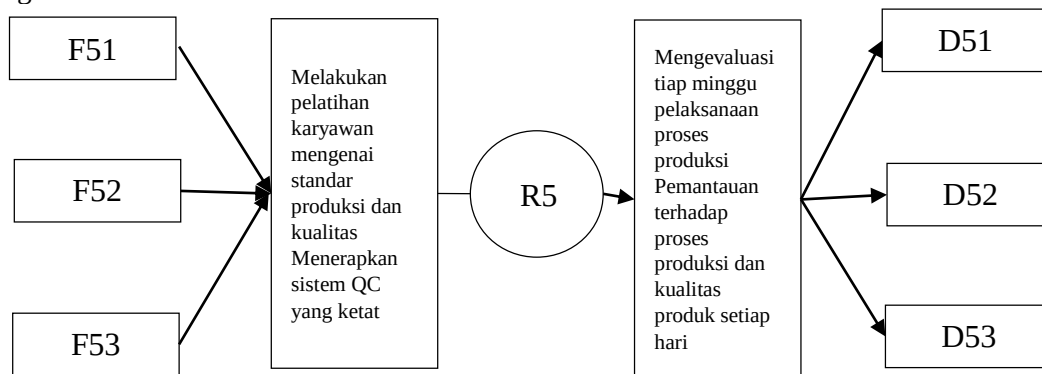
Gambar 1. Bow Tie Diagram untuk Risiko Kebakaran (R1)

Dari analisis yang telah dilakukan, didapatkan usulan perbaikan untuk risiko kebakaran (R1) yang didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Aqlan & Ali, 2014) yaitu sebagai tindakan pencegahan adalah dengan memasang Instalasi peralatan listrik yang aman dengan pemeriksaan setiap minggu dan memastikan mesin siap dan aman sebelum digunakan setiap shiftnya. Sedangkan untuk langkah penanganannya yaitu dengan melakukan pemasangan alarm dan system pemadam kebakaran pada setiap stasiun kerja dan mengadakan pelatihan penggunaan APAR pada semua karyawan.



Gambar 2. Bow Tie Diagram untuk Risiko Kerusakan Mesin (R4)

Dari analisis yang telah dilakukan, didapatkan usulan perbaikan untuk risiko kerusakan mesin (R4) yang didasarkan pada penelitian yang sebelumnya telah dilakukan oleh (Abror et al., 2018) yaitu sebagai tindakan pencegahan adalah dengan Melakukan pelatihan kepada *Operator* mengenai SOP mesin dan membuat jadwal secara tiap bulan untuk pemeriksaan dan perawatan mesin. Sedangkan untuk langkah penanganannya yaitu dengan melakukan penggantian mesin dengan mesin yang baru secepatnya dan segera mengganti suku cadang mesin pada bagian yang sering bermasalah.



Gambar 3. Bow Tie Diagram untuk Risiko *Product Defect* (R5)

Dari analisis yang telah dilakukan, didapatkan usulan perbaikan untuk risiko *Product Defect* (R4) yang didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Aqlan & Ali, 2014) dengan risiko yang sama yaitu sebagai tindakan pencegahan adalah dengan melakukan pelatihan kepada karyawan mengenai standar proses dan produksi dan kualitas dan menerapkan sistem QC yang ketat. Sedangkan untuk langkah penanganannya yaitu dengan melakukan evaluasi setiap minggu terhadap pelaksanaan proses produksi secara keseluruhan dan melakukan pemantauan dan pembuatan laporan terhadap proses produksi dan kualitas produk setiap harinya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan uraian hasil penelitian pada proses weaving pembuatan produk handuk di PT Pabrik Tekstil Kasrie dapat disimpulkan bahwa terdapat 5 risiko utama yang telah diidentifikasi dengan 15 faktor risiko dan 14 dampak risiko. Lima risiko utama yang ditemukan yaitu kebakaran, kelelahan kerja, cidera operator, kerusakan mesin dan produk defect. Setelah dilakukan survei kepada 5 karyawan PT Pabrik Tekstil Kasrie yang bekerja di bagian weaving dengan mengukur probabilitas kejadian risiko dan tingkat dampak risiko terhadap proses weaving menggunakan metode fuzzy didapatkan hasil bahwa dari 5 risiko utama yang telah diidentifikasi, 3 diantaranya memiliki nilai risiko tinggi dan 2 sisanya memiliki nilai risiko sedang. Risiko yang memiliki nilai risiko tinggi yaitu kebakaran (R1), kerusakan mesin (R4), dan produk defect (R5). Sedangkan kelelahan kerja (R2) dan cidera operator (R3) merupakan risiko yang memiliki nilai risiko sedang. Untuk mengurangi tingkat risiko, dilakukan mitigasi risiko dengan melakukan analisis terhadap strategi pencegahan dan penanganan menggunakan

metode Bow tie. Strategi pencegahan dan penanganan pada setiap risiko berbeda bergantung pada penyebab dan juga dampaknya masing-masing agar perbaikan dapat terarah sesuai dengan urgensinya.

Pada penelitian ini, analisis untuk strategi mitigasi risiko hanya dilakukan pada tingkat risiko tinggi, untuk selanjutnya dapat dilakukan di tingkat kategori risiko lainnya agar semua risiko dapat dikendalikan pada tingkat rendah. Rekomendasi bagi penelitian selanjutnya dapat diharapkan mengembangkan atau menambahkan metode terbaru pada metode yang telah dikembangkan saat ini dan juga dapat menambah variasi variabel risiko yang diteliti.

DAFTAR RUJUKAN

- Abror, K., Subekti, A., & Rachmat, A. N. (2018). Analisis Risiko Pada Boiler Pabrik Pengolahan Tembakau Dengan Menggunakan Metode FMEA Dan Bow Tie Analysis. *Seminar K3*, 2(1), 761–766.
- Alijoyo, A., Wijaya, Q. B., & Jacob, I. (2020). Bow Tie Analysis. *CRMS Indonesia*. www.lspmks.-
- Anggoro, R. J., Qothrunada, S., & Nisa, Z. (2023). Analisis Identifikasi Bahaya K3 dengan Metode HIRARC pada Unit Recycle Industri Tekstil Nonwoven. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(3), 430–439. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i3.1874>
- Anggraini, D., & Dayanti Oktavia, D. (2022). Pengaruh Kualitas Produk, Pelayanan Dan Harga Terhadap Kepuasan Konsumen (Studi Kasus PT.Paberik Tekstil Kasrie). *Journal Scientific of Mandalika (JSM)*, 3(5). <http://ojs.cahayamandalika.com/index.php/jomla/issue/archive>
- Aqlan, F., & Ali, E. M. (2014). Integrating lean principles and fuzzy bow-tie analysis for risk assessment in chemical industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 29, 39–48.
- Bhayangkara, A. H., Setyawan, A., Fajar, D., & Handayani, S. (2021). Analisis Kecelakaan Kerja Pada Struktur Bawah Bleding Silo Proyek “EPC Talavera” Tuban Menggunakan Metode Bowtie. *Rnal Riset Rekayasa Sipil*, 7(1), 41–48.
- Darmayani, S., Sa’diyah, A., Supiati, M., Muttaqin, F., Rachmawati, C., Widia, M. L., Pattiapon, P., Rahayu, D., Indiyati, E., Bachtiar, E. P., Rahayu, R., & Fajarwati, M. (2023). *KESEHATAN KESELAMATAN KERJA (K3)* (1st ed.). Widina Bhakti Persada. www.penerbitwidina.com
- Fauzi, A., Nisa, B., Napitupulu, D., Abdillah, F., Utama, A. A., Zonyfar, C., Nuraini, R., Purnia, D., Setyawati, I., Evi, T., Dian Handy Permana, S., & Susila Sumartiningsih, M. (2022). *METODOLOGI PENELITIAN* (1st ed.). CV Pena Persada.
- Hasibuan, A., Purba, B., Marzuki, I., & Sianturi, M. (2020). *Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja* (J. Simaemata, Ed.; 1st ed.). Yayasan Kita Menulis.
- Iskandar, I., & Basuki, M. (2023). Penilaian Risiko K3 pada Operasional Container Crane di Terminal Nilam Surabaya Menggunakan Metode Job Safety Analysis dan Bow Tie Analysis. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan III (SENASTITAN III)* Surabaya.
- Kaptan, M. (2021). Risk Assessment of Ship Anchorage Handling Operations Using the Fuzzy Bow-tie Method. *Ocean Engineering*, 236. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109500>
- Kumar Tyagi, S., Pandey, D., & Tyagi, R. (2010). Fuzzy set theoretic approach to fault tree analysis. In *International Journal of Engineering, Science and Technology* (Vol. 2, Issue 5). www.ijest-ng.com
- Merna, T., & Al - Thani, F. (2008). *Corporate risk management*. John Wiley & Sons.
- Noverita, R. (2022). Analisis Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kerja pada Departemen Weaving 1 Menggunakan Metode HIRA dan SCAT.
- Perdana, M., Syairudin, B., & Widyaningrum, R. (2021). Hazard Risk Potential Analysis Using The Fuzzy Bow-Tie Method in LPG Tube Filling Factory. *Proceedings of the 11th Annual*

International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 6502–6511.

- Rahmatianti, D., Hidayati, R., & Himawan, A. (2022). Analisis Risiko Ketidakpercaiaannya Standar (ET : BT) Berthing Time Pelayanan Kapal dengan Metode Fuzzy dan Bowtie Analysis di PT Pelindo III Cabang Gresik. *Jurnal Mahasiswa Manajemen* , 3(2), 197–215. <https://doi.org/10.30587/mahasiswamanajemen.v3i02.2436>
- Rindengan, A., & Langi, Y. (2019). *Sistem Fuzzy*. CV Patra Media Grafindo.
- Sahir, S. (2021). *Metodologi Penelitian* (T. Koryati, Ed.; 1st ed.). Penerbit KBM Indonesia. www.penerbitbukumurah.com
- Sawamasri. (2019). Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Dengan Menggunakan Metode FMECA dan TOPSIS Pada Pembuatan Kain Tenun (Studi Kasus : UKM Tenun Goyor).
- Setiawan, A., Yanto, B., & Yasdomi, K. (2018). *Logika Fuzzy Dengan MATLAB (Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi dengan Fuzzy Tsukamoto)* (1st ed.). Jayapangus Press. <http://jayapanguspress.org>
- Zyahri, M. (2013). *Pengantar Ilmu Tekstil 2*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.