

## ANALISIS PERBAIKAN TAKE UP MOTION PROCESS PADA MESIN TENUN AIR JET LOOM DENGAN METODE FMEA

Mohadi<sup>1</sup>, Hendri Pujianto<sup>2\*</sup>, Galuh Yuli Astrini<sup>3</sup>, Ester Pinastiko Talenta Putri<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk Tekstil Surakarta, <sup>2</sup>[hendrip@ak-tekstilsolo.ac.id](mailto:hendrip@ak-tekstilsolo.ac.id)  
e-mail: <sup>1</sup>[mohadisby@ak-tekstilsolo.ac.id](mailto:mohadisby@ak-tekstilsolo.ac.id), <sup>3</sup>[galuhya@ak-tekstilsolo.ac.id](mailto:galuhya@ak-tekstilsolo.ac.id), <sup>4</sup>[esterpinastiko20@gmail.com](mailto:esterpinastiko20@gmail.com)

### ABSTRACT

Take up motion is a crucial problem in the loom section because one of the core motions of the machine process. There were 67 process failures on the take up motion for three months. The study aims to decrease process failure on the take up motion which impacts on production loss, i.e down time and defects by applying FMEA. After analyzing the flow process, 11 potential causes were found from 3 potential failure modes in the areas. The first priority with RPN value of 108 is the quality of the roll teeth gear is not up to standard. Improvement recommendation is replacing the lower roll gear from plastic material to steel to increase component lifetime and performance. The Second priority with RPN value of 105 is the operator accuracy in installing the fabric roll at the beginning of the process. Improvement recommendation is implementing double checking procedures with inspection by supervisor. The Second priority with RPN value of 105 is the operator accuracy in installing the fabric roll at the beginning of the process. Improvement recommendation is implementing double checking procedures with inspection by supervisor. The third priority with RPN value of 96 is improper lubrication. Improvement recommendation is replacing the oil lubricant with grease which is appropriate for the engine speed. This research can recommend an improvement on take up motion based on the proposed repairs or maintenance list, using the FMEA method to decrease the process failure loom machine in the weaving industry.

**Keywords:** FMEA, Loom, Process Improvement, Take up motion, Weaving industry

### INTISARI

Gerakan penggulangan kain merupakan permasalahan krusial pada bagian tenun karena merupakan salah satu gerakan inti pada proses mesin. Terjadi 67 kegagalan proses pada gerakan tarikan kain selama tiga bulan. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kegagalan proses pada gerakan tarik kain yang berdampak pada kerugian produksi, yaitu down time dan defects dengan menerapkan FMEA. Setelah menganalisis aliran proses, ditemukan 11 penyebab potensial dari 3 mode kegagalan potensial di area tersebut. Prioritas pertama dengan nilai RPN 108 adalah kualitas gigi rol yang tidak memenuhi standar. Rekomendasi perbaikan adalah mengganti gigi rol bawah dari bahan plastik menjadi baja untuk meningkatkan umur pakai dan kinerja komponen. Prioritas kedua dengan nilai RPN 105 adalah ketepatan operator dalam memasang rol kain di awal proses. Rekomendasi perbaikan adalah menerapkan prosedur pengecekan ganda dengan inspeksi oleh supervisor. Prioritas kedua dengan nilai RPN 105 adalah ketepatan operator dalam memasang rol kain di awal proses. Rekomendasi perbaikan adalah menerapkan prosedur pengecekan ganda dengan inspeksi oleh pengawas. Prioritas ketiga dengan nilai RPN 96 adalah pelumasan yang tidak tepat. Rekomendasi perbaikan adalah mengganti pelumas oli dengan gemuk yang sesuai dengan kecepatan mesin. Penelitian ini dapat merekomendasikan perbaikan pada gerakan tarik kain berdasarkan daftar perbaikan atau perawatan yang diusulkan, dengan menggunakan metode FMEA untuk mengurangi kegagalan proses mesin tenun pada industri tenun.

**Kata kunci:** FMEA, Gerakan Tarik Kain, Industri Pertenunan, Tenun, Perbaikan Proses

### 1. PENDAHULUAN

Menenun merupakan metode produksi kain yang paling banyak digunakan untuk industri tekstil pakaian (Gheewala et al., 2017), dimana terdapat beberapa jenis mesin dan proses untuk membuat kain tenun (Subakdo et al., 2020), salah satunya adalah proses tenun dengan *Mesin Air Jet Loom (AJL)*, sebagai alat tenun tanpa shuttle yang digunakan dalam industri tekstil, dengan jet dari nosel utama dan tambahan yang berpotongan di alur cekungan yang diprofilkan (Jiang et al., 2018). AJL adalah salah satu mesin tenun dengan produktivitas dan kecepatan tertinggi (Haq & Hossain, 2017) yang handal dengan penambahan muatan udara terkompresi untuk penyisipan pakan (Momin et al., 2020). Namun, kecepatan mesin yang tinggi rentan terhadap masalah mekanis pada komponen mesin (Jangam et al., 2018).

PT Senang Kharisma II adalah suatu perusahaan yang bergerak di bidang industri tekstil dengan hasil akhir adalah kain berbahan baku rayon dan kapas. Salah satu masalah yang terjadi pada proses produksi di unit Weaving V yang menggunakan mesin AJL adalah gulungan kain gembos atau tidak tergulung ke dalam gulungan *roll* kain. Permasalahan ini mengakibatkan cacat kotor pada gulungan kain dan *spindle* kain pecah/patah yang mengakibatkan *roll* kain patah. Hal ini terjadi karena kerusakan gigi bawah pada proses *take up motion*. Gerakan *take up* digunakan untuk menarik kain pada kecepatan yang teratur (Gheewala et al., 2017). Padahal, roda gigi adalah komponen mekanis dasar yang digunakan untuk mentransmisikan gerakan dan/atau daya, bertanggung jawab atas kelancaran fungsi mesin, instrumen, dan peralatan dalam berbagai aplikasi (Gupta et al., 2017) serta keselamatan operasional dan efisiensi tinggi (I. Stanasel et al., 2023), dari mesin industri berat hingga peralatan rumah tangga dan elektronik (Petrescu et al., 2017). Penyebab yang menimbulkan kendala-kendala yang mengganggu proses produksi harus dihilangkan untuk kelancaran produksi (Pujianto et al., 2023) yang lebih bersih melalui beberapa tahap usaha materil dan non materil yang diperlukan untuk mengurangi kemungkinan sistem permesinan menjadi tidak terkendali (Kim & Sarkar, 2017) dan bersaing dalam kompetisi industri (Nasihardani & Pujianto, 2024). Oleh karena itu, perawatan dan penyetulan yang tepat sangat penting untuk menjaga kualitas kain dalam tenun AJL (Momin et al., 2020). Perawatan mesin diperlukan untuk memastikan sistem dan seluruh komponennya dapat bekerja secara efektif (Rahayu, 2016) sehingga dapat mencegah terjadinya kerugian seperti menurunnya kualitas dan kuantitas produksi, serta mesin menjadi rusak dan tidak dapat berfungsi (Afdal & Linarti, 2023; Febianti et al., 2020).

Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan adalah dengan metode *Failure mode and effects analysis (FMEA)*. FMEA adalah teknik analisis keandalan kualitatif yang mapan yang memungkinkan identifikasi sistematis penyebab dan konsekuensi mode kegagalan dan tindakan mitigasi yang sesuai (Wismer et al., 2024) dan keselamatan berbagai industri (Wan et al., 2024). FMEA telah digunakan dalam industri tekstil untuk mengatasi pemborosan dan memberikan solusi perbaikan (Bakhtiar et al., 2021), guna mengurangi waktu henti, meningkatkan kinerja, dan menambah profitabilitas (Dedimas & Gebeyehu, 2019). Penelitian ini merupakan studi kasus untuk mengusulkan pengambilan keputusan prioritas perbaikan terkait perawatan komponen roda gigi pada mesin AJL. Tujuannya adalah untuk mencegah cacat produksi dan penghentian mesin pada proses *take up* yang menyebabkan target produksi tidak tercapai. Studi kasus ini baru dibahas pada penelitian ini, karena sepanjang pengetahuan kami belum ada yang menulis tentang masalah ini dan kasus ini jarang terjadi di industri.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2024 di Departemen Weaving V PT Senang Kharisma II. Fokus objek penelitian pada mesin tenun AJL RFJA 20 di Blok G, sebagai Blok dengan kegagalan proses terbanyak. Sumber data dan pengumpulan data diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan. Penelitian ini menggunakan prosedur metrik mode kegagalan kuantitatif dalam teknik FMEA, dengan langkah-langkahnya sebagai berikut (Ervural & Ayaz, 2023; Ebeling, 2019):

1. Tentukan sistem yang akan dievaluasi. Kumpulkan informasi tentang produk, proses, dan operasi.
2. Tentukan dan jelaskan mode kegagalan yang diamati dan diharapkan serta implikasinya terhadap sistem dan subsistem.
3. Evaluasi penyebab yang paling mungkin dari setiap kegagalan.
4. Periksa konsekuensi dari setiap kegagalan pada struktur dari sudut pandang keseluruhan.
5. Hitung kekritisan menggunakan RPN dengan menetapkan rentang skala antara 1 dan 10 untuk setiap faktor risiko, yaitu, tingkat keparahan (*Severity/S*), kejadian (*Occurrence/O*), dan deteksi (*Detection/D*), lalu kalikan ketiga faktor risiko tersebut (Ouyang et al., 2022), untuk mendapatkan *Risk Priority Number (RPN)*. Kejadian (O) mengacu pada mode kegagalan potensial, Tingkat Keparahan (S) mengacu pada efek kegagalan penilaian, dan Deteksi (D) mengacu pada kemungkinan tidak ditemukannya mode kegagalan (Ju et al., 2024). Pada tahap ini, penilaian dilakukan berdasarkan estimasi peneliti dibawah persetujuan bagian terkait.

Berikut ini adalah parameter penilaian O,S,D untuk mendapatkan nilai RPN (Salah et al., 2023):

O = 1: hampir tidak mungkin – 10: kegagalan hampir tak terelakkan

S = 1: tidak ada efek – 10: dampak berbahaya

D = 1: hampir pasti – 10: mutlak tidak pasti

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa anggota lintas fungsi, termasuk teknisi pemeliharaan, penjaminan mutu, dan kepala bagian tenun, terlibat dalam penilaian FMEA. Berdasarkan hasil kerja tim FMEA, terdapat 11 penyebab potensial dari 3 mode kegagalan potensial di area. Tabel 1 menunjukkan informasi tentang penilaian FMEA dan Tabel 2 menunjukkan rekomendasi perbaikan.

**Tabel 1.** Penilaian RPN

No	Mode Kegagalan	No	Penyebab Potensial	S	O	D	RPN	Rank
1	Kerusakan / keausan roda gigi roll kain	1	Ukuran panjang roll kain dan tingkat kehalusan roll kain tidak sesuai spesifikasi	2	3	4	24	11
		2	proses penguncian roll kain	2	7	3	42	9
		3	Ketelitian operator dalam pemasangan gulungan kain di awal proses	3	7	5	105	2
		4	Kualitas gigi roll tidak sesuai standar	4	9	3	108	1
		5	Lingkungan kerja yang kotor, kurangnya proteksi terhadap masuknya partikel asing	2	5	5	50	8
		6	kerusakan pada bearing/poros yang aus, alignment, atau kerusakan mekanis lainnya	3	8	3	72	6
		7	Kualitas material yang buruk atau penggunaan bahan dengan kualitas renda	3	7	3	63	7
2	Gulungan kain terkena kotoran oli	8	Pemberian pelumasan terlalu banyak	2	8	6	96	3
		9	Proses Kebersihan tidak sesuai	2	6	6	72	5
3	Roll kain patah	10	Spindle di roll kain kocak	1	5	6	30	10
		11	Proses Kapasitas gulungan berlebih	2	5	8	80	4

**Tabel 2.** Rekomendasi Perbaikan

No	Mode Kegagalan	Penyebab Potensial	Rank	Rekomendasi
1	Kerusakan / keausan roda gigi roll kain	Ukuran panjang roll kain dan tingkat kehalusan roll kain tidak sesuai spesifikasi	11	Pemeriksaan ukuran roll kain sebelum diproses
		proses penguncian roll kain	9	Pemeriksaan dalam penguncian roll kain
		Ketelitian operator dalam pemasangan gulungan kain di awal proses	2	Melakukan training dalam pemasangan kain di gulungan
		Kualitas gigi roll tidak sesuai standar	1	Penggantian gigi roll bawah dari bahan baku plastik ke bahan baku besi/baja
		Lingkungan kerja yang kotor, kurangnya proteksi terhadap masuknya partikel asing	8	Menjaga kebersihan lingkungan kerja, dan bersihkan komponen secara rutin
		Kerusakan pada bearing/poros yang aus, alignment, atau kerusakan mekanis lainnya	6	Periksa dan perbaiki komponen terkait secara rutin, pastikan alignment yang tepat
		Kualitas material yang buruk atau penggunaan bahan dengan kualitas renda	7	Menggunakan bahan berkualitas tinggi sesuai spesifikasi pabrik, dan bekerjasama dengan pemasok yang terpercaya
2	Gulungan kain terkena kotoran oli	Pemberian pelumasan tidak sesuai	3	Penggantian pelumasan oli dengan gemuk
		Proses Kebersihan tidak sesuai	5	Pengecekan proses kebersihan

3	Roll kain patah	Spindle di roll kain kocak	10	Pengecekan spindle di roll
		Proses Kapasitas gulungan berlebih	4	Pengecekan kapasitas diameter gulungan kain

Tabel di atas menunjukkan bahwa peringkat pertama penyebab potensial kegagalan pada proses *take up motion* adalah kualitas gigi rol tidak sesuai standar yang mengakibatkan kerusakan/keausan roda gigi roll kain untuk *take up motion* dengan nilai RPN= 108. Rekomendasi yang diusulkan adalah penggantian gigi roll bawah dari bahan baku plastik ke bahan baku besi/baja. Rekomendasi roda gigi roll kain yang digunakan pada *take up motion* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Roda gigi roll kain

Gambar di atas menunjukkan bahwa sebelum ada rekomendasi perbaikan, roda gigi yang dipakai pada rol kain berbahan plastik. Hal ini mengakibatkan roda gigi cepat aus karena tidak kuat menahan beban kain. Hal ini sesuai dengan penelitian (Md Ghazali et al., 2017) walaupun polimer sekarang banyak digunakan sebagai bahan pengganti roda gigi baja, namun hanya pada perangkat beban rendah. Roda gigi yang aus akan mengakibatkan gulungan kain tidak sempurna, kecepatan rotasi mesin dengan gulungan rol tidak sinkron. Roda gigi yang aus dapat mempengaruhi karakteristik dinamis sistem rotor roda gigi, dan berpotensi mempengaruhi sinkronisasi kecepatan putar pada mesin dengan gerakan menggulung (Saxena et al., 2017). Hal ini akan berpotensi gulungan kain jatuh ke lantai sehingga proses produksi berhenti dan cacat kotor pada hasil produksi kain.

Peringkat kedua penyebab potensial ketelitian operator dalam pemasangan gulungan kain di awal proses yang mengakibatkan kerusakan/keausan roda gigi roll kain untuk *take up motion* dengan nilai RPN= 105. Rekomendasi yang diusulkan adalah melakukan training dalam pemasangan kain di gulungan Pelatihan ulang membantu karyawan memahami risiko yang terkait dengan penggunaan dan pemeliharaan mesin (Tureková, Depešová, & Bagalová, 2014) serta memastikan bahwa karyawan memiliki keterampilan yang diperlukan untuk menjalankan mesin dengan optimal (Juang, Lin, & Kao, 2007). Kemudian juga menerapkan prosedur pengecekan ganda dengan inspeksi oleh *supervisor*. Komunikasi yang efektif antara karyawan pemeliharaan dan pengawas sangat penting untuk proses inspeksi yang berhasil. Kepercayaan pada sistem dan komunikasi yang jelas dapat menghasilkan koordinasi yang lebih baik dan lebih sedikit kesalahan selama penyiapan mesin (Agnisarman, Lopes, Chalil Madathil, Piratla, & Gramopadhye, 2019)

#### 4. KESIMPULAN

Perawatan preventif digunakan untuk meningkatkan keandalan mesin. Hasil analisis aliran proses *take up* yang menyebabkan kegagalan proses dengan menerapkan FMEA menemukan tiga mode kegagalan dengan 11 penyebab kegagalan yaitu Kerusakan/keausan roda gigi rol kain, gulungan kain terkena kotoran oli dan Roll kain patah. Tiga peringkat teratas penyebab kegagalan adalah Kualitas gigi rol tidak sesuai standar, Ketelitian operator dalam pemasangan gulungan kain di awal proses dan pemberian pelumasan tidak sesuai, Peringkat pertama dengan nilai RPN 108 adalah kualitas gigi rol yang tidak memenuhi standar. Rekomendasi perbaikan adalah mengganti gigi rol bawah dari bahan plastik menjadi baja untuk meningkatkan umur pakai dan kinerja komponen. Prioritas kedua dengan nilai RPN 105 adalah ketepatan operator dalam memasang rol kain di awal proses. Rekomendasi perbaikan adalah menerapkan prosedur pengecekan ganda dengan inspeksi oleh *supervisor*. Prioritas kedua dengan nilai RPN 105 adalah ketepatan operator dalam memasang rol kain di awal proses. Rekomendasi perbaikan adalah menerapkan prosedur pengecekan ganda dengan inspeksi oleh *supervisor*.

Prioritas ketiga dengan nilai RPN 96 adalah pelumasan yang tidak tepat. Rekomendasi perbaikan adalah mengganti pelumas oli dengan gemuk yang sesuai dengan kecepatan mesin. Usulan perbaikan diharapkan dapat menjadi rekomendasi dan acuan prioritas perbaikan dan perawatan yang dapat ditindaklanjuti, serta sebagai data pendukung penelitian selanjutnya bagi industri tenun Indonesia untuk meningkatkan proses pada *take up motion*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada AK-Tekstil Solo yang terlibat dalam pembiayaan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afdal, Z. A., & Linarti, U. (2023). *Preventive Maintenance Analysis Using Monte Carlo Simulation and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. 22(2), 251–262. <https://doi.org/10.23917/jiti.v22i2.21900>
- Agnisarman, S., Lopes, S., Chalil Madathil, K., Piratla, K., & Gramopadhye, A. (2019). A survey of automation-enabled human-in-the-loop systems for infrastructure visual inspection. *Automation in Construction*, 97, 52–76. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.019>
- Bakhtiar, A., Nurwidanto, I. W., Hartini, S., & Wicaksono, P. A. (2021). Process improvement design at PT URW using failure mode and effect analysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 896(1), 012077. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/896/1/012077>
- Dedimas, T., & Gebeyehu, S. G. (2019). Application of failure mode effect analysis (FMEA) for efficient and cost-effective manufacturing: A case study at Bahir Dar textile share company, Ethiopia. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 12, 23–29. <https://doi.org/10.22094/joie.2018.556677.1533>
- Ebeling, C. E. (2019). *An introduction to reliability and maintainability engineering*. Waveland Press.
- Ervural, B., & Ayaz, H. I. (2023). A fully data-driven FMEA framework for risk assessment on manufacturing processes using a hybrid approach. *Engineering Failure Analysis*, 152, 107525. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.107525>
- Febianti, E., Ferdinant, P. F., Wahyuni, N., & Riyani, D. N. (2020). Usulan Penjadwalan Perawatan Mesin Menggunakan Metode Reliability Block Diagram. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 19(1). <https://doi.org/10.20961/performa.19.1.40983>
- Gheewala, A. C., Jariwala, H., & Gheewala, P. C. (2017). Tension control by servo motor in textile application using electronic let off and electronic take up technique. *2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*, 479–482. Chennai: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICECDS.2017.8390212>
- Gupta, K., Jain, N. K., & Laubscher, R. (2017). Introduction to Gear Engineering. In *Advanced Gear Manufacturing and Finishing* (pp. 1–33). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804460-5.00001-8>
- Haq, U. N., & Hossain, M. M. (2017). A Review on Reduction of Air Consumption in Air Jet Loom: The Possible Setting Points. *Journal of Asian Scientific Research*, 7(3), 52–62. <https://doi.org/10.18488/journal.2.2017.73.52.62>
- I. Stanasel, F. Blaga, & C. Stanasel. (2023). The Influence of Module, Facewidth and Helix Angle on the Load Capacity of External Spur Gears. *2023 17th International Conference on Engineering of Modern Electric Systems (EMES)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/EMES58375.2023.10171774>
- Jangam, S. P., Kumar, S., & Maheshwari, S. (2018). Literature review on analysis of various components of IC engine. *Materials Today: Proceedings*, 5(9), 19027–19033. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.254>
- Jiang, S., Jin, Y., Hu, X., Cui, J., & Jin, Y. (2018). Characteristics of intersecting airflows in the narrow flow channel. *The Journal of The Textile Institute*, 109(4), 517–523. <https://doi.org/10.1080/00405000.2017.1357938>
- Ju, Y., Zhao, Q., Luis, M., Liang, Y., Dong, J., Dong, P., & Giannakis, M. (2024). A novel framework for FMEA using evidential BWM and SMAA-MARCOS method. *Expert Systems with Applications*, 243, 122796. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122796>
- Juang, Y., Lin, S., & Kao, H. (2007). An adaptive scheduling system with genetic algorithms for arranging employee training programs. *Expert Systems with Applications*, 33(3), 642–651. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.06.010>
- Kim, M.-S., & Sarkar, B. (2017). Multi-stage cleaner production process with quality improvement and lead time dependent ordering cost. *Journal of Cleaner Production*, 144, 572–590. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.052>
- Md Ghazali, W., Daing Idris, D. M. N., Sofian, A. H., Siregar, J. P., & Abdul Aziz, I. A. (2017). A review on failure characteristics of polymer gear. *MATEC Web of Conferences*, 90, 01029. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20179001029>
- Momin, I. M., Mhetre, S. B., & Pinjari, P. Z. (2020). *A REVIEW OF AIR CONSUMPTION ON AIR JET WEAVING MACHINES*. 07(06).
- Nasihardani, D., & Pujiyanto, H. (2024). *Analisis Sistem Informasi dan Proses Bisnis Untuk Penjualan Produk PT ASMI*. 11(2).

- Ouyang, L., Che, Y., Yan, L., & Park, C. (2022). Multiple perspectives on analyzing risk factors in FMEA. *Computers in Industry*, 141, 103712. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103712>
- Petrescu, R. V. V., Aversa, R., Akash, B., Bucinell, R. B., Corchado, J. M., Berto, F., ... T. Petrescu, F. I. (2017). Gears-Part I. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(2), 457–472. <https://doi.org/10.3844/ajeassp.2017.457.472>
- Pujianto, H., Yulianto, B., Bintang, H. S., & Pramesti, D. A. (2023). Optimum Splice Thickness Ratio Splicer of a Winding Machine to PE20KT Thread Splicing Quality. *Sainteks: Jurnal Sains dan Teknik*, 5(2), 228–235. <https://doi.org/10.37577/sainteks.v5i2.605>
- Rahayu, A. (2016). Evaluasi Efektivitas Mesin Kiln dengan Penerapan Total Productive Maintenance pada Pabrik II/III PT Semen Padang. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 13(1), 454. <https://doi.org/10.25077/josi.v13.n1.p454-485.2014>
- Salah, B., Alnahhal, M., & Ali, M. (2023). Risk prioritization using a modified FMEA analysis in industry 4.0. *Journal of Engineering Research*, S2307187723001645. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.07.001>
- Saxena, A., Chouksey, M., & Parey, A. (2017). Effect of mesh stiffness of healthy and cracked gear tooth on modal and frequency response characteristics of geared rotor system. *Mechanism and Machine Theory*, 107, 261–273. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2016.10.006>
- Subakdo, W. A., Pujianto, H., & Pakpahan, P. C. (2020). Reduksi Limbah Pinggiran Kain Jenis Benang Polyester DTY pada Mesin Rapier. 4(1).
- Tureková, I., Depešová, J., & Bagalová, T. (2014). Machinery Risk Analysis Application in the System of Employee Training. *Applied Mechanics and Materials*, 635–637, 439–442. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.635-637.439>
- Wan, X., Cen, L., Yue, W., Xie, Y., Chen, X., & Gui, W. (2024). Failure mode and effect analysis with ORESTE method under large group probabilistic free double hierarchy hesitant linguistic environment. *Advanced Engineering Informatics*, 59, 102353. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.102353>
- Wismer, S. E., Jimenez, A., Al-Douri, A., Grabovetska, V., & Groth, K. M. (2024). PEM electrolyzer failure scenarios identified by failure modes and effects analysis (FMEA). *International Journal of Hydrogen Energy*, 89, 1280–1289. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.09.397>