

RANCANG BANGUN ALAT PENENUN SERAT SAWIT - KEVLAR

Ashadi Rullah^{1*}, Herwandi¹, Adhe Anggry¹

¹ Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

Corresponding Author: ashadia311@mail.com

ABSTRAK

Proses penenunan manual untuk material komposit yang menggabungkan serat alam (serat sawit) dan serat sintetis (Kevlar) menghadapi tantangan besar dalam menjaga kestabilan tegangan benang serta kerapatan anyaman karena perbedaan karakteristik mekanik kedua bahan tersebut. Selama ini, pembuatan anyaman komposit tersebut masih dilakukan secara manual tanpa alat khusus, sehingga menghasilkan kualitas yang tidak konsisten. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat penenun manual yang dioptimalkan untuk pembuatan komposit serat sawit-kevlar agar menghasilkan susunan benang yang teratur dan kepadatan anyaman yang baik. Metodologi perancangan yang digunakan mengacu pada standar VDI 2222 yang meliputi tahap merencana, mengkonsep, merancang, hingga penyelesaian (fabrikasi). Alat ini dibangun menggunakan material besi hollow dengan komponen utama meliputi rangka utama, mekanisme penggulung benang, dan sisir tenun. Hasil uji coba menunjukkan bahwa alat ini mampu berfungsi dengan baik dalam menyusun serat sawit dan kevlar menjadi tenunan yang lebih rapi dan rapat dibandingkan metode manual tanpa alat. Meskipun ditemukan kendala kecil pada proses pemasukan serat akibat sifat material yang berserabut, alat ini secara keseluruhan berhasil meningkatkan efektivitas dan konsistensi hasil produksi material komposit untuk skala penelitian.

Kata Kunci: alat penenun, desain VDI 2222, kevlar, serat sawit.

ABSTRACT

The manual weaving process for composite materials combining natural fibers (palm fibers) and synthetic fibers (Kevlar) faces significant challenges in maintaining yarn tension stability and weave density due to the differing mechanical characteristics of the two materials. To date, the production of such composite weaves has been carried out manually without specialized equipment, resulting in inconsistent quality. This research aims to design and construct a manual weaving device optimized for producing palm fiber-Kevlar composites, ensuring an orderly yarn arrangement and good weave density. The design methodology follows the VDI 2222 standard, encompassing the planning, conceptualization, design, and finalization (fabrication) stages. The device is constructed using hollow steel sections, with key components including the main

frame, a yarn winding mechanism, and a weaving reed. Test results demonstrate that the device functions effectively in arranging palm fibers and Kevlar into a weave that is neater and denser than that produced by manual methods without equipment. Although minor issues arose during fiber insertion due to the fibrous nature of the materials, the device successfully improved the overall effectiveness and consistency of composite material production for research-scale applications.

Keywords: kevlar, palm fiber, VDI 2222 design, weaving device.

1. PENDAHULUAN

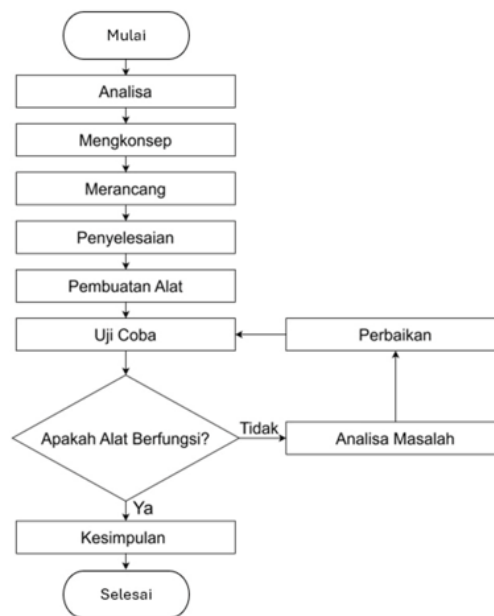
Alat penenun manual masih berperan penting dalam industri tekstil, khususnya bidang kerajinan, karena mampu menghasilkan variasi motif dan struktur kain yang beragam melalui persilangan benang lungsin (warp) dan benang pakan (weft) (Wartiono & Nusantara, 2015). Namun demikian, alat ini memiliki keterbatasan berupa produktivitas rendah dan ketergantungan tinggi pada keterampilan operator dalam menjaga kestabilan tegangan benang, sehingga rawan menimbulkan inkonsistensi kualitas anyaman. Dalam pengembangan material komposit, kestabilan proses penenunan menjadi krusial karena struktur anyaman berfungsi sebagai material penguat yang memengaruhi sifat mekanik komposit, seperti kekuatan tarik, kekuatan lentur, dan ketahanan benturan.

Salah satu kombinasi serat penguat yang menjanjikan adalah serat sawit (Perdana et al., 2024; Thoriq et al., 2022) dan Kevlar (Hidayat et al., 2023), meskipun keduanya memiliki karakteristik mekanik yang jauh berbeda—serat sawit cenderung fleksibel dan tidak homogen, sedangkan Kevlar kaku dan berkekuatan tinggi. Perbedaan ini menyulitkan pengaturan tegangan benang selama penenunan. Penelitian terdahulu di bidang alat tenun umumnya berfokus pada aspek ergonomi dan mekanisme tenun tekstil konvensional (Guswandhi & Fahrurroji, 2018; Selan et al., 2022), belum menyoroti kebutuhan khusus penenunan serat penguat komposit. Sebaliknya, penelitian pemanfaatan serat sawit-Kevlar sebagai penguat komposit masih mengandalkan penenunan manual tanpa alat khusus, sehingga mutu anyaman sangat bergantung pada keterampilan operator dan hasilnya cenderung tidak konsisten.

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat research gap berupa belum tersedianya alat penenun manual yang dirancang khusus untuk mengakomodasi kombinasi serat alam dan serat sintesis dengan sistem pengatur tegangan yang stabil. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun alat penenun manual berbasis metode VDI 2222 untuk pembuatan komposit serat sawit-Kevlar, guna menghasilkan susunan benang yang teratur dan kepadatan anyaman yang konsisten.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian rancang bangun (design and build) yang menggunakan pendekatan VDI 2222 (Verein Deutscher Ingenieure), meliputi empat tahap utama: merencana, mengonsep, merancang, dan penyelesaian. Tahapan pelaksanaan penelitian mengikuti diagram alir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, dimulai dari studi literatur, analisa kebutuhan, penyusunan konsep, perancangan detail, pembuatan alat, hingga uji coba.



Gambar 1. Diagram Alir

1. Tahap Menganalisa.

Identifikasi kebutuhan dilakukan melalui observasi terhadap proses penenunan manual serat sawit-Kevlar yang selama ini berjalan tanpa alat khusus, serta studi literatur dari buku, jurnal, dan penelitian terdahulu. Hasil tahap ini berupa daftar tuntutan yang mencakup jenis bahan (serat sawit dan Kevlar Ø0,8 mm), jenis konstruksi knock-down, dimensi alat, serta kebutuhan fungsional seperti sistem pemasukan, pengatur, dan perapat serat.

2. Tahap Mengkonsep.

Berdasarkan daftar tuntutan, disusun diagram black box untuk menggambarkan hubungan input (serat sawit, Kevlar, dan tenaga manusia) dan output (hasil tenunan), dilanjutkan dengan diagram fungsi bagian yang membagi alat menjadi empat sistem utama, yaitu sistem rangka, sistem pemasukan serat, sistem pengatur serat, dan sistem perapat serat. Beberapa alternatif konsep untuk tiap sub-fungsi kemudian dievaluasi dan dipilih berdasarkan kemudahan pengoperasian, efektivitas, dan kesesuaian terhadap spesifikasi.

3. Tahap Merancang.

Konsep terpilih diterjemahkan menjadi rancangan rinci meliputi perhitungan gaya pada mekanisme penggerak dan kekuatan struktur rangka, kemudian dimodelkan menggunakan SolidWorks untuk memastikan kesesuaian ukuran dan hubungan antar komponen sebelum fabrikasi.

4. Tahap Penyelesaian dan Pembuatan Alat.

Gambar kerja disusun sebagai acuan fabrikasi. Alat dibuat dari besi hollow melalui proses pemotongan, pengelasan rangka, pengeboran titik pemasangan komponen, penyambungan rangka, pembuatan sisir tenun, serta finishing (penghalusan dan pengecatan).

5. Uji Coba.

Pengujian dilakukan dengan memasang benang lungsin dan pakan, kemudian mengoperasikan alat secara manual untuk menghasilkan anyaman. Evaluasi difokuskan pada tiga parameter: kestabilan tegangan benang, kinerja mekanisme,

dan tingkat kerapian hasil tenun, dibandingkan dengan hasil metode manual tanpa alat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa

Hasil observasi menunjukkan bahwa proses penenunan serat sawit-Kevlar selama ini masih dilakukan secara manual tanpa alat khusus, sehingga diperlukan alat penenun yang mampu menghasilkan susunan serat dengan kerapian dan pola anyaman yang seragam, efektif, dan mudah dioperasikan.

3.2 Mengkonsep

Setelah seluruh proses analisa teridentifikasi, langkah berikutnya adalah mengkonsep. Berikut adalah langkah-langkah yang dikerjakan dalam merancang alat penenun serat sawit-kevlar:

a. Daftar tuntutan

Daftar tuntutan pada alat penenun serat sawit-kevlar dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 1. Daftar Tuntutan Utama

No	Tuntutan Utama	Deskripsi
1.	Bahan yang diproses	Serat sawit 0,8 mm Serat kevlar 0,8 mm
2.	Jenis konstruksi	Knock-down (bongkar pasang)
3.	Kapasitas	Panjang x lebar 318 mm x 250 mm

Tabel 2. Daftar Tuntutan Kedua

No	Tuntutan Kedua	Deskripsi
1.	Dimensi alat	Panjang x lebar x tinggi 400 mm x 310 mm x 200 mm
2.	Pengoperasian dan sistem perapat tenun	Pemasangan dan pelepasan komponen mudah dilakukan dan menggunakan sisir
3.	Sistem rangka	Rangka kokoh dan ringkas, mudah dibongkar pasang sesuai konstruksi knock-down, mampu menopang seluruh komponen
4.	Sistem pemasukan	Memasukkan serat sawit dan serat sevlar 0,8 mm ke dalam alat secara teratur agar proses penenunan
5.	Sistem pengatur	Menaik turunkan serat sawit dan Kevlar untuk membentuk hasil tenunan
6.	Sistem perapat	Memadatkan dan merapikan serat sawit dan kevlar dari tenunan menggunakan sisir

Tabel 3. Daftar Tuntutan Keinginan

No	Daftar Keinginan	Deskripsi
1.	Mudah dipindah	Alat memiliki bobot yang relative ringan sehingga mudah dipindahkan
2.	Perawatan	Mudah dibersihkan dari sisa serat

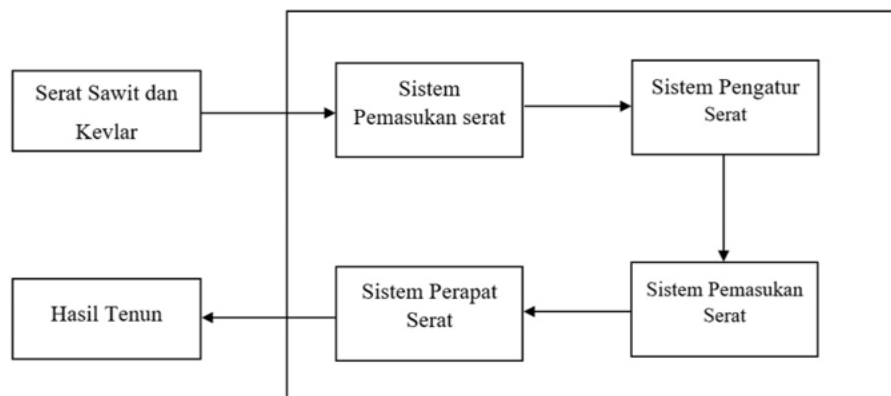
b. Black Box

Diagram *black box* disusun untuk menentukan fungsi tiap bagian alat, dengan input berupa serat sawit, Kevlar, dan tenaga manusia yang diproses melalui penenunan menghasilkan output berupa hasil tenun.



Gambar 2. Black Box

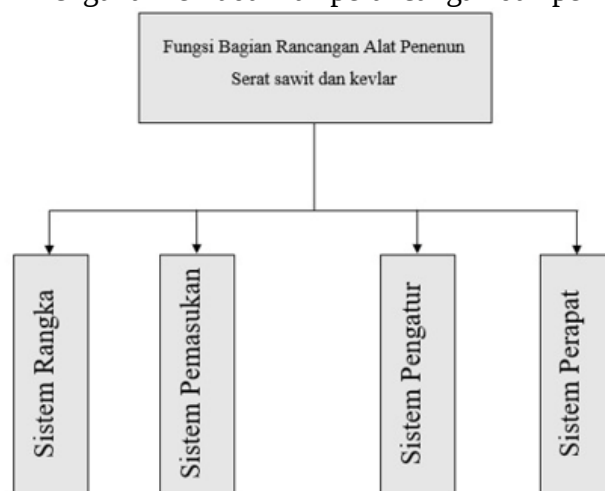
Ruang lingkup perancangan mencakup sistem pemasukan, pengatur, dan perapatan serat yang terintegrasi dalam satu unit, dengan sasaran menghasilkan tenunan yang rapi, rapat, dan stabil, serta mudah dioperasikan.



Gambar 3. Diagram Ruang Lingkup

c. Fungsi Bagian

Analisis sub-fungsi dilakukan untuk memilah sistem kerja alat menjadi tahapan yang lebih rinci guna memudahkan perancangan dan pemilihan komponen.



Gambar 4. Diagram Fungsi Bagian

Alat ini terbagi menjadi empat sistem utama, yaitu Sistem Rangka, Sistem Pemasukan Serat, Sistem Pengatur Serat, dan Sistem Perapat Serat.

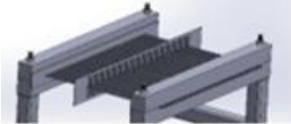
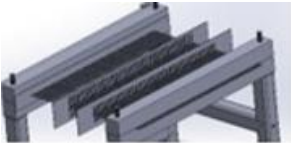
Tabel 4. Fungsi Bagian

No	Fungsi Bagian	Deskripsi Fungsi
1.	Sistem rangka	Sistem yang berfungsi sebagai kerangka atau struktur dasar mesin yang menopang dan menyatukan seluruh komponen/bagian alat, agar dapat bekerja pada posisi dan kedudukan yang tepat serta stabil selama proses penenunan.
2.	Sistem pemasukan serat	Sistem yang berfungsi menyuapkan/mengulurkan benang lusi dari boom lusi secara terus-menerus dan teratur ke area tenunan. Sistem ini sering disebut juga <i>let-off motion</i> , yang mengatur agar tegangannya tetap konstan selama proses penenunan.
3.	Sistem pengatur serat	Sistem yang mengatur pergerakan benang lusi membentuk celah melalui gerakan naik-turun, sehingga serat pakan dapat disisipkan/dilewatkan (proses <i>picking</i>) untuk membentuk anyaman. Sistem ini berkaitan dengan mekanisme <i>shedding motion</i> .
4.	Sistem perapat serat	Sistem yang berfungsi merapatkan benang pakan yang baru disisipkan ke arah tepi serat yang sudah terbentuk, menggunakan sisir, agar anyaman menjadi padat dan rapat sesuai kerapatan yang diinginkan. Sistem ini dikenal sebagai <i>beating-up motion</i> .

d. Alternatif Fungsi

Penentuan alternatif terbaik dikaji berdasarkan kelebihan dan kekurangan tiap pilihan sistem pengatur serat, meliputi kemampuan mengatur kerapatan anyaman, mengurangi pergeseran serat, biaya produksi, dan perawatan.

Tabel 5. Alternatif Fungsi Bagian

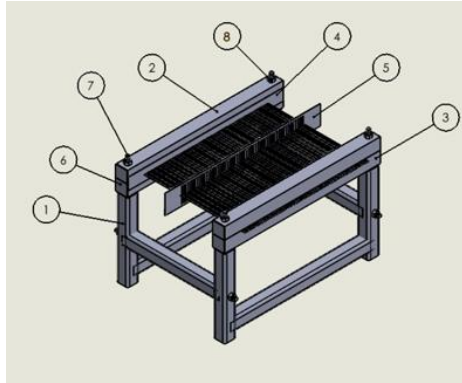
No	Alternatif	Keuntungan	Kekurangan
Sistem Pengatur Serat		Mengatur kerapatan anyaman	Potensi tidak seragaman hasil tenun
		Mengurangi pergeseran serat	Pengaturan posisi lebih sulit
		Biaya Produksi & Perawatan Rendah	Kontrol Ketegangan Benang Kurang Stabil

3.3 Merancang

Pada tahapan ini, varian konsep yang telah terpilih dilanjutkan ke proses perancangan, yang meliputi penyusunan gambar desain beserta penjabaran fungsi rancangan.

a. Draf Rancangan

Berdasarkan daftar tuntutan, disusun draf rancangan alat dengan mempertimbangkan fungsi, kekuatan rangka, dan kemudahan pengoperasian serta pembuatan, kemudian divisualisasikan menggunakan SolidWorks sebagai pedoman fabrikasi.



Gambar 5. Rancangan Alat yang Dibuat

Alat penenun serat sawit-Kevlar dirancang dengan struktur dan sistem mekanik yang saling terkait agar menghasilkan tenunan yang rapi dan rapat, dengan komponen utama sebagai berikut:

1. Rangka Alat

Struktur utama yang berfungsi sebagai penopang keseluruhan komponen alat. Terbuat dari bahan logam berbentuk profil kotak (hollow) yang kokoh dan stabil, rangka ini memastikan alat tidak bergeser atau bergetar selama proses penenunan.

2. Plat Penahan Atas

Berfungsi sebagai penekan serat sawit dan kevlar

3. Plat Penahan bawah

Berfungsi sebagai penahan serat sawit dan kevlar agar tidak berpindah pindah

4. Input serat

Berfungsi untuk pemasukan serat sawit dan kevlar agar bersejajar dan rapi ketika di tenunkan

5. Sisir Pengatur Serat

Komponen ini berfungsi untuk mengatur atau menaik dan menurunkan serat sawit dan kevlar, agar waktu penenunan mudah untuk pemasukan serat sawit dan kevlar

6. Plat penutup

Plat penutup berfungsi untuk menutupkan lubang yang ada di plat penahan atas dan bawah

7. Baut

Mengikat dan menyambungkan komponen-komponen alat penenun agar terpasang dengan kuat, stabil, serta memudahkan proses perakitan, pembongkaran, dan perawatan.

8. Mur

Mengunci baut sehingga sambungan antar komponen menjadi kuat, stabil, tidak mudah kendur akibat getaran atau beban kerja, serta memudahkan proses perakitan dan pembongkaran alat.

3.4 Penyelesaian dan Pembuatan Alat

Tahap penyelesaian meliputi penyusunan gambar desain sebagai pedoman fabrikasi dan perakitan komponen, dilanjutkan uji coba awal untuk memastikan mekanisme penenunan dan penggulungan benang bekerja sesuai spesifikasi, hingga alat siap dioperasikan dan dievaluasi kinerjanya.

1. Pemotongan Rangka: Memotong besi *hollow* sesuai ukuran pada gambar kerja
2. Pengelasan Rangka: Menyatukan bagian-bagian rangka melalui pengelasan hingga membentuk struktur alat
3. Pengeboran Rangka dan Komponen: Membuat lubang dudukan komponen pendukung agar proses perakitan lebih presisi dan sesuai desain
4. Penyambungan Rangka dan Komponen: Menggabungkan bagian rangka agar terbentuk struktur yang kokoh dengan posisi komponen yang tepat
5. Pembuatan Sisir Tenun: Memotong plat dengan mesin gerinda dan membuat lubang berdiameter 2 mm dengan mesin bor, dilanjutkan proses finishing untuk menghaluskan permukaan.

3.5 Uji Coba

Uji coba dilakukan untuk memastikan alat dapat berfungsi sesuai tujuan perancangan, meliputi pengujian pemasangan serat sawit-Kevlar serta hasil tenunannya, guna menilai kinerja seluruh komponen utama.

Hasil pengujian menunjukkan alat mampu bekerja dengan baik, meskipun ditemukan sedikit kendala pada pemasukan serat akibat sisa serabut pada ujung potongan Kevlar dan serat halus pada hasil pelintiran serat sawit yang belum sepenuhnya rapi..

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun alat penenun manual untuk pembuatan komposit serat sawit-Kevlar dengan menggunakan metodologi VDI 2222, yang meliputi tahap menganalisa, mengonsep, merancang, hingga penyelesaian/fabrikasi. Alat dibangun dari material besi hollow dengan komponen utama berupa rangka, plat penahan atas dan bawah, sistem input serat, sisir pengatur serat, plat penutup, serta elemen pengikat (baut dan mur).

Hasil uji coba menunjukkan bahwa alat ini mampu menyusun serat sawit dan Kevlar menjadi anyaman yang lebih rapi, rapat, dan konsisten dibandingkan dengan proses penenunan manual tanpa alat. Meskipun masih ditemukan kendala kecil pada proses pemasukan serat akibat sisa serabut pada ujung potongan Kevlar dan serat halus dari pelintiran serat sawit yang belum sepenuhnya rapi alat ini secara umum terbukti efektif dalam meningkatkan kestabilan tegangan benang dan kualitas hasil tenunan.

Dengan demikian, alat penenun manual berbasis VDI 2222 ini dapat menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan penenunan manual konvensional dalam pembuatan material komposit serat sawit-Kevlar, khususnya untuk kebutuhan skala penelitian, sekaligus membuka peluang pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan efektivitas proses pemasukan serat.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Jika penelitian tidak dibantu oleh pihak-pihak terkait, bagian ini boleh tidak ada. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Jurusan Rekayasa Mesin serta Program Studi DIII Teknik Perancangan Mekanik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung atas fasilitas laboratorium dan dukungan akademik yang diberikan selama proses penelitian. Apresiasi dan penghargaan tinggi juga disampaikan kepada dosen pembimbing Bapak Herwandi, S.S.T., M.T., Ph.D. dan Ibu Adhe Anggry, S. S.T., M.T. atas arahan, bimbingan, dan masukan yang konstruktif dalam penyusunan kerangka teoritis dan teknis penelitian Proyek Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Afkaar, S., Harahap, A. E., & Mucra, D. A. 2026. Kualitas fisik silase daun pelepah sawit yang disubstitusi lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dengan level berbeda. *Prosiding Seminar Nasional Integrasi Pertanian dan Peternakan*, 4(1), 216–234.
- Aulia, N., Pratama, R. A., Andi, Z. Y., & Harahap, D. R. 2025. Implementasi metode Verein Deutscher Ingenieure (VDI) 2222 dalam rancangan mesin penyangrai daun teh Tayu. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 5, 280–284.
- Guswandhi, F., & Fahrurroji, R. (2018). Pengembangan ATBM (alat tenun bukan mesin) menggunakan sistem dobby elektronik. *Arena Tekstil*, 33(1), 29–36.
- Hidayat, I. T., Surya, P. M., & Raharjo, M. A. 2023. Perbandingan kekuatan bending dan tarik komposit polimer hybrid diperkuat serat sisal dan kenaf karung goni terhadap serat karbon Kevlar. *JAMETS: Journal of Aircraft Maintenance Engineering & Aviation Technologies*, 2(1), 44–52.
- Ndun, H. J. N., Berek, N. C., Littik, S. K., Dodo, D. O., & Tarigan, B. V. 2024. Pelatihan peregangan dan penerapan teknologi alat pemintal ergonomis pada penenun tradisional di Desa Boti. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 9(6), 1112–1116.
- Perdana, S. U., Hastuti, S., & Taufik, I. 2024. Sifat mekanik komposit serat pelepah kelapa sawit sebagai penguat komposit terhadap kekuatan tarik dan impak. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika*, 3(4), 68–75.
- Selan, R. N., Kale, A. K. A., & Tualaka, T. M. 2022. Perancangan alat tenun tradisional NTT dengan metode three in one di rumah tenun Kampung Alor. *Al Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6(2).
- Selan, R. N., Tualaka, T. M., & Manu, A. K. A. 2022. Implementasi konsep ergonomi pada penggunaan alat tenun tradisional rumah tenun Kampung Sabu. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, 9(2), 20–24.
- Siregar, T. A. 2022. Analisa ergonomi alat tenun dengan metode Quick Exposure Checklist di Pabrik Paulina Textile Kota Padangsidempuan [Disertasi doktoral, Universitas Islam Sumatera Utara]. Fakultas Teknik.
- Suriyani, A., Saleh, S., & Akhmad, A. 2023. Program inovasi bina manusia dalam pemberdayaan kelompok penenun di sentra tenun ikat Jata Kapa Kabupaten Sikka Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Mirai Management*, 8(1), 288–297.