

**PENGEMBANGAN BANTALAN PANAHAH BERBASIS BIOKOMPOSIT
DARI SERAT RAMI TERHADAP DAYA REDAM ANAK PANAHAH**



**Oleh:
HERU PRASETYO
NIM 20708261027**

**Disertasi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Mendapatkan Gelar Doktor Olahraga**

**DEPARTEMEN ILMU KEOLAHRAGAAN
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN DAN KESEHATAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGEMBANGAN BANTALAN PANAHAH (*ARCHERY BUTTRESS*)
BERBASIS BIODKOMPOSIT DARI SERAT RAMI TERHADAP DAYA
REDAM ANAK PANAHAH**

**HERU PRASETYO
NIM 20708261027**

**Disertasi ini Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Mendapatkan Gelar Doktor Olahraga
Departemen Ilmu Keolahragaan**

Menyetujui untuk diajukan pada ujian Terbuka Disertasi

Pembimbing,

Promotor,

Co-promotor,



**Prof. Dr. Siswantoyo, S.Pd., M.Kes.
NIP. 197203101999031002**



**Prof. Dr. Yudik Prasetyo, M.Kes.
NIP. 198208152005011002**

**Mengetahui:
Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan
Universitas Negeri Yogyakarta**

Plt. Dekan,

Koordinator Program Studi,



**Prof. Dr. Yudik Prasetyo, M.Kes.
NIP. 198208152005011002**



**Prof. Dr. Dra. Sumaryanti, M.S.
NIP. 195801111982032001**

ABSTRAK

Heru Prasetyo: Pengembangan Bantalan Panahan Berbasis Biokomposit dari Serat Rami terhadap Daya Redam Anak Panah. Disertasi. Yogyakarta: Program Doktor, Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Yogyakarta, 2023.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengembangkan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami yang layak terhadap daya redam anak panah. (2) Menghasilkan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami yang layak terhadap daya redam anak panah. (3) Mengetahui keefektifan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah.

Jenis penelitian merupakan *Research and Development*. Langkah-langkah pengembangan menggunakan desain ADDIE yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*. Validator dilakukan pada ahli berjumlah 5 orang. Uji coba skala kecil di UKM Panahan UNY yang berjumlah 3 pelatih, skala besar diujikan ke UKM Panahan UNY dan Perpani Klaten sebanyak 10 pelatih. Subjek uji efektivitas berjumlah 10 pelatih. Instrumen pengumpulan data yaitu: wawancara dan angket. Data dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif.

Hasil penelitian menunjukkan: (1) Bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami dikembangkan menggunakan metode ADDIE dengan ketentuan bahan yang digunakan yaitu *eva voam*, serat rami berjenis *inagrass green*, benang polester, lem fox. Proses produksi bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yaitu setiap lembar tenunan rami membutuhkan 20ons serat rami ditenun menggunakan benang polester dengan teknik tenun cucukan alus, satu bantalan membutuhkan 2 lembar tenunan serat rami, sehingga serat rami yang di gunakan untuk satu bantalan adalah sebanyak 40 ons. Ukuran satu helai serat rami yang ditenun adalah 2mm dengan plintiran berisi 12 helai serat rami, sedangkan lebar serat rami yang telah ditenun adalah 120x120cm dengan ketebalan 2mm. Bahan utama bantalan adalah kombinasi antara *eva foam* dan serat rami, *eva foam* menggunakan ketebalan 3cm dengan ukuran 120x120cm sebanyak 3 lembar, sehingga jika *eva foam* digabungkan menjadi 9cm. Tenunan serat rami memiliki ketebalan 0.5cm dengan perbandingan antara rami dan benang polester adalah 4:1, satu buah bantalan memerlukan 2 buah tenunan serat rami, sehingga jika digabungkan membutuhkan tenunan serat rami 4mm. (2) Bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yang dikembangkan layak. Berdasarkan penilaian ahli materi sebesar 80,50% (layak), penilaian ahli *engginer* sebesar 88,86% (layak). Penilaian pelatih pada uji coba skala kecil sebesar 86,50% (layak) dan uji coba skala besar sebesar 88,60% (layak). Hasil uji tarik komposit serat rami diperoleh rata-rata modulus elastisitas sebesar 260,09 Mpa. (3) Efektivitas bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah, berdasarkan uji kepraktisan produk sebesar 90,62%. Bantalan panahan berbasis biokomposit serat rami lebih baik daripada bantalan panahan *eva foam* biasa, dengan $t_{hitung} 8,122 > t_{tabel} 2,002$, dan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$.

Kata Kunci: *Bantalan panahan, biokomposit, serat rami, daya redam anak panah*

ABSTRACT

Heru Prasetyo: *Development of Archery Buttress Based on Biocomposite from Hemp Fiber on the Dampening Power of Arrows. Dissertation. Yogyakarta: Master's Program in Sports Science, Yogyakarta State University, 2023.*

This study aims to: (1) Develop a biocomposite-based archery buttress from hemp fiber that is suitable for damping power of arrows. (2) Producing a biocomposite-based archery buttress from hemp fiber that is suitable for arrow damping power. (3) Knowing the effectiveness of hemp fiber biocomposite-based archery buttresses on the damping power of arrows.

This type of research is Research and Development. The development steps use the ADDIE design, namely Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The validator was carried out by 5 experts. Small-scale trials were carried out at UNY Archery UKM with 3 trainers, large-scale trials at UNY Archery UKM and Perpani Klaten with 10 trainers. The effectiveness test subjects totaled 10 trainers. Data collection instruments are: interviews and questionnaires. Data were analyzed quantitatively and qualitatively.

The results showed: (1) Archery buttresses based on hemp fiber biocomposite were developed using the ADDIE method with the provisions that the materials used were eva foam, inagrass green hemp fiber, polyester yarn, fox glue. The production process of biocomposite-based archery buttresses from hemp fiber on the damping power of arrows, namely each sheet of hemp woven requires 20 ounces of hemp fiber woven using polyester yarn with the alus woven technique, one bearing requires 2 sheets of woven hemp fiber, so hemp fiber is used for one padding is as much as 40 ounces. The size of one strand of hemp fiber that is woven is 2mm with a twist containing 12 strands of hemp fiber, while the width of the hemp fiber that has been woven is 120x120cm with a thickness of 2mm. The main bearing material is a combination of eva foam and hemp fiber, using 3 sheets of eva foam with a thickness of 3cm with a size of 120x120cm, so if the eva foam is combined it becomes 9cm. The woven hemp fiber has a thickness of 0.5cm, the ratio between hemp and polyester thread is 4:1, one bearing requires 2 woven hemp fibers, so when combined it requires 4mm woven hemp fibers. (2) Biocomposite-based archery buttress from hemp fiber to develop the damping power of arrows is feasible. Based on the material expert's assessment of 80.50% (appropriate), the engineering expert's assessment was 88.86% (decent). The trainer's rating on small-scale trials was 86.50% (feasible) and large-scale trials were 88.60% (feasible). The results of the hemp fiber composite tensile test obtained an average modulus of elasticity of 260.09 MPa. (3) The effectiveness of hemp fiber biocomposite-based archery buttresses on the damping power of arrows, based on the practicality test of the product, was 90.62%. Archery buttres based on hemp fiber biocomposite was better than regular eva foam archery buttres, with t count $8.122 > t$ table 2.002 , and a significance value of $0.000 < 0.05$.

Keywords: archery buttress, biocomposite, hemp fiber, arrow damping power

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

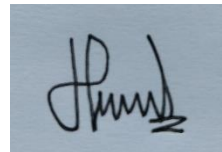
Nama Mahasiswa : HERU PRASETYO

Nomor Mahasiswa : 20708261027

Program Studi : Ilmu Keolahragaan

Dengan ini menyatakan bahwa disertasi ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Doktor di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya dalam disertasi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 17 Juli 2023



HERU PRASETYO

NIM 20708261027


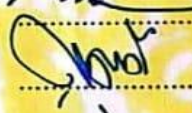
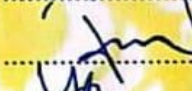
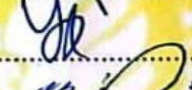


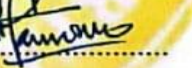
LEMBAR PENGESAHAN

**PENGEMBANGAN BANTALAN PANAHAN BERBASIS BIOKOMPOSIT
DARI SERAT RAMI TERHADAP DAYA REDAM ANAK PANAH**

**HERU PRASETYO
NIM 20708261027**

Dipertahankan di depan Dewan Tim Penguji Terbuka Disertasi
Program Studi Ilmu Keolahragaan Program Doktor
Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan
Universitas Negeri Yogyakarta
Tanggal: 25 Juli 2023

TIM PENGUJI

Prof. Dr. Wawan Sundawan Suherman, M.Ed. (Ketua/Penguji)		26-07-2023
Dr. Cerika Rismayanthi, M.Or. (Sekretaris/Penguji)		26-07-2023
Prof. Dr. Siswantoyo, M.Kes. (Promotor 1)		26-07-2023
Prof. Dr. Yudik Prasetyo, M.Kes. (Promotor 2)		26-07-2023
Prof. Dr. M. Furqon Hidayatullah, M.Pd. (Penguji 1)		26-07-2023
Prof. Dr. Ahmad Nasrulloh, M.Or. (Penguji 2)		26-07-2023
Dr. Eddy Purnomo, M.Kes. (Penguji 3)		26-07-2023

Yogyakarta, 26 Juli 2023



Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan
Universitas Negeri Yogyakarta
Dekan,

Prof. Dr. Wawan S. Suherman, M.Ed.
NIP. 196407071988121001

LEMBAR PERSEMBAHAN

1. Terima kasih kepada Allah SWT yang selalu memberikan nikmat dan karunia yang sangat luar biasa hingga saat ini, dalam sebuah kehidupan yang penuh kebahagiaan dan rasa syukur yang tiada henti.
2. Terima kasih yang teristimewa untuk insan yang selalu memberikan sinar cahaya cinta kasih, atas semua kasih sayang serta do'a yang diberikan kepadaku selama ini, mohon maaf atas segala kesalahan, yang selalu ada disetiap perjalanan hidupku dan disaat susah maupun senang tetap selalu ada untukku.

KATA PENGANTAR

Puji syukur selalu dipanjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi yang berjudul, “Pengembangan Bantalan Panahan Berbasis Biokomposit dari Serat Rami terhadap Daya Redam Anak Panah” dengan baik. Disertasi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Doktor Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Yogyakarta.

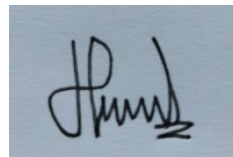
Penulis menyadari bahwa disertasi ini tidak mungkin dapat diselesaikan tanpa bimbingan dan bantuan serta dukungan dari semua pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada Bapak Prof. Dr. Siswantoyo, S.Pd., M.Kes., dosen pembimbing I dan Bapak Prof. Dr. Yudik Prasetyo, S.Or., M.Kes., dosen pembimbing II yang telah banyak membantu mengarahkan, membimbing, dan memberikan dorongan sampai disertasi ini terwujud. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Sumaryanto, M.Kes., Rektor Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Prof. Dr. Wawan S. Suherman, M.Ed., Dekan Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan yang memberikan persetujuan pelaksanaan Tugas Akhir Disertasi.
3. Ibu Prof. Dr. Dra. Sumaryanti, M.S., Koorprodi Ilmu Keolahragaan serta para dosen Ilmu Keolahragaan yang telah memberikan bekal ilmu.

4. Sekretaris dan Penguji yang sudah memberikan koreksi perbaikan secara komprehensif terhadap Tugas Akhir Disertasi ini.
5. Pengurus, pelatih, dan atlet atas izin, kesempatan, bantuan, serta kerja samanya yang baik, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.
6. Teman-teman mahasiswa Program Doktor Ilmu Keolahragaan Angkatan 2020 Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan motivasi pada penulis untuk selalu berusaha sebaik-baiknya dalam penyelesaian penulisan disertasi ini.

Semoga semua pihak yang telah membantu mendapat pahala dari Allah SWT. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan disertasi ini, bahkan masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak demi perbaikan di masa datang. Penulis berharap semoga disertasi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Amin.

Yogyakarta, Juli 2023



HERU PRASETYO

NIM 20708261027

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	10
C. Pembatasan Masalah.....	11
D. Rumusan Masalah.....	11
E. Tujuan Pengembangan	12
F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan.....	12
G. Manfaat Pengembangan	12
H. Asumsi Pengembangan.....	13
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	15
A. Kajian Teori.....	15
1. Teknologi dalam Olahraga	15
2. Panahan.....	18
a. Pengertian Panahan.....	18
b. Teknik Panahan	22
c. Peralatan Panahan.....	32
3. Serat Rami	42

a. Pengertian Serat Rami	42
b. Struktur Molekul dan Susunan Kimia Rami.....	52
4. Komposit	56
B. Kajian Penelitian yang Relevan.....	63
C. Kerangka Pikir.....	71
D. Pertanyaan Penelitian	73
BAB III. METODE PENELITIAN	74
A. Model Pengembangan	74
B. Prosedur Pengembangan.....	75
1. <i>Analysis</i> (Analisis).....	76
2. <i>Design</i> (Desain)	77
3. <i>Development</i> (Pengembangan)	78
4. <i>Implementation</i> (Implementasi).....	79
5. <i>Evaluation</i> (Implementasi)	79
6. Efektivitas Produk	80
C. Desain Uji Coba Produk	81
1. Desain Uji Coba.....	81
2. Subjek Uji Coba.....	81
3. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data	82
4. Teknik Analisis Data	87
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN	91
A. Hasil Pengembangan Produk Awal	91
1. <i>Analysis</i> (Analisis).....	91
2. <i>Design</i> (Desain)	97
3. <i>Development</i> (Pengembangan)	109
4. <i>Implementation</i> (Implementasi).....	116
5. <i>Evaluation</i> (Implementasi)	120
B. Revisi Produk	121
C. Kajian Produk Akhir.....	122
1. Produk Akhir	122
2. Uji Efektivitas.....	123

D. Pembahasan	127
E. Keterbatasan Penelitian	135
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	138
A. Simpulan tentang Produk	138
B. Saran Pemanfaatan Produk.....	139
DAFTAR PUSTAKA	141
LAMPIRAN	155

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. <i>Stance</i>	24
Gambar 2. <i>Nocking</i>	25
Gambar 3. <i>Set-up</i>	26
Gambar 4. <i>Drawing</i>	27
Gambar 5. <i>Anchoring</i>	28
Gambar 6. <i>Tighten</i>	29
Gambar 7. <i>Aiming</i>	30
Gambar 8. <i>Release</i>	30
Gambar 9. <i>After-Hold (Follow-Through)</i>	31
Gambar 10. Bagian-bagian Busur.....	33
Gambar 11. Contoh Busur dan Anak Panah <i>Standard Bow</i>	34
Gambar 12. Contoh Busur dan Anak Panah <i>Recurve</i>	35
Gambar 13. Contoh Busur <i>Compound</i>	37
Gambar 14. Bagian-bagian Anak Panah.....	37
Gambar 15. <i>Fingger Tab</i>	38
Gambar 16. <i>Arm Guard</i>	39
Gambar 17. <i>Quiver</i>	40
Gambar 18. Bantalan Panahan.....	41
Gambar 19. Jagrak Panahan.....	41
Gambar 20. <i>1-10 Scoring Zone Target Face</i>	42
Gambar 21. Pohon dan Serat Rami.....	44
Gambar 22. Penggunaan Rami untuk Tujuan yang Berbeda.....	49
Gambar 23. Bagan Kerangka Berpikir.....	72
Gambar 24. Bagan Pengembangan Produk Model ADDIE.....	75
Gambar 25. Alat Uji Tarik.....	86
Gambar 26. Alat Uji Bending	87
Gambar 27. <i>Flowchart</i> Pembuatan Produk.....	100
Gambar 28. Proses Membuat Tenun Serat Rami.....	101
Gambar 29. Hasil Tenun Serat Rami	101

Gambar 30.	Serat Rami yang telah Ditenun Ukuran 50cm x 50cm.....	102
Gambar 31.	Cetakan Ukuran 50cm x 50cm.....	102
Gambar 32.	Memasukkan Rami ke dalam Cetakan.....	103
Gambar 33.	Mencampur Serat Rami dengan Matrix	103
Gambar 34.	Hasil Komposit Serat Rami.....	104
Gambar 35.	Proses Mengkombinasikan Serat Rami dengan <i>Eva Foam</i>	104
Gambar 36.	Proses Pemasangan Bantalan Panahan Berbasis Biokomposit dari Serat Rami.....	105
Gambar 37.	Spesimen untuk dilakukan Uji Tarik dan Bending	107
Gambar 38.	Pembuatan Spesimen	107
Gambar 39.	Hasil Spesimen untuk Uji Tarik dan Bending	108
Gambar 40.	Diagram Hasil Penilaian Ahli Materi.....	111
Gambar 41.	Diagram Hasil Penilaian Ahli <i>Engginer</i>	113
Gambar 42.	Diagram Hasil Penilaian Pelatih pada Uji Coba Skala Kecil.....	117
Gambar 43.	Diagram Hasil Penilaian Pelatih pada Uji Coba Skala Besar	119
Gambar 44.	Diagram Hasil Penilaian Kepraktisan Produk	124

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hasil Studi Pendahuluan Pentingnya Bantalan yang Kuat dan Aman pada Olahraga Panahan.....	10
Tabel 2. Bagian Tanaman Rami dan Kandungannya.....	42
Tabel 3. Sifat Fisik, Kimia, dan Mekanik Serat Rami.....	50
Tabel 4. Kisi-kisi Kuesioner untuk Ahli Materi	77
Tabel 5. Kisi-kisi Kuesioner untuk Ahli <i>Engineering</i>	78
Tabel 6. Kisi-kisi Kuesioner untuk Pelatih.....	79
Tabel 7. Skala Interpretasi dengan <i>Rating Scale</i>	83
Tabel 8. Sifat Fisik, Kimia, dan Mekanik Serat Rami.....	87
Tabel 9. Proses Produksi Bantalan Panahan Berbasis Biokomposit dari Serat Rami	94
Tabel 10. Hasil Uji Tarik Serat Rami	102
Tabel 11. Daftar Validasi	104
Tabel 12. Data Hasil Penilaian Ahli Materi.....	105
Tabel 13. Data Hasil Penilaian Ahli <i>Engginer</i>	106
Tabel 14. Hasil Penilaian Validitas Aiken	108
Tabel 15. Hasil Uji Validitas Konten Aiken	108
Tabel 16. Hasil Reliabilitas <i>Intraclass Correlation Coefficients (ICC)</i>	109
Tabel 17. Data Hasil Penilaian Pelatih pada Uji Coba Skala Kecil.....	111
Tabel 18. Data Hasil Penilaian Pelatih pada Uji Coba Skala Besar	113
Tabel 19. Hasil Revisi Ahli Materi	115
Tabel 20. Hasil Revisi Ahli <i>Engginer</i>	116
Tabel 21. Data Hasil Penilaian Kepraktisan Produk	118
Tabel 22. Hasil Tes Jarak Tembus Anak Panah	120
Tabel 23. Analisis Uji <i>Independent Samples Test</i>	121

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Surat Keterangan Validasi	156
Lampiran 2. Data Uji Kelayakan	169
Lampiran 3. Hasil Analisis Validitas dan Reliabilitas	170
Lampiran 4. Proses Pembuatan Produk	172
Lampiran 5. Hasil Uji Tarik dan Bending.....	175
Lampiran 6. Hasil Uji Coba Skala Kecil dan Skala Besar	187
Lampiran 7. Hasil Uji Efektivitas	189
Lampiran 8. Analisis Uji Efektivitas.....	190
Lampiran 9. Tabel t.....	192
Lampiran 10. Dokumentasi.....	193

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Aktivitas memanah telah dipraktikkan selama ribuan tahun, dengan rekaman arkeologi paling awal saat ini berasal dari 65.000 SM (Stone, et al., 2021: 888). Peran memanah telah berkembang dari kebutuhan untuk bertahan hidup dan berburu, rekreasi di masa lalu, menjadi olahraga Olimpiade. Kepopuleran olahraga panahan di Indonesia di latar belakang oleh pandangan masyarakat bahwa olahraga panahan dapat melatih fokus, konsentrasi, dan sebagai wahana rekreasi yang dapat mengatasi stress. Selama kurun waktu 6 tahun terakhir, olahraga panahan berkembang sangat pesat di Indonesia baik menjadi olahraga rekreasi maupun prestasi. Dibuktikan dengan banyaknya klub panahan yang berkembang dan sekolah-sekolah menjadikan panahan sebagai ekstrakurikuler serta munculnya berbagai macam wahana panahan di berbagai tempat wisata.

Tercatat even panahan Open Nasional umumnya diikuti oleh 600 sampai 800 peserta (www.ianseo.com). Data tersebut menunjukkan bahwa animo masyarakat terhadap panahan sebagai ajang untuk berprestasi semakin tinggi. Panahan memiliki sejarah penting bagi bangsa Indonesia yaitu sebagai cabang olahraga pertama yang berhasil menyumbang medali kepada Indonesia pada ajang Olimpiade, dengan memperoleh medali perak pada Olimpiade Seoul tahun 1988.

Panahan tergolong olahraga yang ramah untuk segala kalangan, dari anak-anak hingga dewasa dapat melakukan olahraga ini untuk kegiatan rekreasi

maupun untuk berprestasi. *Gender* dalam panahan bukan menjadi hal yang mutlak menentukan keunggulan performa yang artinya ketika pada level yang sama, atlet putra belum tentu lebih unggul dari putri. Sering dijumpai dalam perlombaan panahan memperlihatkan bahwa skor yang didapat atlet putri lebih besar dari pada atlet putra. Olahraga panahan juga dapat memperkuat motivasi dan kepercayaan diri bagi wanita, karena pada olahraga ini atlet perempuan dan laki-laki dapat bersaing ketat, bahkan dalam hal skor atlet putri dapat mengalahkan atlet laki-laki. Rekor dunia 144 anak panah untuk nomor *recurve* putra dipegang oleh Kim Woo Jin dengan skor 1391, sedangkan untuk nomor *recurve* wanita dipegang oleh Park Sung Hyun dengan skor 1405 (www.worldarchery.org). Data tersebut dapat membuktikan bahwa dalam olahraga panahan perempuan dapat bersaing ketat dengan laki-laki bahkan dapat melampaui capaian atlet laki-laki.

Akurasi tinggi dalam panahan Olimpiade dapat didefinisikan sebagai kemampuan menembakkan anak panah pada target tertentu dengan akurasi tinggi (Simsek, et al., 2019: 137; Sarro, et al., 2021: 515; Sobko, et al., 2019: 96; Qiu & Zhao, 2022: 1149; Ertan, et al., 2021: 37; Musa, et al., 2019: 4; Humaid, et al., 2021). Olahraga panahan membutuhkan presisi ekstrim, kekuatan dan daya tahan tubuh bagian atas (Spratford & Campbell, 2017: 539), semakin tinggi skor yang dicapai oleh pemanah, semakin tinggi pula level konsistensinya (Quan et al., 2017). Performa dalam memanah diartikan sebagai kemampuan menembakkan anak panah pada sasaran tertentu dengan akurat (Nihal & Dogan, 2019: 66; Taha, et al., 2018: 185; Serrien, et al., 2018: 48; Loh & Chong, 2018: 96). Panahan adalah olahraga yang membutuhkan kontrol gerakan yang baik dan setiap fase

saat menarik busur, melakukan tarikan penuh, membidik, melepaskan, dan melakukan gerakan lanjutan harus stabil urutan gerakannya (Ariffin, et al., 2020: 1; Vendrame, et al., 2021: 6220).

Prestasi panahan dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor dari atlet itu sendiri maupun faktor yang lain. Faktor dari diri pemanah dibagi menjadi kategori mental, keterampilan, dan kebugaran (Taha, et al., 2018: 2). Faktor kebugaran yang mempengaruhi performa termasuk “menarik busur tanpa anak panah”, "latihan beban tubuh bagian bawah", dan "latihan beban tubuh bagian atas". Faktor keterampilan yang memengaruhi performa termasuk "mempertahankan keseimbangan bahu kiri dan kanan selama membidik", "keterampilan melepaskan anak panah selama waktu *clicker* ", "mempertahankan gerakan *follow through* dan arah saat melepaskan anak panah", dan "keterampilan menarik busur dengan menjaga keseimbangan bahu kiri dan kanan". Faktor mental yang mempengaruhi kinerja adalah "kepercayaan diri", "konsentrasi", "kontrol emosi", dan "berfikir positif” (Musa, et al., 2019: 41). Panahan merupakan cabang olahraga statis yang membutuhkan kondisi fisik yang baik yaitu kekuatan dan daya tahan khususnya pada bagian otot tubuh bagian atas (Maki, et al., 2021: 71; Verawati & Valianto, 2020: 68; Tihanyi, et al., 2018: 123; Afandi, et al., 2021: 277; Arkin & Budak, 2021: 881; Zanevskyy, et al., 2021: 543).

Pendapat lain diungkapkan Kim (2018: 117) untuk mendapatkan skor yang tinggi pemanah harus dapat menggabungkan 4 aspek, yaitu teknik, kekuatan fisik, psikologi, dan *tunning* busur yang baik untuk mendapatkan skor tinggi. Faktor

tersebut akan mempengaruhi akurasi dan presisi perkenaan anak panah. Akurasi dalam panahan yaitu seberapa tepat anak panah mampu mengenai target, sedangkan presisi adalah anak panah mampu mengenai target sasaran dengan konsisten. Olahraga panahan jika atlet sudah mampu mencapai akurasi tembakannya, tahap selanjutnya adalah mempertahankan akurasi tersebut dari awal hingga akhir pertandingan, sehingga menciptakan konsistensi tinggi. Konsistensi teknik panahan menjadi variabel yang penting bagi pemanah, karena jika pemanah tidak memiliki konsistensi yang baik, akurasi tembakannya tidak akan konsisten. Hasil penelitian Spratford & Campbell (2017) menyebutkan bahwa *postural stability* merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi akurasi tembakan anak panah.

Panahan merupakan olahraga yang melatih fokus, kesabaran, dan ketenangan (Samuel, et al., 2020: 142). Olahraga panahan memerlukan peralatan yang standar, artinya dapat digunakan secara maksimal dengan memenuhi kriteria keamanan dan keandalan. Peralatan yang digunakan dalam panahan, yaitu: busur (*bow*), anak panah (*arrow*), pelindung jari (*finger tab*), pelindung lengan (*arm guard*), alat pembidik (*visir/sighter/bowsight*), alat peredam getaran (*stabilizer*), kantong panah (*side quiver*), teropong (*field glasses*). Adapun peralatan penunjang, diantaranya: sasaran yang terdiri dari bantalan (*buttress*) penopang bantalan (*standard*), kertas sasaran (*target face*), dan lapangan (Prasetyo 2018: 41-42). Namun pada perkembangannya, terutama untuk keperluan olahraga terdapat berbagai asesoris yang dapat ditambahkan untuk menambahkan keakuratan panah dalam mencapai sasaran.

Busur panahan terdapat beragam jenis, pada kelas Internasional menggunakan busur *recurve* dan busur *compound*, sedangkan di Indonesia pada perlombaan PON selain menggunakan busur *recurve* dan *compound* juga menggunakan busur *standart bow* (Andriawan & Subagio, 2019: 1). Di antara ketiga jenis busur tersebut yang memiliki kecepatan paling tinggi adalah busur *compound* yaitu dapat melesatkan anak panah dengan kecepatan 300-350 fps, sehingga lesatan anak panah dari busur *compound* memerlukan bantalan target yang tebal dan kuat agar anak panah tidak tembus melewati target.

Bantalan panahan pada setiap negara memiliki ciri khas masing-masing, ada yang terbuat dari jerami dan ada yang terbuat dari *spon* yang kuat dan keras. Dalam penentuan bahan bantalan target panahan yang terpenting yaitu dapat meredam laju anak panah dan ketika anak panah menancap pada sasaran tidak mengubah sifat anak panah atau menimbulkan kerusakan. Bantalan target pada *Sea Games* Malaysia menggunakan jerami dari Korea, sedangkan *Sea Games* Singapura menggunakan bahan bantalan dari *spon* yang diimpor dari Denmark. Di Indonesia umumnya menggunakan bahan bantalan yang terbuat dari *EVA foam*, termasuk yang digunakan pada ajang Asian Games 2018 adalah *EVA foam* yang dibentuk dengan ketebalan 18 cm.

Eva foam adalah busa yang dibuat dari *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) dengan campuran *co-polymers*. EVA adalah termoplastik yang ketebalan dan kekakuannya merupakan variabel yang diperhatikan untuk kemampuan penyerapan energi kejut yang baik dalam *Mouthguards* (Carmona & Lopera, 2021: 577). *EVA foam* memiliki banyak nama lain, beberapa di antaranya adalah

spun ati, busa ati, *sponge EVA*, *EVA sponge*, busa eva, *spun EVA*, *EVA mat*, dan lain-lain. *EVA* mempunyai bahan busa ringan, lembut, ketahanan yang baik, korosi kimia resistensi, dan harga yang relatif rendah. Ini banyak digunakan di sol dan sol sepatu olahraga, menyerap kekuatan dampak yang dihasilkan dalam olahraga, memberikan perlindungan dan perasaan yang relatif ringan (Guo, et al., 2021: 3).

Hampir semua pusat latihan panahan di Indonesia menggunakan sasaran yang terbuat dari *EVA foam*, karena *EVA foam* dapat menahan anak panah tanpa merusak anak panah tersebut. Meskipun bahan bantalan panahan dari *EVA foam* banyak yang menggunakan, namun bahan ini bukan tidak memiliki kelemahan. Kelemahan *EVA foam* yaitu bahan ini mudah rusak ditembus oleh anak panah, sehingga konsumsinya sangat cepat padahal biaya pembuatannya cukup tinggi. Kelemahan yang lain dari *EVA foam* yaitu ketika pertandingan terjadi hujan, anak panah akan sulit dicabut karena *EVA foam* tersebut menjadi semakin kuat mencengkeram anak panah ditambah lagi anak panah yang menembus bantalan begitu dalam, ini dapat menyebabkan anak panah menjadi bengkok ketika dicabut dari bantalan.

Salah satu bentuk latihan dalam panahan yang paling membuat bantalan target cepat rusak adalah latihan *blind shoot*. Latihan ini memiliki tujuan untuk melatih konsistensi teknik. Latihan *blind shoot* dilakukan dari jarak 5 meter fokus latihan ini adalah terpusat pada perbaikan teknik. Dengan jarak hanya 5 meter perkenaan anak panah terhadap papan target semakin kuat, sehingga tingkat kerusakan semakin tinggi, ditambah lagi jika menggunakan busur *compound* atau

recurve anak panah semakin kuat menembus bantalan target yang menyebabkan bantalan target cepat rusak. Selama ini di Indonesia belum dibuat standarisasi bantalan target yang memenuhi kriteria keamanan dan keandalan, hasil wawancara dengan wasit *Asian Games 2018* bantalan yang digunakan pada even tersebut masih memiliki kualitas kurang bagus karena masih bisa ditembus oleh anak panah. Dengan berkembangnya Ilmu Pengetahuan dan Teknologi diharapkan kekurangan tersebut dapat diperbaiki.

Indonesia memiliki sumber alam dan keanekaragaman hayati yang melimpah terutama bahan serat alam. Diantara berbagai serat alam yang sangat berpotensi diolah menjadi penguat dalam bahan komposit adalah serat Rami (*Boehmeria nivea*). Rami mulai di tanam di Indonesia sejak tahun 1937, produksinya dari tahun ke tahun mulai meningkat. Tanaman rami merupakan tanaman tahunan yang mudah tumbuh dan berkembang baik di daerah tropis. Rami merupakan tanaman yang serbaguna, daunnya merupakan bahan kompos dan pakan ternak bergizi tinggi, pohonnya baik untuk bahan bakar, dan ramah lingkungan tetapi yang paling bernilai ekonomi tinggi adalah serat dari kulit kayunya. Serat rami menjadi pilihan karena mempunyai modulus elastisitas dan densitas yang hampir sama dengan *Kevlar*. Selain itu, serat rami memiliki *break strain* lebih tinggi dari *Kevlar* (Nurazzi, et al., 2021: 646; Abd El-baky, et al., 2020: 4185; Aisyah, et al., 2021: 471).

Nilai kekuatan tarik serat rami berada pada kisaran 95 kg/mm² atau setara dengan 931 MPa. Secara kimia rami diklasifikasikan ke dalam jenis serat selulosa sama halnya seperti kapas, lenin, hemo dan lain-lain. Rami memiliki sejumlah

keunggulan yang membedakannya dengan serat batang lainnya. Rami memiliki kompatibilitas yang baik dengan seluruh jenis serat baik serat alam maupun sintetis sehingga mudah untuk dicampur dengan jenis serat apapun. Jika dibandingkan dengan kapas, *flax*, dan *hemp*, maka rami memiliki kekuatan yang paling tinggi (Wicaksono, dkk., 2021: 197). Hariyanto (2017: 1) memanfaatkan keunggulan kekuatan serat rami untuk membuat komposit serat rami. Dimensi serat rami tidak berubah pada kenaikan kelembaban hingga 25%. Daya serap terhadap airnya terbilang tinggi, yaitu 12% sedangkan daya serap kapas hanya 8%. Rami juga memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan bakteri, jamur, serangga dan pelapukan, stabilitas dimensi tinggi, serta ketahanan luntur warna yang baik terhadap sinar dan pencucian.

Hasil penelitian Grubeša et al., (2018) menyatakan bahwa serat rami dapat memperkuat struktur beton dan dapat mengurangi perambatan peretakan. Pernyataan tersebut didukung oleh Çomak et al., (2018) bahwa mortar semen yang diperkuat dengan jumlah 2–3% dan panjang 12 mm serat rami alami memberikan hasil yang optimal. Selanjutnya hasil penelitian Neves et al., (2020) menerangkan serat rami memiliki potensi yang tinggi sebagai penguat lapis baja.

Hasil penelitian Guo, et al., (2021) meneliti tentang bubuk batang rami ditambahkan ke dalam sistem busa kopolimer *EVA* dengan pencetakan, dan peningkatan sifat sistem busa komposit dengan kandungan bubuk batang rami yang berbeda dari 0-30%. Hasilnya menunjukkan bahwa rami dapat menurunkan kekerasan dan kepadatan sistem busa komposit, meningkatkan ketahanan dan laju deformasi kompresi, dan memiliki sifat penyerapan air yang sangat baik dan sifat

cepat kering dan sifat antibakteri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pembusakan dengan bubuk batang rami 10% - 20% memiliki sifat mekanik komprehensif terbaik, yang dapat digunakan pada sepatu.

Serat rami merupakan serat alami yang memiliki sifat mekanik sangat baik yaitu memiliki kekuatan tarik 849 MPa dan berpotensi sebagai serat penguat pada panel anti peluru (Novarini & Sukardan, 2015: 2). Sebelumnya, Borvik et al., (2011) menyatakan bahwa serat rami memiliki kadar antipeluru standar IIA, II, dan III NIJ. Serat rami sebagai antipeluru mampu menahan tingkat penetrasi proyektil standar II NIJ, namun tidak berhasil untuk tingkat standar III dan IV NIJ. Mujiyono dkk., (2017) meneliti komposit *ramie fiber-rein forced epoxy* (RFRE) untuk panel anti peluru. Komposit rami 14 *laminae* yang diperkuat epoksi dengan fraksi volume 60% mampu menahan tingkat penetrasi proyektil standar III-A NIJ. Namun sejauh ini, belum ada penjelasan yang diberikan tentang penyerapan energi untuk menentukan resistansi panel anti peluru.

Berkaitan dengan permasalahan tersebut peneliti berencana membuat sebuah bantalan panahan kombinasi antara *eva foam* yang diperkuat dengan serat rami untuk meningkatkan daya redam anak panah, sehingga menghasilkan sebuah bantalan panahan yang memiliki kualitas baik, dari segi keamanan maupun keandalan. Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan kepada delapan pelatih panahan. Hasil penyebaran angket melalui *google form* tentang pendapat pelatih panahan perlunya bantalan target yang lebih kuat dan aman. Hasil studi pendahuluan disajikan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Studi Pendahuluan Pentingnya Bantalan yang Kuat dan Aman pada Olahraga Panahan

No	Nama Pelatih	Nama Daerah	Memerlukan Bantalan yang kuat dan aman	
			Ya	Tidak
1	Wahyu Hidayat	DKI Jakarta	√	-
2	Hendri Handriyas	Jember	√	-
3	Risang Yanuar	Klaten	√	-
4	Kadek Dian V	Bali	√	-
5	Fuad Arifin	Bekasi	√	-
6	Faisal Rahman	Depok	√	-
7	Fauzi	Kalimantan Selatan	√	-
8	Muhammad Nur	Kalimantan Timur	√	-

Hasil penyebaran angket melalui *google form* dengan beberapa pelatih didapatkan bahwa semua setuju dengan pengembangan bantalan panahan yang lebih kuat, bantalan target yang diharapkan yaitu dapat meredam anak panah dengan baik dengan tidak menimbulkan kerusakan pada anak panah. Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan Bantalan Panahan Berbasis Biokomposit dari Serat Rami terhadap Daya Redam Anak Panah”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dapat diidentifikasi permasalahannya sebagai berikut.

1. Bantalan panahan terbuat dari bahan eva foam memiliki banyak kelemahan.
2. Bantalan eva foam mudah rusak ditembus oleh anak panah sehingga konsumsinya sangat tinggi
3. Biaya pembuatan bantalan eva foam lebih mahal.

4. Pelatih sering menggunakan metode latihan *blind shoot* yang menyebabkan bantalan target cepat rusak.
5. Belum dibuat bantalan target yang lebih aman dan kuat.
6. Sebagian besar pelatih setuju dengan pengembangan bantalan panahan yang dapat meredam anak panah dengan baik dan tidak menimbulkan kerusakan pada anak panah.

C. Pembatasan Masalah

Perlu adanya pembatasan masalah dalam penelitian ini mengingat luasnya masalah yang telah diidentifikasi agar masalah yang dikaji lebih fokus dan tidak meluas. Adapun masalah dalam penelitian ini dibatasi tentang pengembangan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah.

D. Rumusan Masalah

Dengan mencermati latar belakang, identifikasi, dan pembatasan masalah, peneliti merumuskan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana konstruksi dan cara pembuatan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah?
2. Bagaimana kelayakan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yang dikembangkan?
3. Bagaimana efektivitas bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah?

E. Tujuan Pengembangan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengembangkan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami yang layak terhadap daya redam anak panah.
2. Menghasilkan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami yang layak terhadap daya redam anak panah
3. Mengetahui efektivitas bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah.

F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Spesifikasi produk yang dikembangkan adalah bantalan target panahan yang terbuat dari kombinasi antara *eva foam* dan serat rami yang dianyam digabungkan menjadi satu untuk meningkatkan daya redam anak panah. Selain meningkatkan daya redam terhadap anak panah bantalan inovasi ini juga dapat digunakan dalam jangka waktu yang panjang dan memiliki tingkat keamanan yang tinggi serta memiliki keunggulan berupa (1) lebih tipis dan kuat (2) tidak menyebabkan kerusakan anak panah (3) biaya produksi lebih rendah (4) dapat dipakai jangka waktu yang lebih lama

G. Manfaat Pengembangan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak baik secara teoretis maupun praktis.

1. Teoretis

- a. Hasil penelitian pengembangan ini diharapkan dapat dijadikan sebagai landasan teori dalam mengembangkan produk bantalan target panahan yang dikombinasikan dengan serat rami.
- b. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan, referensi, dan panduan untuk penelitian lanjutan pada periode berikutnya.
- c. Hasil penelitian ini nantinya dapat digunakan sebagai data untuk penelitian lebih lanjut tentang pengembangan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah.

2. Praktis

- a. Dapat digunakan untuk sarana latihan pada pusat latihan panahan di Indonesia
- b. Dapat digunakan sebagai bantalan target perlombaan pada tingkat nasional maupun internasional.

H. Asumsi Pengembangan

Model bantalan panahan yang dikembangkan dapat meningkatkan daya redam anak panah dengan dikombinasikan dengan serat rami. Potensi alam yang dimiliki oleh Indonesia belum dimanfaatkan dengan maksimal, padahal Indonesia memiliki berbagai macam sumber daya alam yang dapat digunakan sebagai pendukung untuk meningkatkan kualitas sarana olahraga. Pemilihan serat rami sebagai bahan penelitian didasarkan pada pertimbangan atas potensi serat rami di Indonesia yang berlimpah dan belum termanfaatkan secara baik. Termasuk didalamnya adalah isu tentang lingkungan, dimana saat ini berkembang pandangan baru tentang *go green*, kembali ke alam dan isu tentang pengurangan

limbah yang berbahaya. Serat rami yang berasal dari serat alam sangat berpotensi untuk dikembangkan dan memenuhi kriteria penggunaan bahan alami. Demikian juga jika dilihat dari sisi kekuatan. Hasil dari produk pengembangan memiliki kualitas yang bagus yaitu dapat dipakai dalam jangka waktu yang lebih lama serta kuat dan aman bagi anak panah.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Teknologi dalam Olahraga

Seiring dengan perkembangan zaman, sekarang ini kemajuan teknologi sudah menjadi perpaduan sempurna dengan bidang lainnya, salah satunya dalam bidang olahraga. Tentu saja kemajuan teknologi ini banyak menemukan perpaduan serta memunculkan berbagai ide segar dalam dunia olahraga. Kemajuan teknologi dalam olahraga mampu mendukung kerja keras para atlet sejak dini. Oleh karenanya para atlet akan mampu mempersiapkan diri lebih awal dan mampu menghadapi bermacam bentuk tantangan kompetisi.

Teknologi olahraga adalah studi dan penggunaan teknologi presisi modern dalam olahraga. Teknologi olahraga digunakan untuk membawa olahraga ke tingkat berikutnya dengan bantuan ilmu pengetahuan modern. Teknologi olahraga juga dapat diartikan sebagai penggunaan alat-alat atau perangkat dalam pertandingan yang diciptakan secara terpadu melalui perbuatan, dan pemikiran untuk mencapai suatu nilai atau guna dalam olahraga (Pramono, dkk., 2019: 29). Teknologi olahraga berperan sebagai penunjang performa dan perlindungan atlet ketika sedang bertanding. Perkembangan teknologi memungkinkan peralatan olahraga menjadi lebih mutakhir, efisien, mudah digunakan, dan memiliki nilai guna lebih. Peralatan tersebut dapat menunjang performa atlet. Teknologi olahraga hadir pula untuk mengurangi risiko cedera atau kecelakaan pada atlet, melalui peralatan pelindung yang diciptakan. Teknologi turut berperan membantu

kemajuan pencapaian prestasi atlet, melalui perpaduan bakat atlet dan teknologi sains.

Teknologi olahraga tidak hanya berfokus pada aspek atlet, tetapi juga mencakup bidang-bidang seperti penyiaran, penjualan tiket, sponsor, tempat olahraga, media digital, dan keterlibatan penggemar. Teknologi olahraga juga secara signifikan membantu kepatuhan terhadap aturan dan memandu ajang olahraga melalui sejumlah teknologi, seperti teknologi Hawk-eye di tenis, teknologi VAR dan garis gawang di sepak bola, dan teknologi foto garis akhir di berbagai cabang olahraga (Schmidt, 2020: 21).

Dampak teknologi dalam olahraga dapat dirasakan oleh semua lapisan masyarakat. Berbagai teknologi yang dahulu hanya tersedia untuk profesional, namun sekarang telah tersedia untuk mereka dengan anggaran tertentu. Pakaian, peralatan, metode latihan dan pertandingan telah merasakan dampak dari kemajuan teknologi tersebut. Salah satu contohnya ialah penggunaan pengukur waktu elektronik secara luas di ajang olahraga amatir. Peralatan olahraga yang dibuat dengan material komposit serat karbon, seperti raket tenis, tongkat golf, dan sepeda, sekarang menjadi lebih murah dan tersedia di toko-toko olahraga umum.

Di zaman teknologi saat ini yang serba canggih membuat manusia melakukan berbagai inovasi dan kreasi, dimana semua teknologi yang dapat menunjang dan membantu manusia sudah banyak ditemukan dan diciptakan. Tentu saja dengan hal ini membuat dampak yang positif bagi perkembangan zaman di era teknologi yang serba maju ini. Dengan teknologi pekerjaan yang

semula berat bisa diringankan, dalam berbagai bidang teknologi sudah sangat membantu manusia termasuk dalam bidang olahraga.

Dalam dunia olahraga berbagai alat dan perangkat canggih sudah banyak tercipta, hal ini merupakan suatu dampak positif sekaligus inovasi baru bagi perkembangan di dunia olahraga. Tidak bisa dipungkiri kemajuan teknologi yang sudah digunakan dalam olahraga juga terkadang berdampak positif pada pengawasan permainan yang kini lebih detail, prediksi dalam berbagai olahraga lebih akurat, dan juga inovasi dalam olahraga yang berkembang pesat. Penggunaan komputer, perangkat lunak, mesin canggih, dan robotic sudah mulai banyak diterapkan diberbagai pertandingan.

Tujuan dari penggunaan berbagai alat tersebut dalam olahraga, sebagai asisten dan pembantu manusia, karena manusia kadang juga terdapat kesalahan, jadi dengan adanya perangkat-perangkat berteknologi maju diharapkan dapat memberikan solusi dari kekurangan yang ada pada manusia. Biasanya wasit atau pengawas pertandingan dalam olahraga menggunakan berbagai perangkat lunak, robot, dan komputer dalam olahraga. Berbagai olahraga teknologi berperan dalam penggunaan sarana penunjang yang mulai serba canggih dan moderen, kadang seperti sepatu dan berbagai alat lainnya mulai bertransformasi seiring dengan perkembangan teknologi.

Kemajuan peralatan olahraga sebagai sarana berlatih maupun bertanding saat ini mengalami kemajuan yang pesat. Bahkan sudah menjadi kebutuhan bagi atlet bahwa menggunakan peralatan olahraga mutakhir menjamin pencapaian prestasi yang maksimal. Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

(IPTEK) keolahragaan di Indonesia memerlukan kerja keras, pandangan bahwa Indonesia hanya sebagai pengguna nampaknya sudah harus dihilangkan. Perkembangan IPTEK saat ini haruslah disikapi dengan cepat dan bijak. Cepat untuk mempelajari bagaimana IPTEK itu dapat kita gunakan untuk pencapaian prestasi dalam olahraga. Bijak secara penggunaan, jangan sampai menyalahgunakan fungsinya serta tepat dalam penggunaannya.

2. Panahan

a. Pengertian Panahan

Panahan adalah suatu kegiatan menggunakan busur untuk menembakkan anak panah. Sampai saat ini tak seorang pun mengetahui, sejak kapan orang mulai memanah, namun diduga bahwa memanah telah dilakukan manusia sejak beribu-ribu tahun yang lalu. Dari beberapa buku mengemukakan bahwa busur dan panah diperkirakan 1600 sesudah Masehi merupakan senjata utama setiap negara dan bangsa untuk berperang. Bukti-bukti menunjukkan bahwa sejarah panahan telah dimulai sejak 5000 tahun yang lalu yang awalnya digunakan untuk berburu kemudian berkembang sebagai senjata dalam pertempuran (Pelana & Oktafiranda, 2017: 3).

Pendapat lain diungkapkan Prasetyo (2018: 7) bahwa tidak dapat diketahui dengan pasti, asal mula panahan. Menurut sebagian sumber, panahan merupakan senjata paling tua yang digunakan oleh manusia sejak 50.000 tahun lalu, bahkan lebih tua dari itu. Ahli arkeologi memperkirakan dari lukisan di gua-gua yang sudah berumur 500.000 tahun, menemukan lukisan dinding yang menggambarkan penggunaan panah oleh manusia untuk melindungi dirinya dari binatang liar, dan

sebagai alat untuk mencari makan. Lukisan tersebut menggambarkan bahwa panah dipergunakan untuk berperang.

Lebih lanjut diungkapkan Prasetyo (2018: 12) menyatakan bahwa berdasarkan fakta sejarah, panahan diperkirakan sudah dipraktikkan sebagai sarana berburu sejak puluhan ribu tahun sebelum masehi. Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya batu berbentuk mata panah di daerah Afrika. Namun, sumber lain menyatakan, yang pertama kali mengembangkan panahan adalah orang-orang Mesir kuno yang menggunakan panahan sebagai alat berburu dan alat perang di 7500 SM. Alat panahan Mesir kuno cukup besar dan ditaruh diatas kereta kuda dan perlu dua orang untuk menggunakannya.

Temuan arkeologi terkait busur dan anak panah menunjukkan bahwa panahan memiliki sejarah yang sangat panjang. Pertama penemuan yang berhubungan dengan busur dan anak panah terlihat pada akhir periode Paleolitik (35000–10000 SM). Paling awal mata panah yang terbuat dari batu batu ditemukan di Spanyol Timur. Saat ini, cabang panahan mempertahankan popularitasnya melalui bahan yang sangat berkembang. Panahan, yang telah digunakan sebagai alat berburu dan pertahanan dalam sejarah, telah sekarang telah digantikan oleh tujuan rekreasi (Ustun & Tasgin, 2020: 244).

Panahan (Inggris: *Archery*) adalah suatu kegiatan menggunakan busur panah untuk menembakkan anak panah. Olahraga panahan adalah suatu cabang olahraga yang menggunakan busur panah dan anak panah dalam pengaplikasiannya, dimana anak panah dilepaskan melalui lintasan tertentu menuju sasaran pada jarak tertentu. Olahraga panahan membutuhkan keahlian

atau *skill* tersendiri. Akbar & Nurhayati (2020: 28) menjelaskan bahwa panahan adalah olahraga ketepatan sasaran, karena tujuan akhir dari memanah adalah menembak anak panah kepermukaan sasaran (*target face*) setepat mungkin, sehingga salah satu faktor dasar yang diperlukan dalam gerakan memanah adalah keajegan (*consistency*) yang harus dilakukan secara terus menerus selama latihan dan selama berlangsungnya kompetisi.

Olahraga panahan adalah olahraga individu yang dilakukan dengan cara melepaskan anak panah untuk mencapai target tertentu. Olahraga ini memiliki sangat banyak manfaat selain menjaga tubuh agar tetap fit, panahan juga dapat melatih konsentrasi, kekuatan, daya tahan, keseimbangan dan koordinasi mata dan tangan (Wattimena, 2020: 64). Setiana, dkk., (2020: 29) menjelaskan bahwa olahraga panahan adalah meregangkan tali busur dan panah selama beberapa waktu dengan tangan dan harus tetap menjaga posisi tubuh dan busur untuk tetap stabil. Panahan adalah olahraga dengan mendorong anak panah ke dalam target dengan menggunakan busur. Tujuan akhir dari memanah adalah menembak anak panah kepermukaan sasaran (*target face*) setepat mungkin. Dalam olahraga panahan, atlet bersaing untuk mendapatkan poin dengan menembakkan sejumlah set anak panah dalam waktu yang ditetapkan.

Tujuan dalam memanah adalah untuk menembak kuning dan mengumpulkan poin tinggi menggunakan satu busur, satu target, jumlah yang cukup panah dan berbagai peralatan kecil pendukung lainnya (Prior & Coates, 2020: 224). Busur dan anak panah bisa berupa serat, kayu, karbon atau baja. Panah berukuran 60 hingga 71 cm, dan *lenth* beratnya 20 sampai 28 gram. Target

dicat dengan lima warna berbeda dalam lingkaran. Warna-warna kuning, merah, biru, hitam dan putih dari tengah ke luar, secara berurutan. Titik pusat target dengan warna kuning adalah terbagi menjadi dua dengan garis hitam tipis. Kuning menunjukkan poin sepuluh dan sembilan, dan menggunakan analogi yang sama berarti merah menunjukkan delapan dan tujuh, biru untuk enam dan lima, hitam untuk empat dan tiga, dan putih untuk dua dan satu (Sezer, 2017: 6).

Panahan adalah olahraga *siklis* dalam bentuk *close skill* (keterampilan tertutup). Keterampilan dengan stimuli-stimulinya yang tetap sama atau sudah pasti, serta diperlukan kemantapan respons dalam gerakannya (*consistency*). Cabang olahraga panahan membutuhkan ketepatan tingkat tinggi, sehingga cabang ini merupakan cabang dengan keterampilan gerak halus atau *fine motor skill* di mana keterampilan memanah memerlukan koordinasi mata-tangan serta membutuhkan kemampuan mengontrol otot-otot kecil atau halus untuk mencapai keberhasilan keterampilan memanahnya (Pelana & Oktafiranda, 2017: 33)

Syarat terpenting dalam olahraga panahan adalah *consistency*. Setiap gerakan ataupun bentuk teknik memanah, sikap badan, cara menarik, menjangkarkan tangan, mentransfer energi, membidik sampai pada melepaskan anak panah dan gerak lanjutan harus dilakukan sama setiap kali penembakan (Kim, et al., 2017: 117). Bila *consistency* tidak ada, maka peningkatan prestasi akan sulit dicapai. *Consistency* yang dimaksud adalah *consistency* dengan teknik memanah yang benar. Konsistensi penembakan pemanah umumnya dianggap sebagai penentu penting dari skor yang berhasil. Teknik memanah yang tepat dan benar sangat menunjang pencapaian prestasi panahan yang optimal. Dengan

dikuasainya teknik memanah yang tepat dan benar akan memungkinkan adanya keajegan (*consistency*) gerakan memanah baik dalam latihan maupun kompetisi (Quan, et al., 2017: 1).

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, dapat disimpulkan bahwa panahan adalah cabang olahraga yang menggunakan akurasi sebagai unsur utama yang harus dimiliki setiap atlet yang menekuni cabang tersebut. Saat melepaskan anak panah ke sasaran sangat diperlukan ketenangan dan kekuatan jari-jari penarik tali busur, sehingga kecepatan dan terbangnya anak panah menjadi mulus, karena kesalahan gerakan sedikit saja pada saat *release* akan berpengaruh besar terhadap hasil perkenaan anak panah pada sasaran.

b. Teknik Panahan

Bagi seorang atlet, faktor yang terpenting dalam menunjang keberhasilan serta prestasi adalah meningkatkan teknik-teknik dasar memanah. Arisman, dkk., (2021: 14) menyatakan bahwa secara garis besar ada lima teknik dasar dalam memanah, yaitu: (1) posisi berdiri, (2) memasang anak panah, (3) menarik tali busur, (4) melepaskan, dan (5) gerak lanjutan. Selain teknik dasar, ada beberapa faktor lain yang dapat menunjang keberhasilan belajar memanah, yaitu: (1) kecepatan mengambil keputusan, (2) ketepatan menganalisa situasi, dan (3) kemampuan mengendalikan emosi.

Teknik memanah pada dasarnya ada sembilan langkah/tahapan, yaitu: (1) cara berdiri (*stance*), adalah sikap atau posisi kaki pada lantai atau tanah, yaitu kaki sebagai tumpuan harus kuat menopang tubuh saat melakukan gerakan memanah sehingga posisi tubuh tetap seimbang; (2) memasang ekor panah

(*nocking*), adalah gerakan menempatkan atau memasukkan ekor panah ke tempat anak panah pada tali; (3) posisi setengah tarikan (*set up*), merupakan tarikan awal sebelum menarik tali busur secara penuh; (4) menarik tali (*drawing*), adalah gerakan menarik tali busur sampai menyentuh bagian dagu, bibir dan hidung; (5) penjangkaran (*anchoring*), adalah gerakan menjangkarkan tangan penarik pada bagian dagu atau rahang; (6) menahan sikap memanah (*holding*), adalah menstransfer beban; (7) membidik (*aiming*), adalah gerakan mengarahkan atau menempatkan titik alat pembidik (visir) pada tengah sasaran atau titik sasaran; (8) melepaskan anak panah (*release*), adalah gerakan melepaskan tali busur dengan cara merilekskan jari-jari penarik tali; (9) gerak lanjut (*follow through*), adalah bagian yang dilakukan setelah release dan bukan merupakan gerakan yang terpisah (Setiana, dkk., 2020: 29).

Pendapat senada menurut Prasetyo (2018: 97) teknik memanah bagi pemula pada dasarnya ada sembilan langkah, yaitu: (1) cara berdiri (*stance*); (2) memasang ekor panah (*nocking*); (3) posisi setengah tarikan (*set up*); (4) menarik tali (*drawing*); (5) penjangkaran (*anchoring*); (6) menahan sikap memanah (*holding*); (7) membidik (*aiming*); (8) melepaskan anak panah (*release*); dan (9) gerak lanjut (*follow through*). Pelana & Oktafiranda (2017: 36-46) menjelaskan sembilan langkah teknik dasar untuk pemanah pemula dijelaskan sebagai berikut:

1) *Stance*

Stance adalah sikap atau posisi kaki pemanah pada lantai atau tanah yang berjarak kurang lebih 3-4 kepalan tangan orang dewasa atau sekitar 30 cm, dengan posisi tubuh tegak serta titik berat badan bertumpu pada kedua kaki secara

seimbang. *Stance* memegang peranan penting dalam cabang olahraga panahan. perubahan dalam sikap atau posisi kaki (*stance*) akan mengakibatkan perubahan dalam sikap tubuh dan kepala. Walaupun perubahan dalam sikap atau posisi kaki tidak terlalu mencolok dalam hasil perkenaan, namun dalam cabang olahraga panahan perbedaan angka satu saja pada satu kali penembakan sering kali menentukan kalah menang seseorang. *Stance* dibagi menjadi 4 (empat) macam yaitu: (1) *Square stance* (berdiri sejajar), (2) *Open stance* (berdiri terbuka), (3) *Close stance* (berdiri tertutup), (4) *Oblique stance* (berdiri menyerong) (Pelana & Oktafiranda, 2017: 34).



Gambar 1. *Stance*
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 34)

2) *Nocking*

Nocking adalah gerakan menempatkan atau memasukkan ekor anak panah yaitu *nock* ke tempat anak panah yang tersedia pada tali yaitu *nocking point* serta disandarkan pada sandaran anak panah (*arrow rest*) yang berada pada *riser* atau

handle. Perlu diperhatikan oleh pemanah, yaitu pemanah harus memastikan *nock* pada anak panah dalam kondisi baik (tidak retak) serta letak *nock* sudah benar-benar masuk dengan posisi yang tepat dan benar, sehingga tidak terjadi *trouble* pada saat memanah.



Gambar 2. Nocking
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 39)

3) *Set-up*

Set-up merupakan gerak tarikan awal yang dilakukan oleh seorang pemanah sebelum melakukan tarikan (*Drawing*). Posisi ini dilakukan oleh pemanah pada saat melakukan penembakan, sikap tersebut harus dilakukan selalu sama atau tak berubah-ubah, baik pada posisi kaki, tubuh, tangan, dan kepala selama penembakan berlangsung. Adapun langkah-langkahnya, sebagai berikut:

- a) Pemanah berdiri dengan posisi kaki di antara *shooting line*.
- b) Pemanah berdiri rileks memegang busur dengan tangan kiri (pemegang busur).



Gambar 3. Set-up
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 40)

4) *Drawing*

Drawing atau menarik adalah gerakan menarik tali busur atau *String* menggunakan otot *tricep* sampai menyentuh bagian dagu, bibir, atau hidung seorang pemanah. Adapun langkah-langkahnya, sebagai berikut:

- a) Pemanah berdiri dengan posisi kaki di antara *shooting line*.
- b) Pemanah berdiri rileks memegang busur dengan tangan kiri (pemegang busur).
- c) Pemanah melakukan 1 kali tarikan (tarikan bersifat *continue*)
- d) Pemanah menarik tali busur/*string* hingga posisi tali atau *string* berada pada dagu, bibir dan hidung.
- e) Posisi tali busur/*string* tidak boleh berubah-ubah atau selalu sama dalam setiap proses penembakan.

- f) Kemudian dilanjutkan dengan menempatkan tangan penarik tali di bawah dagu.

Perlu diperhatikan ialah posisi tali pada dagu, bibir dan hidung harus tepat dan selalu sama, karena posisi tali yang berubah-ubah dapat memengaruhi perkenaan anak panah pada target sasaran. Untuk mencapai posisi tersebut maka bahu penahan busur harus tetap kuat dan pada posisinya (*bow sholder* tidak menonjol atau naik), dibantu oleh otot *triceps* pada lengan penahan busur.



Gambar 4. *Drawing*
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 41)

5) *Anchoring*

Anchoring adalah gerakan menjangkarkan tangan penarik tali busur/ *string* pada bagian dagu atau rahang pemanah. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

- a) Pemanah berdiri dengan posisi kaki di antara *shooting line*.

- b) Pemanah berdiri rileks memegang busur dengan tangan kiri (pemegang busur).
- c) *String*/tali busur menyentuh bagian dagu, bibir dan hidung pemanah.
- d) Posisi tali busur/*string* tetap berada pada ruas-ruas jari pertama.
- e) Posisi tangan penarik ada pada bagian bawah dagu/rahang.
- f) Gerakan ini dilakukan secara konsisten pada setiap penembakan.



Gambar 5. *Anchoring*
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 42)

6) *Tighten*

Tighten adalah keadaan di mana seorang pemanah mentransfer sedikit energinya serta menahan sikap memanah untuk beberapa saat setelah *anchoring* dan sebelum melepas anak panah. Pada tahapan ini seorang pemanah berada dalam posisi tarikan penuh atau *full draw*. Otot-otot lengan penahan busur dan lengan penarik tali saling berkontraksi. Saat pemanah berada pada posisi *tighten*, pemanah harus mampu merasakan energi yang ada pada *pivot point* dan lengan

penarik (otot *tricep*) adalah seimbang, sehingga sikap memanah mencapai keselarasan terbaik.



Gambar 6. *Tighten*
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 43)

7) *Aiming*

Aiming adalah gerakan seorang pemanah untuk mengarahkan atau menempatkan titik alat pembidik (*visir*) pada titik sasaran yaitu *face target*. Sikap memanah harus tetap dipertahankan, baik pada posisi tubuh, kepala, tangan pemegang busur dan penarik tali busur, *touching point* hingga fokus penglihatan karena sedikit pergerakan menyimpang dapat memengaruhi fokus seorang pemanah. Pada tahapan ini yang sulit adalah pemanah cenderung terfokus pada sasaran, sehingga mengabaikan posisi tubuhnya (tahapan-tahapan teknik yang dilakukan).



Gambar 7. Aiming
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 44)

8) *Release*

Release adalah gerakan melepaskan tali busur secara halus dengan merilekskan jari-jari penarik tali, setelah tali busur dilepas, maka anak panah akan terlontar ke depan. Gerakan *Release* harus dilakukan selalu sama pada tiap penembakan karena akan memengaruhi terbangnya anak panah.



Gambar 8. Release
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 44)

9) *After-Hold (Follow-Through)*

After-Hold atau *Follow Through* adalah menahan sesaat (beberapa detik) setelah anak panah meninggalkan busur, bertujuan untuk memudahkan pengontrolan gerak memanah yang dilakukan. Teknik-teknik di atas merupakan teknik yang saat ini masih digunakan, teknik tersebut adalah teknik yang diperkenalkan oleh *Federation Internationale de Tir à l' Arc* (FITA), namun tidak ada larangan atau pembatasan bagi atlet untuk menggunakan teknik yang dirasa nyaman olehnya selama teknik tersebut tidak menurunkan kualitas hasil memanahnya serta tidak menyebabkan kecederaan.



Gambar 9. *After-Hold (Follow-Through)*
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 46)

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, dapat disimpulkan bahwa teknik memanah yaitu: (1) cara berdiri (*stance*); (2) memasang ekor panah (*nocking*); (3) posisi setengah tarikan (*set up*); (4) menarik tali (*drawing*); (5) penjangkaran (*anchoring*); (6) menahan sikap memanah (*holding*); (7) membidik (*aiming*); (8) melepaskan anak panah (*release*); dan (9) gerak lanjut (*follow through*). Atlet

yang menguasai teknik memanah dengan baik, niscaya akan mampu mengarahkan anak panah tepat sasaran.

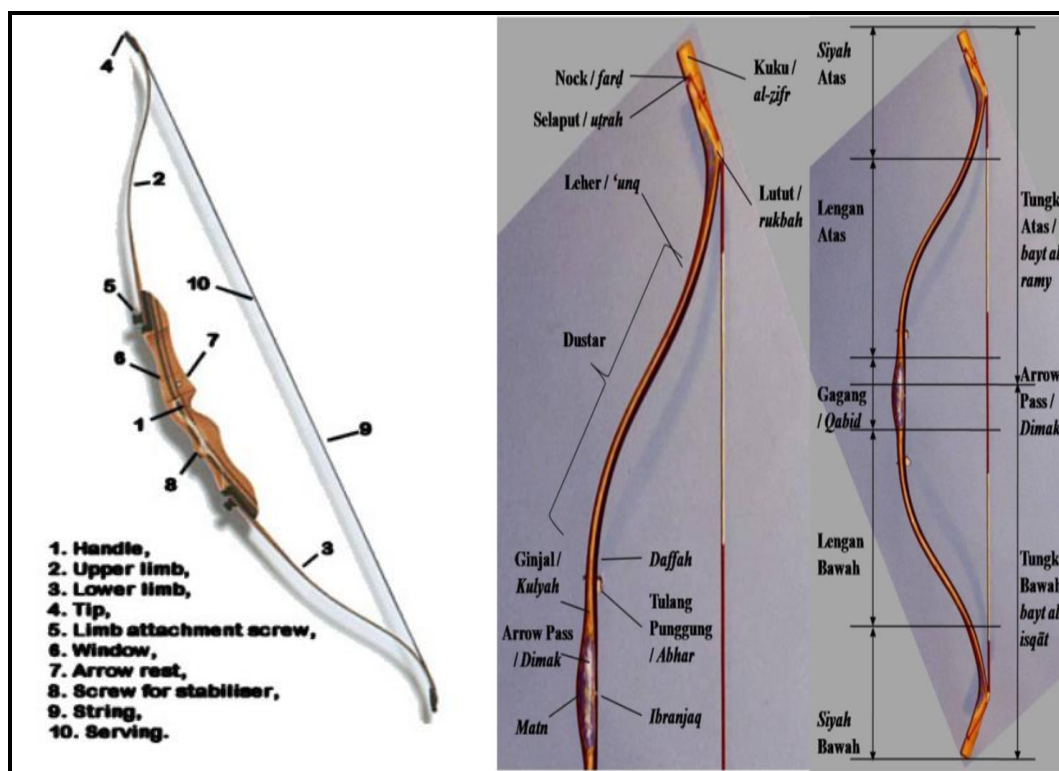
c. Peralatan Panahan

Peralatan yang baik sangat menentukan terhadap penampilan yang baik pula, untuk itu perlu pemahaman yang baik saat memilih busur dan anak panah. Peralatan yang digunakan dalam panahan, yaitu: busur (*bow*), anak panah (*arrow*), pelindung jari (*finger tab*), pelindung lengan (*arm guard*), alat pembidik (*visir/sighter/bowsight*), alat peredam getaran (*stabilizer*), kantong panah (*side quiver*), teropong (*field glasses*). Adapun peralatan penunjang, diantaranya: sasaran yang terdiri dari bantalan (*buttress*) penopang bantalan (*standard*), kertas sasaran (*target face*), dan lapangan (Prasetyo 2018: 41-42).

1) Busur

Busur adalah alat atau senjata yang digunakan untuk menembakkan anak panah yang dibantu oleh kekuatan elastisitas dari busur itu sendiri. Pada masa lampau busur digunakan untuk berburu serta sebagai salah satu peralatan perang. Dalam cabang olahraga panahan, busur dan anak panah merupakan alat utama dalam proses memanah. Ilmu Pengetahuan dan Teknologi berperan penting bagi perkembangan peralatan panahan, contohnya pada desain busur, material busur dan anak panah yang semakin berkembang. Pada masa sekarang bahan membuat panah yang mendominasi adalah plastik, karbon, metal, material sintetik atau bahan campuran. Orang yang menggunakan busur dan anak panah disebut sebagai Pemanah (Pelana & Oktafiranda, 2017: 9).

Prasetyo (2018: 41) menjelaskan busur terdiri dari beberapa komponen, yaitu: Bagian pegangan (*handel section/riser*), Dahan busur atas (*upper limb*), Dahan busur bawah (*lower limb*), Tali busur (*bowstring*) Lilitan tengah (*serving*), Pembatas *nock*/ekor panah (*nock locator*), Lilitan ujung, Tempat pegangan (*grip*), Alat pembidik (*visir/sighter*), *Klicker*, Tempat sandaran panah (*arrow rest*), Stabilisator pendek, *Torque flight compensator* (TFC), Stabilisator panjang.

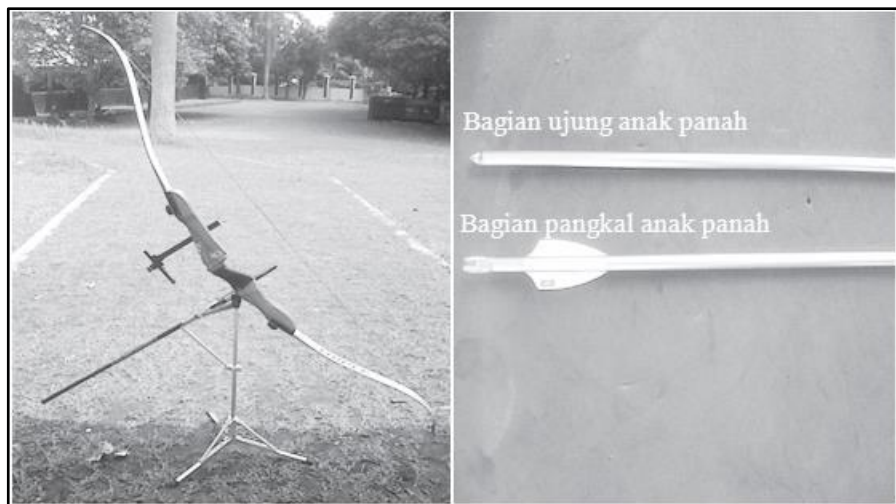


Gambar 10. Bagian-bagian Busur
(Gambar: Prasetyo, 2018: 43)

Di Indonesia, busur yang dapat digunakan untuk pertandingan bertaraf nasional adalah jenis busur: *Standard Bow*, *Recurve Bow*, dan *Compound Bow*. Pelana & Oktafiranda (2017: 12-15) menjelaskan jenis-jenis busur sebagai berikut:

a) *Standard Bow*

Busur *Standard Bow* memiliki unsur kayu dan *fiber*, serta anak panah yang terbuat dari bahan aluminium. Busur *Standard Bow* merupakan pengembangan busur nasional yang semula busur dan anak panahnya terbuat dari kayu dan diproduksi oleh Indonesia. Jarak yang dipertandingkan tidak mengalami perubahan, untuk pria dan wanita adalah 50 m, 40 m, dan 30 m. Jarak 40 m digunakan sebagai jarak dalam babak aduan beregu dan aduan perorangan baik pemanah putra ataupun putri. Pada divisi *Standard Bow* tiap pemanah menembakkan anak panahnya ke *face target* berukuran 80 cm, jarak 50 dan 40 meter menggunakan *face target* 80 cm dengan 6 ring dan untuk jarak 30 meter menggunakan 5 ring (Pelana & Oktafiranda, 2017: 12-13).

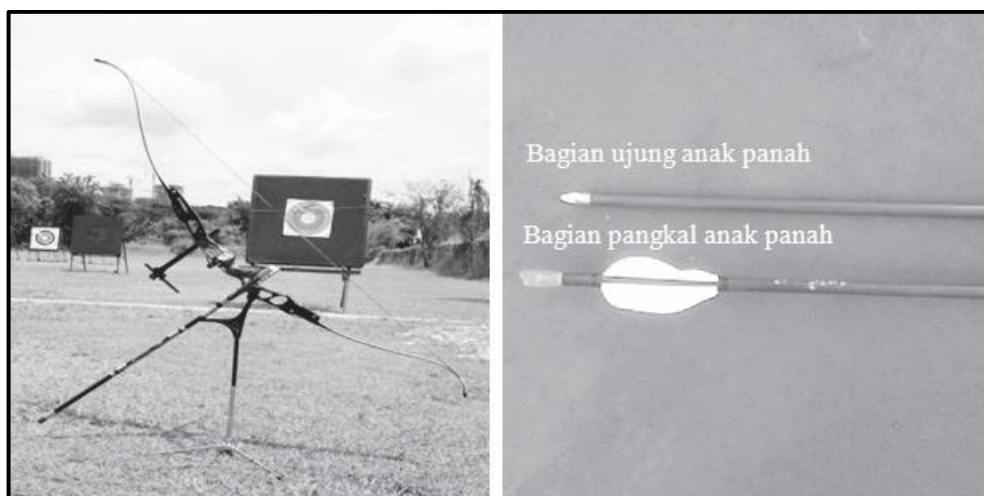


Gambar 11. Contoh Busur dan Anak Panah *Standard Bow*
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 12)

b) *Recurve Bow*

Recurve Bow merupakan bukti perkembangan IPTEK, *Recurve Bow* adalah jenis busur yang paling umum digunakan di olahraga panahan saat ini. Awalnya ciri khas dari busur ini adalah bagian ujungnya yang melengkung ke

depan (menjauhi pemanah) saat tidak ditarik atau dilepas talinya. Konstruksi seperti ini memungkinkan *Draw Weight* yang lebih besar untuk panjang yang sama, sebagai kompensasinya, bahan penyusun *Limb* memperoleh tegangan atau regangan yang lebih besar daripada busur *Standard Bow*. Busur *Recurve* terbuat dari bahan metal, dan *carbon fiber* pada anak panah. Jarak yang dipertandingkan untuk pria adalah 90 m, 70 m, 50 m dan 30 m dan untuk wanita, 70 m, 60 m, 50 m, dan 30 m. Jarak 70 m digunakan pada babak aduan beregu dan aduan perorangan baik pada pemanah pria atau wanita. *Face* target yang digunakan pada jarak 90, 70 dan 60m berukuran 122 cm, untuk jarak 50 dan 30m menggunakan *face* target berukuran 80 cm yang biasa disusun membentuk segi tiga (*triangular*). Busur *recurve* memiliki lebih banyak *merck* produksi, variasi desain dan kualitas yang berbeda-beda. Busur jenis ini dipertandingkan hampir di semua kejuaraan tingkat Nasional dan Internasional (Pelana & Oktafiranda, 2017: 13-14).



Gambar 12. Contoh Busur dan Anak Panah *Recurve*
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 12)

c) *Compound*

Busur *compound* merupakan busur yang diketahui awalnya digunakan untuk berburu. Busur *Compound* memiliki berat \pm 40 lbs sampai 80 lbs, oleh karena itu, busur ini cenderung digunakan oleh pemanah dewasa atau pemula yang memang sudah terlatih. Teknik *body foam* yang digunakan pemanah *compound* tidak jauh berbeda dengan teknik *recurve*, hanya saja pegangan pada busur *compound* cenderung *low grip*. Pemanah yang menggunakan busur *compound* tidak menggunakan *finger tab* melainkan menggunakan *trigger* sebagai penggantinya. Busur *compound* akan lebih ringan ketika pemanah berada dalam posisi *full draw* (tarikan penuh) dibandingkan pada saat tarikan awal, namun memerlukan tenaga dan teknik yang benar untuk dapat menarik hingga posisi *full draw*. Busur jenis ini memiliki potensi yang lebih cepat daripada jenis *standard bow* dan *recurve bow*, akan tetapi busur *compound* harus disesuaikan dengan tangan dan panjang tarikan penggunanya (Pelana & Oktafiranda, 2017: 14).

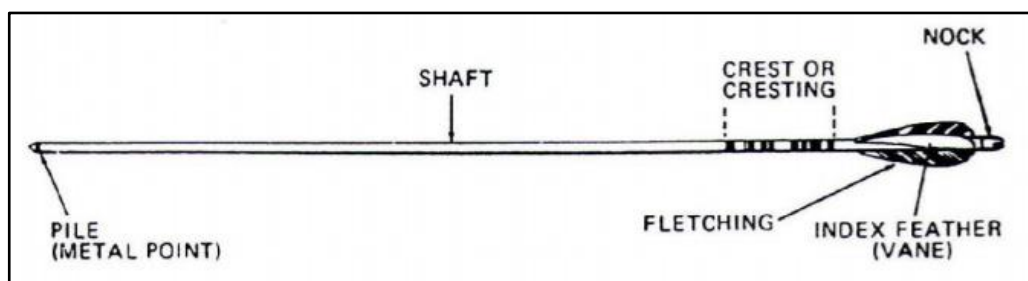
Jarak yang dipertandingkan untuk pria adalah 90 m, 70 m, 50 m, dan 30 m, sedangkan jarak untuk wanita adalah 70 m, 60 m, 50 m, dan 30 m. *Face target* yang digunakan pada jarak 90, 70 dan 60 berukuran 122 cm, untuk jarak 50 dan 30 m menggunakan *face target* berukuran 80 cm yang biasa disusun membentuk segi tiga (*tri angular*). Jarak 50m digunakan dalam babak aduan beregu dan aduan perorangan (Pelana & Oktafiranda, 2017: 15).



Gambar 13. Contoh Busur *Compound*
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 12)

2) Panah

Prasetyo (2018: 43) menjelaskan Bagian-bagian anak panah adalah: Bedor (*arrow head/point*), Gandar (*shaft*), Hiasan (*cresting*), Bulu (*fletching*), Ekor panah (*nock*).



Gambar 14. Bagian-bagian Anak Panah
(Gambar: Prasetyo, 2018: 43)

3) Perlengkapan

Peralatan penting lain yang harus disediakan pemanah, yaitu pelindung jari (*finger tab*), pelindung lengan bawah (*arm guard*), dan tempat panah (*quivers*).

a) *Finger Tab*

Finger tab atau pelindung jari yang digunakan untuk melindungi ketiga jari penarik, agar pemanah tidak merasakan sakit pada saat jari penarik mengait tali busur (*String*) dalam kegiatan memanah. *Finger tab* atau pelindung jari yang digunakan oleh tiap individu berbeda-beda, mulai dari ukurannya, merek, jenis kulit dan warnanya. Pemanah menentukan jenis tab seperti apa yang dirasakan nyaman untuk digunakan (Pelana & Oktafiranda, 2017: 20).



Gambar 15. *Finger Tab*
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 20)

b) *Arm Guard*

Arm Guard atau pelindung lengan berfungsi untuk melindungi tangan pemegang busur dari tali busur saat melepaskan anak panah, jika saja tali menyerempet bagian lengan yang disebabkan oleh berbagai hal. *Arm guard* memiliki macam-macam jenis bahan dan ukuran, pada umumnya berbahan plastik elastis, kulit, kain dan sebagainya. Tiap individu pemanah memiliki kebebasan memilih *arm guard* yang dipakainya, karena kenyamanan yang dirasakan oleh tiap individu pasti berbeda-beda. *Arm guard* digunakan pada lengan penahan

busur. *Arm guard* yang benar adalah yang memiliki minimal 2 tali pengikat. *Arm guard* dengan model $\frac{3}{4}$ tali pengikat lebih banyak digunakan oleh pemanah pemula, *arm guard* $\frac{3}{4}$ tali berbentuk lebih panjang (melindung bagian *Arm* sampai *Elbow*), sehingga melindungi lengan pemanah pemula jika sewaktu-waktu terkena tali busur pada bagian lengannya (Pelana & Oktafiranda, 2017: 20).



Gambar 16. Arm Guard
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 20)

c) *Quiver*

Quiver adalah kantung anak panah yang digunakan oleh peserta didik atau atlet untuk menaruh dan menyimpan anak panah. *Quiver* digunakan pada saat latihan ataupun perlombaan. Penggunaan *Quiver* yang berisi anak panah yaitu diikat di pinggang peserta didik/atlet dengan menggunakan *belt*/gesper. Peserta didik/atlet dianjurkan menggunakan *quiver*, sehingga memudahkan mereka mengambil anak panah yang akan ditembakkan pada saat memanah (Pelana & Oktafiranda, 2017: 26).

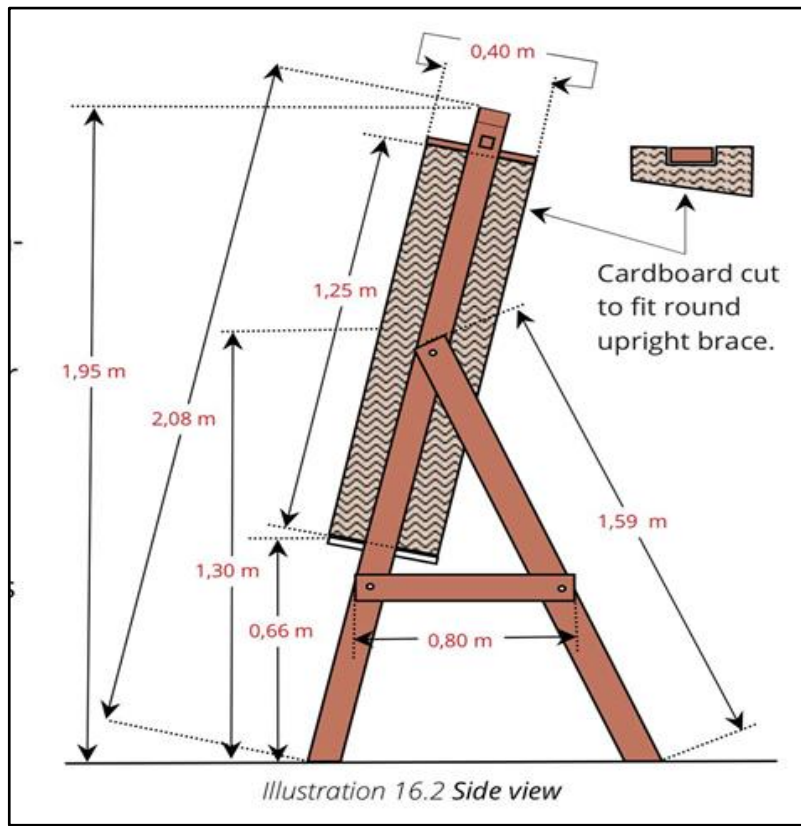


Gambar 17. Quiver
(Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 26)

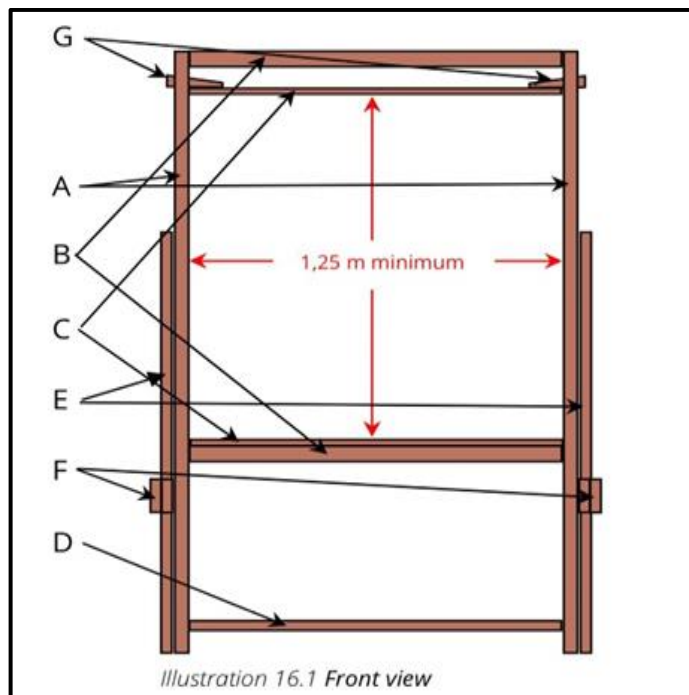
d) Bantalan Panahan dan *Target Face*

Selain itu, perlengkapan yang juga diperlukan adalah bantalan dan *target face*. Bantalan dan *target face* yang digunakan dalam panahan berbeda-beda tergantung pada ronde apa yang digunakan. Pada ronde tradisional *target face* berukuran 80 cm, ronde nasional (Perpani) 80 cm, dan ronde FITA 122 cm untuk jarak 60 meter, dan 70 meter, sedangkan jarak 30 meter dan 50 meter digunakan 80 cm. Pada perkembangan panahan saat ini untuk target panahan yang banyak dipakai ditempat latihan, di rumah, dan di pertandingan dengan bahan dari *sponge eva* (busa ati) karena bahan ini paling cocok dan awet sebagai bantalan target panahan, selain harga nya juga tidak mahal. Dari segi ukuran dan ketebalan ada banyak alternatif sesuai kegunaan untuk dipakai dimana dan untuk jenis panahan apa, pada umumnya ada tersedia ukuran mulai 60x60 cm s/d 125x125 cm dan ketebalan mulai 4–6 cm s/d 20–25 cm (Prasetyo, 2018: 139).

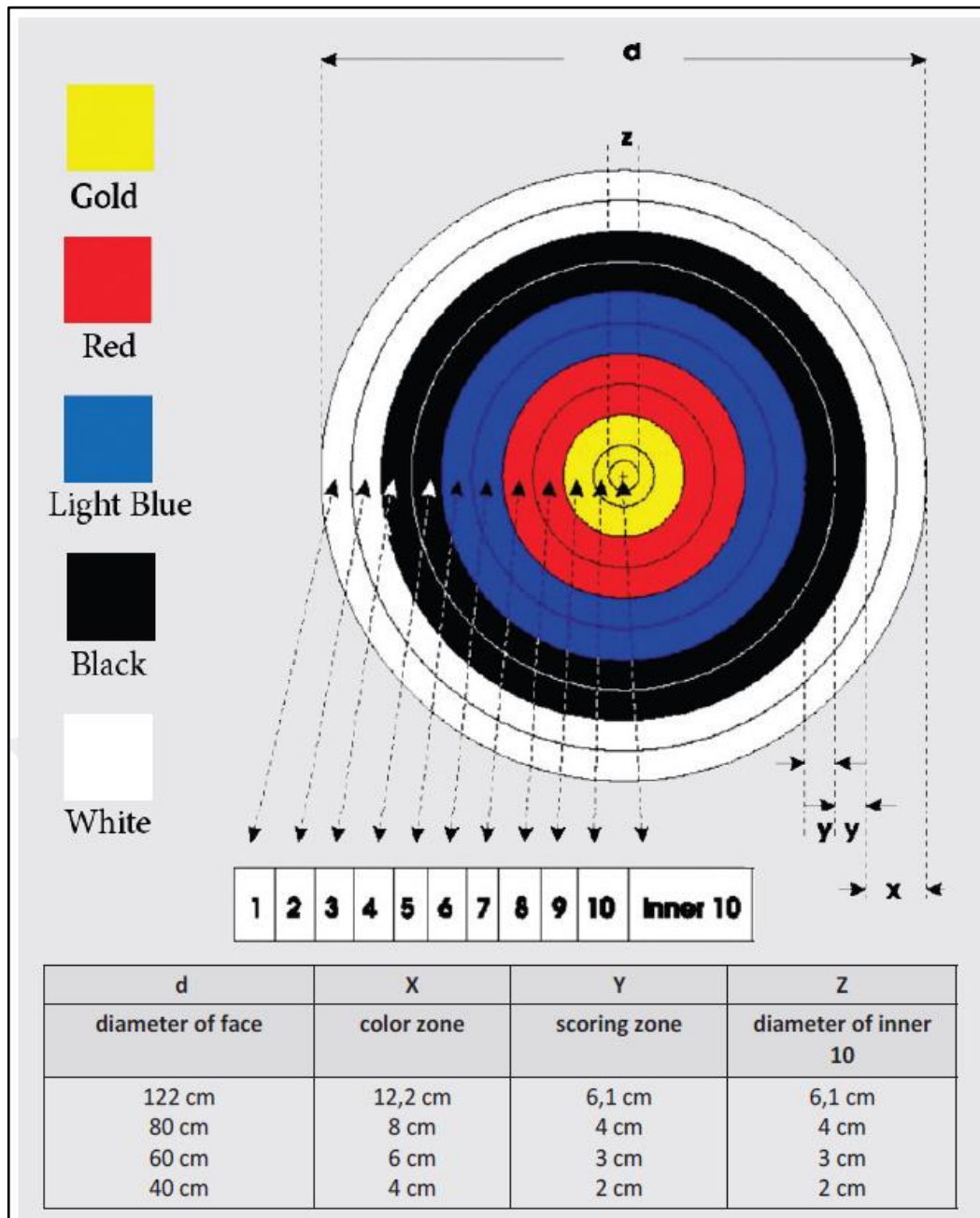
Gambar bantalan panahan dan jagrak panahan dapat dilihat pada Gambar sebagai berikut:



Gambar 18. Bantalan Panahan
 (Sumber : *World Archery*, 2017: 63)



Gambar 19. Jagrak Panahan
 (Sumber: *World Archery*, 2017:63)



Gambar 20. 1-10 Scoring Zone Target Face
 (Sumber: Pelana & Oktafiranda, 2017: 63)

3. Serat Rami

a. Pengertian Rami

“Tanaman rami yang dikenal dengan nama latinnya *Boehmeria nivea* (L) *Goud* merupakan tanaman tahunan berbentuk rumput yang dapat menghasilkan

serat alam nabati dari pita (*ribbons*) pada kulit kayunya yang sangat keras dan mengkilap. Tanaman rami adalah tanaman tahunan yang berbentuk rumpun mudah tumbuh dan dikembangkan di daerah tropis, tahan terhadap penyakit dan hama, serta dapat mendukung pelestarian lingkungan. Dalam hal tertentu serat rami mempunyai keunggulan dibandingkan serat yang lainnya seperti kekuatan tarik, daya serap terhadap air, tahan terhadap kelembapan dan bakteri, tahan terhadap panas serta peringkat nomor dua setelah sutra dibandingkan serat alam yang lainnya dan lebih ringan dibanding serat sintetis dan ramah lingkungan (Rahman & Risdianto, 2019: 3).

Tanaman yang diduga berasal dari Cina ini secara botanis dikenal dengan nama *Boehmeria nivea* (L). Di Jawa Barat dikenal dengan nama *haramay*, sedangkan di Minangkabau dikenal dengan romin. Di Sumatera Barat disebut *kelu* dan di Sulawesi dikenal *gambe*. Dalam perdagangan internasional tanaman ini dikenal dengan sebutan *ramie* (Subadra, dkk., 2018: 77). Adapun sistematika botani tanaman rami dan gambar pohon rami adalah sebagai berikut.

Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Magnoliosida*
Subkelas : *Hammamelidae*
Ordo : *Urticales*
Famili : *Urticaceae*
Genus : *Boehmeria*
Spesies : *Boehmeria nivea*



Gambar 21. Pohon dan Serat Rami
(Sumber: Subadra, dkk., 2018: 79)

Tanaman rami (*Boehmeria nivea*, L. Gaud) merupakan salah satu tanaman penghasil serat alam yang dapat menjadi sumber bahan baku produk tekstil seperti halnya kapas karena memiliki kemiripan dengan kapas, bedanya kapas merupakan serat pendek sedangkan rami adalah serat panjang. Dibanding dengan kapas, serat rami lebih kuat, mudah menyerap keringat dan tidak mudah kena bakteri atau jamur. Selain diambil serat dari kulit batangnya, semua bagian tanaman rami dapat dimanfaatkan. Akar tanaman (*rhizome*) dapat digunakan sebagai bahan tanaman (bibit) untuk pengembangan rami, daunnya dapat sebagai pakan ternak, sedangkan kulit batang dan kayunya dapat digunakan untuk bahan baku *pulp* maupun kompos (Mahendra & Risdianto, 2019: 3).

Rami tidak sekadar tanaman penghasil serat, tetapi memiliki manfaat lain. Bahkan, rami bisa digolongkan sebagai komoditas *zero waste*. Artinya, limbah hasil olahan yang berupa serat dapat diolah menjadi berbagai produk alternatif. Tidak hanya limbah olahan, seluruh bagian tanaman rami yang tidak diolah bisa dijadikan produk dengan nilai ekonomi tinggi. Pemanfaatan bagian lain dari

tanaman rami selain sebagai penghasil serat karena memiliki kandungan seperti dipaparkan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Bagian Tanaman Rami dan Kandungannya

Bagian Tanaman	Kandungan
Daun	Berat kering (19,56%), protein kering (26,38%), serat kasar (16,24%), lemak kering (3,04%), kalori (4659,13 kalori/gram), N (2,94%), C organik (27,61%), C/N ratio (9), bahan organik (47,76%), P (0,3%), K (2,2%), Mg (0,45%), S (0,19%), Cu (7,95 ppm), Zn (10,68 ppm), Mo (1,43 ppm)
Pucuk daun	Protein (9,46%), lemak (0,96%), tanin (1,68%), vitamin C (1904,6 ppm), total asam (1,25%), total gula (0,15%)
Batang dan akar	N (0,84%), C organik (37,88%), C/N ratio (45), bahan organik (65,53%), P (80%), K (1,06%), Mg (0,51%), S (20 ppm), Zn (4,77 ppm)

(Sumber: Musaddad, 2007)

Rami (*Boehmeria nivea*, L. Gaud.) merupakan tanaman yang memiliki potensi tinggi. Serat rami dapat diolah menjadi kain fashion berkualitas tinggi, karena memiliki karakter mirip dengan serat kapas. Selain itu, serat rami merupakan bahan untuk pembuatan selulosa berkualitas tinggi (selulose α). Daunnya merupakan bahan kompos dan pakan ternak yang bergizi tinggi, kayunya baik untuk bahan bakar (Purwati, 2012).

Prospek pengembangan pasar untuk serat rami sangat baik karena harga jual yang relatif tinggi. Indonesia memiliki potensi yang cukup besar untuk mengembangkan rami karena memiliki lahan yang relatif luas dan iklim yang cocok untuk tanaman rami. Rami sangat cocok dikembangkan di Indonesia bagian barat yang beriklim basah karena tanaman ini memerlukan curah hujan sepanjang tahun. Pemasaran serat rami cukup luas di dalam maupun di luar negeri, mulai dari serat mentah (*China grass*), serat panjang hasil di *gumming* (*ramie raw*), serat

pendek (*ramie stafle fibre*) maupun serat panjang (*ramie top*) (Pramono, dkk., 2020: 50).

Berdasarkan polimer yang digunakan untuk pembuatan, serat dapat dipilih baik secara alami maupun sintetis. Serat yang umumnya diperoleh dari tumbuhan, hewan, atau hasil budidaya disebut serat alam seperti rami, rami, sisal, rami, sabut, *growia optiva*, sutra, bambu, dan lain-lain. Di sisi lain, serat yang diproduksi melalui berbagai proses buatan manusia disebut serat sintetis seperti karbon, Kevlar, kaca, dan lain-lain. Baik serat alami maupun sintetis memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri sehubungan dengan polimer yang digunakan untuk pembuatan komposit. Dibandingkan dengan serat sintetis, serat alami adalah lingkungan ramah, terbarukan, murah, tidak berbahaya, tidak abrasif, dan mudah didapat, tetapi kontra menggunakan serat alami adalah sifat mekaniknya yang rendah dibandingkan menjadi serat sintetis (Gangil, et al., 2020: 1).

Polimer adalah pilihan terbaik untuk digunakan di berbagai industri karena menunjukkan kemudahan dalam pengolahan, peningkatan produktivitas, dan mengurangi biaya. Polimer yang diperkuat serat alami (NFRP) adalah komposit bahan yang terdiri dari matriks polimer yang disematkan dengan serat berkekuatan tinggi, seperti goni, wol rami sutra katun, dan lain-lain (Sudhakar, et al., 2018: 160; Ahmed, et al., 2021: 11; Mulenga, et al., 2021: 6; Beckman, et al., 2021: 2231; İşmal & Paul, 2018: 377).

Serat dari batang tanaman rami sebenarnya memiliki beberapa keunggulan, antara lain kualitas tekstil yang dihasilkan cukup baik karena memiliki kehalusan serat (*dyener*) seperti halnya kapas (Sisti, et al., 2018: 97;

Khare, 2021: 12; Ahmed, et al., 2021: 24; Zhu, et al., 2021: 2215). Serat rami juga memiliki tingkat elastisitas yang baik dan lebih sejuk bila dipakai (Jiang, et al., 2020: 517; Chaudhary, et al., 2018: 403; Zhao, et al., 2021: 268). Serat rami juga dapat dijadikan sebagai campuran bahan kain lainnya, seperti katun, *rayon*, *linen*, dan *polyester*. Dibandingkan dengan kapas, serat rami lebih kuat, sehingga banyak dimanfaatkan untuk bahan pakaian atau perlengkapan militer. Bahkan, sudah ada penelitian yang menyebutkan bahwa serat rami anti peluru (Pramono, dkk., 2020: 51).

Rami adalah tanaman berbunga herba tahunan dari spesies tanaman Ganja. Tujuan untuk industri, serat rami dapat diturunkan menjadi berbagai produk termasuk kertas, tekstil, pakaian, plastik *biodegradable*, cat, isolasi, biofuel, makanan, dan pakan ternak. Serat rami sangat kuat dan tahan lama dan dapat dilihat pada pembuatan kanvas layar kapal, tali-temali dan jaring karena kekuatan dan ketahanannya terhadap air asin. Kekuatan tarik rami termasuk dalam kisaran $550 - 900 \text{ N/mm}^2$, modulus elastisitas $15 - 45 \text{ GPa}$ dengan densitas 1480 g/cm^3 (Bakar, et al., 2020: 3; Crini, et al., 2020: 1451; Rehman, et al., 2021: 52; Lowitt, 2020: 4).

Rami memiliki banyak sifat yang lebih baik daripada spesies tanaman lain, seperti panjang serat yang unggul, kekuatan dan daya serap, sifat termal dan akustik yang menarik, kualitas minyak yang sangat baik untuk penggunaan industri dan pakan, manfaat lingkungan dan ekonomi, dan berbagai aplikasi. Selama ribuan tahun, rami telah menjadi sumber serat, protein, dan biji minyak yang digunakan di seluruh dunia untuk menghasilkan berbagai produk konsumen

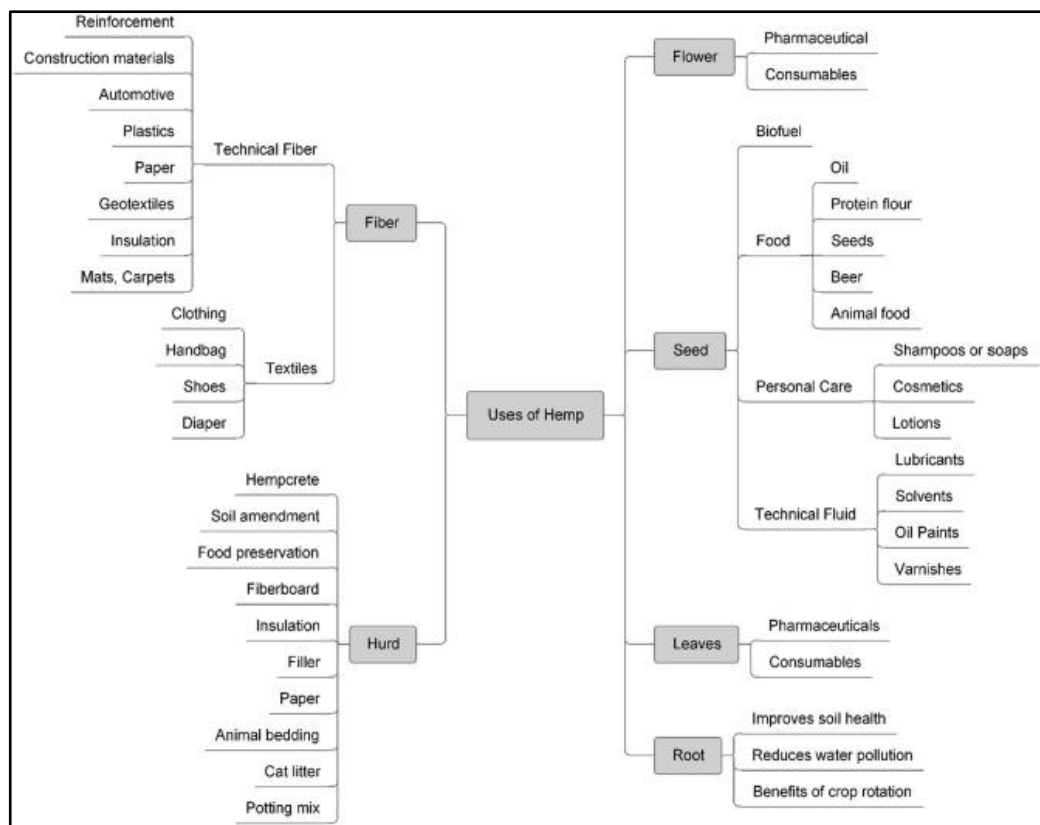
untuk empat kebutuhan dasar manusia, yaitu makanan, tempat tinggal, pakaian, dan energi. Secara tradisional, rami sebagai tanaman serat telah digunakan dalam produksi pakaian jadi, kain, kertas, tali, dan bahan bangunan (Crini, et al., 2020: 37).

Rami dapat digunakan untuk keperluan insulasi dan akustik di sektor bangunan, industri kertas (Karche, 2019: 710), keperluan obat, industri tekstil (Poniatowska, et al., 2019: 37), biofuel, industri kosmetik (Rachel Jacob, et al., 2020: 2), industri makanan dan minuman (Tadeschi, et al., 2020: 240), dan serat dapat digunakan sebagai penguat dalam komposit matriks polimer (Bernava, et al., 2016: 77) atau dalam bio-komposit sebagai pengganti kaca dan serat karbon (Brzyski & Fic, 2017: 100). Rami diklasifikasikan sebagai rami industri yang mengandung kurang dari 0,2% ⁹ -*tetrahydrocannabinol* (THC) dan rami jenis obat dengan THC lebih besar dari 0,2% (Poniatowska, et al., 2019: 38).

Rami adalah tanaman tahunan yang tinggi dengan proses produksi padat karya yang rendah dan dapat dicapai dalam periode tanam yang singkat (70-90 hari). Budidaya rami menjadi lebih menarik bagi petani daripada rami karena memiliki kemungkinan gagal panen yang lebih rendah. Ini menjamin hasil yang lebih tinggi (hingga 12 ton per hektar sebagai selulosa, 20 ton sebagai partikel batang dan 25 ton sebagai bahan serat per hektar) (Ahmed, et al., 2022: 9).

Batang rami terdiri dari serat kulit kayu panjang dan *hurds*, di mana yang terakhir empat kali lebih berat daripada serat. Bagian kayu tengah rami mengandung 36% selulosa dan 27% lignin, sedangkan serat kulit kayu mengandung 72% selulosa dan 4% lignin. Seluruh batang rami mengandung 47%

selulosa dan 18% lignin, yang lebih disukai daripada kayu pinus dan birch (Beluns, et al., 2021: 11). Batang rami mengandung persentase selulosa tertinggi, dengan kandungan lignin terendah di hampir semua batang non-kayu (Liu, et al., 2018: 4). Namun, serat kulit pohon rami mengamankan urutan kedua untuk alfa-selulosa setelah kapas. Kandungan lignin dan selulosa dalam batang rami sangat bervariasi antara kultivar dan musim tanam.



Gambar 22. Penggunaan Rami untuk Tujuan yang Berbeda (Sumber: Ahmed, et al., 2022: 2)

Proses pengolahan batang rami menjadi serat berdasarkan Kementerian Pertanian, Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian (dalam Mahendra & Risdianto, 2019: 4) adalah sebagai berikut:

1) Dekortikasi (pemisahan serat dari kulit batang)

Dekortikasi menghasilkan serat rami mentah (*china grass*). Proses dekortikasi harus secepat mungkin, paling lambat 2x24 jam dari waktu panen. Dekortikasi dilakukan dengan dua cara, yaitu secara mekanik menggunakan mesin dekortikator dan secara manual menggunakan *handytool*. Cara pemisahan serat dari batang rami dengan *handytools* sebagai berikut:

- a) Batang basah hasil panen yang telah bersih dari daun dan diratakan ujungnya, disimpan di tempat teduh secara berdiri selama ± 2 minggu.
- b) Setelah batang dikeringkan selama 2 minggu, batang akan menjadi kering dan berwarna coklat tua, selanjutnya diambil setiap kali pengdekortikasian 3-5 batang untuk di patahpatahkan setiap 10 cm.
- c) Setiap batang yang telah patah dan terpisah dari batang, dikerok dengan cara digosok-gosokkan. Demikian seterusnya sampai seluruh batang habis dan menghasilkan serat china grass.

2) *Degumming* (penghilangan getah, *pectin*, dan zat lainnya)

Degumming ini dilakukan dengan merebus china grass dalam air mendidih selama 2 jam, diaduk sebentar dan kemudian diangkat dan dicuci dengan air bersih, dikeringkan dengan alat sentrifugal dan dijemur hingga kandungan air tinggal 15%. Agar mendapatkan serat yang putih, maka serat hasil *degumming* yang masih berwarna kekuningan direndam dengan senyawa klorin (Ca-hipoklorit atau Na-hipoklorit atau hidrogen peroksida (H₂O₂)). Perendaman diikuti dengan pemanasan pada suhu 500 C selama 1 jam, kemudian dicuci dan dikeringkan.

3) *Softening* (pelemasan serat)

Serat yang telah dihilangkan getah pektinnya perlu melalui beberapa tahap untuk mendapatkan serat siap pintal (*staple fibre*). Tahap yang pertama adalah pelemasan serat (*softening*). Untuk melemaskan serat digunakan mesin *softener*. Masukkan serat secukupnya ke mesin *softener*. Serat yang masuk ke dalam mesin *softener* harus tersusun dengan baik, dan pada saat keluar dari mesin harus dipegang dan diarahkan. Serat yang telah dilemaskan siap dipotong-potong.

4) *Cutting* (pemotongan serat)

Proses pemotongan serat ada beberapa tahap diantaranya ialah:

- a) Siapkan mesin pemotong dan nyalakan mesinnya;
- b) Siapkan serat rami yang telah dilemaskan sebelumnya;
- c) Ambil serat rami secukupnya lalu masukkan ke dalam mesin pemotong;
- d) Serat rami yang telah dipotong-potong ini siap diproses lebih lanjut.

5) *Ovening* (pembukaan serat)

Masukkan serat rami yang telah dipotong-potong ke dalam mesin *ovening* sesuai kapasitas mesin. Setelah mengalami proses pembukaan, keluarlah serat rami dari mesin yang terlihat mirip kapas. Pada tahap ini serat rami baru dapat dipintal atau dicampur dengan serat lainnya. Serat hasil *ovening* ini selanjutnya dimasukkan ke dalam mesin penghalus serat, dan menghasilkan serat siap pintal (*staple fibre*)

Berdasarkan pendapat di atas, dapat disimpulkan bahwa Rami (*Boehmeria nivea*) merupakan tanaman yang memiliki potensi tinggi. Serat rami dapat diolah menjadi kain *fashion* berkualitas tinggi, karena memiliki karakter mirip dengan

serat kapas. Selain itu, rami merupakan bahan untuk pembuatan selulosa berkualitas tinggi. Penelitian ini menggunakan serat rami yang dianyam digabungkan menjadi satu dikombinasi dengan *eva foam* untuk meningkatkan daya redam anak panah.

b. Struktur Molekul dan Susunan Kimia Rami

Rami merupakan serat tumbuh-tumbuhan jenis *Boehmeria Nivea*. Selulosa mempunyai rumus $(C_6H_{10}O_5)_n$, dimana “n” merupakan derajat polimerisasinya dan sebagian besar serat rami (68,6%-76,2%) terdiri dari selulosa. Analisa Frennderberg, Haworth, dan Braun dalam buku Tekstil Fiber menunjukkan bahwa selulosa dibentuk oleh cincin glukosa, sehingga dapat disebutkan bahwa struktur serat selulosa merupakan kesatuan dari *anhydro glukosa* yang dihubungkan satu dengan yang lainnya oleh jembatan oksigen pada kedudukan 1-4 (Setyani & Aryanti, 2019: 2).

Rami memiliki banyak sifat unik yang berbeda dari serat alami lainnya dengan sifat aseptik, daya serap tinggi, perlindungan terhadap radiasi UV, dan bebas dari efek alergi. Komposisi kimia rami dan beberapa serat nabati lainnya menunjukkan bahwa rami memiliki selulosa yang lebih tinggi, hemiselulosa yang memuaskan dan kandungan lignin dan pektin yang lebih rendah, yang menguntungkan untuk berbagai pemrosesan dan penggunaan (Ahmed, et al., 2022: 8).

Morfologi dan kandungan lignin yang rendah dari serat kulit kayu rami memungkinkan penetrasi bahan kimia pemrosesan yang mudah menghasilkan proses pulping yang lebih cepat (Tanasă, et al., 2020: 5) dengan penggunaan

bahan kimia yang lebih sedikit (Naithani, et al., 2020: 706). Hemiselulosa meningkatkan pembengkakan *pulp* dan kapasitas ikatan di antara serat dan memberikan kekuatan yang diperlukan untuk kertas. Inti rami memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk memasok alfa-selulosa ke suspensi berserat dan jumlah hemiselulosa yang serupa dibandingkan dengan kenaf dan kayu keras (Kian, et al., 2019: 1314). Serat rami menunjukkan hasil tinggi dan kekuatan sobek kertas yang tinggi yang diperoleh dengan proses *pulping organosolv* karena memiliki serat panjang dalam pulp (Naithani, et al., 2020: 706). Ini memungkinkan proses delignifikasi oksigen yang lebih aman dengan hasil yang lebih tinggi daripada *pulp birch* atau pinus (Danielewicz & Surma-Ślusarska, 2011: 84).

Analisa kimia memperlihatkan bahwa selulosa merupakan komponen utama dari serat rami. Komposisi kimia serat rami dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Sifat Fisik, Kimia, dan Mekanik Serat Rami

Karakter	Nilai
Diameter (μm)	40 – 60
Panjang (mm)	120 – 150
Modulus Elastisitas (Gpa)	44 – 90
Massa Jenis (g/cm^3)	1.5 – 1.6
Regangan Maksimum (%)	2
Spesifik Kekuatan Serat (kg/mm^2)	95
Selulosa (% berat)	68.6 – 76.2
Lignin (% berat)	0.6 – 0.7
Hemiselulosa (% berat)	13.1 – 16.7
Pektin (% berat)	1.9
Lilin (% berat)	0.3
Sudut mikrofibril ($^\circ$)	7.5
Kadar air (% berat)	8.0
Kerapatan (mg/m^3)	1,5

(Sumber: Pramono, dkk., 2020: 50)

Hasil penelitian Setyani & Aryanti (2019) meneliti tentang komposit kombinasi *ramie*, *cotton*, dan *rayon double ply* untuk pelindung tubuh rompi anti peluru menunjukkan bahwa kuat tarik komposit memiliki nilai optimum selama 30 menit perlakuan serat dalam larutan NaOH 5% yaitu 13,31 MPa, benda uji tarik yang dihasilkan sesuai dengan ASTM D-638. Serat rami mulai terdegradasi pada suhu di atas 150 °C, hemiselulosa dan pektin terurai pada sekitar 260 °C, sedangkan selulosa terurai pada sekitar 360 °C (Karam, et al., 2021: 11; Asim, et al., 2020: 625; Kabir, et al., 2021: 2). Komposit termoplastik yang diperkuat serat rami biasanya terbuat dari matriks *polietilen*, *poliuretan*, atau *polipropilen*. Ini menunjukkan potensi untuk menggantikan komposit serat sintetis di banyak aplikasi ringan dan berbiaya rendah (Haghighatnia, et al., 2017: 853).

Matriks termoset yang sering digunakan untuk komposit yang diperkuat serat rami adalah resin epoksi, fenolik, vinil ester, atau resin poliester tak jenuh. Komposit yang terbuat dari serat rami dengan matriks termoset tahan mulur, tahan pelarut, dan tangguh (Manaiia, et al., 2019: 106). Mwaikambo dan Ansell menemukan bahwa serat rami dengan perlakuan alkali 4% dan 6% memiliki modulus dan kekuatan tarik tertinggi (Shah, et al., 2021: 2; Moonart & Utara, 2019: 7271; Cavalcanti, et al., 2019: 1). Perlakuan propionilasi dan asetilasi pada serat rami menghasilkan penurunan hidrofilitas tetapi pada saat yang sama, kristalinitas sedikit menurun.

Serat rami memiliki keunggulan signifikan dibandingkan serat sintetis dalam memperkuat komposit dan dapat digunakan secara efisien untuk berbagai aplikasi karena kekuatan spesifik yang tinggi, kepadatan rendah, biaya produksi

rendah, sifat bio-terbarukan dan perilaku ramah lingkungan. Aplikasi komposit yang diperkuat rami telah ditelusuri di industri otomotif pada tahun 1940-an, di mana Henry Ford memproduksi komponen mobil dari serat rami dengan biomatriks berbasis kedelai (Drzal, et al., 2001: 2). Hal ini terutama digunakan di sektor otomotif untuk memperkuat panel pintu, dek belakang penumpang, pilar, dan lapisan boot (Dhakal & Zhang, 2015: 5). Dibandingkan dengan serat alami lainnya, penggunaannya telah meningkat pesat di industri otomotif Jerman dan Austria (Aaliya, et al., 2021: 40; Várdai, et al., 2021: 2499; Eselini, et al., 2020: 701). Karena kapasitas peredam getaran yang lebih tinggi dari serat rami, peneliti juga fokus pada komposit rami dalam pembuatan barang olahraga dan alat musik (Pil, et al., 2016: 193; Gedik & Avinc, 2020: 87; Keya, et al., 2019: 70).

Claudio dan Marco mengembangkan rak elektronik untuk helikopter dengan memanfaatkan bahan komposit kain rami/epoksi. Studi tersebut mengungkapkan bahwa rak elektronik dari komposit rami ini 55,6% lebih ringan dari rak elektronik baja yang ada (Scarponi & Messano, 2015: 542). Serat rami yang diperkuat dengan komposit polikaprolakton membuktikan aplikasi potensial mereka dalam fabrikasi perangkat ortotik (Sarasini, et al., 2015: 2). Kursi rami dikembangkan dari benang rami dengan resin epoksi (Dahy, 2019: 738), dan Xia., (2017: 121) berinovasi komposit hibrida dari tikar serat rami dan lembaran aluminium dengan resin epoksi yang menawarkan kinerja perisai interferensi elektromagnetik (EMI) yang sangat baik.

4. Komposit

Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat fisis dan mekanik satu karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Kelebihan material komposit jika dibandingkan dengan logam adalah memiliki sifat mekanik yang baik, tidak mudah korosi, bahan baku yang mudah diperoleh dengan harga yang lebih murah, dan memiliki massa jenis yang lebih rendah dibanding dengan seras mineral (Imran & Khan, 2019: 37).

Komposit merupakan suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda (Grag, et al., 2019: 4924). Dari penggabungan tersebut menghasilkan material komposit yang memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material penyusunnya. Komposit menjadi alternatif pengganti logam, hal ini dipengaruhi oleh sifat komposit serat yang kuat dan mempunyai berat yang relatif ringan bila dibandingkan dengan logam. Komposit untuk meningkatkan kekuatan mekanik diberikan bahan pengisi (*filler*) berupa serat ataupun serbuk (Gapsari, et al., 2022: 1147).

Komposit merupakan suatu sistem material yang tersusun dari kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan

atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan. Pengertian yang lain menjelaskan bahwa sebuah material komposit dapat didefinisikan sebagai sebuah kombinasi dari dua atau lebih material yang menghasilkan sifat lebih baik dari pada komponen individualnya. Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi suatu bentuk mikroskopik, yang terbuat dari bermacam-macam kombinasi atau gabungan antara *filler* (serat) dan matriks (Ganesan, et al., 2021: 12; Begum, et al., 2020: 457; Daghigh, et al., 2020: 587).

a. Matrik

Matrik pada perpaduan komposit berfungsi untuk medistribusikan beban sifat mekanisnya biasanya ulet (*ductile*) (Saba, et al., 2019: 7). Matrik merupakan material utama dalam suatu material komposit, dimana dalam struktur sistem komposit material matrik ini akan menyelubungi material penguat atau pengisi. Matrik merupakan fase kontinyu yang mengelilingi fase yang lainnya yaitu fase terdispersi dimana fase terdispersi ini merupakan penguat atau pengisi (Wang, et al., 2017: 74). Haryanti (2017: 24) menyatakan bahwa pada material komposit matrik akan berperan untuk melindungi serat dari lingkungan, matrik dan daerah antar muka keduanya akan meneruskan tekanan eksternal ke serat. Oleh karena itulah sifat keseluruhan struktur komposit tergantung pada sifat dari masing-masing komponennya yaitu matrik, serat dan daerah antar muka yang menghubungkan antara matrik dan penguat. Selain itu juga metode yang digunakan dalam proses pembuatan komposit itu sendiri juga akan berpengaruh terhadap sifat keseluruhan struktur komposit yang dihasilkan tersebut.

b. *Filler*

Haryanti (2017: 27) menyatakan bahwa pada material komposit dengan matrik polimer, ditambahkan bahan berserat baik serat sintesis maupun serat alami yang mana berperan sebagai material *filler* atau penguat. Ditambahkannya serat sebagai *filler* ini akan memberikan kekuatan dan sifat kekakuan pada struktur komposit tersebut. Fungsi utama *filler* pada material komposit adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit. Hal ini dikarenakan ketika tegangan diberikan pada komposit maka matrik pada awalnya akan menerima beban tersebut kemudian diteruskan menuju ke *filler*, sehingga pada akhirnya *filler* akan menahan beban tersebut sampai beban maksimum. Oleh karena itulah tinggi rendahnya kekuatan komposit tergantung pada material *filler* yang digunakan

Bahan penguat berfungsi untuk menahan beban mekanik yang diterima oleh material komposit. Sifat bahan penguat biasanya kaku dan tangguh. Faktor yang mempengaruhi performa komposit serat yaitu jenis serat, bentuk serat, dan panjang serat (Andrew, et al., 2019: 11; Abbood, et al., 2021: 1003). Bahan pengikat atau penyatu serat dalam material komposit disebut matriks. Matriks secara ideal seharusnya berfungsi sebagai penyelubung serat dari kerusakan antar serat berupa abrasi, pelindung terhadap lingkungan (serangan zat kimia, kelembaban), pendukung dan menginfiltrasi serat, transfer beban antar serat, dan perekat serta tetap stabil secara fisika dan kimia setelah proses manufaktur. Matriks dapat berbentuk polimer, logam, karbon, maupun keramik (Sivakandhan, et al., 2020: 404).

Penggabungan material yang berbeda bertujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara (*intermediate*) material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan saling memperbaiki kelemahan dan kekurangan material penyusunnya (Gundara, 2017: 17). Sifat-sifat yang dapat diperbaiki antara lain kekuatan, kekakuan, ketahanan bending, berat jenis, pengaruh terhadap temperatur, isolasi termal, dan isolasi akustik. Keuntungan dari penggunaan komposit sendiri adalah bobotnya yang ringan serta mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik, biaya produksi lebih murah, umur pemakaian yang lama serta tahan korosi. Hal demikian harus diperhatikan pada komposit yang diperkuat agar dapat membentuk produk yang efektif, di samping itu juga harus ada ikatan permukaan yang lebih kuat antara komponen penguat dan matriks (Maryanti & Anggono, 2020: 142).

Keunggulan lain yang dimiliki oleh komposit adalah keuntungannya dalam hal bobot. Bobot komposit jauh lebih ringan daripada material teknik lain atau baja pada khususnya. Banyak desain konstruksi memiliki syarat selain harus kuat, juga harus ringan. Selain tersebut di atas, komposit juga memiliki ketahanan terhadap korosi yang cukup jauh di atas material dari logam. Ketahanan yang sangat baik ini memungkinkan komposit lebih awet dibandingkan material dari logam. Keunggulan lainnya adalah komposit bersifat isolator yang baik dan juga harga yang lebih terjangkau (Hussain & Immanuel, 202: 170; Mansor, et al., 2019: 203). Komposit dalam penelitian ini yaitu *EVA foam* dan serat rami.

Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Di dalam komposit unsur utamanya adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya menggunakan bahan polimer yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat yang tinggi. Penggunaan serat untuk menentukan karakteristik bahan komposit seperti: kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanis lainnya. Sebagai bahan pengisi, serat digunakan untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit, matrik sendiri mempunyai fungsi melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi (Suroso & Rajali, 2019: 75).

Komposit yang diperkuat dengan serat dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu: (1) Komposit serat pendek (*short fiber composite*). Berdasarkan arah orientasi material komposit yang diperkuat dengan serat pendek dapat dibagi lagi menjadi dua bagian yaitu serat acak (*inplane random orientasi*) dan serat satu arah. Tipe serat acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya yang lebih murah. Kekurangan dari jenis serat acak adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama. (2) Komposit serat panjang (*long fiber composite*). Keistimewaan komposit serat panjang adalah lebih mudah diorientasikan, jika dibandingkan dengan serat pendek. Secara teoritis serat panjang dapat menyalurkan pembebanan atau tegangan dari suatu titik pemakaiannya (Haryanti, 2017: 37).

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguatnya. Dalam pembuatan komposit, serat dapat diatur memanjang (*unidirectional composites*) atau dapat dipotong kemudian disusun secara acak (*random fibers*) serta juga dapat dianyam (*cross-plylaminat*) (Awais, et al., 2021: 2; Ahmadi, et al., 2020: 94). Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari fiber di dalam matriks. Secara alami serat yang panjang mempunyai kekuatan yang lebih dibanding serat yang berbentuk curah (Purboputro, 2017: 1). Serat panjang mempunyai struktur yang lebih sempurna karena struktur kristal tersusun sepanjang sumbu serat dan cacat internal pada serat lebih sedikit dari pada material dalam bentuk curah (Fahmi, dkk., 2020: 2).

EVA foam adalah kopolimer yang terbentuk dari *monomer etilen* dan *vinil aasetat* (VA) dengan resin dan karet. *EVA foam* juga memiliki banyak aplikasi di bidang olahraga dan teknik medis karena sangat baik sebagai penyerap energi dan memiliki daya yang tinggi ketangguhan patah relatif terhadap polimer lain (Anggoro & Anthony, 2020: 179). *EVA* dikenal sebagai bahan seperti karet dan memiliki stabilitas dimensi tinggi, ketahanan UV, dan kemampuan penuaan (Kim, et al., 2022: 3).

Studi yang dilakukan Banowati, dkk., (2020) penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dari struktur komposit *hibrid rami-e-glass/epoksi* dan komposit serat rami/epoksi yang mengacu pada standar ASTM (*American Society for Testing Material*) D3039/D3039M. Material komposit tersebut menggunakan manufaktur dengan metode *hand lay-up* dan *vacuum bagging*. Hasil dari analisis pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik rata-rata komposit hibrid rami-e-

glass/epoksi Unidirectional 0° sebesar 216,14 MPa, dan untuk komposit serat rami/epoksi *Unidirectional* 0° sebesar 81,67 MPa. Densitas rata-rata komposit hibrid rami-e-glass/epoksi sebesar 1,3 gr/cm³, dan komposit serat rami/epoksi sebesar 1,245 gr/cm³.

Hasil penelitian Guo, et al., (2021) meneliti tentang bubuk batang rami ditambahkan ke dalam sistem busa kopolimer EVA dengan pencetakan, dan peningkatan sifat sistem busa komposit dengan kandungan bubuk batang rami yang berbeda dari 0-30%. Hasilnya menunjukkan bahwa rami dapat menurunkan kekerasan dan kepadatan sistem busa komposit, meningkatkan ketahanan dan laju deformasi kompresi, dan memiliki sifat penyerapan air yang sangat baik dan sifat cepat kering dan sifat antibakteri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pembusaan dengan bubuk batang rami 10% - 20% memiliki sifat mekanik komprehensif terbaik, yang dapat digunakan pada sepatu. Sepe, et al., (2018) meneliti tentang pengaruh perlakuan kimia pada sifat mekanik serat rami komposit yang diperkuat, hasil pengujian mekanis menunjukkan bahwa perlakuan silan pada serat rami meningkat, baik tarik maupun sifat lentur komposit.

Berdasarkan pemaparan di atas, dapat disimpulkan bahwa komposit serat alam mempunyai prospek yang sangat baik untuk dikembangkan di Indonesia. Beberapa alasan diantaranya adalah bahwa mayoritas tanaman penghasil serat alam dapat dibudidayakan di Indonesia, misalnya adalah serat kenaf, rami, rosella dan nanas. Pengembangan teknologi komposit berpenguat serat alam sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk menggali potensi yang ada. Hal ini akan mampu meningkatkan pemberdayaan sumber daya alam lokal yang dapat

diperbarui. Bahkan, keberhasilan pengembangan komposit serat alam ini akan mampu meningkatkan nilai teknologi dan nilai ekonomi serat alam.

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Manfaat dari penelitian yang relevan yaitu sebagai acuan agar penelitian yang sedang dilakukan menjadi lebih jelas. Beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian yang dilakukan oleh Ganesan, et al., (2021) berjudul “*Assessment on hybrid jute/coir fibers reinforced polyester composite with hybrid fillers under different environmental conditions*”. Dalam karya ini, dampak sinergis dari serat hibrida dan pengisi hibrida pada mekanik, penyerapan air dan sifat morfologi komposit matriks poliester pada kondisi kering dan basah diperiksa. Hibrida laminasi komposit dibuat dengan teknik pencetakan kompresi, menggunakan kombinasi baru rami dan sabut serat sebagai penguat utama serta limbah cangkang telur (ESP) dan *montmorillonite nanoclay* (MMTK10-NC) sebagai penguat sekunder dalam matriks poliester. Pengisi, ESP dan NC ditambahkan ke rami dan komposit hibrida campuran serat sabut dalam jumlah yang berbeda. Kekuatan tarik maksimum komposit hibrida diperkirakan 24,57, 21,77 dan 22,63 MPa ketika pengisi ditambahkan pada persen berat yang sama (% berat) 1,5 untuk kondisi kering, sungai dan air laut (basah), masing-masing. Dalam kondisi kering, sungai dan air laut yang sama, kuat lentur 46,97, 44,85 dan 42,36 MPa serta kuat impak 2,697, 2,572 dan 2,607 J diperoleh, masing-masing. Terjadinya pembengkakan, aglomerasi dan porositas pada komposit hibrida adalah diamati menjadi faktor penting,

yang menyebabkan pengurangan kekuatan mereka. Hal itu terlihat dari hasil yang didapat bahwa penambahan pengisi hibrida ke komposit hibrida dalam proporsi berat yang berbeda meningkatkan mekanisnya kinerja yang lebih tinggi daripada komposit hibrida non-filler. Sifat mekanik berkurang dengan basah kondisi, karena kerusakan antara serat dan antarmuka matriks. Juga, pemindaian mikroskop elektron (SEM) gambar menunjukkan bahwa itu karena adhesi serat-matriks yang lemah. Dengan penambahan pengisi hibrid ke komposit hibrida, tingkat penyerapan air berkurang. Yang penting, komposit hibrida yang optimal/terbaik sampel S4 dengan kandungan pengisi yang sama 1,5% berat dapat digunakan sebagai bahan berkelanjutan alternatif untuk beban rendah bantalan komponen struktural dalam industri konstruksi bangunan, seperti rangka dan bingkai, lantai kayu dan perancah.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Sari, dkk. (2020) berjudul “Pengembangan Model Latihan Panahan Berbasis Media Pada Siswa Ekstrakurikuler SDI Amanah Bangsa Bekasi”. Penelitian ini bertujuan untuk membuat pengembangan model latihan panahan berbasis media yang berhubungan dengan panahan pada siswa ekstrakurikuler SDI Amanah Bangsa bekasi. Penelitian ini dilaksanakan di sekolah SDI Amanah Bangsa. Penelitian dilakukan dengan mencari informasi, melakukan observasi dan juga wawancara kepada pelatih terlebih dahulu untuk mengetahui masalah yang ada pada latihan memanah. Peneliti membuat 12 model latihan berbasis media yang layak kemudian divalidasi oleh 3 orang ahli panahan. Kemudian pengembangan model latihan berbasis media di uji cobakan pada siswa

ekstrakurikuler panahan di SDI Amanah Bangsa Bekasi dan teknik analisa data menggunakan validitas ahli. Hasil akhir adalah bahwa pengembangan model latihan panahan berbasis media layak dan efektif digunakan untuk siswa ekstrakurikuler panahan SDI Amanah Bangsa Bekasi.

3. Penelitian yang dilakukan Yazid, dkk., (2020) berjudul “Desain *Damper Barebow* Panahan Menggunakan Metode *Reverse Engineering*”. Perkembangan olahraga panahan pertama kali dimulai dipertandingan pada Pekan Olahraga Nasional (PON) pada tahun 1948. Dengan berkembang pesatnya olahraga panahan maka pada tahun 1953 dibentuk organisasi PERPANI. Olahraga panahan memiliki beberapa aksesoris yang menunjang skill dalam panahan, salah satunya adalah *damper barebow*. *Damper barebow* merupakan pemberat yang dipasang pada ujung *riser* untuk mengurangi efek getaran yang terjadi ketika melakukan *release* panah. Terdapat kekurangan pada *damper barebow eksisting* yaitu adanya karat yang timbul dikarenakan penggunaan material yang tidak tepat yaitu besi. Berdasarkan fungsi dan kekurangan tersebut penelitian ini akan membuat design *damper barebow* menggunakan metode *reverse engineering*. Pada penelitian ini menghasilkan desain *damper barebow* dengan diameter 35mm, tebal 40mm, menggunakan material *stainless steel* dan hasil uji *stress analysis*.
4. Penelitian yang dilakukan Zhao, et al., (2016) berjudul “*E-archery: Prototype wearable for analyzing archery release*”. Makalah ini menjelaskan prototipe perangkat yang dapat dipakai yang menggunakan akselerometer untuk melacak gerakan tangan untuk menangkap "pelepasan" pemanah dan

menggunakan informasi ini untuk membantu pemanah dalam sesi pelatihan di mana pelatih tidak hadir. Rilis adalah komponen penting dari bentuk pemanah dan dikategorikan menjadi pelepasan yang baik, buruk, atau petik. Makalah ini bertujuan untuk memberikan pendekatan berbasis data untuk melatih pemanah, sebuah proses yang saat ini terdeteksi secara visual dan dilacak secara manual. 50 sampel dari masing-masing dari tiga jenis rilis digunakan untuk melatih dan memvalidasi pengklasifikasi yang mencapai perolehan klasifikasi lebih dari 90% untuk ketiga jenis tersebut.

5. Penelitian yang dilakukan Humaid, et al., (2021) berjudul “*Validity of the scoring system technology for detecting points in archery*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan menguji validitas dan reliabilitas sistem skoring teknologi (SST) untuk mendeteksi titik secara otomatis. SST diproduksi dengan menggabungkan beberapa komponen seperti aluminium, mikrokontroler, light-emitting diode (LED) display monitor, dan catu daya. Selanjutnya, setelah pembuatannya, aspek eksperimental yang melibatkan pemanah dari berbagai tingkat keahlian, yang terdiri dari profesional (n=5) dan amatir (n=5). Mereka diperintahkan untuk menembakkan tiga anak panah dari jarak 30 meter di muka target *Fédération Internationale de Tir à l'Arc* (FITA) yang dilengkapi dengan SST. Itu pertunjukan dilaporkan langsung ke pemanah melalui panel LED. Secara bersamaan dua bersertifikat FITA juri mengamati tembakan di belakang pemanah dan merekam penampilan mereka. Statistik deskriptif dan ANOVA memeriksa skor yang dikumpulkan dari SST dan pengamatan juri. Hasil

analisis statistik yang diperoleh dengan menggunakan ANOVA satu arah menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan ($p = 1,0$) antara poin yang dihasilkan oleh SST dan Juri. Temuan menunjukkan bahwa SST bisa memberikan penilaian yang valid sistem untuk kompetisi panahan.

6. Penelitian yang dilakukan Prasetyo, dkk., (2022) berjudul "*Development of measuring tools for muscle strength and endurance arm for archery sport holding bow digitec test*". Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan alat ukur kekuatan dan daya tahan otot lengan untuk "*Archery Holding Tes Bow Digitec*". Ini menciptakan terobosan baru bahwa " *Holding Bow Digitec Test*" adalah alat untuk mengukur kekuatan dan daya tahan otot lengan dengan validitas dan reliabilitas tinggi untuk olahraga panahan. Penelitian ini merupakan jenis penelitian dan penelitian pengembangan (R&D) yang menggunakan model pengembangan Borg & Gall yang terdiri dari 10 prosedur. Subjek yang terlibat dalam penelitian ini berjumlah 33 subjek yang terdiri dari 18 pemanah laki-laki dan 15 pemanah perempuan. Teknik pengumpulan data menggunakan kuesioner, metode delphi, dan tes pengukuran. Analisis data menggunakan rumus persentase untuk kuesioner. Uji validitas menggunakan validitas isi yang dianalisis dengan menggunakan Rumus v Aiken dan validitas konkuren yang dianalisis menggunakan korelasi *product moment*. Keandalan pengujian menggunakan pendekatan *test-retest* yang dianalisis menggunakan korelasi *product moment*. Hasil penelitian tersebut adalah alat untuk mengukur kekuatan dan daya tahan otot lengan dalam olahraga panahan disebut dengan " *Holding Bow Digitec Tes*".

Kontribusi dari penelitian ini adalah menghadirkan alat panahan praktis untuk mengukur kekuatan lengan dan otot kekuatan atlet panahan dewasa. Besar harapan peneliti agar penelitian ini dilanjutkan dengan jangkauan yang luas manfaat dari segi subjek, tempat dan manfaat, tidak hanya dalam satu kategori tetapi alat yang dikembangkan dapat digunakan oleh kategori anak-anak dan remaja.

7. Penelitian yang dilakukan Ohara, et al., (2020) berjudul “*Development of an Archery Robot for the Selection of Arrows*”. Pemilihan anak panah yang tepat dalam olahraga panahan penting untuk pencapaian hasil yang berkualitas tinggi. Dalam hal ini, diperlukan mesin tembak yang kompatibel dengan berbagai macam busur dan anak panah yang tersedia. Namun, kekuatan busur dan panjang anak panah bervariasi di antara atlet yang berbeda. Penting juga untuk mengembangkan mesin tembak yang mereproduksi gerakan jari kanan yang melepaskan anak panah, dan lompatan busur ke depan setelah menembakkan anak panah. Dalam penelitian ini, dikembangkan mesin tembak yang mempertimbangkan faktor-faktor tersebut. Kemanjurannya diperiksa dalam hal kemampuannya untuk menentukan karakteristik setiap panah, dan membedakan antara panah normal dan cacat. Berdasarkan hasil percobaan, kami mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi tembakan anak panah. Selain itu, mesin tembak yang dikembangkan mampu membedakan antara panah normal dan cacat.
8. Penelitian yang dilakukan Afandi, et al., (2021) berjudul “*Development of Scoring System for Archery Competition Results Website Based*”. Tujuan dari

penelitian ini adalah untuk mengembangkan panahan berbasis website sistem penilaian persaingan dan menganalisis keefektifan berbasis website sistem penilaian pertandingan panahan. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan atau Penelitian dan Pengembangan (R&D). Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan (R&D) scoring system kompetisi panahan berbasis web hasil. Jenis data dalam penelitian ini adalah data kuantitatif dan kualitatif data, data kuantitatif berupa hasil evaluasi ahli panahan, ahli teknologi dan pengguna sistem penilaian, data kualitatif berupa observasi. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dalam bentuk persentase. Hasil penelitian ini berupa produk berbasis website produk sistem penilaian kompetisi panahan dan aplikasi pencetak gol untuk masuk skor ke dalam sistem penilaian berbasis android. Hasil analisis data pada skor rata-rata penilaian ahli pada uji coba 1 (satu) adalah 74,6% dan hasil dari analisis data skor rata-rata penilaian ahli pada uji coba 2 (dua) adalah 88,2%. Hasil analisis data dari pengguna sistem skoring terkait dengan efektivitas penggunaan produk sistem skoring sebesar 87,2%. Kesimpulan, penelitian ini menghasilkan kompetisi panahan berbasis website sistem penilaian yang lebih efektif dalam mengolah dan menyajikan hasil skor pertandingan panahan.

9. Penelitian yang dilakukan Wang (2021) berjudul "*Application of new carbon fiber material in sports equipment*". Penerapan sejumlah besar bahan komposit serat karbon dalam olahraga kompetitif meningkatkan tingkat olahraga kompetitif dan mendorong perkembangan olahraga. Pilih matriks

komposit serat karbon untuk mengoptimalkan desain struktur peralatan olahraga, dan dapatkan bentuk, ketebalan, dan jumlah lapisan jaringan penguat yang optimal; berdasarkan informasi yang diperoleh dan jumlah lapisan *grid* tulangan, menetapkan model elemen hingga pelat tulangan peralatan olahraga, menganalisis hubungan antara stabilitas pelat tulangan peralatan olahraga dan kekakuan lentur, mendapatkan kekakuan struktur yang optimal pada ruang desain peralatan olahraga, dan menyelesaikan optimalisasi kekakuan.

10. Penelitian yang dilakukan Pinto, et al., (2020) berjudul “*Carbon/hemp bio-hybrid composites: Effects of the stacking sequence on flexural, damping and impact properties*”. Penelitian ini difokuskan pada desain dan produksi laminasi *hybrid* di mana penguatnya merupakan kombinasi dari serat karbon dan serat rami. Empat urutan susunan yang berbeda dipertimbangkan dan rami murni dan laminasi karbon murni dibuat sebagai referensi. Uji pembengkokan tiga titik, geser interlaminar, redaman, dan tumbukan pada tingkat energi yang berbeda dalam kisaran 5–20 J dilakukan untuk memahami bagaimana keberadaan dan posisi kain rami memengaruhi respons mekanis. Telah ditunjukkan bahwa dimungkinkan, misalnya, untuk menyetel modulus lentur, energi yang diserap, dan perluasan kerusakan setelah tumbukan sangat dekat dengan karbon murni, dengan menempatkan lapisan rami dekat dengan sumbu netral. Jika tidak, untuk meningkatkan energi yang diserap dalam kondisi dinamis lentur dan impak, hasil terbaik dicapai saat lapisan rami ditempatkan di sisi atas laminasi.

Penelitian di atas berbeda dengan penelitian yang akan dilakukan, baik dari subjek, lokasi, maupun masalah utama dalam penelitian. Jadi dapat disimpulkan penelitian ini benar-benar orisinal dalam arti belum ada yang pernah meneliti sebelumnya dan tidak adanya plagiarisme.

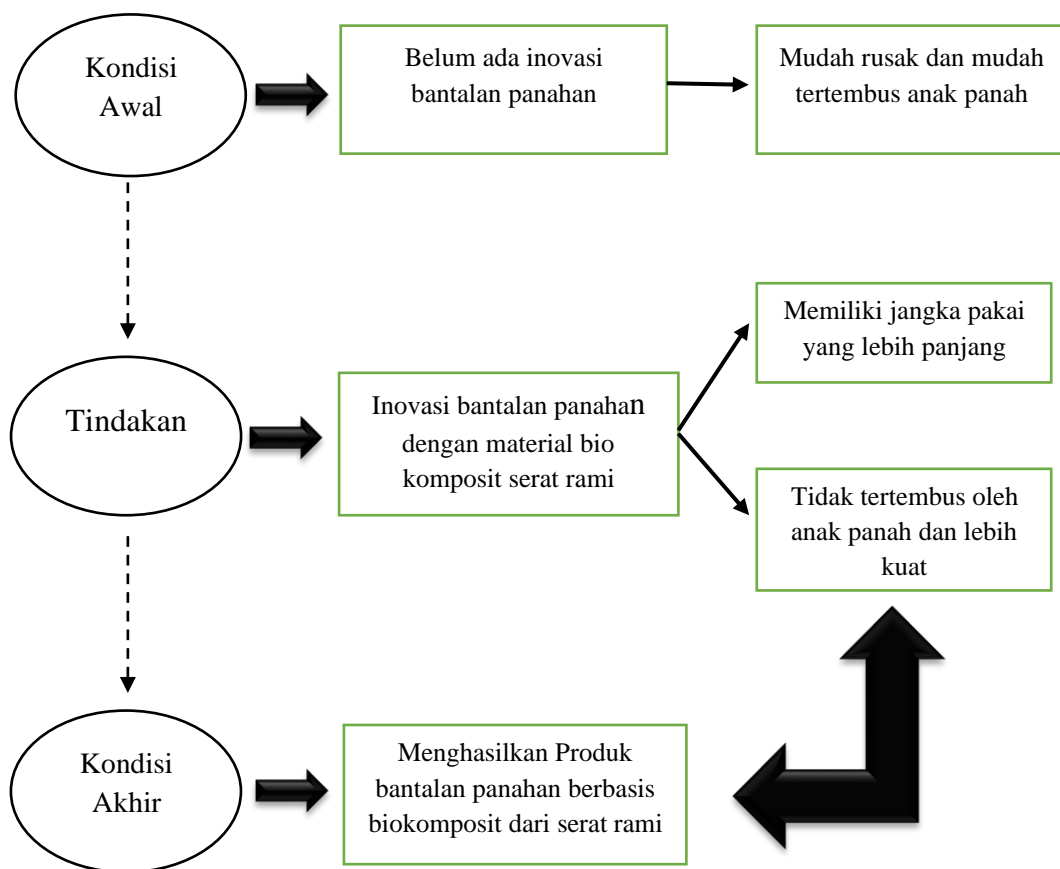
C. Kerangka Pikir

Olahraga panahan memerlukan peralatan yang standar, artinya dapat digunakan secara maksimal dengan memenuhi kriteria keamanan dan keandalan. Peralatan tersebut seperti busur, anak panah, aksesoris panahan, bantalan target dan lapangan yang aman. Salah satu peralatan dalam panahan yang cukup menjadi perhatian adalah bantalan. Bantalan panahan pada setiap negara memiliki ciri khas masing-masing, ada yang terbuat dari jerami dan ada yang terbuat dari *spun* yang kuat dan keras. Dalam penentuan bahan bantalan target panahan yang terpenting yaitu dapat meredam laju anak panah dan ketika anak panah menancap pada sasaran tidak mengubah sifat anak panah atau menimbulkan kerusakan.

Salah satu bentuk latihan dalam panahan yang paling membuat bantalan target cepat rusak adalah latihan *blind shoot*. Selama ini di Indonesia belum dibuat standarisasi bantalan target yang memenuhi kriteria keamanan dan keandalan. Indonesia memiliki sumber alam dan keanekaragaman hayati yang melimpah terutama bahan serat alam. Diantara berbagai serat alam yang sangat berpotensi diolah menjadi penguat dalam bahan komposit adalah serat Rami (*Boehmeria nivea*).

Rami merupakan tanaman yang serbaguna, daunnya merupakan bahan kompos dan pakan ternak bergizi tinggi, pohonnya baik untuk bahan bakar, dan

ramah lingkungan tetapi yang paling bernilai ekonomi tinggi adalah serat dari kulit kayunya. Nilai kekuatan tarik serat rami berada pada kisaran 95 kg/mm² atau setara dengan 931 MPa. Model bantalan panahan yang dikembangkan dapat meningkatkan daya redam anak panah dengan dikombinasikan dengan serat rami. Potensi alam yang dimiliki oleh Indonesia belum dimanfaatkan dengan maksimal, padahal Indonesia memiliki berbagai macam sumber daya alam yang dapat digunakan sebagai pendukung untuk meningkatkan kualitas sarana olahraga. Kerangka berpikir dalam penelitian ini digambarkan sebagai berikut:



Gambar 23. Bagan Kerangka Berpikir

D. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka berpikir di atas, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian yaitu:

1. Bagaimana mengembangkan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah?
2. Bagaimana kelayakan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah?
3. Bagaimana efektivitas bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah?

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Model Pengembangan

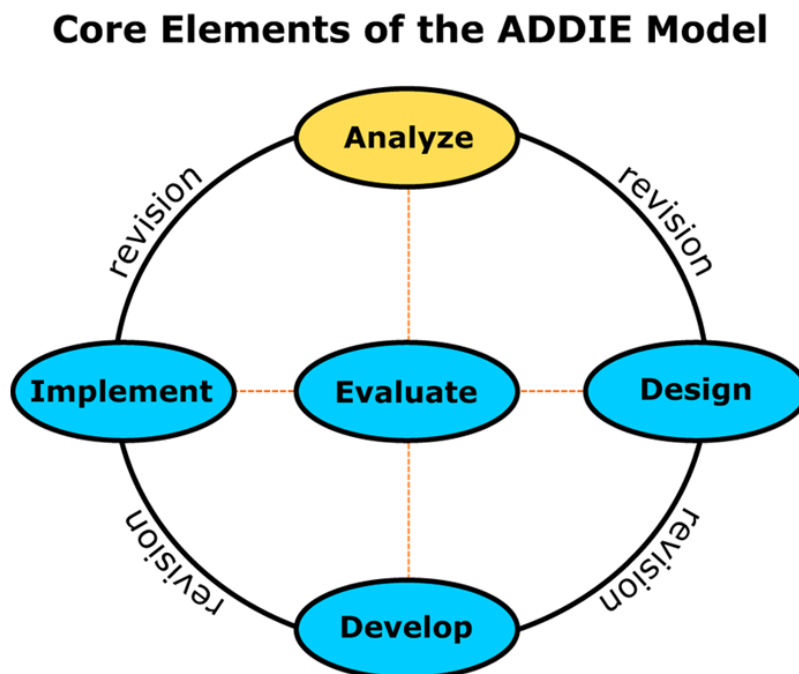
Jenis penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Sebagaimana yang dikatakan oleh Tangkudung (2018: 6) bahwa penelitian pengembangan merupakan penelitian yang dipergunakan untuk menciptakan produk baru dan atau mengembangkan produk yang telah ada berdasarkan analisis kebutuhan yang terdapat di lapangan (observasi, wawancara, kuisisioner kebutuhan awal). Penelitian ini mengikuti suatu langkah-langkah secara siklus. Diantara model-model pengembangan salah satu model rancangan produk penelitian dan pengembangan adalah model pengembangan Lee dan Owens, yaitu ADDIE; (1) Melakukan *Analyze* atau analisis, (2) Melakukan *design* atau desain produk, (3) Melakukan *Development* atau pengembangan produk, (4) *Implement* atau pelaksanaan, (5) *Evaluation* atau evaluasi produk.

Model ini dipilih karena bisa dikembangkan secara sistematis dan berpijak pada landasan teoritis *design*. Model ADDIE ini sederhana dan mudah dipelajari karena merupakan salah satu model desain sistematis dan memiliki lima tahapan yang mudah dipahami, sehingga dapat memudahkan untuk mengembangkan sebuah produk. Salah satu fungsinya ADDIE yaitu menjadi pedoman dalam membangun perangkat dan infrastruktur program pelatihan yang efektif, dinamis dan mendukung kinerja pelatihan itu sendiri. Dalam penggunaannya model pengembangan ADDIE dianggap berurutan tetapi juga interaktif dimana hasil

evaluasi setiap tahap dapat membawa pengembangan latihan ke tahap sebelumnya (Rayanto, 2021: 47).

B. Prosedur Pengembangan

Pada prosedur penelitian dan pengembangan terdapat beberapa tahapan yang harus dikerjakan dalam suatu penelitian berdasarkan teori dari beberapa ahli. Model pengembangan yang digunakan berdasarkan teori Lee & Owens (Sugiyono, 2016: 410) yang menggunakan lima fase dalam sebuah siklus, yaitu ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*), seperti pada gambar sebagai berikut:



Gambar 24. Bagan Pengembangan Produk Model ADDIE
(Sumber: Branch, 2019: 32)

Berdasarkan model pengembangan yang digunakan, berikut adalah penjabaran dari kelima tahapan pengembangan tersebut yang disesuaikan dengan penelitian ini.

1. *Analysis (Analisis)*

Tahapan analisis bertujuan untuk mendapatkan informasi kebutuhan-kebutuhan yang digunakan untuk mengembangkan produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami. Pada tahap ini, kegiatan utama adalah menganalisis perlunya pengembangan produk yang praktis dan menganalisis syarat-syarat serta kelayakan produk pengembangan. Tahap ini dimaksudkan untuk mencari sumber-sumber pendahulu yang berupa pokok persoalan yang dihadapi serta analisis kebutuhan. Pada tahap ini penulis mencari informasi di beberapa sumber yang berhubungan dengan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami. Tahap ini dilakukan untuk analisis produk yang akan dikembangkan dalam pembuatannya. Oleh karena itu, untuk memenuhi kebutuhan, maka kegiatan awal yang dilakukan peneliti adalah studi literatur dan studi lapangan.

Analisis produk dimaksudkan untuk mengetahui seberapa penting diperlukan suatu produk untuk mengatasi masalah yang ditemui dalam kegiatan latihan. Tahap ini dimaksudkan untuk mencari sumber-sumber pendahulu yang berupa pokok persoalan yang dihadapi secara analisis kebutuhan dengan menggunakan angket analisis kebutuhan yang disebar ke atlet dan pelatih melalui aplikasi *Google Form*. Hal ini dapat dilakukan melalui observasi dan angket.

Kegiatan observasi, ditemukan permasalahan yaitu terbatasnya bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami, sehingga peneliti membuat model permainan untuk meminimalisir hal tersebut. Hasilnya didapat berupa pengembangan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami.

a. Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan pengumpulan data-data berupa teori pendukung untuk produk yang akan dibuat. Sumber-sumber yang digunakan peneliti adalah jurnal penelitian, buku tentang bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami, serta sumber-sumber lain yang relevan dengan penelitian.

b. Studi Lapangan

Studi lapangan adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui kebutuhan atlet, pendukung, dan penghambat uji coba produk di lapangan ketika produk yang dihasilkan siap untuk diuji coba. Pra-kegiatan yang dilakukan adalah berupa wawancara yang dilakukan di klub panahan dengan pelatih dan atlet, sehingga diharapkan dapat mengetahui kebutuhan di lapangan yang sebenarnya.

2. Design (Desain)

Dalam perancangan, tahap desain meliputi perancangan butir-butir materi yang akan disajikan, penyusunan naskah, penyusunan alur penyampaian materi dalam bentuk *flowchart*, pembuatan *storyboard* produk, dan pengumpulan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam pengembangan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami. Kegiatan tersebut merupakan proses sistematis yang dimulai dari menetapkan tujuan, merancang skenario, merancang desain, merancang isi/substansi materi dan merancang alat evaluasi untuk mengukur kelayakan. Rancangan produk ini masih bersifat prosedural dan akan mendasari proses pengembangan berikutnya. Hasil analisis yang telah diperoleh digunakan sebagai acuan untuk menentukan desain produk.

3. *Devolement* (Pengembangan)

Dalam tahap pengembangan, kerangka yang dihasilkan pada tahap desain dan masih prosedural direalisasikan agar menjadi produk yang siap diimplementasikan. Produk berupa bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami yang akan dikembangkan, dilakukan penilaian kelayakan oleh penelaah untuk mendapatkan nilai dan masukan. Desain produk yang telah disusun, dikembangkan berdasarkan tahap-tahap berikut:

- a. Peneliti menggabungkan bahan-bahan yang sudah terkumpul sesuai dengan pembuatan model. Setelah itu peneliti mengoreksi ulang model hasil pengembangan sebelum divalidasi, jika sudah sesuai selanjutnya produk telah siap untuk divalidasi.
- b. Membuat angket validitas produk untuk ahli *engineering* dan ahli materi, angket untuk respon pelatih dan atlet.
- c. Validasi desain dilakukan oleh ahli *engineering* dan ahli materi. Tujuan dilakukan validasi untuk mendapatkan penilaian dan saran dari ahli materi serta ahli *engineering* mengenai kesesuaian materi produk.
- d. Setelah mendapat masukan dari ahli, maka diketahui kelemahannya. Kelemahan tersebut selanjutnya dikurangi dengan cara memperbaiki produk yang dikembangkan. Produk yang sudah direvisi dan mendapat predikat baik, maka produk tersebut dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu tahap implementasi.

4. *Implementation* (Implementasi)

Prototipe yang sudah dihasilkan dalam tahap pengembangan akan diimplementasikan kepada pengguna pada situasi nyata di lapangan. Selama implementasi, rancangan produk yang telah dikembangkan diterapkan pada kondisi yang sebenarnya. Pada tahap implementasi, ada dua kegiatan yang dilakukan oleh pengembang. Pertama, tahap implementasi dilakukan kepada sekelompok kecil subjek. Implementasi yang dilakukan kepada kelompok kecil ini bertujuan untuk mengetahui kesalahan-kesalahan kecil dan kelayakan produk yang dikembangkan untuk selanjutnya diimplementasikan kepada atlet dengan skala yang lebih besar. Kedua, tahap implementasi dilakukan kepada sekelompok subjek yang lebih besar.

Implementasi yang dilakukan kepada kelompok yang lebih besar bertujuan untuk mengetahui respon yang diberikan atlet terhadap produk yang dikembangkan apakah atlet memberikan respon yang baik atau respon tidak baik. Selama pengambilan data berlangsung, peneliti membuat catatan tentang kekurangan dan kendala yang masih terjadi ketika produk tersebut diimplementasikan, selain itu atlet juga diberi angket respon mengenai penggunaan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami.

5. *Evaluation* (Penilaian)

Setiap tahapan dalam pengembangan model selalu dilakukan evaluasi, agar produk yang dikembangkan selalu ter-*update* dengan berbagai perubahan yang terjadi. Evaluasi ini dilakukan terus menerus agar kesalahan-kesalahan sekecil apapun dapat segera diperbaiki tanpa menunggu produk akhir selesai

diproduksi. Selama proses pengembangan produk harus selalu dilakukan evaluasi yang disebut *on going evaluation*. Hal ini dilaksanakan sejak perencanaan hingga model diproduksi. Walaupun produk yang dikembangkan sudah melalui beberapa tahap oleh ahli, serta dapat dikatakan sudah selesai, namun produk tersebut harus dinilai oleh praktisi lapangan dan pengguna, sehingga memungkinkan terdeteksi suatu kesalahan-kesalahan kecil yang tidak terdeteksi pada tahap-tahap sebelumnya.

Evaluasi dilakukan dalam dua bentuk yaitu evaluasi formatif dan sumatif. Evaluasi formatif dilaksanakan pada setiap tahap, sejak tahap analisis hingga implementasi, untuk melihat kesalahan-kesalahan kecil pada produk produk. Evaluasi sumatif dilakukan di akhir kegiatan penelitian yaitu untuk dapat melihat kualitas dan kelayakan produk secara keseluruhan. Revisi dibuat sesuai dengan hasil evaluasi atau kebutuhan yang belum dapat dipenuhi oleh produk tersebut. Apabila sudah tidak terdapat revisi lagi, maka produk layak digunakan.

6. Efektivitas Produk

Setelah dihasilkan produk berupa bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami selanjutnya dilakukan uji efektivitas dari produk tersebut. Uji efektivitas dilakukan dengan cara membandingkan antara bantalan panahan komposit serat rami dan *eva foam* biasa yang ditembakkan dengan busur *recurve* menggunakan anak panah karbon dengan jarak tembak 10 meter diukur dari anak panah yang menembus bantalan. Uji efektivitas juga dilakukan dengan uji kepraktisan produk berdasarkan penilaian pelatih.

C. Desain Uji Coba Produk

Data yang diperoleh dari uji coba digunakan untuk memperbaiki dan menyempurnakan produk yang dikembangkan dalam penelitian ini. Dengan uji coba ini kualitas produk yang dikembangkan benar-benar teruji secara empiris.

1. Desain Uji Coba

Dalam pengembangan ini dilakukan validasi kepada ahli materi dan ahli *engineering* untuk dinilai serta diberi masukan/komentar, sehingga diketahui layak tidaknya produk yang dikembangkan. Uji coba di lapangan menggunakan angket guna mengetahui tingkat kebutuhan pada bantalan panahan.

2. Subjek Uji Coba

Subjek uji coba merupakan sasaran dalam pemakaian produk, dimana subjek dalam pengembangan ini ialah pelatih dan atlet panahan. Penelitian ini menggolongkan subjek uji coba yang digunakan dalam penelitian pengembangan menjadi dua, yaitu:

a. Subjek Uji Coba Ahli

- 1) Ahli Materi. Ahli materi yaitu dosen berperan untuk menentukan apakah materi tentang bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami yang dikemas sudah sesuai dengan tingkat kedalaman materi dan kebenaran materi.
- 2) Ahli *Engineering*. Ahli *engineering* yang dimaksud adalah dosen atau pakar yang biasa menangani dalam hal *engineering*.

b. Subjek Uji Coba Atlet

Subjek coba dalam penelitian dan pengembangan ini sebagaimana telah tergambar dalam desain uji coba. Pengujian skala kecil dilakukan ke seluruh atlet

ada di UKM Panahan UNY yang berjumlah 3 pelatih. Uji coba skala besar diujikan ke UKM Panahan UNY dan Perpani Klaten sebanyak 10 pelatih. Subjek uji efektivitas berjumlah 10 pelatih.

3. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Data yang digunakan berupa data kualitatif dan data kuantitatif. Jenis data kualitatif berasal dari hasil wawancara dengan pelatih dan atlet, serta data masukan ahli materi dan ahli model terhadap produk yang dikembangkan. Data kuantitatif diperoleh dari hasil penilaian terhadap produk dan uji efektivitas.

a. Instrumen Pengumpulan Data Studi Pendahuluan

Memperoleh hasil kelayakan dari bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami, maka perlu dilakukan pengujian dan pengamatan. Studi pendahuluan atau analisis kebutuhan menggunakan instrumen pengumpulan data berupa pedoman wawancara. Menurut Sugiyono (2018: 281) wawancara digunakan sebagai teknik pengumpulan data apabila peneliti ingin melakukan studi pendahuluan untuk menemukan permasalahan yang harus diteliti, tetapi juga apabila peneliti ingin mengetahui hal-hal dari responden yang lebih mendalam. Teknik pengumpulan data ini mendasarkan diri pada laporan tentang diri sendiri atau *self-report*, atau setidaknya pada pengetahuan dan keyakinan pribadi.

Wawancara yang dilakukan oleh peneliti adalah wawancara terstruktur dan tidak terstruktur, menurut Sugiyono (2018: 319) wawancara terstruktur digunakan sebagai teknik pengumpulan data, bila peneliti atau pengumpul data telah mengetahui dengan pasti tentang informasi apa yang akan diperoleh, pengumpul data telah menyiapkan instrumen penelitian berupa pertanyaan-pertanyaan tertulis

yang alternatif jawabannya pun telah disiapkan. Wawancara tidak terstruktur adalah wawancara yang bebas dimana peneliti tidak menggunakan pedoman wawancara yang telah tersusun secara sistematis dan lengkap untuk mengumpulkan data. Pelaksanaan wawancara dilakukan secara terbuka, sehingga informan mengetahui bahwa sedang diadakan penelitian dan informan menjadi salah satu sumber informasi, sehingga data-data sehubungan dengan kritik dan masukan-masukan yang bermanfaat bagi kualitas produk tersebut.

b. Instrumen Produk

Instrumen berupa angket disusun untuk mengetahui kualitas produk yang dihasilkan. Angket berisi daftar pernyataan disertai skala nilai digunakan untuk memberikan penilaian pada validasi ahli materi, ahli *engineering*, uji coba skala kecil, dan uji coba skala besar. Kuesioner menggunakan Skala *Likert* dengan lima alternatif jawaban, yaitu SB: Sangat Baik (5), B: Baik (4), C: Cukup (3), KB: Kurang Baik (2), SK: Sangat Kurang (1).

Tabel 4. Kisi-kisi Kuesioner untuk Ahli Materi

No	Kriteria	Indikator Penilaian
1	Aspek Orisinalitas	a. Belum pernah dikembangkan sebelumnya b. Belum pernah digunakan
2	Aspek Keamanan	a. Tidak merusak anak panah b. Tidak tembus
3	Aspek Kebermanfaatan	a. Dapat digunakan berbagai nomor di panahan b. Dapat meredam anak panah dengan baik c. Bantalan jadi lebih awet d. Lebih tipis dan praktis e. Ekonomis
4	Aspek Keunggulan	a. Memiliki keandalan b. Memiliki keamanan

Tabel 5. Kisi-kisi Kuesioner untuk Ahli *Engineering*

No	Kriteria	Indikator Penilaian
1	Desain Produk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bantalan Panahan sesuai <i>standart Word Archery</i> 2. Bentuk sudah disesuaikan dengan penampang jagrak 3. Bantalan Panahan memiliki desain lebih tipis 4. Bantalan Panahan yang dikembangkan lebih menarik 5. Desain bantalan panahan memiliki bentuk presisi 6. Desain bantalan panahan menghemat bahan baku utama 7. Tenunan rami rapi dan rapat 8. Ukuran bantalan panahan kurang sesuai dengan <i>standart World Archery</i>
2	Pemilihan Bahan	<ol style="list-style-type: none"> 9. Bahan baku bantalan panahan mudah di dapatkan 10. Bantalan Panahan berbahan serat rami belum pernah digunakan 11. Serat rami menggunakan kualitas terbaik 12. Serat rami diolah oleh tenaga profesional 13. Serat rami didapatkan dari wilayah penghasil rami terbaik di Indonesia 14. Serat rami menggunakan jenis <i>inagrass green</i> tanpa melalui direndam dan dicuci, sehingga lebih kuat 15. Satu helai serat rami tidak mudah putus, sehingga cocok untuk dijadikan bahan kombinasi bantalan panahan 16. Bahan rami yang digunakan mudah rusak 17. Rami dapat dengan mudah di kombinasi dengan <i>eva foam</i>
3	Performa Produk	<ol style="list-style-type: none"> 18. Bantalan Panahan dapat digunakan nomor <i>recurve</i>, <i>compound</i> dan <i>standartbow</i> 19. Bantalan Panahan aman digunakan 20. Anak panah yang menancap pada Bantalan Panahan mudah dicabut 21. Bantalan Panahan tidak tertembus anak panah ketika digunakan 22. Bantalan Panahan dapat meredam dengan baik anak panah dari tembakan busur <i>recurve</i> 23. Bantalan Panahan dapat meredam dengan baik anak panah dari tembakan busur <i>compound</i> 24. Bantalan Panahan dapat meredam dengan baik anak panah dari tembakan busur <i>standartbow</i> 25. Bantalan Panahan kuat dan tidak cepat rusak meskipun ditembakkan anak panah berkali-kali 26. Bantalan Panahan yang dikembangkan mudah

		tertembus anak panah
--	--	----------------------

c. Instrumen Efektivitas

Uji efektivitas dalam penelitian ini dilakukan dengan menguji bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami melalui uji perbandingan dan uji kepraktisan produk. Produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah diberikan kepada pelatih untuk digunakan pada saat latihan selama 1 bulan. Tahap selanjutnya peneliti memberikan kuesioner tertutup kepada pelatih panahan di Yogyakarta. Kuesioner menggunakan Skala *Likert*, seperti pada Tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Kisi-kisi Kuesioner untuk Pelatih

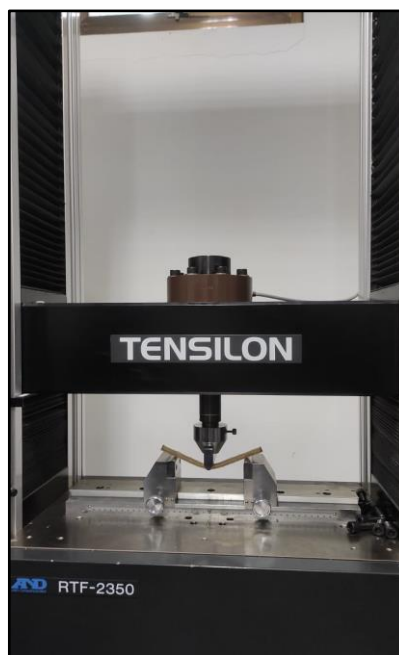
No	Kriteria	Indikator Penilaian
1	Aspek Keamanan	a. Tidak merusak anak panah b. Tidak tembus
2	Aspek Kebermanfaatan	a. Dapat digunakan berbagai nomor di panahan b. Dapat meredam anak panah dengan baik c. Bantalan jadi lebih awet d. Lebih praktis e. Ekonomis
3	Aspek Keunggulan	a. Memiliki keandalan b. Memiliki keamanan

d. Uji Tarik dan Bending Serat Rami

Pembuatan spesimen komposit dalam penelitian ini mengacu pada ASTM (*American Society for Testing and Material*) D3039/ D3039M. *Type* D3039 dipilih karena standar yang paling bersesuaian dengan bahan material ini. Spesimen yang diuji sebanyak 3 sampel pada masing-masing tipe komposit. Pertama hasil pengukuran dimensi spesimen, hal ini penting untuk memperoleh luas *cross section* dari spesimen uji. Dari pengujian tarik kemudian dihasilkan berupa data gaya dan pertambahan panjang yang dialami oleh material uji selama

proses pengujian tarik. Dari data tersebut kemudian dapat dianalisis guna menentukan tegangan tarik (kekuatan tarik) dan regangan.

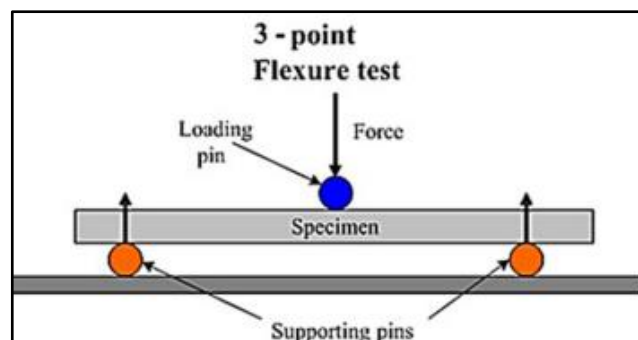
Informasi yang didapat dari pengujian Tarik ini berfungsi untuk mengetahui nilai kelenturan dan ketahanan dari material, sehingga bisa menentukan apakah material cocok atau tidak untuk bahan dasar pembuatan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah. Pengujian tarik komposit menggunakan mesin *servopulser* untuk mengetahui kekuatan tarik material komposit dan sifat mekanik lainnya.



Gambar 25. Alat Uji Tarik

Pengujian *bending* atau biasa disebut pengujian lentur merupakan pengujian yang mengukur sifat material dengan cara memberikan tekanan secara perlahan pada bahan uji untuk mendapatkan nilai kekuatan *bending*. Kekuatan *bending* adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi besar atau terjadinya kegagalan.

Pengujian *bending* memiliki dua macam pengujian, yaitu *three point bending* dan *four point bending*. Perbedaan dari keduanya terletak pada bentuk dan jumlah *point* yang digunakan. *Three point bending* menggunakan dua *point* pada bagian bawah sebagai tumpuan dan satu *point* pada bagian atas sebagai penekan. *Four point bending* menggunakan dua *point* sebagai tumpuan dan dua *point* sebagai penekan.



Gambar 26. Alat Uji Bending

4. Teknik Analisis Data

a. Analisis Validitas dan Reliabilitas

1) Analisis Validitas Isi

Validitas isi merupakan validitas yang diestimasi lewat pengujian terhadap isi tes dengan analisis rasional atau lewat *professional judgement* (Azwar, 2018: 45). Data hasil penilaian validator ahli dari lembar validasi instrumen penilaian dianalisis untuk mengetahui validitas isi dari produk yang dikembangkan. Pada penelitian ini, validitas isi dianalisis menggunakan *Validitas Aiken*. Azwar (2018: 85) menyatakan formula yang diajukan oleh Aiken adalah sebagai berikut:

$$V = \frac{S}{[n(C-1)]}$$

$$S = r - l_o$$

Lo = angka penilaian terendah (misalnya 1)
 C = angka penilaian tertinggi (misalnya 5)
 r = angka yang diberikan oleh penilai

2) Analisis Reliabilitas

Azwar (2018: 95) menyatakan reliabilitas adalah sejauh mana hasil suatu pengukuran dapat dipercaya hanya apabila dalam beberapa kali pelaksanaan pengukuran terhadap kelompok subjek yang sama. Sugiyono (2017: 121) mengemukakan bahwa, “Instrumen yang reliabel adalah instrumen yang bila digunakan beberapa kali untuk mengukur objek yang sama, akan menghasilkan data yang sama”. Uji reliabilitas dilakukan dengan menggunakan reliabilitas antar penilai (*Intraclass Correlation Coefficients*) (Tomoliyus & Sunardianta, 2020: 149). Uji reliabilitas ini yaitu untuk melihat tingkat kesepakatan (*agreement*) antar ahli atau *rater* dalam menilai setiap indikator pada instrumen. *Intraclass Correlation Coefficients* (ICC) akan memberikan gambaran berupa skor tentang sejauhmana tingkat kesepakatan yang diberikan ahli atau *rater*. Reliabilitas dihitung menggunakan bantuan SPSS 23 *for windows*.

b. Analisis Deskriptif

Budiwanto (2017: 16) menyatakan bahwa statistika deskriptif terutama digunakan untuk mendeskripsikan variabel-variabel penelitian yang diperoleh dari hasil tes dan pengukuran menggunakan angka-angka. Tujuan analisis statistik deskriptif adalah memberikan gambaran tentang keadaan atau status fenomena yang berkaitan dengan masalah penelitian berdasarkan data yang telah dikumpulkan. Teknik analisis statistika deskriptif membahas materi-materi statistika antara lain kecenderungan memusatnya nilai atau nilai tengah (tendensi sentral), ukuran variabilitas, meliputi rentangan (*range*), simpangan baku (*standard deviasi*). Untuk menghitung nilai tengah terdiri dari mean, mode,

modus. Nilai variansi terdiri dari rentang (*range*), simpangan baku atau standar deviasi (SD), dan persentil, desil, dan kuartil.

Melihat tingkat kelayakan produk dari data hasil evaluasi para ahli, digunakan skala pengukuran *rating scale*. Sugiyono (2017: 98) menyatakan bahwa dengan *rating scale* data mentah yang diperoleh berupa angka kemudian ditafsirkan dalam pengertian kualitatif. Selanjutnya hasil perhitungan di atas diinterpretasikan dengan menggunakan skala interpretasi. Berikut adalah skala interpretasi dengan menggunakan *rating scale*.

Tabel 7. Skala Interpretasi dengan *Rating Scale*

Skor Persentase (%)	Interpretasi
$75 < \text{skor} \leq 100$	Layak
$50 < \text{skor} \leq 75$	Cukup Layak
$25 < \text{skor} \leq 50$	Kurang Layak
$0 \leq \text{skor} \leq 25$	Tidak Layak

Secara matematis, menurut Sugiyono (2017: 95) dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\sum \text{skor yang diperoleh dari peneliti}}{\sum \text{skor ideal seluruh item}} \times 100\%$$

c. Analisis Inferensial

Analisis inferensial dalam penelitian ini menggunakan uji t *independent sample test*. Uji t *independent sample test* dilakukan dengan cara membandingkan antara bantalan panahan komposit serat rami dan *eva foam* biasa yang ditembakkan dengan busur *recurve* menggunakan anak panah karbon dengan jarak tembak 10 meter, 40 meter, 50 meter, dan 70 meter diukur dari anak panah yang menembus bantalan. Menurut Ananda & Fadhil (2018: 287) kriteria pengujian sebagai berikut: (1) Jika $t_{\text{hitung}} > t_{\text{tabel}} (df n-2)$ dan $\text{sig.} < 0,05$ maka terdapat

perbedaan yang signifikan. (2) Jika t hitung $<$ t tabel (df $n-2$) dan $sig. > 0,05$ maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

A. Hasil Pengembangan Produk Awal

Penelitian ini bertujuan mengembangkan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah. Peneliti mengharapkan produk yang dihasilkan berupa bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah ini dapat memberikan kualitas latihan yang baik bagi pelatih dan atlet. Bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah dalam pengembangannya menggunakan metode ADDIE, yang meliputi lima langkah yaitu tahap Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Tahap-tahap tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. *Analysis (Analisis)*

Tahap analisis dilakukan studi pendahuluan berupa analisis kebutuhan, analisis materi, dan analisis atlet, serta analisis teknik dalam pengembangan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah. Tahap analisis kebutuhan dilakukan pada pengembangan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yaitu dengan pengumpulan data dari hasil observasi, angket, dan dokumentasi yang dapat dijadikan sebagai latar belakang untuk mengembangkan pengembangan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah.

a. Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan pengumpulan data-data berupa teori pendukung untuk produk yang akan dibuat. Melalui studi literatur dikaji pula ruang lingkup suatu produk, keluasaan penggunaan, kondisi pendukung, dan lain-lain. Melalui studi literatur diketahui pula langkah-langkah yang paling tepat untuk mengembangkan produk. Studi literatur juga akan memberikan gambaran hasil-hasil penelitian terdahulu yang bisa sebagai bahan perbandingan untuk mengembangkan suatu produk tertentu. Sumber-sumber yang digunakan peneliti adalah jurnal penelitian, buku tentang bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami, serta sumber-sumber lain yang relevan dengan penelitian.

Berdasarkan studi literatur, Tanaman rami (*Boehmeria nivea*, L. Gaud) merupakan salah satu tanaman penghasil serat alam yang dapat menjadi sumber bahan baku produk tekstil seperti halnya kapas karena memiliki kemiripan dengan kapas, bedanya kapas merupakan serat pendek sedangkan rami adalah serat panjang. Dibanding dengan kapas, serat rami lebih kuat, mudah menyerap keringat dan tidak mudah kena bakteri atau jamur. Selain diambil serat dari kulit batangnya, semua bagian tanaman rami dapat dimanfaatkan (Mahendra & Risdianto, 2019: 3).

Serat rami juga memiliki tingkat elastisitas yang baik dan lebih sejuk bila dipakai (Jiang, et al., 2020: 517; Chaudhary, et al., 2018: 403; Zhao, et al., 2021: 268). Serat rami juga dapat dijadikan sebagai campuran bahan kain lainnya, seperti katun, *rayon*, *linen*, dan *polyester*. Dibandingkan dengan kapas, serat rami lebih kuat, sehingga banyak dimanfaatkan untuk bahan pakaian atau perlengkapan

militer. Bahkan, sudah ada penelitian yang menyebutkan bahwa serat rami anti peluru (Pramono, dkk., 2020: 51). Komposisi kimia serat rami dapat dilihat pada Tabel 8 berikut:

Tabel 8. Sifat Fisik, Kimia, dan Mekanik Serat Rami

Karakter	Nilai
Diameter (μm)	40 – 60
Panjang (mm)	120 – 150
Modulus Elastisitas (Gpa)	44 – 90
Massa Jenis (g/cm^3)	1.5 – 1.6
Regangan Maksimum (%)	2
Spesifik Kekuatan Serat (kg/mm^2)	95
Selulosa (% berat)	68.6 – 76.2
Lignin (% berat)	0.6 – 0.7
Hemiselulosa (% berat)	13.1 – 16.7
Pektin (% berat)	1.9
Lilin (% berat)	0.3
Sudut mikrofibril ($^\circ$)	7.5
Kadar air (% berat)	8.0
Kerapatan (mg/m^3)	1,5

(Sumber: Pramono, dkk., 2020: 50)

Peneliti menemukan beberapa penelitian relevan terkait serta rami, diantaranya:

Hasil penelitian Setyani & Aryanti (2019) meneliti tentang komposit kombinasi *ramie*, *cotton*, dan *rayon double ply* untuk pelindung tubuh rompi anti peluru menunjukkan bahwa kuat tarik komposit memiliki nilai optimum selama 30 menit perlakuan serat dalam larutan NaOH 5% yaitu 13,31 MPa, benda uji tarik yang dihasilkan sesuai dengan ASTM D-638. Nilai kekuatan tarik serat rami berada pada kisaran 95 kg/mm^2 atau setara dengan 931 MPa. Secara kimia rami diklasifikasikan ke dalam jenis serat selulosa sama halnya seperti kapas, lenin, hemo dan lain-lain. rami memiliki sejumlah keunggulan yang membedakannya dengan serat batang lainnya. Rami memiliki kompatibilitas yang baik dengan

seluruh jenis serat baik serat alam maupun sintesis sehingga mudah untuk dicampur dengan jenis serat apapun. Jika dibandingkan dengan kapas, *flax*, dan *hemp*, maka rami memiliki kekuatan yang paling tinggi (Wicaksono, dkk., 2021: 197).

Hariyanto (2017: 1) memanfaatkan keunggulan kekuatan serat rami untuk membuat komposit serat rami. Dimensi serat rami tidak berubah pada kenaikan kelembaban hingga 25%. Daya serap terhadap airnya terbilang tinggi, yaitu 12% sedangkan daya serap kapas hanya 8%. Rami juga memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan bakteri, jamur, serangga dan pelapukan, stabilitas dimensi tinggi, serta ketahanan luntur warna yang baik terhadap sinar dan pencucian.

Serat rami mulai terdegradasi pada suhu di atas 150 °C, hemiselulosa dan pektin terurai pada sekitar 260 °C, sedangkan selulosa terurai pada sekitar 360 °C (Karam, et al., 2021: 11; Asim, et al., 2020: 625; Kabir, et al., 2021: 2). Komposit termoplastik yang diperkuat serat rami biasanya terbuat dari matriks *polietilen*, *poliuretan*, atau *polipropilen*. Ini menunjukkan potensi untuk menggantikan komposit serat sintesis di banyak aplikasi ringan dan berbiaya rendah (Haghighatnia, et al., 2017: 853).

Matriks termoset yang sering digunakan untuk komposit yang diperkuat serat rami adalah resin epoksi, fenolik, vinil ester, atau resin poliester tak jenuh. Komposit yang terbuat dari serat rami dengan matriks termoset tahan mulur, tahan pelarut, dan tangguh (Manaiia, et al., 2019: 106). Mwaikambo dan Ansell menemukan bahwa serat rami dengan perlakuan alkali 4% dan 6% memiliki modulus dan kekuatan tarik tertinggi (Shah, et al., 2021: 2; Moonart &

Utara, 2019: 7271; Cavalcanti, et al., 2019: 1). Perlakuan propionilasi dan asetilasi pada serat rami menghasilkan penurunan hidrofilitas tetapi pada saat yang sama, kristalinitas sedikit menurun.

Serat rami memiliki keunggulan signifikan dibandingkan serat sintetis dalam memperkuat komposit dan dapat digunakan secara efisien untuk berbagai aplikasi karena kekuatan spesifik yang tinggi, kepadatan rendah, biaya produksi rendah, sifat bio-terbarukan dan perilaku ramah lingkungan. Aplikasi komposit yang diperkuat rami telah ditelusuri di industri otomotif pada tahun 1940-an, di mana Henry Ford memproduksi komponen mobil dari serat rami dengan biomatriks berbasis kedelai (Drzal, et al., 2001: 2). Hal ini terutama digunakan di sektor otomotif untuk memperkuat panel pintu, dek belakang penumpang, pilar, dan lapisan boot (Dhakal & Zhang, 2015: 5). Dibandingkan dengan serat alami lainnya, penggunaannya telah meningkat pesat di industri otomotif Jerman dan Austria (Aaliya, et al., 2021: 40; Várdai, et al., 2021: 2499; Eselini, et al., 2020: 701). Karena kapasitas peredam getaran yang lebih tinggi dari serat rami, peneliti juga fokus pada komposit rami dalam pembuatan barang olahraga dan alat musik (Pil, et al., 2016: 193; Gedik & Avinc, 2020: 87; Keya, et al., 2019: 70).

Claudio dan Marco mengembangkan rak elektronik untuk helikopter dengan memanfaatkan bahan komposit kain rami/epoksi. Studi tersebut mengungkapkan bahwa rak elektronik dari komposit rami ini 55,6% lebih ringan dari rak elektronik baja yang ada (Scarponi & Messano, 2015: 542). Serat rami yang diperkuat dengan komposit polikaprolakton membuktikan aplikasi potensial mereka dalam fabrikasi perangkat ortotik (Sarasini, et al., 2015: 2). Kursi rami

dikembangkan dari benang rami dengan resin epoksi (Dahy, 2019: 738), dan Xia., (2017: 121) berinovasi komposit hibrida dari tikar serat rami dan lembaran aluminium dengan resin epoksi yang menawarkan kinerja perisai interferensi elektromagnetik (EMI) yang sangat baik.

Studi yang dilakukan Banowati, dkk., (2020) penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dari struktur komposit *hibrid rami-e-glass/epoksi* dan komposit serat rami/epoksi yang mengacu pada standar ASTM (*American Society for Testing Material*) D3039/D3039M. Material komposit tersebut menggunakan manufaktur dengan metode *hand lay-up* dan *vacuum bagging*. Hasil dari analisis pengujian tarik menunjukkan kekuatan tarik rata-rata komposit hibrid rami-e-glass/epoksi *Unidirectional 0°* sebesar 216,14 MPa, dan untuk komposit serat rami/epoksi *Unidirectional 0°* sebesar 81,67 MPa. Densitas rata-rata komposit hibrid rami-e-glass/epoksi sebesar 1,3 gr/cm³, dan komposit serat rami/epoksi sebesar 1,245 gr/cm³.

Hasil penelitian Guo, et al., (2021) meneliti tentang bubuk batang rami ditambahkan ke dalam sistem busa ko-polimer EVA dengan pencetakan, dan peningkatan sifat sistem busa komposit dengan kandungan bubuk batang rami yang berbeda dari 0-30%. Hasilnya menunjukkan bahwa rami dapat menurunkan kekerasan dan kepadatan sistem busa komposit, meningkatkan ketahanan dan laju deformasi kompresi, dan memiliki sifat penyerapan air yang sangat baik dan sifat cepat kering dan sifat antibakteri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pembusaan dengan bubuk batang rami 10% - 20% memiliki sifat mekanik komprehensif terbaik, yang dapat digunakan pada sepatu. Sepe, et al., (2018)

meneliti tentang pengaruh perlakuan kimia pada sifat mekanik serat rami komposit yang diperkuat, hasil pengujian mekanis menunjukkan bahwa perlakuan silan pada serat rami meningkat, baik tarik maupun sifat lentur komposit.

b. Studi Lapangan

Studi lapangan adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui kebutuhan atlet, pendukung, dan penghambat uji coba produk di lapangan ketika produk yang dihasilkan siap untuk diuji coba. Peneliti terlebih dahulu melakukan observasi, mengenai materi panahan yaitu referensi media cetak atau media *online*, mencari penelitian yang relevan dan mengenal potensi atau masalah yang terjadi di lapangan. Dari pendahuluan dan potensi masalah tersebut peneliti menemukan beberapa hal yaitu:

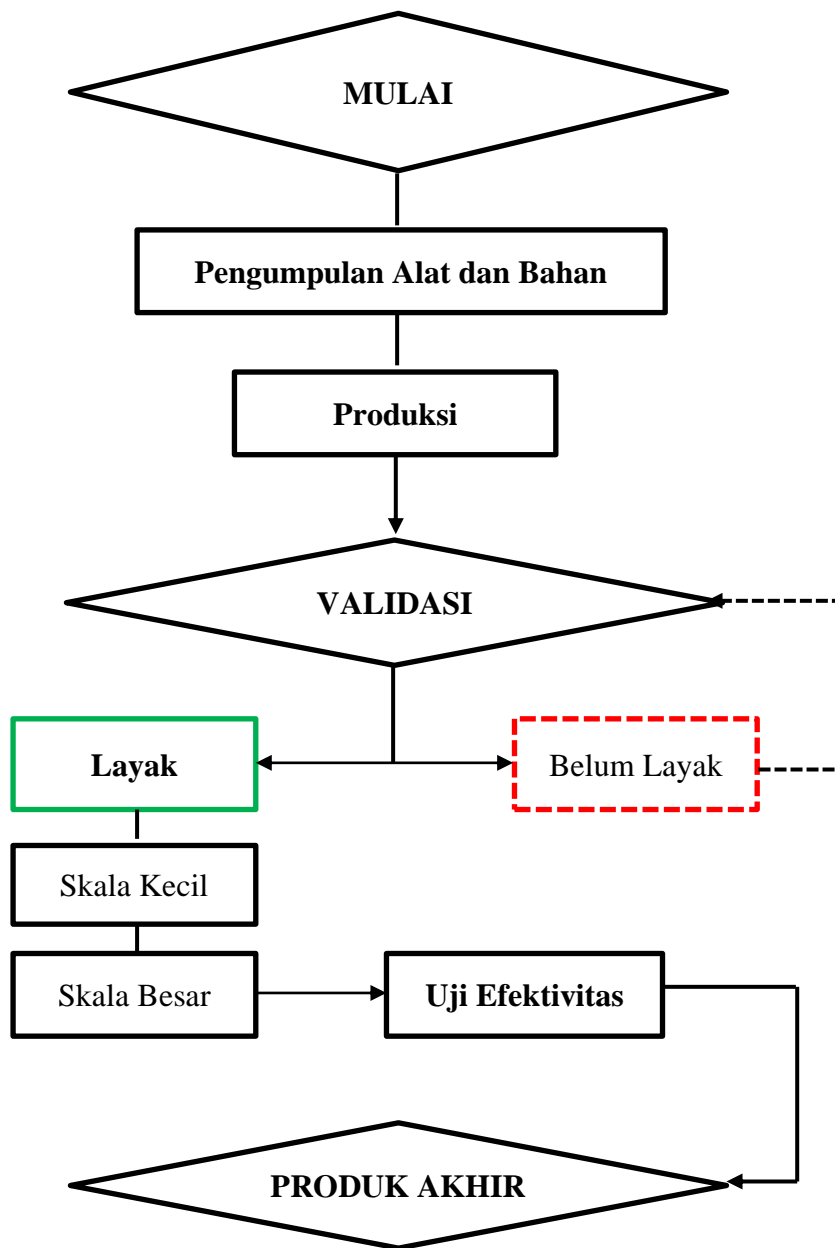
- 1) Bantalan panahan terbuat dari bahan *EVA foam*, namun masih memiliki banyak kelemahan.
- 2) Kelemahan *EVA foam* yaitu bahan ini mudah rusak ditembus oleh anak panah, sehingga konsumsinya sangat cepat dan biaya pembuatannya cukup tinggi.
- 3) *EVA foam* ketika pertandingan terjadi hujan, anak panah akan sulit dicabut karena *EVA foam* tersebut menjadi semakin kuat mencengkeram.
- 4) Terdapat bentuk latihan dalam panahan yang paling membuat bantalan target cepat rusak.
- 5) Selama ini di Indonesia belum dibuat standarisasi bantalan target yang memenuhi kriteria keamanan dan keandalan.

- 6) Sebagian besar pelatih setuju dengan pengembangan bantalan panahan yang lebih kuat, yang dapat meredam anak panah dengan baik dengan tidak menimbulkan kerusakan pada anak panah.

Selama ini di Indonesia belum dibuat standarisasi bantalan target yang memenuhi kriteria keamanan dan keandalan, hasil wawancara dengan wasit *Asian Games 2018* bantalan yang digunakan pada even tersebut masih memiliki kualitas kurang bagus karena masih bisa ditembus oleh anak panah. Dengan berkembangnya Ilmu Pengetahuan dan Teknologi diharapkan kekurangan tersebut dapat diperbaiki. Indonesia memiliki sumber alam dan keanekaragaman hayati yang melimpah terutama bahan serat alam. Diantara berbagai serat alam yang sangat berpotensi diolah menjadi penguat dalam bahan komposit adalah serat Rami (*Boehmeria nivea*).

2. Design (Desain)

Tahap desain atau perancangan meliputi perancangan butir-butir materi yang akan disajikan, penyusunan naskah, penyusunan alur penyampaian materi dalam bentuk *flowchart*, dan pembuatan *storyboard*. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan alat dan bahan yang diperlukan dalam membuat produk. Alat dan bahan yang digunakan merupakan alat yang sederhana, sehingga pelatih mudah dalam menggunakan alat tersebut. Alur pembuatan *flowchart* bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah sebagai berikut:



Gambar 27. Flowchart Pembuatan Produk

Proses produksi *flowchart* bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah dijelaskan sebagai berikut:

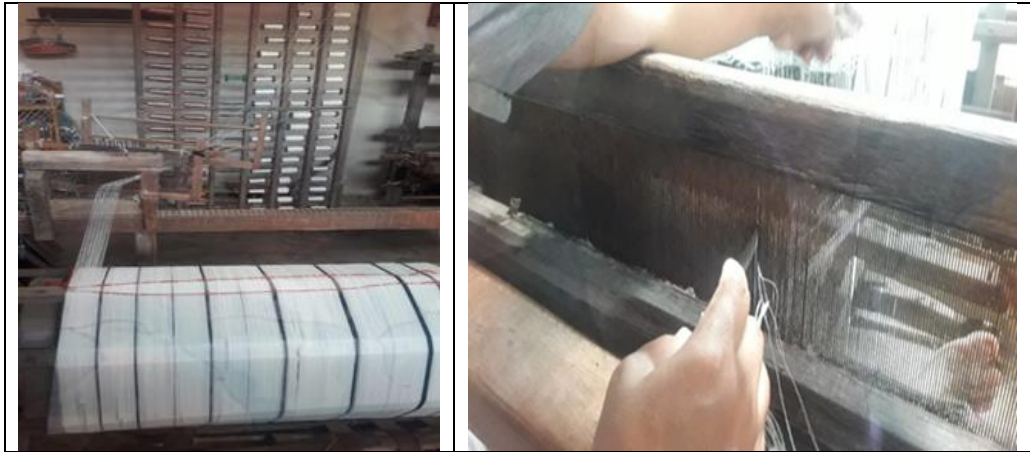
Tabel 9. Proses Produksi Bantalan Panahan Berbasis Biokomposit dari Serat Rami

Kebutuhan	Keterangan
Serat	Untuk setiap lembar tenunan rami membutuhkan 20ons serat rami ditenun menggunakan benang polester dengan teknik tenun cucukan alus, satu bantalan membutuhkan 2 lembar tenunan serat rami sehingga serat rami yang digunakan untuk satu bantalan adalah sebanyak 40 ons
Ukuran	Ukuran satu helai serat rami yang ditenun adalah 2mm dengan plintiran berisi 12 helai serat rami, sedangkan lebar serat rami yang telah ditenun adalah 120x120cm dengan ketebalan 2mm
Perbandingan	Bahan utama bantalan adalah kombinasi antara eva foam dan serat rami, <i>eva foam</i> menggunakan ketebalan 3cm dengan ukuran 120x120cm sebanyak 3 lembar, sehingga jika <i>eva foam</i> digabungkan menjadi 9cm. Tenunan serat rami memiliki ketebalan 0.5cm dengan perbandingan antara rami dan benang polester adalah 4:1, satu buah bantalan memerlukan 2 buah tenunan serat rami sehingga jika digabungkan membutuhkan tenunan serat rami 4mm
Bahan	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Eva Voam</i> 2. Serat Rami Berjenis <i>Inagrass Green</i> 3. Benang Polester 4. Lem Fox

a. Proses Produksi

Teknik membuat tenunan rami yaitu membuat kuncian benang sekitar setengah sentimeter baru proses memasukan serat alam. Adapun langkah-langkahnya dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Pertama yang dilakukan untuk membuat tenunan rami adalah menggulung benang lungsi ke ATBM (Alat Tenun Bukan Mesin), *setting* memasukan benang lungsi ke gun dan sisir.



Gambar 28. Proses Membuat Tenun Serat Rami

- 2) Memilih serat sesuai dengan ukurannya
- 3) Menggunakan teknik satu gun depan dan satu gun belakang, dengan motif benang rapat.
- 4) Proses penenunan ATBM menginjak satu kaki memasukan serat kemudian diinjak ganti kaki measmukan serat lagi dan seterusnya.
- 5) Kunciian tepi menggunakan dua helai benang depan dan dua helai belanag dimasukan di satu lubang sisir / diulang sampai empat kali atau lima kali.



Gambar 29. Hasil Tenun Serat Rami

Cara membuat komposit serat menggunakan rami dan matrix menggunakan lem latex dijelaskan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan serat rami yang telah ditenun dengan ukuran 50cm x 50cm sebanyak 3 lembar.



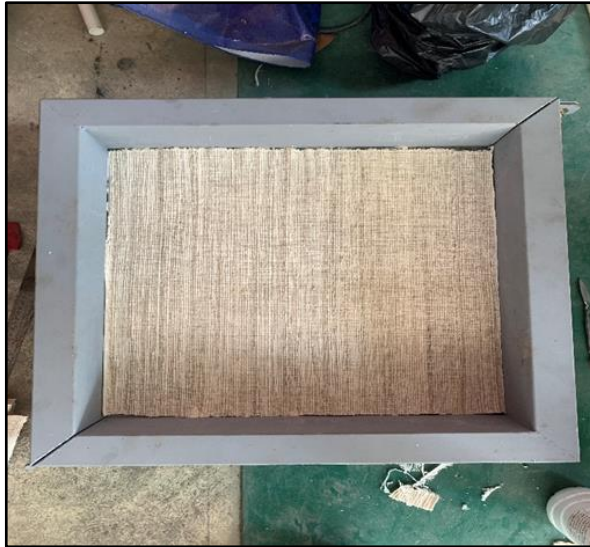
Gambar 30. Serat Rami yang telah Ditenun Ukuran 50cm x 50cm

- 2) Menyiapkan cetakan dengan ukuran 50 x 50cm



Gambar 31. Cetakan Ukuran 50cm x 50cm

- 3) Memasukkan rami ke dalam cetakan



Gambar 32. Memasukkan Rami ke dalam Cetakan

- 4) Mencampur serat rami dengan matrix. Matrix yang digunakan adalah Lem Latex sebanyak 250ml kemudian dilakukan press agar serat rami dan matrix dapat bercampur dengan baik.



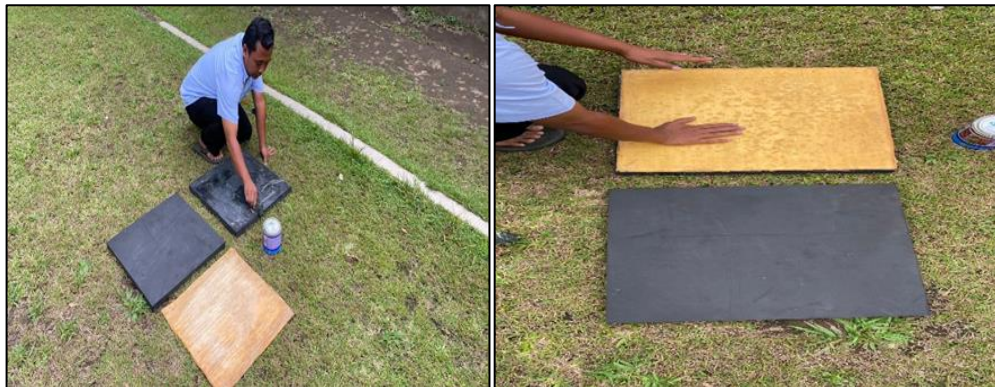
Gambar 33. Mencampur Serat Rami dengan Matrix

- 5) Setelah ditunggu 24 jam, maka komposit rami siap digunakan



Gambar 34. Hasil Komposit Serat Rami

- 6) Tahap selanjutnya mengkombinasikan serat rami dengan *eva foam* berukuran 50x50cm dengan ketebalan 3cm setiap lembarnya sebanyak 3 lembar dan komposit rami digabungkan dengan *eva foam* menggunakan lem Fox



Gambar 35. Proses Mengkombinasikan Serat Rami dengan *Eva Foam*

- 7) Setelah dikombinasikan jadilah bantalan panahan berbahan komposit serat rami yang dikombinasikan dengan *eva foam* dengan spesifikasi ketebalan 10cm ukuran 50x50cm



Gambar 36. Proses Pemasangan Bantalan Panahan Berbasis Biokomposit dari Serat Rami

Rancangan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah ini masih bersifat prosedural dan akan mendasari proses pengembangan berikutnya. Hasil analisis yang telah diperoleh digunakan

sebagai acuan untuk menentukan desain produk. Bahan baku yang digunakan dalam produk ini mudah didapatkan dari alam dan industri, sehingga produk ini memiliki tingkat kepraktisan yang tinggi, sasaran lebih tipis, sehingga mudah untuk dipindah-pindah serta dalam produksinya tidak memerlukan biaya yang tinggi. Fungsi dari produk yang dikembangkan adalah sebagai sasaran dalam panahan, kriteria sasaran dalam panahan selain aman, juga tidak merusak anak panah, sehingga produk ini dapat menjadi solusi akan kebutuhan tersebut.

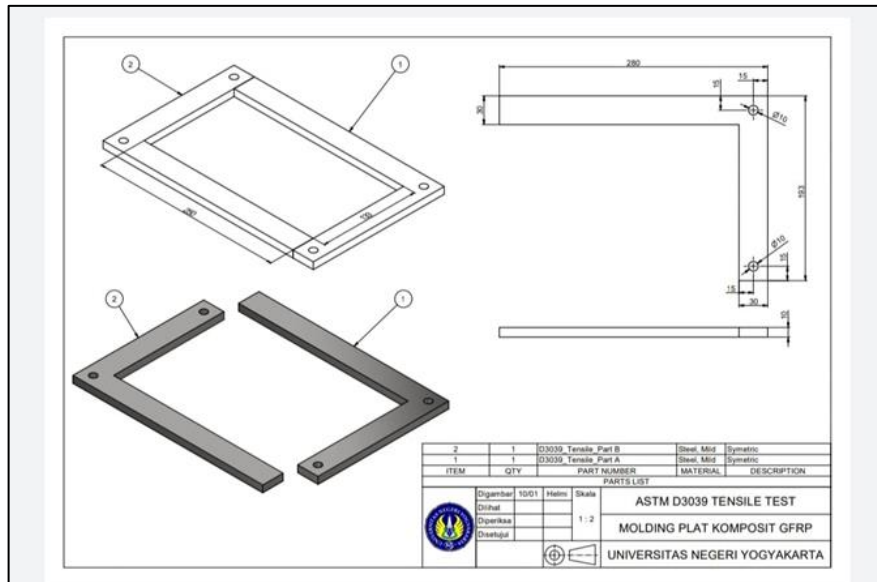
b. Hasil Uji Tarik Serat Rami

Uji tarik merupakan salah satu metode untuk mengetahui sifat mekanik suatu bahan. Dalam hal ini yang diukur adalah kekuatan tarik bahan. Kekuatan tarik material adalah gaya per satuan luas penampang yang mampu menahan tegangan hingga batas kekuatan tarik tercapai, maka bahan akan mengalami deformasi atau kegagalan. Dari pengujian ini dapat diketahui sifat mekanik material yang sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa. Kekuatan tarik (*tensile strength*) adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh material benda uji sebelum patah atau rusak, besarnya beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji. Adapun pengujian tarik diambil berdasarkan spesimen yang mengalami kerusakan dengan kondisi pengujian statis dan hasil yang didapat berupa kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas tarik.

Pembuatan spesimen komposit dalam penelitian ini mengacu pada ASTM (*American Society for Testing and Material*) D3039/ D3039M. *Type* D3039 dipilih karena standar yang paling bersesuaian dengan bahan material ini. Spesimen yang diuji sebanyak 3 sampel pada masing-masing tipe komposit.

Membuat spesimen uji tarik dan bending melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Membuat spesimen untuk dilakukan uji tarik dan bending dengan menggunakan cetakan berikut:



Gambar 37. Spesimen untuk dilakukan Uji Tarik dan Bending

- 2) Rami disusun dalam cetakan setebal 3 lapis rami dan yang menjadi matrix adalah serat alam berupa cairan karet



Gambar 38. Pembuatan Spesimen

3) Hasil cetakan rami yang akan digunakan untuk uji Tarik dan uji bending



Gambar 39. Hasil Spesimen untuk Uji Tarik dan Bending

Informasi yang didapat dari pengujian Tarik ini berfungsi untuk mengetahui nilai kelenturan dan ketahanan dari material, sehingga bisa menentukan apakah material cocok atau tidak untuk bahan dasar pembuatan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah. Hasil uji tarik pada Tabel 10 sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil Uji Tarik Serat Rami

<i>Tensile Test</i>	<i>Maximum Poin Load (N)</i>	<i>Maximum Poin Stress (MPa)</i>	<i>Maximum Poin Elongation (mm)</i>	<i>Elastic Modulus (MPa)</i>
1	2158.0	10.790	26.339	143.93
2	1948.4	9.7422	21.302	198.42
3	2764.5	13.823	12.330	437.91
Mean	2290.3	11.452	19.990	260.087

Berdasarkan Tabel 10 di atas, dari hasil uji tarik komposit serat rami diperoleh rata-rata modulus elastisitas sebesar 260,09 Mpa. Panjang serat berpengaruh dalam menentukan kekuatan mekanik dari komposit dengan penguat serat alam, kekuatan tarik dipengaruhi oleh kerapatan yang cukup tinggi pada komposit kerapatan tinggi bisa diciptakan dengan serat yang pendek, dengan susunan serat yang pendek pada komposit serat alam akan memiliki distribusi kekuatan yang merata serta ikatan antar serat dan matrik lebih tinggi sehingga beban yang diterima dapat terbagi lebih merata dan dapat meningkatkan kekuatan tarik material.

3. *Development (Pengembangan)*

Dalam tahap pengembangan, kerangka yang dihasilkan pada tahap desain dan masih prosedural direalisasikan agar menjadi produk yang siap diimplementasikan. Hasil dari pengembangan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah kemudian divalidasi oleh ahli untuk mengetahui kualitas produk yang dikembangkan. Validasi ahli dilakukan dengan 5 orang ahli. Tujuan uji ahli yaitu menilai bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yang dikembangkan melalui validasi ahli dan revisi. Validasi ahli dalam pengembangan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah dapat dilihat pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Daftar Validasi

No	Nama Validator	Keterangan Validasi
1.	Prof. Dr. Ramdan Pelana, M.Or.	Ahli Panahan (UNJ)
2.	Dr. Kuswahyudi, M.Or.	Ahli Materi (UNY)
3.	Budi Widiyanto, S.Pd.	Pelatih (KONI DIY)
4.	Munawar, M.Or.	Pelatih Panahan
5.	Dr. Guntur, M.Pd.	Dosen UNY
6.	Dr. Hari Yuliarto, M.Kes.	Dosen UNY
7.	Dr. Nawan Primasoni, M.Or.	Dosen UNY
8.	Dr. Sulistiyono, M.Pd.	Dosen UNY
9.	Wibowo, S.Tr.Kes.	PT Rami Indonesia
10.	Ir. Dr. Mujiyono, IPM, M.T.	Ahli <i>Engginer</i> (UNJ)
11.	Prof. Dr. Eng. Ir. Didik Nurhadiyanto, S.T., M.T., IPU	Ahli <i>Engginer</i> (UNY)

Validator pada Tabel 11 di atas dianggap layak sebagai validasi ahli dalam pembuatan produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah. Hasil validasi dijelaskan sebagai berikut.

a. Penilaian Ahli Materi

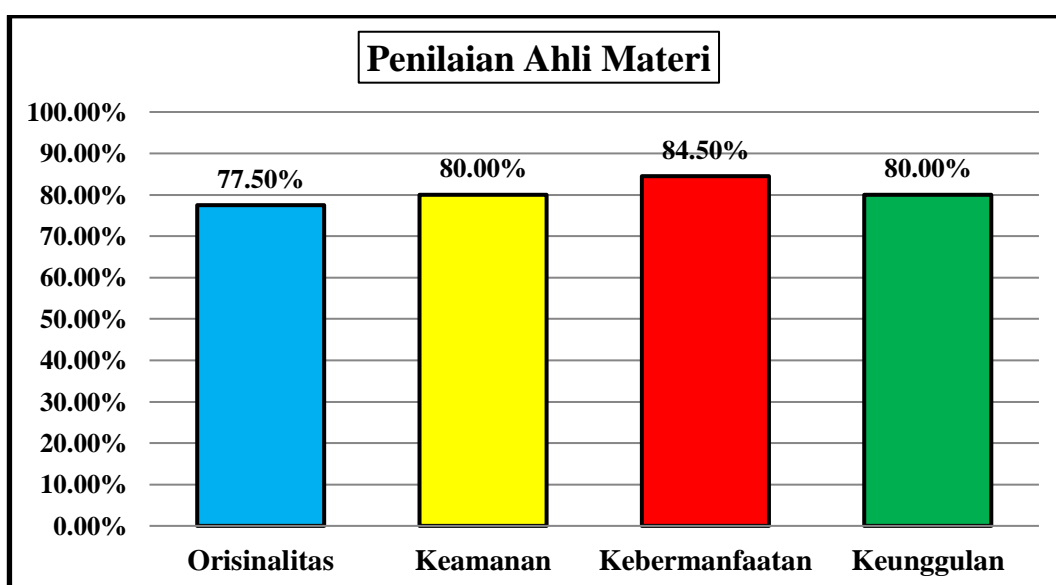
Penilaian oleh ahli materi terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah dilakukan oleh 4 orang ahli. Penilaian oleh ahli materi terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah dilaksanakan pada bulan November 2022 (Hasil validasi terlampir pada lampiran).

Penilaian yang dilakukan oleh ahli materi menggunakan angket. Skala pengukuran yang digunakan adalah skala *Likert* dengan lima alternatif jawaban. Hasil penilaian ahli materi terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah disajikan pada Tabel 12 berikut.

Tabel 12. Data Hasil Penilaian Ahli Materi

No	Aspek	Skor yang Diperoleh	Skor Maksimal	Persentase (%)	Kategori
1	Orisinalitas	62	80	77,50%	Layak
2	Keamanan	64	80	80,00%	Layak
3	Kebermanfaatan	169	200	84,50%	Layak
4	Keunggulan	64	80	80,00%	Layak
Total Skor		359	440	80,50%	Layak

Berdasarkan Tabel 12 di atas, jika ditampilkan dalam bentuk diagram batang, hasil penilaian ahli materi pada bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah pada Gambar 40 sebagai berikut:



Gambar 40. Diagram Hasil Penilaian Ahli Materi

Berdasarkan Tabel 12 dan Gambar 40 di atas menunjukkan hasil penilaian ahli materi pada bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yaitu pada “Aspek Orisinalitas” sebesar 77,50% masuk dalam kategori layak, “Aspek Keamanan” sebesar 80,00% pada kategori layak, “Aspek Kebermanfaatan” sebesar 84,50% pada kategori layak, dan pada “Aspek Keunggulan” sebesar 80,00% masuk dalam kategori layak. Berdasarkan penilaian

pakar/ahli materi tentang bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah didapatkan nilai rata-rata sebesar 80,50%, kemudian saran dan masukan ahli pada hasil validasi direvisi sesuai dengan hasil validasi, serta layak untuk diujicobakan pada skala kecil maupun skala besar.

b. Penilaian Ahli *Engginer*

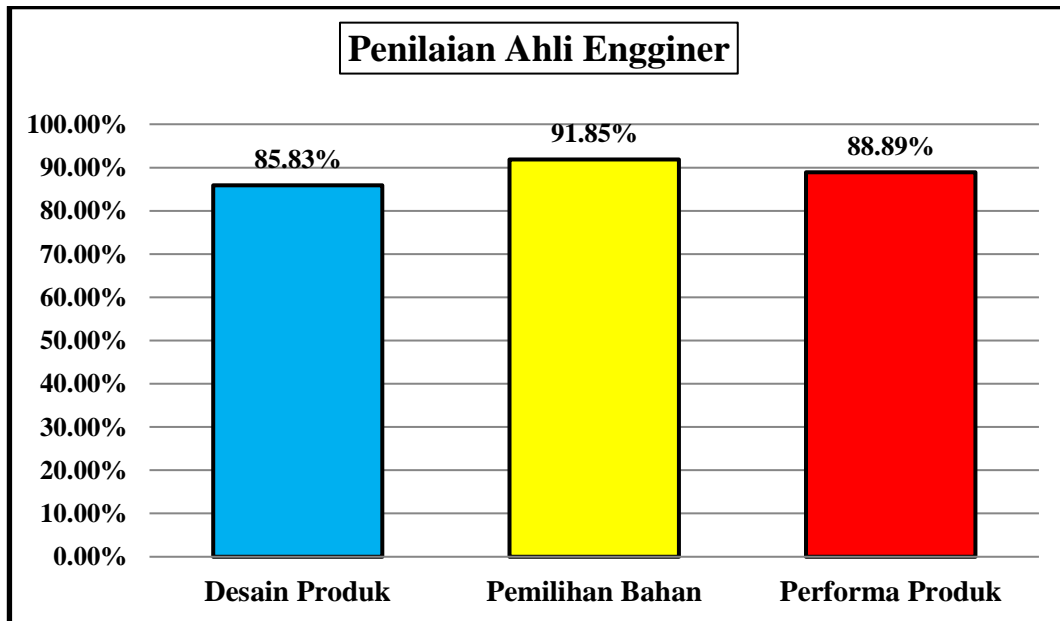
Penilaian oleh ahli *engginer* terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah dilakukan oleh 3 orang ahli. Penilaian oleh ahli *engginer* terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah dilaksanakan pada tanggal 5 Desember 2022. Penilaian yang dilakukan oleh ahli *engginer* terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah menggunakan angket. Kuesioner menggunakan Skala *Likert* dengan lima alternatif jawaban, yaitu SB: Sangat Baik (5), B: Baik (4), C: Cukup (3), KB: Kurang Baik (2), SK: Sangat Kurang (1). Hasil penilaian ahli *engginer* terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah disajikan pada Tabel 13 sebagai berikut.

Tabel 13. Data Hasil Penilaian Ahli *Engginer*

No	Aspek	Skor yang Diperoleh	Skor Maksimal	Persentase (%)	Kategori
1	Desain Produk	103	120	85,83%	Layak
2	Pemilihan Bahan	124	135	91,85%	Layak
3	Performa Produk	120	135	88,89%	Layak
Total Skor		347	390	88,86%	Layak

Berdasarkan Tabel 13 di atas, jika ditampilkan dalam bentuk diagram batang, hasil penilaian ahli *engginer* pada bantalan panahan berbasis biokomposit

dari serat rami terhadap daya redam anak panah hasilnya pada Gambar 41 sebagai berikut:



Gambar 41. Diagram Hasil Penilaian Ahli Engginer

Berdasarkan Tabel 13 dan Gambar 41 di atas menunjukkan hasil penilaian ahli *engginer* pada bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yaitu pada “Desain Produk” sebesar 85,83% masuk dalam kategori layak, “Pemilihan Bahan” sebesar 91,85% pada kategori layak, dan “Performa Produk” sebesar 88,89% masuk dalam kategori layak. Berdasarkan penilaian ahli *engginer* tentang produk yang dikembangkan didapatkan rata-rata sebesar 88,86%, kemudian saran dan masukan ahli pada hasil validasi direvisi sesuai dengan hasil validasi. Produk dinyatakan layak untuk diujicobakan.

c. Analisis Validitas dan Reliabilitas

Hasil penilaian ahli terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah menggunakan angket dan

dimaksudkan untuk mencari koefisien validitas berdasarkan Validitas Aiken.

Hasil penilaian ahli terhadap produk disajikan pada Tabel 14 sebagai berikut.

Tabel 14. Hasil Penilaian Validitas Aiken

Penilai	Aspek 1		Aspek 2		Aspek 3		Aspek 4		Aspek 5	
	Skor	s	Skor	s	Skor	s	Skor	s	Skor	s
A	4	3	4	3	5	4	4	3	4	3
B	5	4	5	4	5	4	4	3	5	4
C	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
D	5	4	5	4	4	3	5	4	5	4
E	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
G	4	3	4	3	5	4	5	4	5	4
H	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
I	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
J	5	4	5	4	4	3	4	3	4	3
K	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
L	4	3	5	4	5	4	5	4	5	4
Σ S	37		38		38		37		38	
V	0,84		0,86		0,86		0,84		0,86	

Rumus Validitas Aiken sebagai berikut:

Diketahui:

$$V = \frac{\sum s}{[n(c-1)]}$$

$$S = r - l_0$$

$$L_0 = 1$$

$$C = 11$$

r = angka yang diberikan oleh penilai

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa Validitas Aiken bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah sebagai berikut.

Tabel 15. Hasil Uji Validitas Konten Aiken

No Butir	Validitas Aiken	Keterangan
1	0,84	Valid
2	0,86	Valid
3	0,86	Valid
4	0,84	Valid
5	0,86	Valid

Berdasarkan Tabel 15, aspek 1 menunjukkan nilai koefisien Aiken's V sebesar 0,84, aspek 2 menunjukkan nilai koefisien Aiken's V sebesar 0,86, aspek 3 menunjukkan nilai koefisien Aiken's V sebesar 0,86, aspek 4 menunjukkan nilai koefisien Aiken's V sebesar 0,84, aspek 5 menunjukkan koefisien Aiken's V sebesar 0,86. Nilai koefisien Aiken's V berkisar antara 0,00-1,00. Berdasarkan pengklasifikasian validitas adalah sebagai berikut: $0,80 < r_{xy} < 1,00$: validitas sangat tinggi (sangat baik), $0,60 < r_{xy} < 0,80$: validitas tinggi (baik), $0,40 < r_{xy} < 0,60$: validitas sedang (cukup), $0,20 < r_{xy} < 0,40$: validitas rendah (kurang), $0,00 < r_{xy} < 0,20$: validitas sangat rendah (jelek), dan kemudian $r_{xy} < 0,00$: tidak valid. Dapat disimpulkan bahwa aspek bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah memiliki validitas konten tinggi/baik.

Selanjutnya menghitung reliabilitas bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah menggunakan reliabilitas antar penilai (*Intraclass Correlation Coefficients*). Uji reliabilitas ini yaitu untuk melihat tingkat kesepakatan (*agreement*) antar ahli atau *rater* terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah. Hasilnya sebagai berikut:

Tabel 16. Hasil Reliabilitas *Intraclass Correlation Coefficients* (ICC)

	<i>Intraclass Correlation^a</i>	<i>95% Confidence Interval</i>		<i>F Test with True Value 0</i>			
		<i>Lower Bound</i>	<i>Upper Bound</i>	<i>Value</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>Sig</i>
<i>Single Measures</i>	0,683 ^b	0,216	0,777	50,669	10	40	0,000
<i>Average Measures</i>	0,824 ^c	0,579	0,946	50,669	10	40	0,000

Berdasarkan Tabel 16, rata-rata kesepakatan antar *rater* (rxx) sebesar 0,883. Bila hasil nilai *ICC* diklasifikasikan reliabilitas yang dikemukakan oleh (Fleiss, 1975), $k < 0,40$ *poor agreement*, $0,40 < k < 0,75$ *good*, dan $k > 0,75$ *excellent agreement*. Dapat disimpulkan bahwa kesepakatan antar *rater* sangat kuat, dan setiap penilai memiliki konsistensi *good*.

4. Implementation (Implementasi)

Pada tahapan implementasi dalam penelitian ini merupakan tahapan untuk mengimplementasikan rancangan produk yang telah dikembangkan pada situasi yang nyata di lapangan. Pada tahap implementasi yang dilakukan adalah menggunakan produk dalam bentuk uji coba untuk mengetahui respon pelatih dan atlet terhadap produk yang telah dikembangkan. Uji coba yang dilakukan adalah uji coba skala kecil dan uji coba skala besar, hasilnya sebagai berikut.

a. Hasil Uji Coba Skala Kecil

Uji coba skala kecil dalam penelitian ini dilakukan di UKM Panahan UNY dengan pelatih yang berjumlah 3 orang. Proses uji coba skala kecil diawali dengan menjelaskan kepada pelatih dan atlet tentang maksud dan tujuan penelitian yang akan dilakukan. Kemudian pelatih dan atlet diberikan kesempatan untuk mempelajari dan mempraktikkan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yang telah dikembangkan. Waktu yang digunakan untuk mempraktikkan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah 4 kali rambahan. Peneliti dengan dibantu oleh beberapa teman mengamati dan mendokumentasikan proses penelitian. Selanjutnya pelatih dan atlet memberikan penilaian dan saran terhadap

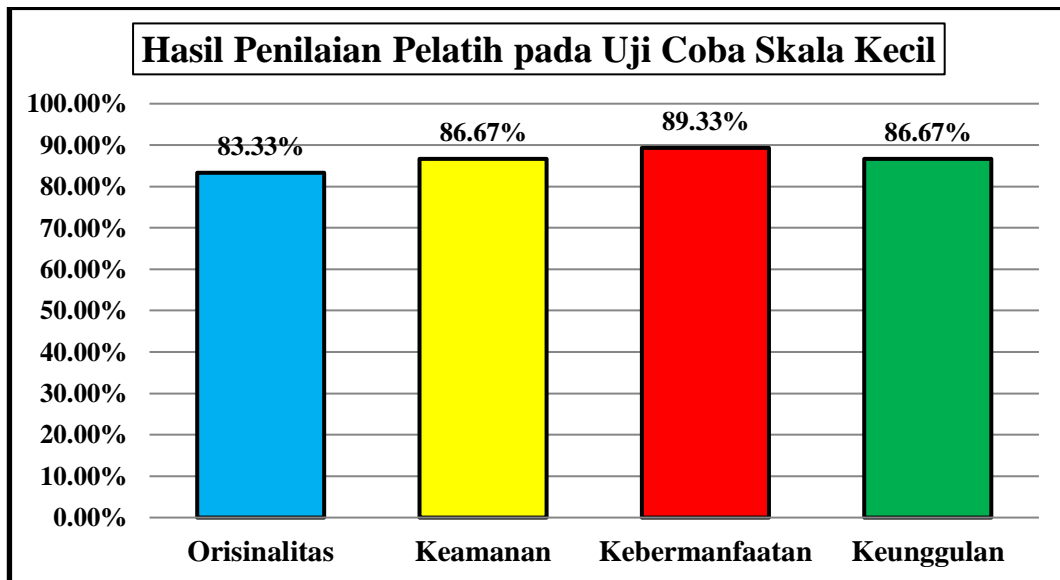
produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah. Hasil penilaian pelatih terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah dijelaskan sebagai berikut.

Hasil penilaian pelatih terhadap produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah pada uji coba skala kecil disajikan pada Tabel 17 sebagai berikut.

Tabel 17. Data Hasil Penilaian Pelatih pada Uji Coba Skala Kecil

No	Aspek	Skor yang Diperoleh	Skor Maksimal	Persentase (%)	Kategori
1	Orisinalitas	25	30	83,33%	Layak
2	Keamanan	26	30	86,67%	Layak
3	Kebermanfaatan	67	75	89,33%	Layak
4	Keunggulan	26	30	86,67%	Layak
Total Skor		144	165	86,50%	Layak

Berdasarkan Tabel 17 di atas, hasil penilaian pelatih terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah, jika ditampilkan dalam bentuk diagram hasilnya disajikan pada Gambar 42 sebagai berikut:



Gambar 42. Diagram Hasil Penilaian Pelatih pada Uji Coba Skala Kecil

Berdasarkan Tabel 17 dan Gambar 42 di atas menunjukkan penilaian pelatih terhadap produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah pada uji coba skala kecil pada “Aspek Orisinalitas” sebesar 83,33% masuk dalam kategori layak, “Aspek Keamanan” sebesar 86,67% pada kategori layak, “Aspek Kebermanfaatan” sebesar 89,33% pada kategori layak, dan pada “Aspek Keunggulan” sebesar 86,67% masuk dalam kategori layak. Penilaian pelatih terhadap produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah pada uji coba skala kecil berdasarkan nilai rata-rata sebesar 86,50% pada kategori layak.

b. Hasil Uji Coba Skala Besar

Tidak ada yang berbeda dengan uji coba skala kecil, hanya saja subjek dan tempat yang digunakan berbeda. Uji coba skala kecil dalam penelitian ini dilakukan di klub UKM Panahan UNY dan Perpani Klaten dengan pelatih yang berjumlah 10 orang. Pelaksanaan uji coba skala besar diawali dengan menjelaskan kepada pelatih dan atlet tentang maksud dan tujuan penelitian yang akan

dilakukan. Peneliti menjelaskan secara detail produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah. Peneliti memberikan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah untuk dipelajari, dan dipraktikkan.

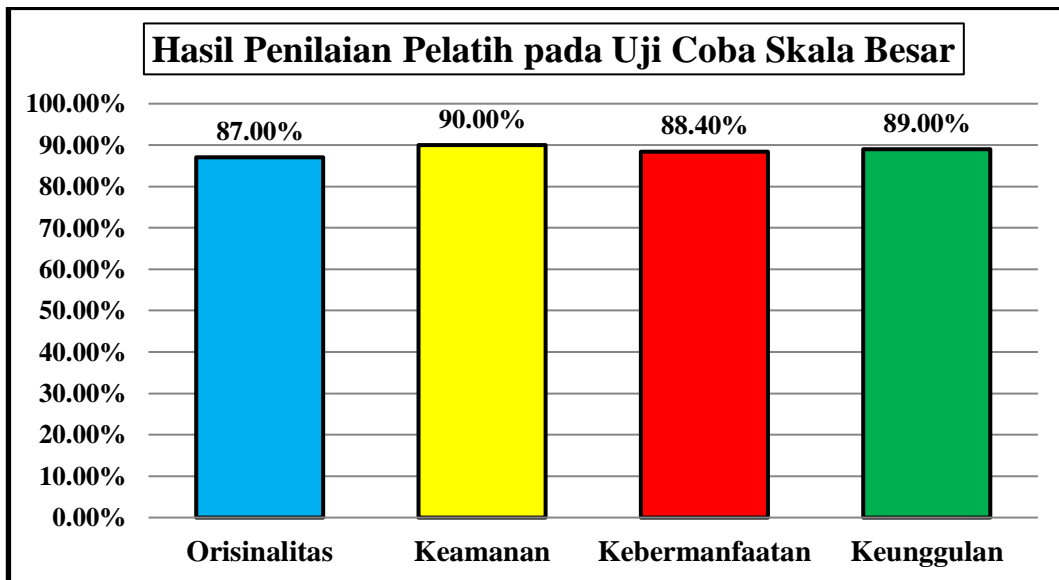
Waktu yang digunakan untuk menggunakan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah selama 4 kali rambahan. Peneliti dengan dibantu oleh beberapa teman mengamati dan mendokumentasikan proses penelitian. Selanjutnya pelatih dan atlet memberikan penilaian dan saran terhadap produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah. Hasil penilaian pelatih terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah dijelaskan sebagai berikut.

Hasil penilaian pelatih terhadap produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah pada uji coba skala besar disajikan pada Tabel 18 sebagai berikut.

Tabel 18. Data Hasil Penilaian Pelatih pada Uji Coba Skala Besar

No	Aspek	Skor yang Diperoleh	Skor Maksimal	Persentase (%)	Kategori
1	Orisinalitas	87	100	87,00%	Layak
2	Keamanan	90	100	90,00%	Layak
3	Kebermanfaatan	221	250	88,40%	Layak
4	Keunggulan	89	100	89,00%	Layak
Total Skor		487	550	88,60%	Layak

Berdasarkan Tabel 18 di atas, hasil penilaian pelatih terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah, jika ditampilkan dalam bentuk diagram hasilnya pada Gambar 43 sebagai berikut:



Gambar 43. Diagram Hasil Penilaian Pelatih pada Uji Coba Skala Besar

Berdasarkan Tabel 18 dan Gambar 43 di atas menunjukkan penilaian pelatih terhadap produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah pada uji coba skala besar pada “Aspek Orisinalitas” sebesar 87,00% masuk dalam kategori layak, “Aspek Keamanan” sebesar 90,00% pada kategori layak, “Aspek Kebermanfaatan” sebesar 88,40% pada kategori layak, dan pada “Aspek Keunggulan” sebesar 89,00% masuk dalam kategori layak. Penilaian pelatih terhadap produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah pada uji coba skala kecil berdasarkan nilai rata-rata sebesar 88,60% pada kategori layak.

5. *Evaluation (Evaluasi)*

Evaluasi merupakan langkah terakhir dari model desain sistem pembelajaran ADDIE. Tahap evaluasi terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah dilakukan setiap langkah pengembangan untuk meningkatkan kualitas produk tersebut. Evaluasi ini dilakukan terus menerus agar kesalahan-kesalahan sekecil apapun dapat segera

diperbaiki tanpa menunggu produk akhir selesai diproduksi. Selama proses pengembangan modul pembelajaran harus selalu dilakukan evaluasi yang disebut *on going evaluation*. Evaluasi dilakukan berdasarkan hasil masukan, saran dan analisis dari ahli materi, ahli *engineer*, dan uji coba lapangan.

Berdasarkan penilaian ahli materi, ahli *engineer*, pelatih dan atlet pada uji coba skala kecil maupun besar terhadap produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yang dibuat telah layak, sehingga dapat dilanjutkan untuk uji efektivitas produk. Pada tahap ini juga dilakukan revisi yang terakhir terhadap produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yang dikembangkan. Hal ini bertujuan agar produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yang dikembangkan dapat digunakan lebih baik lagi.

B. Revisi Produk

Revisi produk dilakukan terhadap produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah didasarkan pada masukan dan saran dari ahli materi maupun ahli *engineer*. Data yang digunakan untuk melakukan revisi pertama ini merupakan data saran dan masukan yang didapat peneliti ketika melakukan validasi rancangan produk. Berdasarkan saran dan masukan dari beberapa ahli di atas, selanjutnya peneliti melakukan revisi sesuai dengan masukan dan saran. Berikut saran dan revisi produk:

Tabel 19. Hasil Revisi Ahli Materi

No	Saran dan Masukan	Keterangan
1	Lapisan depan serat diperhatikan	Revisi sesuai saran
2	Sesuaikan ketebalan serat	Revisi sesuai saran

3	Bantalan yang dikembangkn disesuaikan dengan anak panah	Revisi sesuai saran
4	Tambahkan referensi yang menyatakan bahwa serat rami lebih baik	Revisi sesuai saran
5	Sesuaikan butir-butir instrumen dengan alat yang akan dikembangkan	Revisi sesuai saran
6	Lebih dispesifikan lagi butir-butir instrumen apakah untuk atlet atau pelatih	Revisi sesuai saran
7	Perhatikan setiap butir instrumen mengandung satu makna bukan mengandung makna ganda	Revisi sesuai saran
8	Dalam pertanyaan mengandung unsur keamanan dan keselamatan	Revisi sesuai saran
9	Kekuatan rami sebaiknya di sesuaikan dengan kebutuhan sehingga tidak efisien	Revisi sesuai saran
10	Serat rami sebaiknya di uji coba terlebih dahulu	Revisi sesuai saran

Tabel 20. Hasil Revisi Ahli *Engginer*

No	Saran dan Masukan	Keterangan
1	Sifat serat rami adalah sangat ulet dan tahan terhadap beban Tarik, namun serat rami tidak tahan dengan benda yang tajam. Penggunaan serat rami sebagai bantalan panahan karena rami hanya sebagai peredam lajunya anak panah. Apabila serat rami tidak mampu menahan tembusan karena kurang rapat saja, sebaiknya ditambahkan lapisan anyaman serat rami.	Revisi sesuai saran
2	Walaupun tidak tembus dengan lapisan rami sebanyak 2, namun sebaiknya ditambahkan satu lapisan lagi supaya lebih aman, kecuali bila harga rami tidak terjangkau.	Revisi sesuai saran
3	Serat rami tidak tahan terhadap air karena dia akan menyerap air, sebaiknya bahan ini tidak terkena air apalagi kehujanan	Revisi sesuai saran

C. Kajian Produk Akhir

1. Produk Akhir

Tujuan akhir dari penelitian pengembangan ini adalah menghasilkan sebuah produk berupa bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah. Produk akhir berupa bantalan panahan berbasis

biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah dengan ketentuan bahan yang digunakan yaitu *eva voam*, serat rami berjenis *inagrass green*, benang polester, lem fox. Hasil uji tarik komposit serat rami diperoleh rata-rata modulus elastisitas sebesar 260,09 Mpa. Proses produksi bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yaitu:

- a. Setiap lembar tenunan rami membutuhkan 20ons serat rami ditenun menggunakan benang polester dengan teknik tenun cucukan alus, satu bantalan membutuhkan 2 lembar tenunan serat rami, sehingga serat rami yang di gunakan untuk satu bantalan adalah sebanyak 40 ons
- b. Ukuran satu helai serat rami yang ditenun adalah 2mm dengan plintiran berisi 12 helai serat rami, sedangkan lebar serat rami yang telah ditenun adalah 120x120cm dengan ketebalan 2mm.
- c. Bahan utama bantalan adalah kombinasi antara eva foam dan serat rami, *eva foam* menggunakan ketebalan 3cm dengan ukuran 120x120cm sebanyak 3 lembar, sehingga jika *eva foam* digabungkan menjadi 9cm. Tenunan serat rami memiliki ketebalan 0.5cm dengan perbandingan antara rami dan benang polester adalah 4:1, satu buah bantalan memerlukan 2 buah tenunan serat rami, sehingga jika digabungkan membutuhkan tenunan serat rami 4mm.

2. Uji Efektivitas

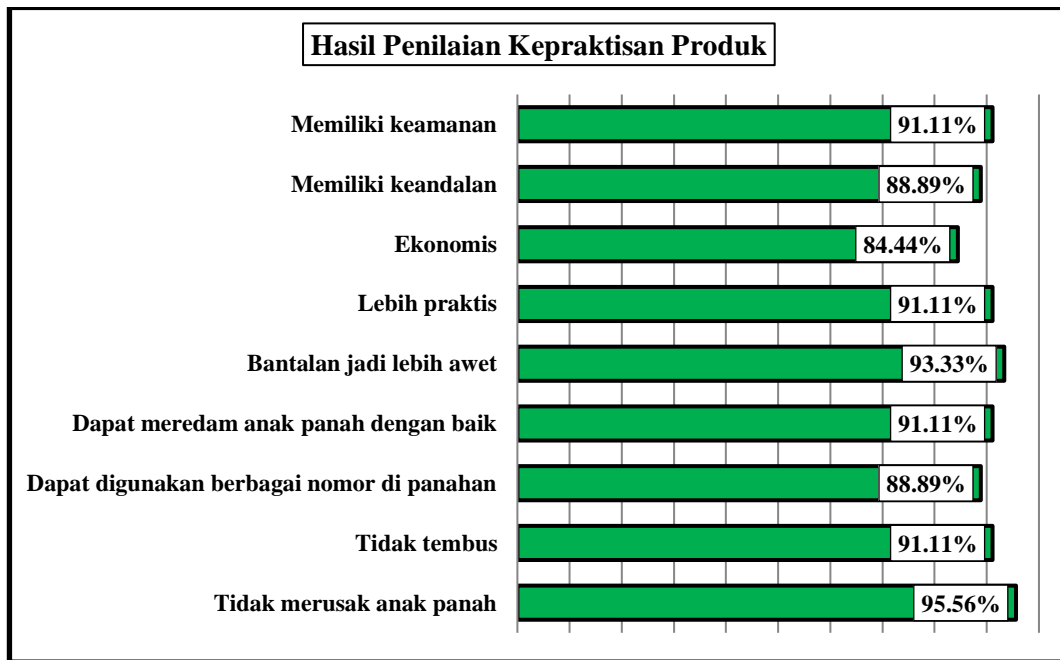
Uji efektivitas dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah. Uji efektivitas dalam penelitian ini dilakukan dengan menguji bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami melalui uji kepraktisan produk.

Produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah diberikan kepada pelatih untuk digunakan pada saat latihan selama 1 bulan. Tahap selanjutnya peneliti memberikan kuesioner tertutup kepada pelatih panahan di Yogyakarta yang berjumlah 10 orang. Hasil uji kepraktisan produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah sebagai berikut.

Tabel 21. Data Hasil Penilaian Kepraktisan Produk

No	Aspek	Skor yang Diperoleh	Persentase (%)	Kategori
1	Tidak merusak anak panah	43	95,56%	Layak
2	Tidak tembus	41	91,11%	Layak
3	Dapat digunakan berbagai nomor di panahan	40	88,89%	Layak
4	Dapat meredam anak panah dengan baik	41	91,11%	Layak
5	Bantalan jadi lebih awet	42	93,33%	Layak
6	Lebih praktis	41	91,11%	Layak
7	Ekonomis	38	84,44%	Layak
8	Memiliki keandalan	40	88,89%	Layak
9	Memiliki keamanan	41	91,11%	Layak
Total Skor		367	90,62%	Layak

Berdasarkan Tabel 21 di atas, hasil uji kepraktisan produk terhadap bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah, jika ditampilkan dalam bentuk diagram hasilnya pada Gambar 44 sebagai berikut:



Gambar 44. Diagram Hasil Penilaian Kepraktisan Produk

Tabel 21 dan Gambar 44 di atas menunjukkan hasil uji kepraktisan produk terhadap produk bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah sebagai berikut: (1) Tidak merusak anak panah sebesar 95,56% pada kategori layak. (2) Tidak tembus sebesar 91,11% pada kategori layak. (3) Dapat digunakan berbagai nomor di panahan sebesar 88,89% pada kategori layak. (4) Dapat meredam anak panah dengan baik sebesar 91,11% pada kategori layak. (5) Bantalan jadi lebih awet sebesar 93,33% pada kategori layak. (6) Lebih praktis sebesar 91,11% pada kategori layak. (7) Ekonomis sebesar 84,44% pada kategori layak. (8) Memiliki keandalan sebesar 88,89% pada kategori layak. (9) Memiliki keamanan sebesar 91,11% pada kategori layak.

Analisis untuk mengetahui efektivitas produk menggunakan desain komparatif. Penelitian komparatif yaitu jenis penelitian yang bersifat membandingkan keberadaan satu variabel atau lebih pada dua atau lebih sampel

yang berbeda. Perbandingan yang dimaksud adalah membandingkan kekuatan bantalan panahan komposit serat rami yang telah dikembangkan, peneliti membandingkan dengan bantalan *eva foam* biasa. Prosedur pelaksanaan yaitu anak panah ditembakkan dengan busur *recurve* menggunakan anak panah karbon dengan jarak tembak 10 meter diukur dari anak panah yang menembus bantalan. Anak panah masing-masing ditembakkan selama 30 kali dan diukur berapa jarak anak panah yang tembus ke dalam bantalan. Hasil analisis jarak tembus bantalan panahan komposit serat rami dengan bantalan *eva foam* biasa dijelaskan sebagai berikut.

Tabel 22. Hasil Tes Jarak Tembus Anak Panah

Anak Panah	Komposit Serat Rami (cm)				<i>Eva Foam</i> Biasa (cm)			
	10 m	40 m	50 m	70 m	10 m	40 m	50 m	70 m
1	1,5	0	0	0	70	6,3	7	4
2	0	0	0	0	21	7,2	8	5
3	0	0	0	0	25	5,6,	6,4	6
4	0	0	0	0	70	6,7	7,4	7
5	1	0	0	0	30	7,1	4	4
6	0,5	0	0	0	20	7,7	4,5	4,5
7	1	0	0	0	21	4,5	3	3
8	0,6	0	0	0	15	3,5	3,5	3,5
9	0	0	0	0	70	8,8	7	7
10	0	0	0	0	18	6,6	4	4
11	1	0	0	0	21	8,3	8	8
12	0,7	0	0	0	22	6,2	6,2	6,2
13	0,2	0	0	0	15	5,6	2,3	2,3
14	0	0	0	0	16	7,8	6,5	2
15	0	0	0	0	17	8,8	7	3
16	0	0	0	0	18	7,6	5,6	4
17	0	0	0	0	22	6,8	7,8	5
18	1	0	0	0	70	7,6	6,6	6
19	0	0	0	0	21	8,5	5,5	8

20	0	0	0	0	25	9,2	9	9
Mean	0,39	0,00	0,00	0,00	30,35	7,02	5,97	5,08

Berdasarkan data pada Tabel 22 di atas, selanjutnya dilakukan uji perbandingan antara komposit serat rami dengan *eva foam* biasa menggunakan uji *t independent sample test*. Kriteria pengujian sebagai berikut: (1) Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ (df n-2) dan $p-value < 0,05$, maka terdapat perbedaan yang signifikan. (2) Jika $t_{hitung} < t_{tabel}$ (df n-2) dan $p-value > 0,05$, maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Hasil analisis perbandingan antara komposit serat rami dengan *eva foam* biasa disajikan pada Tabel 23 berikut:

Tabel 23. Analisis Uji Independent Samples Test

Jarak	Bantalan	Mean	t_{hitung}	t_{tabel} (df 38)	$p-value$
10 m	Komposit Serat Rami	0,38	6,490	2,024	0,000
	<i>Eva Foam</i> Biasa	30,35			
40 m	Komposit Serat Rami	0,00	21,374	2,024	0,000
	<i>Eva Foam</i> Biasa	7,02			
50 m	Komposit Serat Rami	0,00	14,358	2,024	0,000
	<i>Eva Foam</i> Biasa	5,97			
70 m	Komposit Serat Rami	0,00	11,339	2,024	0,000
	<i>Eva Foam</i> Biasa	5,08			

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 23 di atas, dapat dijelaskan bahwa:

- a. Jarak 10 meter diperoleh $t_{hitung} 6,490 > t_{tabel} 2,024$, dan $p-value 0,000 < 0,05$.

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan jarak tembus anak panah antara bantalan panahan komposit serat rami dengan bantalan *eva foam* biasa pada jarak 10 meter. Jarak tembus anak panah bantalan panahan komposit serat rami rata-rata sebesar 0,38 cm dan

jarak tembus anak panah bantalan panahan *eva foam* biasa sebesar 30,35 cm, dengan selisih rata-rata sebesar 29,98 cm.

- b. Jarak 40 meter diperoleh $t_{\text{hitung}} 21,374 > t_{\text{tabel}} 2,024$, dan $p\text{-value } 0,000 < 0,05$. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan jarak tembus anak panah antara bantalan panahan komposit serat rami dengan bantalan *eva foam* biasa pada jarak 40 meter. Jarak tembus anak panah bantalan panahan komposit serat rami rata-rata sebesar 0,00 cm dan jarak tembus anak panah bantalan panahan *eva foam* biasa sebesar 7,02 cm, dengan selisih rata-rata sebesar 7,02 cm.
- c. Jarak 50 meter diperoleh $t_{\text{hitung}} 14,358 > t_{\text{tabel}} 2,024$, dan $p\text{-value } 0,000 < 0,05$. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan jarak tembus anak panah antara bantalan panahan komposit serat rami dengan bantalan *eva foam* biasa pada jarak 50 meter. Jarak tembus anak panah bantalan panahan komposit serat rami rata-rata sebesar 0,00 cm dan jarak tembus anak panah bantalan panahan *eva foam* biasa sebesar 5,97 cm, dengan selisih rata-rata sebesar 5,97 cm.
- d. Jarak 70 meter diperoleh $t_{\text{hitung}} 11,339 > t_{\text{tabel}} 2,024$, dan $p\text{-value } 0,000 < 0,05$. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan jarak tembus anak panah antara bantalan panahan komposit serat rami dengan bantalan *eva foam* biasa pada jarak 70 meter. Jarak tembus anak panah bantalan panahan komposit serat rami rata-rata sebesar 0,00 cm dan jarak tembus anak panah bantalan panahan *eva foam* biasa sebesar 5,08 cm, dengan selisih rata-rata sebesar 5,08 cm.

Hasil analisis di atas menunjukkan bahwa jarak tembus anak panah bantalan panahan komposit serat rami lebih baik daripada bantalan panahan *eva foam* biasa. Hasil ini menunjukkan efektivitas dari produk bantalan panahan berbasis biokomposit lebih baik daripada serat rami terhadap daya redam anak panah.

D. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah layak. Langkah-langkah pengembangan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah menggunakan metode ADDIE dengan ketentuan bahan yang digunakan yaitu *eva foam*, serat rami berjenis *inagrass green*, benang polester, lem fox. Proses produksi bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yaitu setiap lembar tenunan rami membutuhkan 20ons serat rami ditenun menggunakan benang polester dengan teknik tenun cucukan alus, satu bantalan membutuhkan 2 lembar tenunan serat rami, sehingga serat rami yang digunakan untuk satu bantalan adalah sebanyak 40 ons. Ukuran satu helai serat rami yang ditenun adalah 2mm dengan plintiran berisi 12 helai serat rami, sedangkan lebar serat rami yang telah ditenun adalah 120x120cm dengan ketebalan 2mm. Bahan utama bantalan adalah kombinasi antara *eva foam* dan serat rami, *eva foam* menggunakan ketebalan 3cm dengan ukuran 120x120cm sebanyak 3 lembar, sehingga jika *eva foam* digabungkan menjadi 9cm. Tenunan serat rami memiliki ketebalan 0.5cm dengan perbandingan antara rami dan benang polester adalah 4:1, satu buah bantalan memerlukan 2

buah tenunan serat rami, sehingga jika digabungkan membutuhkan tenunan serat rami 4mm.

Bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yang dikembangkan layak. Berdasarkan penilaian ahli materi sebesar 80,50% (layak), penilaian ahli *engginer* sebesar 90,00% (layak). Penilaian pelatih pada uji coba skala kecil sebesar 88,86% (layak) dan uji coba skala besar sebesar 88,60% (layak). Efektivitas bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah, berdasarkan uji kepraktisan produk sebesar 90,62%. Jarak tembus anak panah bantalan panahan komposit serat rami lebih baik daripada bantalan panahan *eva foam* biasa. Hasil ini menunjukkan efektivitas dari produk bantalan panahan berbasis biokomposit lebih baik daripada serat rami terhadap daya redam anak panah.

Hasil uji tarik komposit serat rami diperoleh rata-rata modulus elastisitas sebesar 260,09 Mpa. Berdasarkan hasil penelitian Novarini & Sukardan (2015: 2) Serat rami merupakan serat alami yang memiliki sifat mekanik sangat baik yaitu memiliki kekuatan tarik 849 MPa dan berpotensi sebagai serat penguat pada panel anti peluru. Sebelumnya, Borvik et al., (2011) menyatakan bahwa serat rami memiliki kadar antipeluru standar IIA, II, dan III NIJ. Serat rami sebagai antipeluru mampu menahan tingkat penetrasi proyektil standar II NIJ, namun tidak berhasil untuk tingkat standar III dan IV NIJ. Mujiyono dkk., (2017) meneliti komposit *ramie fiber-rein forced epoxy* (RFRE) untuk panel anti peluru. Komposit rami 14 *laminae* yang diperkuat epoksi dengan fraksi volume 60% mampu menahan tingkat penetrasi proyektil standar III-A NIJ. Namun sejauh ini,

belum ada penjelasan yang diberikan tentang penyerapan energi untuk menentukan resistansi panel anti peluru.

Desain bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah berbahan kombinasi antara *eva foam* dan serat rami merupakan inovasi baru yang dikembangkan untuk menciptakan produk bantalan target yang kuat, tahan lama dan lebih lebih murah. Serat rami merupakan serat dari alam yang memiliki kekuatan yang sangat tinggi, serat rami yang digunakan dalam produk ini berjenis *inagrass green* yang telah ditenun kemudian dikombinasikan dengan *eva foam* agar dapat meredam dengan baik anak panah yang menancap pada sasaran tanpa merusak anak panah. Keunggulan dari produk yang dikembangkan adalah sasaran lebih tipis dan lebih kuat, sehingga dapat menghemat biaya produksi, kebutuhan akan bantalan panahan dalam panahan sangat tinggi, sasaran target harus memenuhi tingkat keamanan yang tinggi tidak mudah rusak dan kuat untuk menahan laju anak panah dan yang terpenting anak panah yang menancap tidak rusak jika mengenainya.

Bahan baku yang digunakan dalam produk ini mudah didapatkan dari alam dan industri, sehingga produk ini memiliki tingkat kepraktisan yang tinggi, sasaran lebih tipis sehingga mudah untuk dipindah-pindah serta dalam produksinya tidak memerlukan biaya yang tinggi. Fungsi dari produk yang dikembangkan adalah sebagai sasaran dalam panahan, kriteria sasaran dalam panahan selain aman, juga tidak merusak anak panah, sehingga produk ini dapat menjadi solusi akan kebutuhan tersebut. Serat rami menjadi pilihan karena mempunyai modulus elastisitas dan densitas yang hampir sama dengan *Kevlar*.

Selain itu, serat rami memiliki *break strain* lebih tinggi dari Kevlar (Nurazzi, et al., 2021: 646; Abd El-baky, et al., 2020: 4185; Aisyah, et al., 2021: 471).

Hasil penelitian Grubeša et al., (2018) menyatakan bahwa serat rami dapat memperkuat struktur beton dan dapat mengurangi perambatan peretakan. Pernyataan tersebut didukung oleh Çomak et al., (2018) bahwa mortar semen yang diperkuat dengan jumlah 2–3% dan panjang 12 mm serat rami alami memberikan hasil yang optimal. Selanjutnya hasil penelitian Neves et al., (2020) menerangkan serat rami memiliki potensi yang tinggi sebagai penguat lapis baja.

Hasil penelitian Guo, et al., (2021) meneliti tentang bubuk batang rami ditambahkan ke dalam sistem busa kopolimer *EVA* dengan pencetakan, dan peningkatan sifat sistem busa komposit dengan kandungan bubuk batang rami yang berbeda dari 0-30%. Hasilnya menunjukkan bahwa rami dapat menurunkan kekerasan dan kepadatan sistem busa komposit, meningkatkan ketahanan dan laju deformasi kompresi, dan memiliki sifat penyerapan air yang sangat baik dan sifat cepat kering dan sifat antibakteri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pembusaan dengan bubuk batang rami 10%-20% memiliki sifat mekanik komprehensif terbaik, yang dapat digunakan pada sepatu. Hasil penelitian Setyani & Aryanti (2019) meneliti tentang komposit kombinasi *ramie*, *cotton*, dan *rayon double ply* untuk pelindung tubuh rompi anti peluru menunjukkan bahwa kuat tarik komposit memiliki nilai optimum selama 30 menit perlakuan serat dalam larutan NaOH 5% yaitu 13,31 MPa, benda uji tarik yang dihasilkan sesuai dengan ASTM D-638.

Serat dari batang tanaman rami sebenarnya memiliki beberapa keunggulan, antara lain kualitas tekstil yang dihasilkan cukup baik karena memiliki kehalusan serat (*dyener*) seperti halnya kapas (Sisti, et al., 2018: 97; Khare, 2021: 12; Ahmed, et al., 2021: 24; Zhu, et al., 2021: 2215). Serat rami juga memiliki tingkat elastisitas yang baik dan lebih sejuk bila dipakai (Jiang, et al., 2020: 517; Chaudhary, et al., 2018: 403; Zhao, et al., 2021: 268). Serat rami juga dapat dijadikan sebagai campuran bahan kain lainnya, seperti katun, *rayon*, *linen*, dan *polyester*. Dibandingkan dengan kapas, serat rami lebih kuat, sehingga banyak dimanfaatkan untuk bahan pakaian atau perlengkapan militer. Bahkan, sudah ada penelitian yang menyebutkan bahwa serat rami anti peluru (Pramono, dkk., 2020: 51).

Bantalan panahan pada setiap negara memiliki ciri khas masing-masing, ada yang terbuat dari jerami dan ada yang terbuat dari *spon* yang kuat dan keras. Dalam penentuan bahan bantalan target panahan yang terpenting yaitu dapat meredam laju anak panah dan ketika anak panah menancap pada sasaran tidak mengubah sifat anak panah atau menimbulkan kerusakan. Bantalan target pada *Sea Games* Malaysia menggunakan jerami dari Korea, sedangkan *Sea Games* Singapura menggunakan bahan bantalan dari spon yang di impor dari Denmark. Di Indonesia umumnya menggunakan bahan bantalan yang terbuat dari *EVA foam*, termasuk yang digunakan pada ajang Asian Games 2018 adalah *EVA foam* yang dibentuk dengan ketebalan 18 cm.

Serat rami merupakan serat dari alam yang memiliki kekuatan yang sangat tinggi, serat rami yang digunakan dalam produk ini berjenis *inagrass green* yang

telah ditenun kemudian dikombinasikan dengan *eva foam* agar dapat meredam dengan baik anak panah yang menancap pada sasaran tanpa merusak anak panah. Keunggulan dari produk yang dikembangkan adalah sasaran lebih tipis dan lebih kuat, sehingga dapat menghemat biaya produksi, kebutuhan akan bantalan panahan dalam panahan sangat tinggi, sasaran target harus memenuhi tingkat kemanan yang tinggi tidak mudah rusak dan kuat untuk menahan laju anak panah dan yang terpenting anak panah yang menancap tidak rusak jika mengenainya.

Serat rami memiliki keunggulan signifikan dibandingkan serat sintetis dalam memperkuat komposit dan dapat digunakan secara efisien untuk berbagai aplikasi karena kekuatan spesifik yang tinggi, kepadatan rendah, biaya produksi rendah, sifat bio-terbarukan dan perilaku ramah lingkungan. Aplikasi komposit yang diperkuat rami telah ditelusuri di industri otomotif pada tahun 1940-an, di mana Henry Ford memproduksi komponen mobil dari serat rami dengan bio-matriks berbasis kedelai (Drzal, et al., 2001: 2). Hal ini terutama digunakan di sektor otomotif untuk memperkuat panel pintu, dek belakang penumpang, pilar, dan lapisan boot (Dhakal & Zhang, 2015: 5). Dibandingkan dengan serat alami lainnya, penggunaannya telah meningkat pesat di industri otomotif Jerman dan Austria (Aaliya, et al., 2021: 40; Várdai, et al., 2021: 2499; Eselini, et al., 2020: 701). Karena kapasitas peredam getaran yang lebih tinggi dari serat rami, peneliti juga fokus pada komposit rami dalam pembuatan barang olahraga dan alat musik (Pil, et al., 2016: 193; Gedik & Avinc, 2020: 87; Keya, et al., 2019: 70).

Claudio dan Marco mengembangkan rak elektronik untuk helikopter dengan memanfaatkan bahan komposit kain rami/epoksi. Studi tersebut

mengungkapkan bahwa rak elektronik dari komposit rami ini 55,6% lebih ringan dari rak elektronik baja yang ada (Scarponi & Messano, 2015: 542). Serat rami yang diperkuat dengan komposit polikaprolakton membuktikan aplikasi potensial mereka dalam fabrikasi perangkat ortotik (Sarasini, et al., 2015: 2). Kursi rami dikembangkan dari benang rami dengan resin epoksi (Dahy, 2019: 738), dan Xia., (2017: 121) berinovasi komposit hibrida dari tikar serat rami dan lembaran aluminium dengan resin epoksi yang menawarkan kinerja perisai interferensi elektromagnetik (EMI) yang sangat baik.

Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi suatu bentuk mikroskopik, yang terbuat dari bermacam-macam kombinasi atau gabungan antara filler (serat) dan matriks (Ganesan, et al., 2021: 12; Begum, et al., 2020: 457; Daghigh, et al., 2020: 587). Matriks pada perpaduan komposit berfungsi untuk mendistribusikan beban sifat mekanisnya biasanya ulet (*ductile*) (Saba, et al., 2019: 7). Bahan penguat berfungsi untuk menahan beban mekanik yang diterima oleh material komposit. Sifat bahan penguat biasanya kaku dan tangguh. Faktor yang mempengaruhi performa komposit serat yaitu jenis serat, bentuk serat, dan panjang serat (Andrew, et al., 2019: 11; Abbood, et al., 2021: 1003).

Penggabungan material yang berbeda bertujuan untuk menemukan material baru yang mempunyai sifat antara (*intermediate*) material penyusunnya yang tidak akan diperoleh jika material penyusunnya berdiri sendiri. Sifat material hasil penggabungan ini diharapkan saling memperbaiki kelemahan dan kekurangan material penyusunnya. Sifat-sifat yang dapat diperbaiki antara lain

kekuatan, kekakuan, ketahanan bending, berat jenis, pengaruh terhadap temperatur, isolasi termal, dan isolasi akustik.

Keunggulan lain yang dimiliki oleh komposit adalah keunggulannya dalam hal bobot. Bobot komposit jauh lebih ringan daripada material teknik lain atau baja pada khususnya. Banyak desain konstruksi memiliki syarat selain harus kuat, juga harus ringan. Selain tersebut di atas, komposit juga memiliki ketahanan terhadap korosi yang cukup jauh di atas material dari logam. Ketahanan yang sangat baik ini memungkinkan komposit lebih awet dibandingkan material dari logam. Keunggulan lainnya adalah komposit bersifat isolator yang baik dan juga harga yang lebih terjangkau (Hussain & Immanuel, 202: 170; Mansor, et al., 2019: 203). Komposit dalam penelitian ini yaitu *EVA foam* dan serat rami.

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai bahan penguatnya. Dalam pembuatan komposit, serat dapat diatur memanjang (*unidirectional composites*) atau dapat dipotong kemudian disusun secara acak (*random fibers*) serta juga dapat dianyam (*cross-plylaminat*) (Awais, et al., 2021: 2; Ahmadi, et al., 2020: 94). Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari fiber di dalam matriks. Secara alami serat yang panjang mempunyai kekuatan yang lebih dibanding serat yang berbentuk curah (Purboputro, 2017: 1). Serat panjang mempunyai struktur yang lebih sempurna karena struktur kristal tersusun sepanjang sumbu serat dan cacat internal pada serat lebih sedikit dari pada material dalam bentuk curah (Fahmi, dkk., 2020: 2).

E. Keterbatasan Penelitian

Beberapa hal yang menjadi keterbatasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Tidak adanya indikator penilaian pada instrumen penelitian yang digunakan untuk validasi ahli materi dan ahli media. Data hasil validasi ahli akan lebih objektif jika ada indikator penilaian untuk instrumen digunakan.
2. Pandemi Covid-19 yang sedang terjadi menjadikan prosedur pelaksanaan penelitian harus sesuai protokol kesehatan.
3. Subjek uji coba lapangan dalam penelitian ini masih terlalu kecil.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan tentang Produk

Berdasarkan hasil penelitian dan hasil analisis data yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Produk akhir berupa bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yang dikembangkan menggunakan metode ADDIE dengan ketentuan bahan yang digunakan yaitu *eva voam*, serat rami berjenis *inagrass green*, benang polester, lem fox. Proses produksi bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yaitu setiap lembar tenunan rami membutuhkan 20ons serat rami ditenun menggunakan benang polester dengan teknik tenun cucukan alus, satu bantalan membutuhkan 2 lembar tenunan serat rami, sehingga serat rami yang di gunakan untuk satu bantalan adalah sebanyak 40 ons. Ukuran satu helai serat rami yang ditenun adalah 2mm dengan plintiran berisi 12 helai serat rami, sedangkan lebar serat rami yang telah ditenun adalah 120x120cm dengan ketebalan 2mm. Bahan utama bantalan adalah kombinasi antara *eva foam* dan serat rami, *eva foam* menggunakan ketebalan 3cm dengan ukuran 120x120cm sebanyak 3 lembar, sehingga jika *eva foam* digabungkan menjadi 9cm. Tenunan serat rami memiliki ketebalan 0.5cm dengan perbandingan antara rami dan benang polester adalah 4:1, satu buah bantalan memerlukan 2 buah tenunan serat rami, sehingga jika digabungkan membutuhkan tenunan serat rami 4mm.

2. Bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah yang dikembangkan layak. Berdasarkan penilaian ahli materi sebesar 80,50% (layak), penilaian ahli *engginer* sebesar 88,86% (layak). Penilaian pelatih pada uji coba skala kecil sebesar 86,50% (layak) dan uji coba skala besar sebesar 88,60% (layak). Hasil uji tarik komposit serat rami diperoleh rata-rata modulus elastisitas sebesar 260,09 Mpa.
3. Efektivitas bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah, berdasarkan uji kepraktisan produk sebesar 90,62%. bantalan panahan berbasis biokomposit serat rami lebih baik daripada bantalan panahan *eva foam* biasa, dengan *p-value* $0,000 < 0,05$.

B. Saran Pemanfaatan Produk

Beberapa saran yang dapat peneliti ajukan untuk memanfaatkan produk permainan hasil dari penelitian ini antara lain:

1. Saran Pemanfaatan
 - a. Bagi pelatih bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah dapat digunakan untuk latihan.
 - b. Penting untuk mengembangkan bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah.
2. Saran Pengembangan Produk dan Peneliti Lanjutan
 - a. Dibutuhkan waktu untuk proses pengembangan, identifikasi, dan validasi yang lebih lama untuk meningkatkan kualitas produk.
 - b. Perlu adanya penelitian lanjutan yang akan melengkapi kekurangan pada penelitian sebelumnya

- c. Bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah ini perlu dikembangkan lagi agar menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aaliya, B., Sunooj, K. V., & Lackner, M. (2021). Biopolymer composites: A review. *International Journal of Biobased Plastics*, 3(1), 40-84.
- Abd El-baky, M. A., Attia, M. A., Abdelhaleem, M. M., & Hassan, M. A. (2020). Mechanical characterization of hybrid composites based on flax, basalt and glass fibers. *Journal of Composite Materials*, 54(27), 4185-4205.
- Abbood, I. S., aldeen Odaa, S., Hasan, K. F., & Jasim, M. A. (2021). Properties evaluation of fiber reinforced polymers and their constituent materials used in structures—A review. *Materials Today: Proceedings*, 43, 1003-1008.
- Afandi, M., Hartono, M., & Hanani, E. S. (2021). Development of scoring system for archery competition results website based. *Journal of Physical Education and Sports*, 10(3), 277-286.
- Ahmadi, M. S., Dehghan-Banadaki, Z., Nalchian, M., & Sarpanahi, R. (2020). Date palm fiber preform formation for composites. In *Date Palm Fiber Composites* (pp. 93-117). Springer, Singapore.
- Ahmed, M. M., Dhakal, H. N., Zhang, Z. Y., Barouni, A., & Zahari, R. (2021). Enhancement of impact toughness and damage behaviour of natural fibre reinforced composites and their hybrids through novel improvement techniques: A critical review. *Composite Structures*, 259, 113496.
- Ahmed, A. F., Islam, M. Z., Mahmud, M. S., Sarker, M. E., & Islam, M. R. (2022). Hemp as a potential raw material toward a sustainable world: A review. *Heliyon*, e08753.
- Aisyah, H. A., Paridah, M. T., Sapuan, S. M., Ilyas, R. A., Khalina, A., Nurazzi, N. M., ... & Lee, C. H. (2021). A comprehensive review on advanced sustainable woven natural fibre polymer composites. *Polymers*, 13(3), 471.
- Akbar, A. K., & Nurhayati, A. (2019). Analisis persepsi kinestetik terhadap kemampuan memanah atlet panahan Kota Palopo. *Prosiding*, 4(1).
- Andrew, J. J., Srinivasan, S. M., Arockiarajan, A., & Dhakal, H. N. (2019). Parameters influencing the impact response of fiber-reinforced polymer matrix composite materials: A critical review. *Composite Structures*, 224, 111007.

- Andriawan, M. N. A., & Subagio, I. (2019). Pembinaan panahan di Jawa Timur. *Jurnal Prestasi Olahraga*, 2(1).
- Anggoro, P. W., Anthony, A. A., Tauviqirrahman, M., Jamari, J., Bayusena, A. P., & Aylie, H. (2020). Machining parameter optimization of EVA foam orthotic shoe insoles. *International Journal of Engineering and Technology Innovation*, 10(3), 179-190.
- Arkin, I., & Budak, M. (2021). Trunk stabilization, body balance, body perception, and quality of life in professional physically disabled and able-bodied archers. *Sport Sciences for Health*, 17(4), 881-889.
- Ariffin, M. S., Sahak, R., Rambely, A. S., & Zin, M. A. M. (2020). Upper extremity muscle force for traditional archery using khatrah technique. *International Journal*, 9(1.4).
- Arisman, A., Dlis, F., & Antoni, R. (2021). Self-check style dalam meningkatkan teknik aiming panahan. *Jurnal Olahraga Pendidikan Indonesia (JOPI)*, 1(1), 130-138.
- Asim, M., Paridah, M. T., Chandrasekar, M., Shahroze, R. M., Jawaid, M., Nasir, M., & Siakeng, R. (2020). Thermal stability of natural fibers and their polymer composites. *Iranian Polymer Journal*, 29(7), 625-648.
- Awais, H., Nawab, Y., Amjad, A., Anjang, A., Akil, H. M., & Abidin, M. S. Z. (2021). Environmental benign natural fibre reinforced thermoplastic composites: A review. *Composites Part C: Open Access*, 4, 100082.
- Azwar, S. (2018). *Penyusunan skala psikologi. Edisi II*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Bakar, N., Chin, S. C., Siregar, J. P., & Ngien, S. K. (2020). A review on physical, mechanical, thermal properties and chemical composition of plant fibers. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 736, No. 5, p. 052017). IOP Publishing.
- Banowati, L., Hartopo, H., Octariyus, G., & Suprihanto, J. (2020). Analisis perbandingan kekuatan tarik komposit rami/epoksi dan hibrid rami-e-glass/epoksi. *Jurnal Industri Elektro dan Penerbangan*, 10(1).
- Beckman, I. P., Lozano, C., Freeman, E., & Riveros, G. (2021). Fiber selection for reinforced additive manufacturing. *Polymers*, 13(14), 2231.
- Begum, S., Fawzia, S., & Hashmi, M. S. J. (2020). Polymer matrix composite with natural and synthetic fibres. *Advances in Materials and Processing Technologies*, 6(3), 547-564.

- Beluns, S., Gaidukovs, S., Platnieks, O., Gaidukova, G., Mierina, I., Grase, L., ... & Thakur, V. K. (2021). From wood and hemp biomass wastes to sustainable nanocellulose foams. *Industrial Crops and Products*, *170*, 113780.
- Bernava, A., Reihmane, S., & Strazds, G. (2015, January). Influence of pectinase enzyme Beisol PRO on hemp fibres retting. In *Proc. Estonian Acad. Sci* (Vol. 64, No. 1, pp. 77-81).
- Børvik, T., Olovsson, L., Dey, S., & Langseth, M. (2011). Normal and oblique impact of small arms bullets on AA6082-T4 aluminium protective plates. *International Journal of Impact Engineering*, *38*(7), 577-589.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach* (Vol. 722). Springer Science & Business Media.
- Brzyski, P., & Fic, S. (2017). The application of raw materials obtained from the cultivation of industrial hemp in various industries. *Economic and Regional Studies/Studia Ekonomiczne i Regionalne*, *10*(1), 100-113.
- Carmona, A. R., & Lopera, H. A. C. (2021). A new composite made from *Luffa Cylindrica* and ethylene vinyl acetate (EVA): Mechanical and structural characterization for its use as Mouthguard (MG). *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 105064.
- Cavalcanti, D. K. K., Banea, M. D., Neto, J. S. S., Lima, R. A. A., Da Silva, L. F. M., & Carbas, R. J. C. (2019). Mechanical characterization of intralaminar natural fibre-reinforced hybrid composites. *Composites Part B: Engineering*, *175*, 107149.
- Chaudhary, V., Bajpai, P. K., & Maheshwari, S. (2018). An investigation on wear and dynamic mechanical behavior of jute/hemp/flax reinforced composites and its hybrids for tribological applications. *Fibers and Polymers*, *19*(2), 403-415.
- Çomak, B., Bideci, A., & Bideci, Ö. S. (2018). Effects of hemp fibers on characteristics of cement based mortar. *Construction and Building Materials*, *169*, 794-799.
- Crini, G., Lichtfouse, E., Chanut, G., & Morin-Crini, N. (2020). Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition, food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: A review. *Environmental Chemistry Letters*, *18*(5), 1451-1476.

- Crini, G., Lichtfouse, E., Chanet, G., & Morin-Crini, N. (2020). Traditional and new applications of hemp. In *Sustainable Agriculture Reviews 42* (pp. 37-87). Springer, Cham.
- Daghigh, V., Lacy Jr, T. E., Daghigh, H., Gu, G., Baghaei, K. T., Horstemeyer, M. F., & Pittman Jr, C. U. (2020). Machine learning predictions on fracture toughness of multiscale bio-nano-composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 39(15-16), 587-598.
- Dahy, H. (2019). Natural fibre-reinforced polymer composites (NFRP) fabricated from lignocellulosic fibres for future sustainable architectural applications, case studies: segmented-shell construction, acoustic panels, and furniture. *Sensors*, 19(3), 738.
- Danielewicz, D., & Surma-Ślusarska, B. (2011). Oxygen delignification and bleaching of industrial hemp pulps. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19(1), 84.
- Dhakal, H. N., & Zhang, Z. (2015). The use of hemp fibres as reinforcements in composites. In *Biofiber reinforcements in composite materials* (pp. 86-103). Woodhead Publishing.
- Drzal, L. T., Mohanty, A. K., & Misra, M. (2001). Bio-composite materials as alternatives to petroleum-based composites for automotive applications. *Magnesium*, 40(60), 1-3.
- Ertan, H., Yagcioglu, S., Yilmaz, A., Urgan, P., & Korkusuz, F. (2021). Accuracy in archery shooting is linked to the Amplitude of the ERP N1 to the Snap of Clicker. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 10(1), 37-44.
- Eselini, N., Tirkes, S., Akar, A. O., & Tayfun, U. (2020). Production and characterization of poly (lactic acid)-based biocomposites filled with basalt fiber and flax fiber hybrid. *Journal of Elastomers & Plastics*, 52(8), 701-716.
- Fahmi, H., Pratiwi, P., & Maryanto, T. (2020). The effect of addition of powder areca nut midrib on polyester matrix to the tensile and bending strength. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 1-5.
- Ganesan, K., Kailasanathan, C., Rajini, N., Ismail, S. O., Ayrlimis, N., Mohammad, F., ... & Aldhayan, D. M. (2021). Assessment on hybrid jute/coir fibers reinforced polyester composite with hybrid fillers under different environmental conditions. *Construction and Building Materials*, 301, 124117.

- Gapsari, F., Purnowidodo, A., Setyarini, P. H., Hidayatullah, S., Izzuddin, H., Subagyo, R., ... & Siengchin, S. (2022). Properties of organic and inorganic filler hybridization on Timoho Fiber-reinforced polyester polymer composites. *Polymer Composites*, 43(2), 1147-1156.
- Gangil, B., Ranakoti, L., Verma, S., Singh, T., & Kumar, S. (2020). Natural and synthetic fibers for hybrid composites. *Hybrid Fiber Composites: Materials, Manufacturing, Process Engineering*, 1-15.
- Garg, P., Jamwal, A., Kumar, D., Sadasivuni, K. K., Hussain, C. M., & Gupta, P. (2019). Advance research progresses in aluminium matrix composites: manufacturing & applications. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(5), 4924-4939.
- Gedik, G., & Avinc, O. (2020). Hemp fiber as a sustainable raw material source for textile industry: can we use its potential for more eco-friendly production?. In *Sustainability in the Textile and Apparel Industries* (pp. 87-109). Springer, Cham.
- Grubeša, I. N., Marković, B., Gojević, A., & Brdarić, J. (2018). Effect of hemp fibers on fire resistance of concrete. *Construction and Building Materials*, 184, 473-484.
- Guo, Y., Hao, X., & Liang, G. (2021). Modification and properties of EVA foamed material with hemp stem powder. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1759, No. 1, p. 012013). IOP Publishing.
- Gundara, G. (2017, November). Analisis sifat fisis dan mekanis komposit serat gelas berlapis. In *Prosiding Seminar Nasional Teknoka* (Vol. 2, pp. M17-M21).
- Haghighatnia, T., Abbasian, A., & Morshedian, J. (2017). Hemp fiber reinforced thermoplastic polyurethane composite: an investigation in mechanical properties. *Industrial Crops and Products*, 108, 853-863.
- Hariyanto, A. (2017). Pengaruh perlakuan alkali pada rekayasa bahan komposit berpenguat serat rami bermatrik poliester terhadap kekuatan mekanis. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 11(1).
- Haryanti, N. H. (2017). *Potensi serat alam sebagai material komposit*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Humaid, H., Pelana, R., Chia-Smith, W., Winata, B., Yulianti, E., Wattimena, F. Y., & Artono, E. (2021). Validity of the scoring system technology for detecting points in archery. *Journal of Physical Education and Sport*, 21(3), 1520-1524.

- Hussain, I., & Immanuel, R. J. (2022). Composite materials and its advancements for a cleaner engine of future. In *Advances in Engine Tribology* (pp. 169-191). Springer, Singapore.
- Imran, M., & Khan, A. A. (2019). Characterization of Al-7075 metal matrix composites: a review. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(3), 3347-3356.
- İşmal, Ö. E., & Paul, R. (2018). Composite textiles in high-performance apparel. In *High-Performance Apparel* (pp. 377-420). Woodhead Publishing.
- Jiang, T., Zeng, G., & Hu, C. (2020). Experimental estimation of relaxation behavior for hemp fiber reinforced polypropylene composite with torque rheometer. *Macromolecular Research*, 28(5), 517-522.
- Kabir, M. M., Alhaik, M. Y., Aldajah, S. H., Lau, K. T., Wang, H., & Islam, M. M. (2021). Effect of Hemp Fibre Surface Treatment on the Fibre-Matrix Interface and the Influence of Cellulose, Hemicellulose, and Lignin Contents on Composite Strength Properties. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2021.
- Karam, R., Becquart, F., Abriak, N. E., & Khouja, H. (2021). Vapothermal curing of hemp shives: Influence on some chemical and physical properties. *Industrial Crops and Products*, 171, 113870.
- Karche, T. (2019). The application of hemp (*Cannabis sativa* L.) for a green economy: a review. *Turkish Journal of Botany*, 43(6), 710-723.
- Keya, K. N., Kona, N. A., Koly, F. A., Maraz, K. M., Islam, M. N., & Khan, R. A. (2019). Natural fiber reinforced polymer composites: history, types, advantages and applications. *Materials Engineering Research*, 1(2), 69-85.
- Khare, A. R. (2021). *Principles of Spinning: Fibres and blow room cotton processing in spinning*. CRC Press.
- Kian, L. K., Saba, N., Jawaid, M., & Sultan, M. T. H. (2019). A review on processing techniques of bast fibers nanocellulose and its polylactic acid (PLA) nanocomposites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 121, 1314-1328.
- Kim, B., Nun-anan, P., Hancharoen, K., Seiichi, K., & Boonkerd, K. (2022). Effect of Type and Content of Blowing Agent on Properties of NR/EPDM/EVA Foam. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2175, No. 1, p. 012018). IOP Publishing.

- Kim, K., Xu, D., & Park, J. (2017). Effect of kinetic degrees of freedom of the fingers on the task performance during force production and release: Archery shooting-like action. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 27(2), 117-124.
- Liu, Z., Wang, H., & Hui, L. (2018). Pulping and papermaking of non-wood fibers. *Pulp and Paper Processing*, 1, 4-31.
- Loh, W. P., & Chong, Y. Y. (2018). Classifying the archery performance with conditional effects on angular and linear shooting techniques. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*, 10(3-2), 95-99.
- Lowitt, S. (2020). *Initial considerations for the creation of an inter-regional industrial hemp value chain between Malawi and South Africa* (No. 2020/23). WIDER Working Paper.
- Mahendra, D. A. I., & Risdianto, Y. (2019). Pemanfaatan serat rami terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada pembuatan panel beton ringan menggunakan eafs (electric arc furnace slag) sebagai substitusi pasir. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(1).
- Maki, M. T., Berliana, B., Nurjaya, D. R., & Novian, G. (2021). Increasing upper body strength of wrestling athletes through bulgarian bag exercise. *ACTIVE: Journal of Physical Education, Sport, Health and Recreation*, 10(2), 71-76.
- Manaia, J. P., Manaia, A. T., & Rodrigues, L. (2019). Industrial hemp fibers: An overview. *Fibers*, 7(12), 106.
- Mansor, M. R., Nurfaizey, A. H., Tamaldin, N., & Nordin, M. N. A. (2019). Natural fiber polymer composites: utilization in aerospace engineering. In *Biomass, Biopolymer-Based Materials, and Bioenergy* (pp. 203-224). Woodhead Publishing.
- Maryanti, B., & Anggono, M. A. T. (2020). Studi ekperimental keausan kanvas rem komposit serat kulit durian dan serbuk aluminium dengan resin vinylester. *Jurnal Penelitian Enjiniring*, 24(2), 142-147.
- Moonart, U., & Utara, S. (2019). Effect of surface treatments and filler loading on the properties of hemp fiber/natural rubber composites. *Cellulose*, 26(12), 7271-7295.
- Mujiyono, M., Nurhadiyanto, D., & Mukhammad, A. F. H. (2017). Ramie fiber reinforced epoxy (RFRE) composite for bulletproof panels. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 9(7S), 228-240.

- Mulenga, T. K., Ude, A. U., & Vivekanandhan, C. (2021). Techniques for modelling and optimizing the mechanical properties of natural fiber composites: a review. *Fibers*, 9(1), 6.
- Musa, R. M., Majeed, A. A., Taha, Z., Abdullah, M. R., Maliki, A. H. M., & Kosni, N. A. (2019). The application of Artificial Neural Network and k-Nearest Neighbour classification models in the scouting of high-performance archers from a selected fitness and motor skill performance parameters. *Science & Sports*, 34(4), e241-e249.
- Musa, R. M., Taha, Z., Majeed, A. P. A., & Abdullah, M. R. (2019). *Machine learning in sports: identifying potential archers*. Springer Singapore.
- Naithani, V., Tyagi, P., Jameel, H., Lucia, L. A., & Pal, L. (2020). Ecofriendly and innovative processing of hemp hurds fibers for tissue and towel paper. *BioResources*, 15(1), 706-720.
- Neves, A. C. C., Rohen, L. A., Mantovani, D. P., Carvalho, J. P., Vieira, C. M. F., Lopes, F. P., ... & Monteiro, S. N. (2020). Comparative mechanical properties between biocomposites of epoxy and polyester matrices reinforced by hemp fiber. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(2), 1296-1304.
- Nihal, D. A. L., & Doğan, E. (2019). Heart rate variability, flow and emotional intelligence as predictors of novice archers' shooting accuracy. *The Journal of Eurasia Sport Sciences and Medicine*, 1(2), 65-73.
- Novarini, E., & Sukardan, M. D. (2015). Potensi serat rami (*Boehmeria nivea* S. Gaud) sebagai bahan baku industri tekstil dan produk tekstil dan tekstil teknik. *Arena Tekstil*, 30(2).
- Nurazzi, N. M., Asyraf, M. R. M., Khalina, A., Abdullah, N., Aisyah, H. A., Rafiqah, S., & Sapuan, S. M. (2021). A review on natural fiber reinforced polymer composite for bullet proof and ballistic applications. *Polymers*, 13(4), 646.
- Ohara, M., Kawasaki, N., Nakahama, J., Takada, Y., & Watanabe, H. (2020). Development of an archery robot for the selection of arrows. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 49(1), 115.
- Pelana, R., & Oktafiranda, N. D. (2017). *Teknik dasar olahraga panahan*. Depok: PT Rajagrafindo Persada.
- Pil, L., Bensadoun, F., Pariset, J., & Verpoest, I. (2016). Why are designers fascinated by flax and hemp fibre composites?. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 83, 193-205.

- Pinto, F., Boccarusso, L., De Fazio, D., Cuomo, S., Durante, M., & Meo, M. (2020). Carbon/hemp bio-hybrid composites: Effects of the stacking sequence on flexural, damping and impact properties. *Composite Structures*, 242, 112148.
- Poniatowska, J., Wielgus, K., Szalata, M., Szalata, M., Ożarowski, M., & Panasiewicz, K. (2019). Contribution of Polish agrotechnical studies on L. to the global industrial hemp cultivation and processing economy. *Herba Polonica*, 65(2), 37-50.
- Pramono, B. A., Nurhasan, & Fithroni, H. (2019). *Teknologi olahraga: Perkembangan olahraga era milenial 4.0*. Sidoarjo: Zifatama Jawa.
- Pramono, P., Suroso, P., & Marbun, O. (2020). Penggunaan serat rami (boehmeria nivea) untuk meningkatkan kadar aspal dalam campuran aspal bergradasi senjang. *Jurnal Inersia*, 9(2), 50-57.
- Prasetyo, H., Prasetyo, Y., & Wali, C. N. (2022). Development of measuring tools for muscle strength and endurance arm for archery sport holding bow digitec test. *Journal Sport Area*, 7(2), 271-286.
- Prasetyo, Y. (2018). *Teknik dasar panahan. Trik jitu menembak akurat dan tepat sasaran*. Yogyakarta: Thema Publishing.
- Prior, E. E., & Coates, J. K. (2020). Archers' experiences of target panic: an interpretative phenomenological analysis. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 12(2), 224-241.
- Purboputro, P. I. (2017). Pengaruh panjang serat terhadap kekuatan impak komposit enceng gondok dengan matriks poliester. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 7(2).
- Qiu, Y., & Zhao, J. (2022). Adaptation and the distributional effects of heat: Evidence from professional archery competitions. *Southern Economic Journal*, 88(3), 1149-1177.
- Quan, C. H., Mohy-Ud-Din, Z., & Lee, S. (2017). Analysis of shooting consistency in archers: A dynamic time warping algorithm-based approach. *Journal of Sensors*, 2017.
- Rachel Jacob, S., Mishra, A., Kumari, M., Bhatt, K. C., Gupta, V., & Singh, K. (2020). A Quick Viability Test Protocol for Hemp (Cannabis Sativa L.) Seeds. *Journal of Natural Fibers*, 1-6.

- Rahman, M. D. W., & Risdianto, Y. (2019). Pemanfaatan serat karung goni (rami) sebagai bahan tambahan beton dan electric arc furnace slag 30% sebagai substituen pasir pada pembuatan beton normal. *Rekayasa Teknik Sipil*, 2(1).
- Ramdani, A. G., Irawan, B., & Ansori, A. S. R. (2020). Pengembangan permainan panahan menggunakan metode middle square. *eProceedings of Engineering*, 7(1).
- Rehman, M., Fahad, S., Du, G., Cheng, X., Yang, Y., Tang, K., ... & Deng, G. (2021). Evaluation of hemp (*Cannabis sativa* L.) as an industrial crop: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(38), 52832-52843.
- Saba, F., Zhang, F., Liu, S., & Liu, T. (2019). Reinforcement size dependence of mechanical properties and strengthening mechanisms in diamond reinforced titanium metal matrix composites. *Composites Part B: Engineering*, 167, 7-19.
- Samuel, R. D., Matzkin, G., Gal, S., & Englert, C. (2020). The “10 mentality”: A longitudinal case study of self-control strength in two competitive recurve archers. *Case studies in sport and exercise psychology*, 4(1), 142-151.
- Sarasini, F., Tirillo, J., Puglia, D., Kenny, J. M., Dominici, F., Santulli, C., ... & De Santis, R. (2015). Effect of different lignocellulosic fibres on poly (ϵ -caprolactone)-based composites for potential applications in orthotics. *RSC Advances*, 5(30), 23798-23809.
- Sarro, K. J., Viana, T. D. C., & De Barros, R. M. L. (2021). Relationship between bow stability and postural control in recurve archery. *European Journal of Sport Science*, 21(4), 515-520.
- Scarponi, C., & Messano, M. (2015). Comparative evaluation between E-Glass and hemp fiber composites application in rotorcraft interiors. *Composites Part B: Engineering*, 69, 542-549.
- Schmidt, S. L. (2020). *21st Century sports: How technologies will change sports in the digital age*. Switzerland: Springer Nature.
- Sepe, R., Bollino, F., Boccarusso, L., & Caputo, F. (2018). Influence of chemical treatments on mechanical properties of hemp fiber reinforced composites. *Composites Part B: Engineering*, 133, 210-217.
- Septiana, L., Widiyanto, W., & Wali, C. N. (2020). Analisis gerak teknik dan performa memanah nomor 70 meter recurve atlet PPLP panahan Daerah Istimewa Yogyakarta. *Media Ilmu Keolahragaan Indonesia*, 10(2), 28-38.

- Serrien, B., Witterzeel, E., & Baeyens, J. P. (2018). The uncontrolled manifold concept reveals that the structure of postural control in recurve archery shooting is related to accuracy. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 3(3), 48.
- Setyani, K., & Aryanti, N. (2019, September). Ramie, cotton, and rayon double ply combination composite for bullet proof vests body armor. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1295, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.
- Sezer, S. Y. (2017). The impact of hand grip strength exercises on the target shooting accuracy score for archers. *Journal of Education and Training Studies*, 5(5), 6-16.
- Shah, I., Jing, L., Fei, Z. M., Yuan, Y. S., Farooq, M. U., & Kanjana, N. (2021). A review on chemical modification by using sodium hydroxide (NaOH) to investigate the mechanical properties of sisal, coir and hemp fiber reinforced concrete composites. *Journal of Natural Fibers*, 1-19.
- Simsek, D., Cerrah, A. O., Ertan, H., & Soylu, A. R. (2019). A comparison of the ground reaction forces of archers with different levels of expertise during the arrow shooting. *Science & sports*, 34(2), e137-e145.
- Sisti, L., Totaro, G., Vannini, M., & Celli, A. (2018). Retting process as a pretreatment of natural fibers for the development of polymer composites. In *Lignocellulosic composite materials* (pp. 97-135). Springer, Cham.
- Sivakandhan, C., Murali, G., Tamiloli, N., & Ravikumar, L. (2020). Studies on mechanical properties of sisal and jute fiber hybrid sandwich composite. *Materials Today: Proceedings*, 21, 404-407.
- Sobko, I. M., Kovtun, A. L., & Ulaeva, L. O. (2019). Factor structure of the comprehensive preparedness of shooters 14-15 years old, specializing in shooting from classic bow. *Health, sport, rehabilitation*, (5 (2)), 96-102.
- Spratford, W., & Campbell, R. (2017). Postural stability, clicker reaction time and bow draw force predict performance in elite recurve archery. *European journal of sport science*, 17(5), 539-545.
- Stone, R., Fales, C., Sabers, H., Cavanah, E., & Kim, J. (2021, September). Neuromuscular analysis of various release mechanisms in archery: a study of the preparatory response between trigger and back-tension releases. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 65, No. 1, pp. 888-893). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.

- Subadra, I. N., Nugraha, I. N. P., & Dantes, K. R. (2018). Analisis kekuatan impact komposit matrix polyester berpenguat serat rami dengan perlakuan alkali 0%, 5%, 10%, dan 15% naoh untuk bodi kendaraan Ganesha Sakti. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 6(2), 77-87.
- Sudhakar, U., Suresh, B. V., & Bahubalendruni, M. R. (2018). A review on physical and chemical properties of natural fiber reinforced composite materials. *International journal of Science and Development Research*, 3, 160-172.
- Sugiyono. (2017). *Metode penelitian pendidikan: pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Suroso, B., & Rajali, R. (2019). Mechanical properties komposit limbah plastik. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(1), 74-83.
- Tanasă, F., Zănoagă, M., Teacă, C. A., Nechifor, M., & Shahzad, A. (2020). Modified hemp fibers intended for fiber-reinforced polymer composites used in structural applications—A review. I. Methods of modification. *Polymer Composites*, 41(1), 5-31.
- Tedeschi, A., Volpe, M. G., Polimeno, F., Siano, F., Maglione, G., Di Tommasi, P., ... & Vitale, L. (2020). Soil fertilization with urea has little effect on seed quality but reduces soil N₂O emissions from a hemp cultivation. *Agriculture*, 10(6), 240.
- Taha, Z., Musa, R. M., Majeed, A. P. A., Alim, M. M., & Abdullah, M. R. (2018). The identification of high potential archers based on fitness and motor ability variables: A Support Vector Machine approach. *Human movement science*, 57, 184-193.
- Taha, Z., Musa, R. M., Majeed, A. P. A., Abdullah, M. R., Alim, M. M., & Ab Nasir, A. F. (2018, April). The application of k-Nearest Neighbour in the identification of high potential archers based on relative psychological coping skills variables. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 342, No. 1, p. 012019). IOP Publishing.
- Tihanyi, B., Spekker, O., Berthon, W., Kis, L., Bereczki, Z., Molnár, E., ... & Pálfi, G. (2018). Sports medicine and sports traumatology aspects of archery. Anatomical data for the better understanding of the archery-related skeletal changes. *The Talking Dead*, 2, 123-136.
- Tomoliyus, T., & Sunardianta, R. (2020). Validitas dan reliabilitas instrumen tes reaktif agility tenis meja. *Jurnal Keolahragaan*, 8(2), 148-157.

- Ustun, F., & Tasgin, E. (2020). The effect of recreative purpose modern and traditional archery education on attention parameters in adolescents. *Journal of Education and Learning*, 9(1), 244-250.
- Várdai, R., Lummerstorfer, T., Pretschuh, C., Jerabek, M., Gahleitner, M., Bartos, A., ... & Pukánszky, B. (2021). Improvement of the impact resistance of natural fiber-reinforced polypropylene composites through hybridization. *Polymers for Advanced Technologies*, 32(6), 2499-2507.
- Vendrame, E., Rum, L., Belluscio, V., Truppa, L., Vannozzi, G., Lazich, A., ... & Mannini, A. (2021, November). Muscle synergies in archery: an explorative study on experienced athletes with and without physical disability. In *2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)* (pp. 6220-6223). IEEE.
- Verawati, I., & Valianto, B. (2020, March). The effects of progressive muscle relaxation on concentration in archery athletes at the UNIMED Club. In *1st Unimed International Conference on Sport Science (UnICoSS 2019)* (pp. 68-71). Atlantis Press.
- Wang, G., Yu, D., Kelkar, A. D., & Zhang, L. (2017). Electrospun nanofiber: Emerging reinforcing filler in polymer matrix composite materials. *Progress in Polymer Science*, 75, 73-107.
- Wattimena, F. (2020). Perbandingan metode latihan visualisasi dan relaksasi terhadap peningkatan skor jarak 10 meter pada atlet panahan tingkat pemula. *Jurnal Ilmiah Sport Coaching and Education*, 4(2), 63-71.
- Wicaksono, I. A., Windani, I., & Erny, E. (2021). Prioritas Strategi Pengembangan Serat Rami (*Boehmeria nivea* proper) Jenis Ina Grass di Kabupaten Wonosobo. *Agroland: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*, 28(2), 197-203.
- Xia, C., Yu, J., Shi, S. Q., Qiu, Y., Cai, L., Wu, H. F., ... & Zhang, H. (2017). Natural fiber and aluminum sheet hybrid composites for high electromagnetic interference shielding performance. *Composites Part B: Engineering*, 114, 121-127.
- Yazid, Y., Rachmat, H., & Atmaja, D. S. E. (2020). Desain damper barebow panahan menggunakan metode reverse engineering. *eProceedings of Engineering*, 7(2).

- Zanevskyy, I., Sirenko, R., Shukatka, O., Bashavets, N., & Rybchych, I. (2021). Reliability of testing of the electrical activity of muscles during isometric contractions in archery. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 9(3), 543-553.
- Zhao, Y., Salunke, S., Leavitt, A., Curtin, K., Huynh, N., & Zeagler, C. (2016, September). E-archery: Prototype wearable for analyzing archery release. In *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct* (pp. 908-913).
- Zhao, J., Tong, H., Shan, Y., Yuan, J., Peng, Q., & Liang, J. (2021). Effects of different types of fibers on the physical and mechanical properties of MICP-treated calcareous sand. *Materials*, 14(2), 268.
- Zhu, R., Yu, Y., Yang, W., Zhao, J., Shi, G., & Liu, J. (2021). Novel scouring method of hemp fibers based on electrochemical techniques. *Textile Research Journal*, 91(19-20), 2215-2224.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Keterangan Validasi

Lembar Validasi Ahli Materi *Engginer*

Sasaran Produk : Atlet Panahan

Judul Penelitian : Pengembangan *Archery Buttres* Berbasis Biokomposit dari Serat Rami untuk Meningkatkan Daya Redam Anak Panah.

Peneliti : Heru Prasetyo, M.Pd.

Promotor : Prof. Dr. Siswantoyo, M.Kes.,AIFO

Co-Promotor : Dr. Yudik Prasetyo, M.Kes., AIFO

Validator : Prof. Dr. Eng. Ir. Didik Nurhadiyanto, S.T., M.T., IPU

Petunjuk :

- Lembar validasi ini di isi oleh **Ahli Materi**.
- Lembar validasi ini dimaksudkan untuk mendapatkan informasi dari ahli materi.
- Berilah tanda (√) pada kolom penilaian yang sesuai dengan pendapat ahli materi dengan skala penilaian: Sangat Baik (**SB**), Baik (**B**), Cukup (**C**), Kurang Baik (**KB**) dan Sangat Kurang (**SK**)
- Komentar dan saran dituliskan pada tempat yang telah disediakan.

1. Desain Produk

No	Klasifikasi	Skala penilaian					Keterangan
		SB	B	C	KB	SK	
1	<i>Archery Buttress</i> sudah sesuai dengan standart <i>Word Archery</i>		√				
2	Bentuk sudah disesuaikan dengan penampang jagrak	√					
3	<i>Archery Buttress</i> memiliki desain lebih tipis	√					
4	<i>Archery Buttress</i> yang dikembangkan lebih menarik	√					
5	Desain <i>archery buttress</i> memiliki bentuk presisi	√					
6	Desain <i>archery buttress</i> menghemat bahan baku utama	√					

7	Tenunan rami rapi dan rapat	√					
8	Ukuran <i>archery buttress</i> kurang sesuai dengan standart <i>World Archery</i>				√		

2. Pemilihan Bahan

No	Klasifikasi	Skala penilaian					Keterangan
		SB	B	C	KB	SK	
9	Bahan baku <i>archery buttress</i> mudah di dapatkan	√					
10	<i>Archery Buttress</i> berbahan serat rami belum pernah digunakan	√					
11	Serat rami menggunakan kualitas terbaik		√				
12	Serat rami diolah oleh tenaga profesional	√					
13	Serat rami didapatkan dari wilayah penghasil rami terbaik di Indonesia	√					
14	Serat rami menggunakan jenis <i>inagrass green</i> tanpa melalui direndam dan di cuci sehingga lebih kuat	√					
15	Satu helai serat rami tidak mudah putus sehingga cocok untuk dijadikan bahan kombinasi <i>archery buttress</i>	√					
16	Bahan rami yang digunakan mudah rusak				√		Khusus kalau kena air
17	Rami dapat dengan mudah di kombinasi dengan <i>eva foam</i>	√					

3. Performa Produk

No	Klasifikasi	Skala penilaian					Keterangan
		SB	B	C	KB	SK	
18	<i>Archery Buttress</i> dapat digunakan nomor <i>recurve</i> , <i>compound</i> dan <i>standartbow</i>	√					
19	<i>Archery Buttress</i> aman digunakan	√					
20	Anak panah yang menancap pada <i>Archery Buttress</i> mudah dicabut		√				
21	<i>Archery Buttress</i> tidak tertembus anak panah ketika digunakan		√				
22	<i>Archery Buttress</i> dapat meredam dengan baik anak panah dari tembakan busur <i>recurve</i>	√					
23	<i>Archery Buttress</i> dapat meredam dengan baik anak panah dari tembakan busur <i>compound</i>	√					
24	<i>Archery Buttress</i> dapat meredam dengan baik anak panah dari tembakan busur <i>standartbow</i>	√					
25	<i>Archery Buttress</i> kuat dan tidak cepat rusak meskipun ditembakkan anak panah berkali-kali	√					
26	<i>Archery buttress</i> yang dikembangkan mudah tertembus anak panah				√		

Komentar;

Sifat serat rami adalah sangat ulet dan tahan terhadap beban Tarik, namun serat rami tidak tahan dengan benda yang tajam. Penggunaan serat rami sebagai *archery buttres* karena rami hanya sebagai peredam lajunya anak panah. Apabila serat rami tidak

mampu menahan tembusan karena kurang rapat saja, sebaiknya ditambahkan lapisan anyaman serat rami.

Saran:

1. Walaupun tidak tembus dengan lapisan rami sebanyak 2, namun sebaiknya ditambahkan satu lapisan lagi supaya lebih aman, kecuali bila harga rami tidak terjangkau.
2. Serat rami tidak tahan terhadap air karena dia akan menyerap air, sebaiknya bahan ini tidak terkena air apalagi kehujanan.

Kesimpulan:

Bahan serat rami bisa digunakan sebagai archery buttres dengan ketentuan seperti pada saran di atas.

Mohon dilingkari sesuai dengan kesimpulan validator mengenai pengembangan *archery buttress* berbasis biokomposit dari serat rami untuk meningkatkan daya redam anak panah.

- a. Layak untuk digunakan atau diujicobakan.
- b. Layak untuk digunakan atau diujicobakan dengan perbaikan sesuai saran.
- c. Tidak layak untuk diujicobakan.

Yogyakarta, 5 Desember 2022

Validatr,



(Prof. Dr. Eng. Ir. Didik Nurhadiyanto, S.T., M.T., IPU.)

NIP. 197106041997021001

Lanjutan Lampiran Keterangan Validasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281, Telepon (0274) 513092, 586168
Fax. (0274) 513092 Laman: fik.uny.ac.id Email: humas_fik@uny.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Prof. Dr. Ramdan Pelana, M.Or.
Jabatan/Pekerjaan : Guru Besar
Instansi Asal : Universitas Negeri Jakarta

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:

Pengembangan *Archery Buttres* Berbasis Biokomposit dari Serat Rami untuk Meningkatkan Daya Redam Anak Panah dari mahasiswa:

Nama : Heru Prasetyo, M.Pd.
NIM : 20708261027
Prodi : S3 Ilmu Keolahragaan

(sudah siap ~~belum siap~~)* dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Lapisan dupan serat halus di permukaan dalam dan permukaan dalam Rami?
2. Aletilamun dms serat kasar cm?
3. Jaden di Coker dengan baru Campuran jitu Jaden kerapi Cm Py Redam?

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 17 November 2022
Validator,


Prof. Dr. Ramdan Pelana, M.Or.
NIP. 197908112005011001

Lanjutan Lampiran Keterangan Validasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281, Telepon (0274) 513092, 586168
Fax. (0274) 513092 Laman: fik.uny.ac.id Email: humas_fik@uny.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Budi Widayanto, S.Pd.
Jabatan/Pekerjaan : Pelatih Panahan
Instansi Asal : KONI Kota Yogyakarta

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:

Pengembangan *Archery Butres* Berbasis Biokomposit dari Serat Rami untuk Meningkatkan Daya Redam Anak Panah dari mahasiswa:

Nama : Heru Prasetyo, M.Pd.
NIM : 20708261027
Prodi : S3 Ilmu Keolahragaan

(sudah siap/belum siap)* dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran sebagai berikut:

1. *kesulitan melebarkan alur yang di buat dengan kawat/puntalan yg sudah ada*
2. *apapun alur yang dibuat tidak sesuai dengan yg dibutuhkan di lapangan*
3.

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, *21 November* 2022
Validator,

Budi Widayanto, S.Pd.

Lanjutan Lampiran Keterangan Validasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281, Telepon (0274) 513092, 586168
Fax. (0274) 513092 Laman: fik.uny.ac.id Email: humas_fik@uny.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dr. Kuswahyudi, M.Or.
Jabatan/Pekerjaan : Dosen
Instansi Asal : Universitas Negeri Yogyakarta

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:

Pengembangan *Archery Buttres* Berbasis Biokomposit dari Serat Rami untuk Meningkatkan Daya Redam Anak Panah.dari mahasiswa:

Nama : Heru Prasetyo, M.Pd.
NIM : 20708261027
Prodi : S3 Ilmu Keolahragaan

(sudah siap/~~belum siap~~)* dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Bantalan yang dikembangkan harus benar-benar diuji apakah dapat merusak anak panah atau tidak.
2. Apakah sudah memiliki nilai ekonomis atau belum

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 25 November 2022
Validator,

Dr. Kuswahyudi, M.Or.

Lanjutan Lampiran Keterangan Validasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281, Telepon (0274) 513092, 586168
Fax. (0274) 513092 Laman: fik.uny.ac.id Email: humas_fik@uny.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Munawar, M.Or.
Jabatan/Pekerjaan : Pelatih Panahan
Instansi Asal : SMK N 3 KLATEN

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:

Pengembangan *Archery Buttres* Berbasis Biokomposit dari Serat Rami untuk Meningkatkan Daya Redam Anak Panah dari mahasiswa:

Nama : Heru Prasetyo, M.Pd.
NIM : 20708261027
Prodi : S3 Ilmu Keolahragaan

(sudah siap/~~belum siap~~)*, dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran sebagai berikut:

1. *Tambahan Review: yang menyatakan bahwa serat rami lebih baik dan mudah didapat*
2. *Sebelum lintasan serat rami dengan ketebalan/darurat anak panah tersebut.*
3.

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, *23 Nover* 2022
Validator,

Munawar, M.Or.

Lanjutan Lampiran Keterangan Validasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281, Telepon (0274) 513092, 586168
Fax. (0274) 513092 Laman: fik.uny.ac.id Email: humas_fik@uny.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dr. Guntur, M.Pd.
Jabatan/Pekerjaan : Wakil Dekan
Instansi Asal : Universitas Negeri Yogyakarta

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:

Pengembangan *Archery Buttres* Berbasis Biokomposit dari Serat Rami untuk Meningkatkan Daya Redam Anak Panah dari mahasiswa:

Nama : Heru Prasetyo, M.Pd.
NIM : 20708261027
Prodi : S3 Ilmu Keolahragaan

(sudah siap/belum siap)* dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Sesuaikan Butir-butir instrumen dengan alat yang akan dikembangkan
.....
2.
.....
3.
.....

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 23 Oktober 2022
Validator,

Dr. Guntur, M.Pd.
NIP 19810926 200604 1 001

Lanjutan Lampiran Keterangan Validasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN

Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281, Telepon (0274) 513092, 586168
Fax. (0274) 513092 Laman: fik.uny.ac.id Email: humas_fik@uny.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dr. Hari Yulianto, M.Kes.
Jabatan/Pekerjaan : Dosen
Instansi Asal : Universitas Negeri Yogyakarta

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:

Pengembangan *Archery Buttres* Berbasis Biokomposit dari Serat Rami untuk Meningkatkan Daya Redam Anak Panah dari mahasiswa:

Nama : Heru Prasetyo, M.Pd.
NIM : 20708261027
Prodi : S3 Ilmu Keolahraagaan

(sudah siap/belum siap)* dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Sesuaikan butir-butir instrumen dengan tujuan yang akan dikembangkan
.....
2. Lebih disepesifikan lagi butir-butir instrumen apakah untuk atlet atau pelatih
.....
3.
.....

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 19 Oktober 2022
Validator,

Dr. Hari Yulianto, M.Kes.
NIP. 196707011994121001

Lanjutan Lampiran Keterangan Validasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281, Telepon (0274) 513092, 586168
Fax. (0274) 513092 Laman: fik.uny.ac.id Email: humas_fik@uny.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dr. Nawan Primasoni, M.Or.
Jabatan/Pekerjaan : Dosen
Instansi Asal : Universitas Negeri Yogyakarta

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:

Pengembangan *Archery Buttres* Berbasis Biokomposit dari Serat Rami untuk Meningkatkan Daya Redam Anak Panah dari mahasiswa:

Nama : Heru Prasetyo, M.Pd.
NIM : 20708261027
Prodi : S3 Ilmu Keolahragaan

(sudah siap/belum siap)* dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perhatikan setiap butir instrumen mengandung satu makna bukan mengandung makna ganda
2. Diserasikan pertanyaan negatif
.....
3. Dalam pertanyaan mengandung unsur keamanan dan keselamatan
.....

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 18 Oktober 2022

Validator,

Dr. Nawan Primasoni, M.Or.
NIP. 198405212008121001

Lanjutan Lampiran Keterangan Validasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281, Telepon (0274) 513092, 586168
Fax. (0274) 513092 Laman: fik.uny.ac.id Email: humas_fik@uny.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dr. Sulistiyono, M.Pd.
Jabatan/Pekerjaan : Dosen
Instansi Asal : Universitas Negeri Yogyakarta

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:

Pengembangan *Archery Buttres* Berbasis Biokomposit dari Serat Rami untuk Meningkatkan

Daya Redam Anak Panah dari mahasiswa:

Nama : Heru Prasetyo, M.Pd.
NIM : 20708261027
Prodi : S3 Ilmu Keolahragaan

(sudah siap/ belum siap)* dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Butir-butir instrumen harus mengandung kata negatif sehingga ada unsur Triangulasi
2.
3.

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 13 Oktober 2022

Validator,

Dr. Sulistiyono, M.Pd.
NIP. 197612122008121001

Lanjutan Lampiran Keterangan Validasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281, Telepon (0274) 513092, 586168
Fax. (0274) 513092 Laman: fik.uny.ac.id Email: humas_fik@uny.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ir. Dr. Mujiyono, IPM, M.T.
Jabatan/Pekerjaan : Dosen
Instansi Asal : Universitas Negeri Jakarta

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:

Pengembangan *Archery Buttres* Berbasis Biokomposit dari Serat Rami untuk Meningkatkan Daya Redam Anak Panah.
dari mahasiswa:

Nama : Heru Prasetyo, M.Pd.
NIM : 20708261027
Prodi : S3 Ilmu Keolahrgaan

(sudah siap/belum siap)* dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Kekuatan rami sebaiknya di sesuaikan dengan kebutuhan sehingga tidak efisien
2. Serat rami sebaiknya di uji coba terlebih dahulu
3.

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 28 November 2022
Validator,

Ir. Dr. Mujiyono, IPM, M.T.NIP.
NIP. 197105151997021001

Lanjutan Lampiran Keterangan Validasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAHAAN
Jalan Colombo Nomor 1 Yogyakarta 55281, Telepon (0274) 513092, 586168
Fax. (0274) 513092 Laman: fik.uny.ac.id Email: humas_fik@uny.ac.id

SURAT KETERANGAN VALIDASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wibowo, S.Tr.Kes
Jabatan/Pekerjaan : Praktisi
Instansi Asal : PT Rami Indonesia

Menyatakan bahwa instrumen penelitian dengan judul:

Pengembangan *Archery Buttres* Berbasis Biokomposit dari Serat Rami untuk Meningkatkan Daya Redam Anak Panah.

dari mahasiswa:

Nama : Heru Prasetyo, M.Pd.
NIM : 20708261027
Prodi : S3 Ilmu Keolahrgaan

(sudah siap/belum siap)* dipergunakan untuk penelitian dengan menambahkan beberapa saran sebagai berikut:

1. Disain rami di sesuaikan dengan kebutuhan agar tidak terlalu tebal
.....
2. Butir-butir instrumen di sesuaikan dengan komponen yang ada pada serat rami
.....
3.
.....

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 25 November 2022
Validator,

Wibowo, S.Tr.Kes

Lampiran 2. Data Uji Kelayakan

Data Hasil Penilaian Ahli Materi

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ
1	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	46
2	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	46
3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	43
4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	45
5	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	46
6	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	46
7	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	43
8	4	4	4	4	3	4	4	4	5	4	4	44

Data Hasil Penilaian Ahli *Engginer*

No	Desain Produk								Pemilihan Bahan									Performa Produk						Σ			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		24	25	26
1	4	5	5	5	5	5	5	2	5	5	4	5	5	5	5	2	5	5	5	4	4	5	5	5	5	2	117
2	4	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	5	5	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5	5	4	115
3	4	4	4	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4	4	4	4	5	5	4	115

Lampiran 3. Hasil Analisis Validitas dan Reliabilitas

Tabel. Hasil Penilaian Validitas Aiken

Penilai	Aspek 1		Aspek 2		Aspek 3		Aspek 4		Aspek 5	
	Skor	s	Skor	s	Skor	s	Skor	s	Skor	s
A	4	3	4	3	5	4	4	3	4	3
B	5	4	5	4	5	4	4	3	5	4
C	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
D	5	4	5	4	4	3	5	4	5	4
E	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
G	4	3	4	3	5	4	5	4	5	4
H	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
I	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
J	5	4	5	4	4	3	4	3	4	3
K	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3
L	4	3	5	4	5	4	5	4	5	4
Σ S	37		38		38		37		38	
V	0,84		0,86		0,86		0,84		0,86	

Rumus Validitas Aiken sebagai berikut:

Diketahui:

$$V = \frac{\sum s}{[n(c-1)]}$$

$$S = r - lo$$

$$Lo = 1$$

$$C = 5$$

r = angka yang diberikan oleh penilai

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa Validitas Aiken bantalan panahan berbasis biokomposit dari serat rami terhadap daya redam anak panah sebagai berikut.

Tabel 11. Hasil Uji Validitas Konten Aiken

No Butir	Validitas Aiken	Keterangan
1	0,84	Valid
2	0,86	Valid
3	0,86	Valid
4	0,84	Valid
5	0,86	Valid

Hasil Reliabilitas *Intraclass Correlation Coefficients* (ICC)

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.824	5

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig
Between People	7.782	10	.778		
Within People					
Between Items	.109	4	.027	.199	.938
Residual	5.491	40	.137		
Total	5.600	44	.127		
Total	13.382	54	.248		

Grand Mean = 4,4182

Intraclass Correlation Coefficient

	Intraclass Correlation ^a	95% Confidence Interval		F Test with True Value 0			
		Lower Bound	Upper Bound	Value	df1	df2	Sig
Single Measures	.683 ^b	.216	.777	5.669	10	40	.000
Average Measures	.824 ^c	.579	.946	5.669	10	40	.000

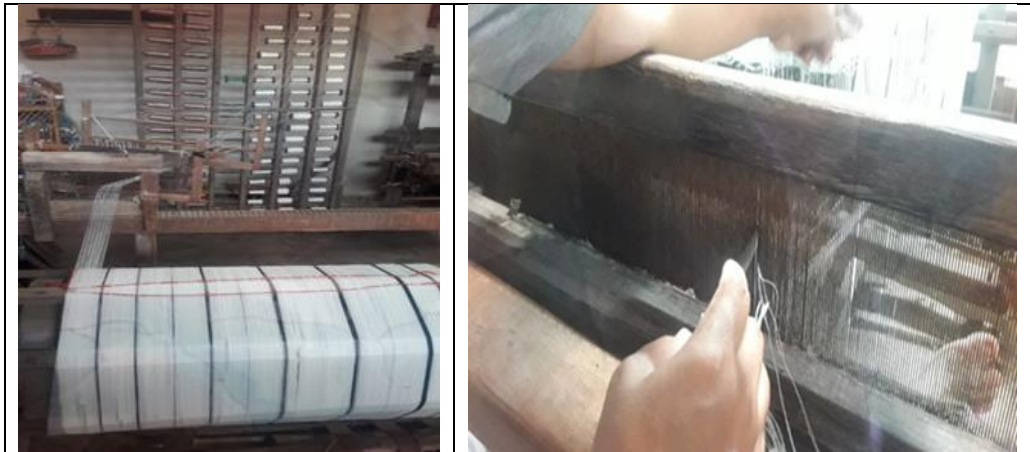
Two-way mixed effects model where people effects are random and measures effects are fixed.

- a. Type C intraclass correlation coefficients using a consistency definition-the between-measure variance is excluded from the denominator variance.
- b. The estimator is the same, whether the interaction effect is present or not.
- c. This estimate is computed assuming the interaction effect is absent, because it is not estimable otherwise.

Lampiran 4. Proses Pembuatan Produk

Teknik membuat tenunan rami yaitu membuat kuncian benang sekitar setengah sentimeter baru proses memasukan serat alam. Adapun langkah-langkahnya dijelaskan sebagai berikut:

1. Pertama yang dilakukan untuk membuat tenunan rami adalah menggulung benang lungsi ke ATBM (Alat Tenun Bukan Mesin), *setting* memasukan benang lungsi ke gun dan sisir.



Gambar Proses Membuat Tenun Serat Rami

2. Memilih serat sesuai dengan ukuranya
3. Menggunakan teknik satu gun depan dan satu gun belakang, dengan motif benang rapat.
4. Proses penenunan ATBM menginjak satu kaki memasukan serat kemudian diinjak ganti kaki measmukan serat lagi dan seterusnya.
5. Kuncian tepi menggunakan dua helai benang depan dan dua helai belanag dimasukan di satu lubang sisir / diulang sampai empat kali atau lima kali.

2. Rami disusun dalam cetakan setebal 3 lapis rami dan yang menjadi matrix adalah serat alam berupa cairan karet



Gambar Pembuatan Spesimen

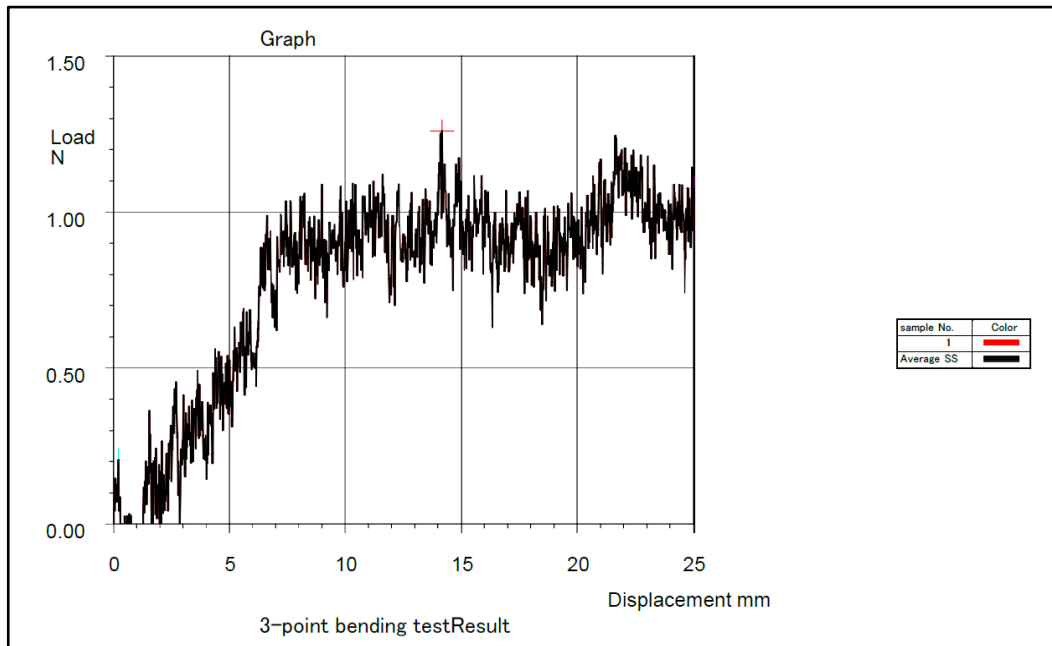
3. Hasil cetakan rami yang akan digunakan untuk uji Tarik dan uji bending



Gambar Hasil Spesimen untuk Uji Tarik dan Bending

Lampiran 5. Hasil Uji Tarik dan Bending

HASIL UJI BENDING



Machine name	RTF			Test type	3-point bending		
Strain input 1	Not used			Test speed	10.0 mm/min		
Chart speed	OF			Machine rigidity	0 mm/kgf		
Point data(Load)	0	0	0	Point Disp) data(0	0	0
	N	0	0	mm	0	0	0
Elastic modulus anal. Load	Interval	1 10		Initial sample length	128 mm		
	Pitch	5 N		Origin of elongation			
Elong adjust	No			Break point measurem	1 N		
Save SS curve	Yes						

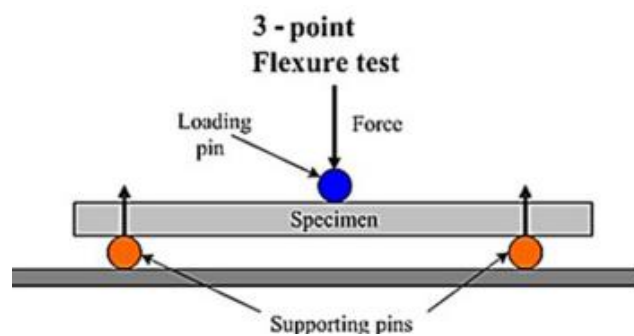
Test date	2023/02/01	Temperature	25 C
Humidity	60 %RH	Sample name	Rami 1
Lot No.		Preparation	
Operator	bambang	User	
Comment 1		Comment 2	

TestID=432	Width	Height	Maximum poin Load N	Maximum poin Stress N/mm2	Maximum poin Displacement mm	Maximum poin Strain %GL	Young kgf/cm2	Break point Strain %GL	Sectional ar cm2
Test No 1	13.000	8.0000	1.2583	0.2904	14.168	4.1509	*****	7.3237	1.0400
Min.	13.000	8.0000	1.2583	0.2904	14.168	4.1509	0.0000	7.3237	1.0400
Max.	13.000	8.0000	1.2583	0.2904	14.168	4.1509	0.0000	7.3237	1.0400

TestID=432	Upper yield Stress kgf/cm2	Lower yield Stress kgf/cm2	Elastic modu MPa
Test No			
1	0.4850	-0.721	*****
Min.	0.4850	-0.721	0.0000
Max.	0.4850	-0.721	0.0000

Pengujian *bending* atau biasa disebut pengujian lentur merupakan pengujian yang mengukur sifat material dengan cara memberikan tekanan secara perlahan pada bahan uji untuk mendapatkan nilai kekuatan *bending*. Kekuatan *bending* adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi besar atau terjadinya kegagalan.

Pengujian *bending* memiliki 2 macam pengujian, yaitu *three point bending* dan *four point bending*. Perbedaan dari keduanya terletak pada bentuk dan jumlah *point* yang digunakan. *Three point bending* menggunakan dua *point* pada bagian bawah sebagai tumpuan dan satu *point* pada bagian atas sebagai penekan. *Four point bending* menggunakan dua *point* sebagai tumpuan dan dua *point* sebagai penekan.



Kekuatan *bending* pada pengujian *three point bending* atau kekuatan lentur (*flexural strength*) dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{3FL}{2bd^2}$$

- Keterangan:
- σ_b = Kekuatan *bending* (Mpa)
 - F = Beban (N)
 - L = Panjang span (mm)
 - b = Lebar benda uji (mm)
 - d = Tebal benda uji (mm)

Persamaan untuk mencari regangan:

$$\epsilon = \frac{6Dd}{L^2}$$

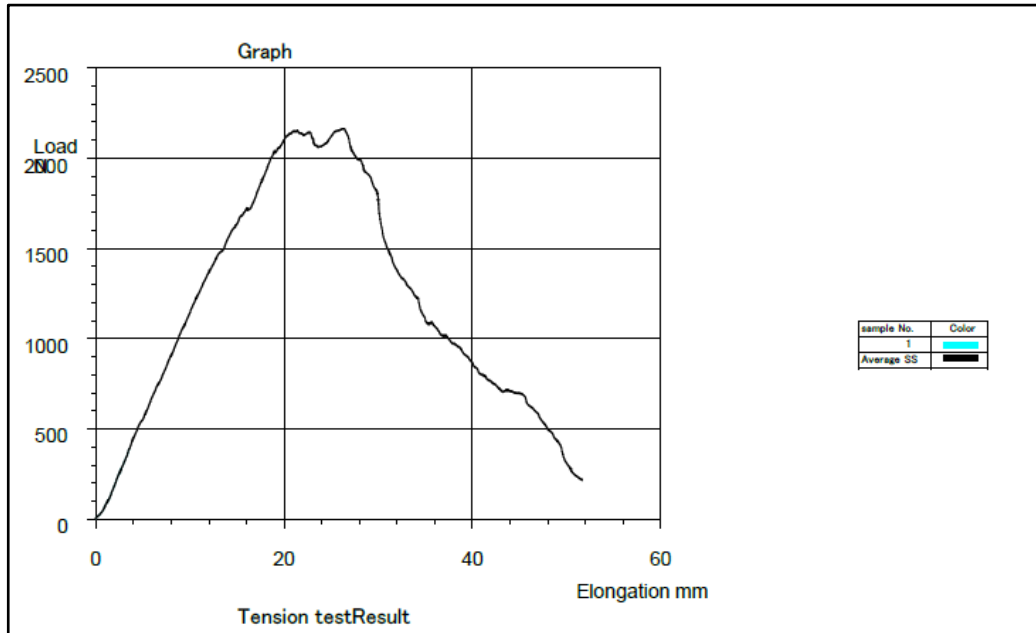
Keterangan:

- ϵ = Regangan bending
- D = Displacement (mm)
- L = Panjang span (mm)
- d = tebal benda uji (mm)

Sehingga dari tabel diatas dapat dideskripsikan sebagai berikut:

1. Grafik = Grafik diatas merupakan grafik gaya dalam satuan N dan displacement dalam satuan mm. Grafik tersebut masih dalam bentuk grafik mentah, belum diolah menjadi grafik tegangan regangan
2. Initial sample length edge span = panjang span (jarak antar supporting pin) lihat gambar pengujian diatas.
3. Width = lebar benda uji
4. Heigh = tebal benda uji
5. *Maximum poin Load* = Gaya atau Beban maksimum yang diberikan pada benda uji. dapat disimbolken dengan huruf F (*force*) dengan satuan N (Newton)
6. *Maximum point stress* = kekuatan bending maksimum (dihitung menggunakan rumus diatas). Satuannya MPa
7. *Maximum point displacement* = pertambahan panjang benda uji hingga titik maksimal
8. *Maximum point strain* = regangan maksimum (dihitung menggunakan rumus diatas).
9. *Break point strain* = pada regangan 1.7892 % bagian dari benda uji sudah ada yang patah atau putus.
10. *Break point elongation* = pada pertambahan panjang 3.7573 mm benda uji sudah ada yang patah atau putus.
11. *Sectional ar* = Luas penampang benda uji (lebar dikalikan tebal)

HASIL UJI TARIK 1



Machine name	RTF			Test type	Tension		
Strain input 1	Not used			Test speed	10.0 mm/min		
Chart speed	OFF			Machine rigidity	0 mm/kgf		
Point data(Load)	0	0	0	Point data(Elong)	0	0	0
	N	0	0	mm	0	0	0
Elastic modulus anal.	Interval	1	900	Initial sample length	Distance	210 mm	
Load	Pitch	5 N		Origin of elongation	Start		
Elong adjust	No			Break point measurem	0.5 N		
Save SS curve	Yes						

Test date	2023/02/05			Temperature	25 C		
Humidity	60 %RH			Sample name	Rami 1		
Lot No.				Preparation			
Operator	Bambang			User			
Comment 1				Comment 2			

TestID=500	Width	Thickness	Sectional ar	Maximum poin	Maximum poin	Maximum poin	Maximum poin	Break point	Break point
Test No	mm	mm	mm2	Load	Stress	Strain	Elongation	Load	Stress
				N	MPa	%GL	mm	N	MPa
1	25.000	8.0000	200.00	2158.0	10.790	12.542	26.339	389.73	1.9487

TestID=500	Break point	Break point	Upper yield	Lower yield	Elastic modu
Test No	Strain	Elongation	Stress	Stress	MPa
	%GL	mm	MPa	MPa	
1	1.7892	3.7573	8.6088	8.5283	143.93

Pengujian tarik pada benda uji ini menggunakan standar ASTM D3039. (*American Society for Testing and Material*). Type D3039 dipilih karena standar yang paling bersesuaian dengan bahan material ini. Bentuk dari spesimen uji tersebut adalah sebagai berikut:

Dari pengujian tarik kemudian dihasilkan berupa data gaya dan pertambahan panjang yang dialami oleh material uji selama proses pengujian tarik. Dari data tersebut kemudian dapat dianalisis guna menentukan tegangan tarik (kekuatan tarik) dan regangan dengan persamaan sebagai berikut:

Persamaan untuk mencari tegangan:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

σ = Tegangan tarik (Mpa)

F = Gaya yang diberikan pada benda uji (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

Persamaan untuk mencari regangan:

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Keterangan: ε = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang mula-mula (mm)

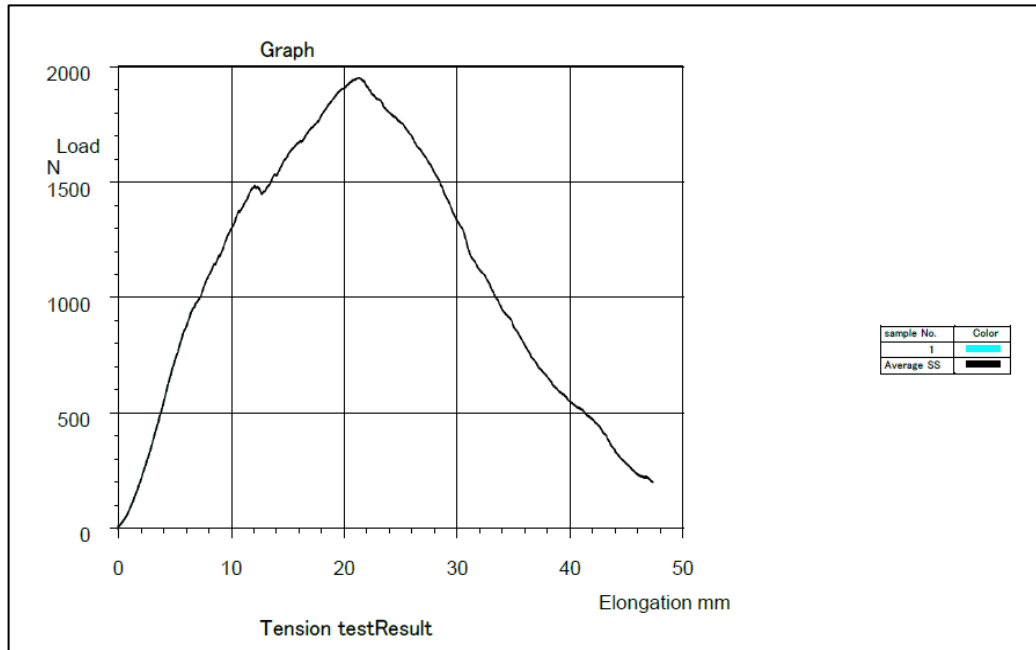
L_1 = Panjang akhir (mm)

Sehingga dari tabel diatas dapat dideskripsikan sebagai berikut:

1. Grafik = Grafik diatas merupakan grafik gaya dalam satuan N dan pertambahan panjang dalam satuan mm. Grafik tersebut masih dalam bentuk grafik mentah, belum diolah menjadi grafik tegangan regangan
2. *Initial sample length distance* = panjang mula mula benda uji
3. *Width* = lebar benda uji
4. *Thickness* = tebal benda uji
5. *Sectional ar* = Luas penampang benda uji (lebar dikalikan tebal)
6. *Maximum poin Load* = Gaya atau Beban maksimum yang diberikan pada benda uji. dapat disimbolken dengan huruf F (force) dengan satuan N (Newton)
7. *Maximum point stress* = kekuatan tarik maksimum (dihitung menggunakan rumus di atas). Satuannya MPa. Perhitungan ada di exceel

8. *Maximum point strain* = regangan maksimum (dihitung menggunakan rumus diatas). Satuannya % (persen). Perhitungan ada di excel
9. *Maximum point elongation* = pertambahan panjang benda uji hingga titik maksimal
10. *Break point load* = Titik patah atau putus benda uji. Dalam kasus ini benda uji patah pada beban 389.73 N. Akan tetapi, karena bahan ini terbuat dari serat, walaupun ada bagian yang patah atau putus, masih dapat menahan beban hingga titik maksimal yaitu sebesar 2158 N. Kesimpulannya, pada beban 389.73 (Break point load) bagian dari benda uji sudah ada yang patah atau putus.
11. *Break point stress* = pada tegangan 10.700 MPa bagian dari benda uji sudah ada yang patah atau putus.
12. *Break point strain* = pada regangan 1.7892 % bagian dari benda uji sudah ada yang patah atau putus.
13. *Break point elongation* = pada pertambahan panjang 3.7573 mm benda uji sudah ada yang patah atau putus.
14. *Upper yield stress* = titik luluh (dimana benda mengalami perubahan bentuk)
15. *Lower yield stress* =
16. *Elastic modulus* = modulus elastisitas merupakan suatu parameter yang menunjukkan sifat yang disebut kekakuan (*stiffness*). Nilai modulus young yang kecil menunjukkan bahan yang fleksibel sedangkan nilai modulus young yang besar menunjukkan bahan yang kaku dan getas (*stiffness and rigidity*). Dalam kasus ini nilai modulus termasuk kecil

HASIL UJI TARIK 2



Machine name	RTF			Test type	Tension
Strain input 1	Not used			Test speed	10.0 mm/min
Chart speed	OFF			Machine rigidity	0 mm/kgf
Point data(Load)	0	0	0	Point data(Elong)	0
	N	0	0	mm	0
Elastic modulus anal.	Interval	1	900	Initial sample length	Distance
Load	Pitch	5 N		Origin of elongation	Start
Elong adjust	No			Break point measurem	0.5 N
Save SS curve	Yes				

Test date	2023/02/05	Temperature	25 C
Humidity	60 %RH	Sample name	Rami 2
Lot No.		Preparation	
Operator	Bambang	User	
Comment 1		Comment 2	

TestID=501	Width	Thickness	Sectional ar	Maximum poin	Maximum poin	Maximum poin	Maximum poin	Break point	Break point
Test No	mm	mm	mm2	Load	Stress	Strain	Elongation	Load	Stress
				N	MPa	%GL	mm	N	MPa
1	25.000	8.0000	200.00	1948.4	9.7422	10.144	21.302	973.01	4.8651

TestID=501	Break point	Break point	Upper yield	Lower yield	Elastic modu
Test No	Strain	Elongation	Stress	Stress	MPa
	%GL	mm	MPa	MPa	
1	3.2829	6.8940	7.3945	7.2170	198.42

Pengujian tarik pada benda uji ini menggunakan standar ASTM D3039. (*American Society for Testing and Material*). Type D3039 dipilih karena standar yang paling bersesuaian dengan bahan material ini.

Dari pengujian tarik kemudian dihasilkan berupa data gaya dan pertambahan panjang yang dialami oleh material uji selama proses pengujian tarik. Dari data tersebut kemudian dapat dianalisis guna menentukan tegangan tarik (kekuatan tarik) dan regangan dengan persamaan sebagai berikut:

Persamaan untuk mencari tegangan:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

σ = Tegangan tarik (Mpa)

F = Gaya yang diberikan pada benda uji (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

Persamaan untuk mencari regangan:

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Keterangan:

ε = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang mula-mula (mm)

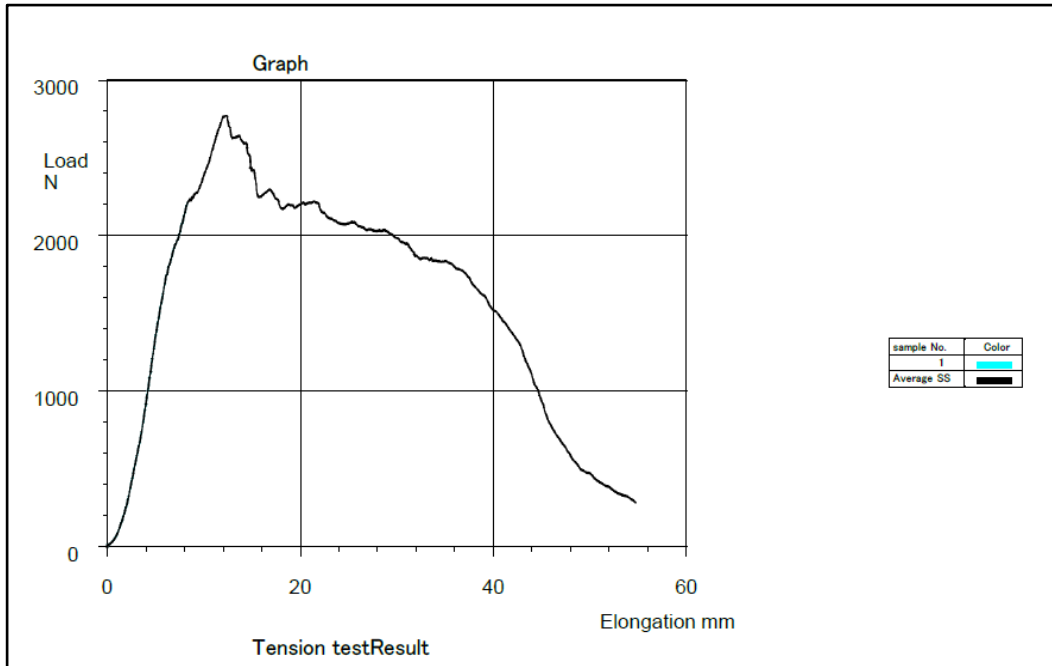
L_1 = Panjang akhir (mm)

Sehingga dari tabel diatas dapat dideskripsikan sebagai berikut:

1. Grafik = Grafik diatas merupakan grafik gaya dalam satuan N dan pertambahan panjang dalam satuan mm. Grafik tersebut masih dalam bentuk grafik mentah, belum diolah menjadi grafik tegangan regangan
2. *Initial sample length distance* = panjang mula mula benda uji
3. *Width* = lebar benda uji
4. *Thickness* = tebal benda uji
5. *Sectional ar* = Luas penampang benda uji (lebar dikalikan tebal)
6. *Maximum poin Load* = Gaya atau Beban maksimum yang diberikan pada benda uji. dapat disimbolken dengan huruf F (force) dengan satuan N (Newton)
7. *Maximum point stress* = kekuatan tarik maksimum (dihitung menggunakan rumus diatas). Satuannya MPa.

8. *Maximum point strain* = regangan maksimum (dihitung menggunakan rumus diatas). Satuannya % (persen). Perhitungan ada di excecl
9. *Maximum point elongation* = pertambahan panjang benda uji hingga titik maksimal
10. *Break point load* = Titik patah atau putus benda uji. Dalam kasus ini benda uji patah pada beban 973.01 N. Akan tetapi, karena bahan ini terbuat dari serat, walaupun ada bagian yang patah atau putus, masih dapat menahan beban hingga titik maksimal yaitu sebesar 1948 N. Kesimpulannya, pada beban 973.01 (Break point load) bagian dari benda uji sudah ada yang patah atau putus.
11. *Break point stress* = pada tegangan 4.8651 MPa bagian dari benda uji sudah ada yang patah atau putus.
12. *Break point strain* = pada regangan 3.2829 % bagian dari benda uji sudah ada yang patah atau putus.
13. *Break point elongation* = pada pertambahan panjang 6.8940 mm benda uji sudah ada yang patah atau putus.
14. *Upper yield stress* = titik luluh (dimana benda mengalami perubahan bentuk)
15. *Lower yield stress* =
16. *Elastic modulus* = modulus elastisitas merupakan suatu parameter yang menunjukkan sifat yang disebut kekakuan (*stiffness*). Nilai modulus young yang kecil menunjukkan bahan yang fleksibel sedangkan nilai modulus young yang besar menunjukkan bahan yang kakuan dan getas (*stiffness and rigidity*). Dalam kasus ini nilai modulus termasuk kecil

HASIL UJI TARIK 3



Machine name	RTF			Test type	Tension		
Strain input 1	Not used			Test speed	10.0 mm/min		
Chart speed	OFF			Machine rigidity	0 mm/kgf		
Point data(Load)	0	0	0	Point data(Elong)	0	0	0
	N	0	0	mm	0	0	0
Elastic modulus anal.	Interval	1	900	Initial sample length	Distance 210 mm		
Load	Pitch	5 N		Origin of elongation	Start		
Elong adjust	No			Break point measurem	0.5 N		
Save SS curve	Yes						

Test date	2023/02/05	Temperature	25 C
Humidity	60 %RH	Sample name	Rami 3
Lot No.		Preparation	
Operator	Bambang	User	
Comment 1		Comment 2	

TestID=502	Width	Thickness	Sectional ar	Maximum poin	Maximum poin	Maximum poin	Maximum poin	Break point	Break point
Test No	mm	mm	mm2	Load	Stress	Strain	Elongation	Load	Stress
				N	MPa	%GL	mm	N	MPa
1	25.000	8.0000	200.00	2764.5	13.823	5.8714	12.330	2209.9	11.049

TestID=502	Break point	Break point	Upper yield	Lower yield	Elastic modu
Test No	Strain	Elongation	Stress	Stress	MPa
	%GL	mm	MPa	MPa	
1	4.0062	8.4130	13.823	*****	437.91

Pengujian tarik pada benda uji ini menggunakan standar ASTM D3039. (*American Society for Testing and Material*). Type D3039 dipilih karena standar yang paling bersesuaian dengan bahan material ini.

Dari pengujian tarik kemudian dihasilkan berupa data gaya dan pertambahan panjang yang dialami oleh material uji selama proses pengujian tarik. Dari data tersebut kemudian dapat dianalisis guna menentukan tegangan tarik (kekuatan tarik) dan regangan dengan persamaan sebagai berikut:

Persamaan untuk mencari tegangan:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

σ = Tegangan tarik (Mpa)

F = Gaya yang diberikan pada benda uji (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)

Persamaan untuk mencari regangan:

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Keterangan:

ε = Regangan (%)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang mula-mula (mm)

L_1 = Panjang akhir (mm)

Sehingga dari tabel diatas dapat dideskripsikan sebagai berikut:

1. Grafik = Grafik diatas merupakan grafik gaya dalam satuan N dan pertambahan panjang dalam satuan mm. Grafik tersebut masih dalam bentuk grafik mentah, belum diolah menjadi grafik tegangan regangan
2. *Initial sample length distance* = panjang mula mula benda uji
3. *Width* = lebar benda uji
4. *Thickness* = tebal benda uji
5. *Sectional ar* = Luas penampang benda uji (lebar dikalikan tebal)
6. *Maximum poin Load* = Gaya atau Beban maksimum yang diberikan pada benda uji. dapat disimbolken dengan huruf F (*force*) dengan satuan N (Newton)
7. *Maximum point stress* = kekuatan tarik maksimum (dihitung menggunakan rumus diatas). Satuannya MPa.

8. *Maximum point strain* = regangan maksimum (dihitung menggunakan rumus diatas). Satuannya % (persen). Perhitungan ada di excel
9. *Maximum point elongation* = pertambahan panjang benda uji hingga titik maksimal
10. *Break point load* = Titik patah atau putus benda uji. Dalam kasus ini benda uji patah pada beban 2209.9 N. Akan tetapi, karena bahan ini terbuat dari serat, walaupun ada bagian yang patah atau putus, masih dapat menahan beban hingga titik maksimal yaitu sebesar 2764 N. Kesimpulannya, pada beban 2209.9 (Break point load) bagian dari benda uji sudah ada yang patah atau putus.
11. *Break point stress* = pada tegangan 11.049 MPa bagian dari benda uji sudah ada yang patah atau putus.
12. *Break point strain* = pada regangan 4.0062 % bagian dari benda uji sudah ada yang patah atau putus.
13. *Break point elongation* = pada pertambahan panjang 8.4130 mm benda uji sudah ada yang patah atau putus.
14. *Upper yield stress* = titik luluh (dimana benda mengalami perubahan bentuk)
15. *Lower yield stress* =
16. *Elastic modulus* = modulus elastisitas merupakan suatu parameter yang menunjukkan sifat yang disebut kekakuan (*stiffness*). Nilai modulus young yang kecil menunjukkan bahan yang fleksibel sedangkan nilai modulus young yang besar menunjukkan bahan yang kaku dan getas (*stiffness and rigidity*). Dalam kasus ini nilai modulus termasuk kecil.

Lampiran 6. Hasil Uji Coba Skala Kecil dan Skala Besar

Hasil Uji Coba Skala Kecil

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ	%
1	4	4	5	4	4	5	4	5	4	5	4	48	87,27
2	4	4	4	4	5	5	4	4	5	4	4	47	85,45
3	5	4	4	5	4	4	5	4	5	5	4	49	89,09

Hasil Uji Coba Skala Besar

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ	
1	5	4	4	5	4	5	4	5	4	5	4	49	89,09
2	4	4	5	4	5	5	4	4	5	4	4	48	87,27
3	4	5	4	4	4	4	5	4	5	5	4	48	87,27
4	5	4	5	5	4	5	4	5	4	5	4	50	90,91
5	5	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	47	85,45
6	4	5	4	5	4	5	5	4	5	5	4	50	90,91
7	5	4	5	5	4	4	4	5	4	5	4	49	89,09
8	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5	5	49	89,09
9	4	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5	48	87,27
10	5	4	4	5	4	4	5	4	5	5	4	49	89,09

Hasil Penilaian Kepraktisan Produk

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	5	4	5	4	5	4	5	4	5
2	5	4	5	4	5	5	4	4	5	4
3	5	5	4	4	5	4	5	4	5	5
4	5	4	5	5	4	5	4	5	4	5
5	5	4	4	4	5	4	4	4	5	4
6	5	5	4	5	4	5	5	4	5	5
7	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5
8	4	4	5	4	5	4	4	5	4	5
9	4	5	4	5	5	5	4	4	5	4
	43	41	40	41	42	41	38	40	41	42
	95,56	91,11	88,89	91,11	93,33	91,11	84,44	88,89	91,11	93,33

Lampiran 7. Hasil Uji Efektivitas

Perbedaan bantalan panahan berbasis biokomposit serat rami dan *eva foam* biasa yang ditembakkan dengan busur *recurve* menggunakan anak panah *carbon* dengan jarak tembak 10 meter, 40 meter, 50 meter, dan 70 meter diukur dari anak panah yang menembus bantalan

Anak Panah	Komposit Serat Rami (cm)				<i>Eva Foam</i> Biasa (cm)			
	10 m	40 m	50 m	70 m	10 m	40 m	50 m	70 m
1	1,5	0	0	0	70	6,3	7	4
2	0	0	0	0	21	7,2	8	5
3	0	0	0	0	25	5,6,	6,4	6
4	0	0	0	0	70	6,7	7,4	7
5	1	0	0	0	30	7,1	4	4
6	0,5	0	0	0	20	7,7	4,5	4,5
7	1	0	0	0	21	4,5	3	3
8	0,6	0	0	0	15	3,5	3,5	3,5
9	0	0	0	0	70	8,8	7	7
10	0	0	0	0	18	6,6	4	4
11	1	0	0	0	21	8,3	8	8
12	0,7	0	0	0	22	6,2	6,2	6,2
13	0,2	0	0	0	15	5,6	2,3	2,3
14	0	0	0	0	16	7,8	6,5	2
15	0	0	0	0	17	8,8	7	3
16	0	0	0	0	18	7,6	5,6	4
17	0	0	0	0	22	6,8	7,8	5
18	1	0	0	0	70	7,6	6,6	6
19	0	0	0	0	21	8,5	5,5	8
20	0	0	0	0	25	9,2	9	9

Lampiran 8. Analisis Uji Efektivitas

Group Statistics

Bantalan		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
10 m	Komposit Serat Rami	20	.3750	.49084	.10975
	Eva Foam Biasa	20	30.3500	20.65067	4.61763
40 m	Komposit Serat Rami	20	.0000	.00000	.00000
	Eva Foam Biasa	20	7.0200	1.46883	.32844
50 m	Komposit Serat Rami	20	.0000	.00000	.00000
	Eva Foam Biasa	20	5.9650	1.85792	.41544
70 m	Komposit Serat Rami	20	.0000	.00000	.00000
	Eva Foam Biasa	20	5.0750	2.00155	.44756

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
								Lower	Upper
10 m	29.444	.000	-6.490	38	.000	-29.97500	4.61893	39.32554	20.62446
			-6.490	19.021	.000	-29.97500	4.61893	39.64180	20.30820
40 m	32.610	.000	-21.374	38	.000	-7.02000	.32844	-7.68489	-6.35511
			-21.374	19.000	.000	-7.02000	.32844	-7.70744	-6.33256

50 Equal m variances assumed	47.834	.000	- 14.358	38	.000	-5.96500	.41544	-6.80602	-5.12398
Equal variances not assumed			- 14.358	19.000	.000	-5.96500	.41544	-6.83453	-5.09547
70 Equal m variances assumed	49.850	.000	- 11.339	38	.000	-5.07500	.44756	-5.98104	-4.16896
Equal variances not assumed			- 11.339	19.000	.000	-5.07500	.44756	-6.01175	-4.13825

Lampiran 9. Tabel t

Pr	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001
df	0.50	0.20	0.10	0.050	0.02	0.010	0.002
1	1.00000	3.07768	6.31375	12.70620	31.82052	63.65674	318.30884
2	0.81650	1.88562	2.91999	4.30265	6.96456	9.92484	22.32712
3	0.76489	1.63774	2.35336	3.18245	4.54070	5.84091	10.21453
4	0.74070	1.53321	2.13185	2.77645	3.74695	4.60409	7.17318
5	0.72669	1.47588	2.01505	2.57058	3.36493	4.03214	5.89343
6	0.71756	1.43976	1.94318	2.44691	3.14267	3.70743	5.20763
7	0.71114	1.41492	1.89458	2.36462	2.99795	3.49948	4.78529
8	0.70639	1.39682	1.85955	2.30600	2.89646	3.35539	4.50079
9	0.70272	1.38303	1.83311	2.26216	2.82144	3.24984	4.29681
10	0.69981	1.37218	1.81246	2.22814	2.76377	3.16927	4.14370
11	0.69745	1.36343	1.79588	2.20099	2.71808	3.10581	4.02470
12	0.69548	1.35622	1.78229	2.17881	2.68100	3.05454	3.92963
13	0.69383	1.35017	1.77093	2.16037	2.65031	3.01228	3.85198
14	0.69242	1.34503	1.76131	2.14479	2.62449	2.97684	3.78739
15	0.69120	1.34061	1.75305	2.13145	2.60248	2.94671	3.73283
16	0.69013	1.33676	1.74588	2.11991	2.58349	2.92078	3.68615
17	0.68920	1.33338	1.73961	2.10982	2.56693	2.89823	3.64577
18	0.68836	1.33039	1.73406	2.10092	2.55238	2.87844	3.61048
19	0.68762	1.32773	1.72913	2.09302	2.53948	2.86093	3.57940
20	0.68695	1.32534	1.72472	2.08596	2.52798	2.84534	3.55181
21	0.68635	1.32319	1.72074	2.07961	2.51765	2.83136	3.52715
22	0.68581	1.32124	1.71714	2.07387	2.50832	2.81876	3.50499
23	0.68531	1.31946	1.71387	2.06866	2.49987	2.80734	3.48496
24	0.68485	1.31784	1.71088	2.06390	2.49216	2.79694	3.46678
25	0.68443	1.31635	1.70814	2.05954	2.48511	2.78744	3.45019
26	0.68404	1.31497	1.70562	2.05553	2.47863	2.77871	3.43500
27	0.68368	1.31370	1.70329	2.05183	2.47266	2.77068	3.42103
28	0.68335	1.31253	1.70113	2.04841	2.46714	2.76326	3.40816
29	0.68304	1.31143	1.69913	2.04523	2.46202	2.75639	3.39624
30	0.68276	1.31042	1.69726	2.04227	2.45726	2.75000	3.38518
31	0.68249	1.30946	1.69552	2.03951	2.45282	2.74404	3.37490
32	0.68223	1.30857	1.69389	2.03693	2.44868	2.73848	3.36531
33	0.68200	1.30774	1.69236	2.03452	2.44479	2.73328	3.35634
34	0.68177	1.30695	1.69092	2.03224	2.44115	2.72839	3.34793
35	0.68156	1.30621	1.68957	2.03011	2.43772	2.72381	3.34005
36	0.68137	1.30551	1.68830	2.02809	2.43449	2.71948	3.33262
37	0.68118	1.30485	1.68709	2.02619	2.43145	2.71541	3.32563
38	0.68100	1.30423	1.68595	2.02439	2.42857	2.71156	3.31903
39	0.68083	1.30364	1.68488	2.02269	2.42584	2.70791	3.31279
40	0.68067	1.30308	1.68385	2.02108	2.42326	2.70446	3.30688

Lampiran 10. Dokumentasi



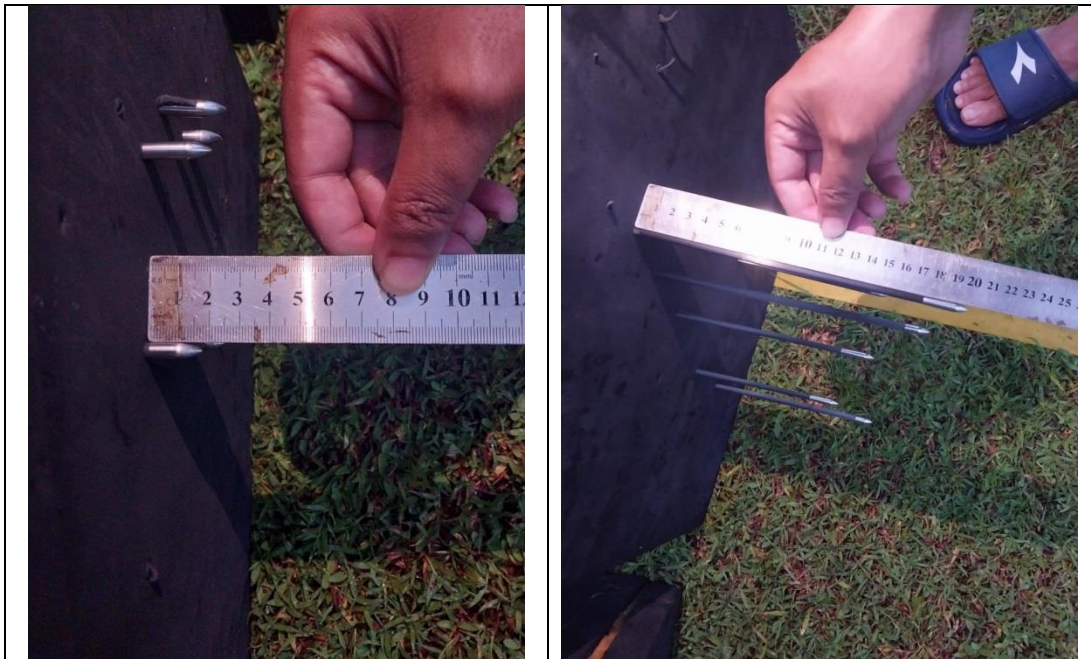
Gambar Desain Bantalan Panahan Berbasis Biokomposit Serat Rami



Gambar Proses Pemasangan Bantalan Panahan Berbasis Biokomposit Serat Rami



Gambar Pengujian Menggunakan Busur *Recurve* Anak Panah *Carbon* Dengan Jarak Tembak 10 Meter



Gambar Hasil Pengukuran Jarak Tembus Anak Panah



Gambar Hasil Pengukuran Jarak Tembus Anak Panah