

## "Development of Biodegradable Nonwoven Mulch Mats from Ijuk Fiber for Sustainable Agriculture"

### "Pengembangan Tikar Mulsa Nonwoven Biodegradable dari Serat Ijuk untuk Pertanian yang Berkelanjutan"

Dwi Reisalinda Anggunsuri<sup>1\*)</sup>, Maydha Tresnaning Titinur<sup>2)</sup> dan Totong<sup>3)</sup>

1) Politeknik STTT Bandung, Jl. Jakarta No. 31, Bandung, 40272

Email: [dranggunsuri@gmail.com](mailto:dranggunsuri@gmail.com)

2) Politeknik STTT Bandung, Jl. Jakarta No. 31, Bandung, 40272

Email: [maydhatresnaningtitinur@gmail.com](mailto:maydhatresnaningtitinur@gmail.com)

3) Politeknik STTT Bandung, Jl. Jakarta No. 31, Bandung, 40272

Email: [totongtaqy@gmail.com](mailto:totongtaqy@gmail.com)

\*) Corresponding author

**Abstract:** Nonwoven agrotexiles made from *Arenga pinnata* Merr. fibers are developed as a biodegradable mulch alternative to support sustainable tropical agriculture. This study produced mulch mats using a combination of needle punching and thermal bonding at varying pressures of 25, 50, and 75 bar. The physical and mechanical characteristics evaluated included tensile strength, elongation, grammage, thickness, water absorption, as well as air and water permeability. The results showed that 75 bar produced the highest tensile strength (0.19 kN), optimal elongation (15.92%), and the best air-water permeability, while 25 bar yielded superior grammage (46.07 g/m<sup>2</sup>), thickness (2.55 mm), and water absorption capacity (334.10%). ANOVA tests confirmed that pressure variation significantly affected all parameters ( $p < 0.05$ ), indicating that bonding pressure is a key variable in balancing mechanical strength with agronomic functions such as drainage, aeration, and moisture retention. These findings demonstrate that ijuk fiber mulch mats provide an environmentally friendly alternative to conventional plastic mulches. Furthermore, this innovation contributes to the achievement of Sustainable Development Goal (SDG) 12: Responsible Consumption and Production, by utilizing renewable local resources and reducing potential plastic pollution in agricultural systems, particularly peatland ecosystems.

**Keywords:** agrotexile, mulch mat, ijuk fiber, nonwoven, sustainable

**Abstrak:** Agrotekstil nonwoven berbahan serat ijuk (*Arenga pinnata* Merr.) dikembangkan sebagai alternatif mulsa biodegradable untuk mendukung pertanian tropis berkelanjutan. Penelitian ini memproduksi tikar mulsa melalui kombinasi needle punching dan thermal bonding dengan variasi tekanan 25, 50, dan 75 bar. Karakteristik fisik dan mekanik yang diuji meliputi kekuatan tarik, mulur, gramasi, ketebalan, daya serap air, serta permeabilitas udara dan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan 75 bar menghasilkan kekuatan tarik tertinggi (0,19 kN), kelenturan optimal (15,92%), serta permeabilitas air dan udara terbaik, sedangkan tekanan 25 bar unggul pada gramasi (46,07 g/m<sup>2</sup>), ketebalan (2,55 mm), dan daya serap air (334,10%). Uji ANOVA mengonfirmasi bahwa variasi tekanan berpengaruh signifikan ( $p < 0,05$ ) terhadap seluruh parameter, menegaskan bahwa tekanan merupakan variabel kunci dalam menyeimbangkan kekuatan mekanik dengan fungsi agronomis, seperti drainase, aerasi, dan retensi kelembaban. Temuan ini menunjukkan bahwa tikar mulsa berbahan serat ijuk dapat menjadi solusi ramah lingkungan pengganti mulsa plastik sekali pakai. Lebih jauh, inovasi ini mendukung pencapaian Sustainable Development Goal (SDG) 12: Responsible Consumption and Production, dengan memanfaatkan sumber daya lokal terbarukan serta mengurangi potensi pencemaran plastik di lahan pertanian, khususnya ekosistem gambut.

Kata kunci: agrotekstil, tikar mulsa, serat ijuk, nonwoven, berkelanjutan

DOI: <https://doi.org/10.37577/sainteks.v7i02.902>

Received: 07, 2025. Accepted: 08, 2025.

Published: 09, 2025

## PENDAHULUAN

Tekstil teknik (*technical textiles*) merupakan bidang strategis dalam pengembangan material fungsional yang berorientasi pada keberlanjutan, didukung oleh prinsip desain yang memungkinkan daur ulang dan degradasi hayati (Rogale, 2024). Salah satu bagian dari *technical textiles* yaitu agrotekstil yang secara khusus diaplikasikan dalam sektor pertanian untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas melalui produk seperti mulsa, penutup tanaman, dan pelindung hama (Kopitar D. M., 2022). Agrotekstil mampu mempertahankan kelembaban tanah, mengurangi evaporasi serta memperbaiki kondisi tumbuh tanaman di berbagai iklim (Senthilkumar, 2023). Seiring meningkatnya kesadaran terhadap dampak negatif limbah plastik pertanian, tuntutan akan agrotekstil yang biodegradable semakin meningkat (Vujović, 2023). Hal ini mendorong penelitian terhadap material lokal berbasis serat alam yang berpotensi menjadi alternatif agrotekstil ramah lingkungan (Faruk, 2019).

Salah satu serat alam yang potensial dikembangkan sebagai bahan dasar agrotekstil adalah serat ijuk (*Arenga pinnata* Merr.) yang berasal dari tanaman aren dan tersebar luas di kawasan tropis seperti Indonesia. Serat ini memiliki kandungan lignin tinggi (43%) yang memberikan ketahanan terhadap pelapukan, jamur, dan serangan organisme tanah seperti rayap. Dari aspek mekanik, serat ijuk memiliki kekuatan tarik yang tinggi hingga 190 mPa dan modulus elastisitas sekitar 3,7 gPa, menjadikannya setara dengan beberapa serat buatan (Duan, 2023). Sifat hidrofobik yang menjadikan ijuk mampu menjaga kelembaban tanah di sekitar akar, yang sangat berguna dalam sistem budidaya pertanian di lahan gambut (Nguyen T. &, 2021). Dengan keunggulan ekologis, fungsional, serta ketersediaan yang melimpah, serat ijuk menjadi kandidat kuat dalam pengembangan tikar mulsa pertanian berbasis bahan alami.

Tikar mulsa merupakan produk agrotekstil yang berfungsi untuk menekan pertumbuhan gulma, menjaga kelembaban tanah, menstabilkan suhu permukaan tanah, serta mengurangi laju evaporasi air (Kopitar D. M., 2022). Penggunaan mulsa yang terbuat dari serat alam mendukung prinsip pertanian berkelanjutan karena memungkinkan material terurai setelah masa guna tanpa mencemari tanah (Liu, 2021). Studi oleh (Cichocki, 2023) menunjukkan bahwa mulsa *nonwoven* dari jute, hemp, viscose, dan PLA mampu mempertahankan kekuatan struktural selama berbulan-bulan di lapangan. Studi (Martinez, 2020) juga menekankan bahwa penggunaan limbah serat tekstil alam untuk mulsa *nonwoven* memberikan nilai tambah baik secara agronomis maupun ekologis. Namun, penggunaan serat ijuk sebagai bahan utama tikar mulsa masih belum banyak diteliti secara sistematis, terutama terkait proses pembentukannya melalui teknologi *nonwoven*.

Teknologi *nonwoven* merupakan pendekatan manufaktur yang memproduksi lembaran kain dari serat tanpa proses pemintalan atau penenunan, melainkan melalui ikatan mekanis, termal, atau kimia (Marasović P. S., 2019). Dalam konteks agrotekstil, dua metode umum yaitu *needle punch* dan *thermal bonding* sering digunakan dimana *needle punch* mengikat serat secara mekanik menggunakan penetrasi jarum, sedangkan *thermal bonding* menggunakan panas dan tekanan untuk menghasilkan ikatan antar serat yang kuat dan stabil (Sreekumar, 2018). Parameter tekanan dalam proses bonding menjadi aspek kritical karena memengaruhi kekuatan tarik, ketebalan, porositas, dan daya serap air pada material *nonwoven* (Zhang H. L., 2020). Struktur *nonwoven* memungkinkan produk akhir memiliki karakteristik permeabilitas udara dan air yang sesuai dengan kebutuhan agronomis, serta kemampuan biodegradasi yang tinggi (Nguyen T. &, 2021). Dengan fleksibilitas desain dan kompatibilitas terhadap serat alam, teknologi *nonwoven* menjadi metode ideal dalam konversi serat ijuk menjadi produk agrotekstil tikar mulsa.

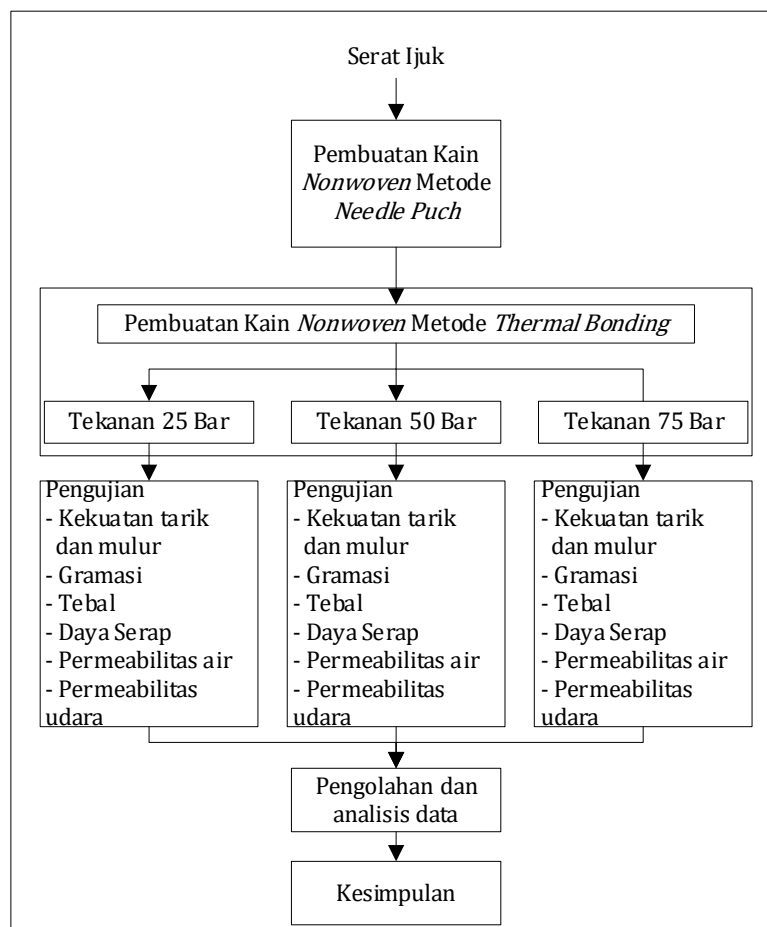
Pemanfaatan serat ijuk sebagai bahan baku agrotekstil mendukung konsumsi berkelanjutan dengan menggantikan material plastik sekali pakai yang sulit terurai, serta mendorong produksi ramah lingkungan melalui penggunaan sumber daya lokal yang terbarukan sejalan dengan *Sustainable Development Goals* (SDG) 12 yaitu *Responsible Consumption and Production* (PPN/Bappenas, 2021). Studi (Marasović P. K., 2024) melaporkan bahwa mulsa *nonwoven* berbahan serat alam mampu terurai di lapangan tanpa meninggalkan residu berbahaya, sehingga selaras dengan target SDG 12 dalam mengurangi dampak lingkungan dari

sistem produksi. Agrotekstil *biodegradable* memiliki kontribusi signifikan dalam menekan limbah plastik pertanian sekaligus meningkatkan kualitas ekosistem tanah (Kopitar D. H., 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh produk agrotekstil berupa tikar mulsa *nonwoven* berbahan dasar serat ijuk yang dapat diaplikasikan pada tanaman kelapa sawit di habitat lahan gambut yang rentan terhadap serangan rayap tanah. Produk yang dihasilkan diharapkan memiliki sifat fungsional dan mekanik yang sesuai atau mendekati syarat mutu untuk aplikasi mulsa pertanian. Evaluasi dilakukan terhadap pengaruh variasi tekanan *thermal bonding* yaitu 25, 50, dan 75 bar terhadap sifat fisik dan mekanik kain, mencakup kekuatan tarik, mulur, gramasi, ketebalan, daya serap air, serta permeabilitas udara dan air. Variasi tekanan tersebut dipilih karena secara teoritis semakin tinggi tekanan yang diterapkan, maka ikatan antar serat menjadi lebih kuat sehingga meningkatkan kekuatan tarik dan stabilitas dimensi produk *nonwoven*. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu mengidentifikasi kondisi tekanan optimal yang menghasilkan mulsa berbahan serat ijuk dengan performa terbaik sesuai kebutuhan pertanian tropis yang mendukung penerapan SDG 12 melalui inovasi material tekstil ramah lingkungan.

## METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental laboratorium dengan dua metode *nonwoven*, yaitu *needle punch* dan *thermal bonding*, untuk menghasilkan tikar mulsa dari serat ijuk (*Arenga pinnata Merr*). Tujuan utama dari metodologi ini adalah mengevaluasi pengaruh variasi tekanan saat proses *thermal bonding* terhadap sifat fisik dan mekanik dari kain *nonwoven* yang dihasilkan. Proses dilakukan di fasilitas Balai Besar Tekstil Bandung (BBT).



Gambar 1. Alur Proses penelitian

Berikut merupakan langkah proses pembuatan tikar mulsa sesuai dengan alur proses penelitian pada Gambar 1 dengan alat dan bahan-bahan yang dibutuhkan.

1. Alat dan Bahan

a. Alat

Alat-alat yang digunakan untuk membuat tikar mulsa berbahan serat ijuk pada penelitian ini meliputi mesin yang memproses bahan baku mentah hingga menjadi bahan setengah jadi yaitu mesin *opener* dan mesin *mixing*. Mesin yang mengubah bahan baku setengah jadi menjadi bahan jadi yaitu mesin *needle punch* dan mesin *hot press*. Selain itu terdapat alat-alat pembantu keberlangsungan proses produksi seperti gunting, timbangan dll.

• Mesin *opener* dan Mesin *mixing*

Mesin *opener* berfungsi sebagai pembuka serat ijuk dari gumpalan serat sehingga lebih terurai dan membersihkan serta memisahkan serat ijuk dengan kotoran yang terkandung pada gumpalan serat. Serat ijuk yang didapat dari produsen mesin mengandung banyak kotoran seperti plastik, daun, serat-serat ijuk yang besar dan sangat kaku seperti batang. Ukuran serat yang dapat diproses pada mesin ini yaitu 1,5 inch. Mesin *mixing* berfungsi mencampur serat ijuk dengan *low melt*.

Spesifikasi mesin:

- Buatan : Balai Besar Tekstil
- Jumlah *beater* : 3 buah
- Rpm *beater* : 500 putaran/menit
- Diameter *beater* : 500 mm
- Rpm *feed rol* : 6 Rpm
- Diameter *feed rol* : 60 mm
- Daya listrik : 5,6 kW

• Mesin *needle punch*

Berfungsi sebagai pengolah bahan baku serat ijuk yang telah melalui proses pencampuran dengan *low melt* untuk diproses melalui pembuatan jeratan oleh jarum-jarum mesin *needle punch*. Mesin buatan Balai Besar Tekstil. Panjang kain yang dapat dihasilkan maksimal sepanjang 0,9 m.

• Mesin *hot press*

Berfungsi untuk menyatukan dua lembar kain *nonwoven* hasil *needle punch* dengan menggunakan sistem press dengan suhu tinggi.

Spesifikasi mesin:

- Buatan : Balai Besar Tekstil
- Ukuran plat : 30 x 30 cm
- Tekanan : 0 – 1000 bar
- Suhu maksimal : 2500°C

• Alat-alat pembantu proses produksi selain mesin-mesin diatas sebagai berikut ini:

- Timbangan
- Kertas Teflon 30 cm X 30 cm
- Cetakan (Loyang) 30 cm X 30 cm
- Gunting
- Penggaris 30 cm
- Sarung tangan tahan panas

b. Bahan

Metode *nonwoven* dengan cara *thermal bonding* harus menggunakan serat perekat yang dicampur dengan serat utama. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Bahan-bahan yang Digunakan

Bahan	Keterangan	Gambar
Serat ijuk	Serat ijuk yang digunakan berbentuk serabut ijuk sebanyak 5 Kg.	
<i>Low melt</i>	<i>Low melt</i> dengan titik leleh 135-190 °C. Campuran yang digunakan sebanyak 5% dari berat keseluruhan serat.	

## 2. Prosedur Pembuatan Kain *Nonwoven*

### a. Persiapan Bahan Baku

Serat ijuk ditimbang sebanyak 2 kg dan dimasukkan secara bertahap ke mesin opener. Setelah proses pembukaan, serat dicampur dengan *low melt* (5% dari berat total) menggunakan mesin mixing yang dijalankan sebanyak dua kali untuk memastikan pencampuran merata.

### b. Proses *Needle Punch*

Serat yang telah tercampur ditata merata di atas konveyor mesin *needle punch*. Mesin dijalankan hingga seluruh serat berbentuk web dengan jeratan serat. Hasil kain dipotong menjadi ukuran 30x30 cm sebagai persiapan untuk proses selanjutnya.

### c. Proses *Thermal Bonding*

Lembaran kain hasil *needle punch* ditumpuk dua lapis dan dilapisi kertas teflon pada kedua sisi. Cetakan berisi kain dimasukkan ke dalam mesin hot press dengan suhu 130°C dan variasi tekanan: 25 bar, 50 bar, dan 75 bar. Waktu pengepresan selama 5 menit untuk masing-masing sampel.

## 3. Pengujian Karakteristik Produk

Tahap awal sebelum dilakukan pengujian, seluruh contoh uji tikar mulsa nonwoven serat ijuk dikondisikan terlebih dahulu sesuai dengan standar ISO 139:2005 tentang atmosfer standar untuk pengondisian dan pengujian tekstil (ISO, 2005). Sampel disimpan dalam ruang ber-AC dengan suhu  $20 \pm 2$  °C dan kelembaban relatif  $65 \pm 4\%$  selama minimal 24 jam hingga tercapai *moisture equilibrium*. Tahap pengondisian ini bertujuan untuk menstabilkan kadar kelembaban serat sehingga sifat fisik maupun mekanik material tidak dipengaruhi oleh variasi lingkungan. Dengan demikian, hasil pengujian terhadap parameter kekuatan tarik, mulur, gramasi, ketebalan, daya serap, serta permeabilitas udara dan air dapat diperoleh secara konsisten dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Evaluasi karakteristik fisik dan mekanik tikar mulsa dilakukan melalui beberapa pengujian laboratorium dengan rincian sebagai berikut:

### a. Kekuatan tarik dan mulur

Pengujian ini dilakukan sesuai standar ASTM D5035-11 (*Reapproved* 2019) menggunakan metode strip. Sampel strip berukuran 25 × 200 mm diuji menggunakan mesin tarik Tenso Lab dengan kecepatan 300 mm/menit dan jarak antar grip 75 mm. Uji

ini bertujuan untuk menentukan batas kekuatan kain sebelum putus dan sejauh mana kain mampu meregang (mulur).

b. Gramasi kain

Diuji berdasarkan metode ASTM D3776/D3776M-17 (*Reapproved 2022*). Sampel dipotong berukuran 10 × 10 cm, kemudian ditimbang dan dikonversikan ke satuan g/m<sup>2</sup> untuk menilai massa per satuan luas.

c. Ketebalan (*thickness*) kain

Diukur menggunakan *thickness gauge* sesuai metode ASTM D1777-96 (*Reapproved 2017*). Pengukuran dilakukan pada sampel yang sama dengan uji gramasi 10 × 10 cm untuk mengetahui tebal kain, yang mempengaruhi daya tahan mekanis dan kapasitas isolasi termal.

d. Daya serap air

Menggunakan metode ISO 9073-6:2000 dengan sampel seberat 5 gram direndam dalam air, kemudian dihitung persentase peningkatan berat sebagai indikator kapasitas absorpsi cairan.

e. Permeabilitas air kain

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui debit air atau banyaknya air yang dapat menembus kain. Biasanya pengujian ini dilakukan pada produk-produk geotekstil. Pengujian dilakukan sesuai SNI 08-6511-2001.

f. Permeabilitas udara kain

Menggunakan metode ASTM D737-18 dengan tekanan standar 200 Pa dan luas permukaan uji 20 cm<sup>2</sup>. Parameter ini mengukur volume udara yang dapat melewati kain dalam satuan waktu, yang mempengaruhi sirkulasi udara di area tanaman tertutup mulsa.

4. Pengolahan Data

Dalam penelitian ini, pengolahan data dimulai dengan perhitungan statistik deskriptif yang terdiri dari nilai rata-rata, simpangan baku, dan koefisien variasi untuk menilai karakteristik dasar setiap parameter uji nonwoven serat ijuk, kemudian hasil uji setiap karakteristik kain nonwoven serat ijuk dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) versi 26. Analisis statistik dimulai dengan uji normalitas untuk memastikan distribusi data sesuai asumsi parametrik, kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas varians. Setelah asumsi terpenuhi, dilakukan uji ANOVA satu arah untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan terhadap parameter yang diuji, dengan output berupa nilai F-hitung dan p-value (Sig.) sebagai dasar pengambilan keputusan. Apabila hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan signifikan ( $p < 0,05$ ), maka dilakukan uji lanjut (*post hoc*) menggunakan uji *Student-Newman-Keuls* (SNK) guna mengidentifikasi kelompok perlakuan yang berbeda nyata.

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Tabel 2 menunjukkan pengaruh tekanan dalam proses *thermal bonding* terhadap berbagai karakteristik kain *nonwoven* berbahan serat ijuk. Secara umum, terjadi peningkatan kekuatan tarik seiring dengan meningkatnya tekanan.

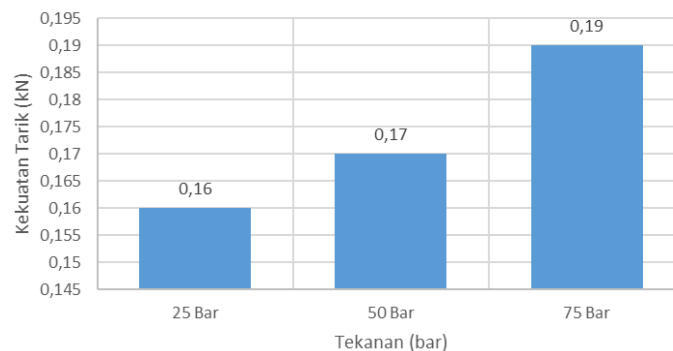
**Hasil Tabel 2. Ringkasan Hasil Uji Karakteristik Kain *Nonwoven* Berdasarkan Tekanan**

Tekanan (bar)	Kekuatan Tarik	Mulur	Gramasi	Thickness	Daya Serap	Permeabilit as Air	Permeabilit as Udara	
25	n	10	10	10	10	5	10	
	$\bar{X}$	0,16 kN	13,34 %	46,07 g/m <sup>2</sup>	2,55 mm	334,10 %	0,14 cm/s	184,22 cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> /s
	S	0,0078 kN	1,08 %	3,61 g/m <sup>2</sup>	0,01 mm	12,86 %	0,0072 cm/s	11,31 cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> /s

Tekanan (bar)	Kekuatan Tarik	Mulur	Gramasi	Thickness	Daya Serap	Permeabilit as Air	Permeabilit as Udara	
	CV	4,99%	8,12 %	7,84 %	3,89 %	3,85 %	5,12 %	6,14 %
	E	4,85%	5,03 %	4,19%	2,41 %	2,67 %	3,17 %	4,01 %
50	n	10	10	10	10	5	10	10
	$\bar{X}$	0,17 kN	14,76 %	45,10 g/m <sup>2</sup>	2,43 mm	322,76 %	0,15 cm/s	261,22 cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> /s
	S	0,0071 Kn	0,95 %	2,52 g/m <sup>2</sup>	0,02 mm	35,02 %	0,0115 cm/s	26,71 cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> /s
	CV	4,08%	6,44 %	5,59 %	8,69 %	10,85 %	7,66 %	10,22 %
	E	2,52%	3,99 %	3,46 %	5,38 %	7,52 %	4,75 %	6,68 %
75	n	10	10	10	10	5	10	10
	$\bar{X}$	0,19 kN	15,92 %	42,52 g/m <sup>2</sup>	2,28 mm	313,70 %	0,18 cm/s	283,11 cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> /s
	S	0,0093 kN	0,72 %	0,88 g/m <sup>2</sup>	0,02 mm	26,22 %	0,0194 cm/s	22,09 cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> /s
	CV	4,89%	4,52 %	2,06 %	7,70 %	8,36 %	10,80 %	7,80 %
	E	3,03%	2,80 %	1,28 %	4,77 %	5,79 %	6,69 %	5,10 %

### 1. Kekuatan Tarik dan Mulur Kain

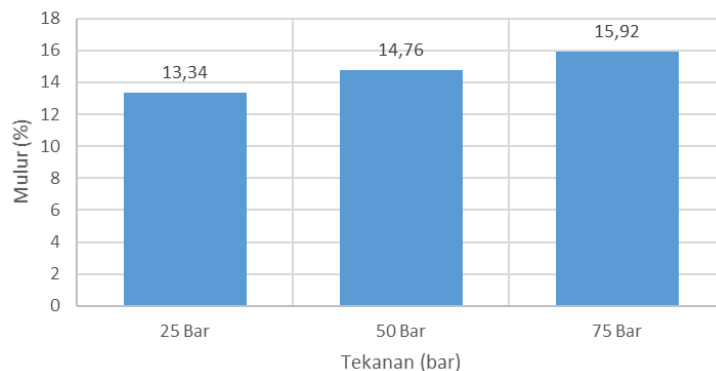
Kekuatan tarik kain *nonwoven* serat ijuk menunjukkan peningkatan dari 0,16 kN pada tekanan 25 bar menjadi 0,17 kN pada 50 bar, dan mencapai 0,19 kN pada 75 bar (Gambar 2). Analisis varian satu arah (ANOVA) menghasilkan nilai  $F = 4,593$  dengan  $p < 0,05$ , yang berarti terdapat perbedaan signifikan antar variasi tekanan. Uji lanjut Student-Newman-Keuls (S-N-K) menunjukkan bahwa kekuatan tarik pada tekanan 75 bar berbeda nyata dibandingkan tekanan 25 bar, sedangkan nilai pada 50 bar berada di posisi menengah dan tidak berbeda signifikan dengan kedua kelompok.



**Gambar 2. Grafik Hubungan antara Tekanan dengan Kekuatan Kain**

Tekanan yang lebih tinggi meningkatkan derajat kompresi antar serat, memperlambat ikatan melalui proses reaktivasi termal dari serat. Struktur kain yang semula longgar menjadi lebih kompak, sehingga mampu menahan gaya tarik. (Marasović P. K., 2023) menjelaskan bahwa peningkatan tekanan dalam proses *thermal bonding* meningkatkan luas permukaan kontak leleh serat dan distribusi beban, sehingga kekuatan tarik meningkat secara signifikan. Temuan ini juga diperkuat oleh (Bhat, 2004) juga mengonfirmasi bahwa peningkatan suhu proses *thermal bonding* pada kain *nonwoven* berbasis polipropilena berdampak langsung pada peningkatan kekuatan tarik hingga titik optimum. Dalam konteks ini, tekanan yang lebih tinggi berfungsi memperkuat reaktivitas permukaan dan kohesi antar serat dalam struktur *nonwoven*.

Nilai rata-rata mulur kain *nonwoven* meningkat dari 13,34% pada tekanan 25 bar menjadi 15,92% pada tekanan 75 bar (Gambar 3). Hasil analisis ragam satu arah (ANOVA) menunjukkan bahwa variasi tekanan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap mulur kain dengan nilai  $F = 11,183$  dan  $p < 0,001$ . Uji lanjut Student-Newman-Keuls (S-N-K) memperlihatkan bahwa kelompok tekanan 25 bar dan 50 bar tidak berbeda nyata satu sama lain, namun keduanya berbeda signifikan dengan tekanan 75 bar.

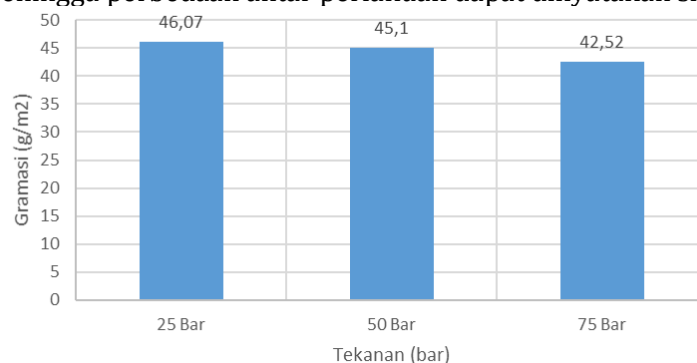


Gambar 3. Grafik Hubungan antara Tekanan dengan Mulur Kain

Peningkatan ini terjadi karena tekanan *thermal bonding* yang lebih tinggi menghasilkan ikatan antar serat yang lebih kuat dan merata, sehingga struktur kain menjadi lebih homogen dan fleksibel. Serat-serat yang semula renggang menjadi lebih terkompresi dan menyatu dengan kuat, namun masih mempertahankan elastisitas yang cukup untuk mengalami deformasi sebelum putus. Hasil ini sejalan dengan temuan (Putri, 2024) yang melaporkan bahwa variasi gramasi dan perekat pada *nonwoven* berbahan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat mempengaruhi mulur di mana struktur serat yang optimal memberikan kemampuan mulur yang lebih baik. Demikian pula, (Rahmadani, 2022) menunjukkan bahwa pengaturan suhu dan waktu proses pada biofoam berbasis serat sawit mempengaruhi sifat mekanik termasuk mulur, dengan struktur yang lebih padat dan terikat menghasilkan kelenturan yang lebih tinggi.

## 2. Gramasi Kain dan Ketebalan (*Thickness*) Kain

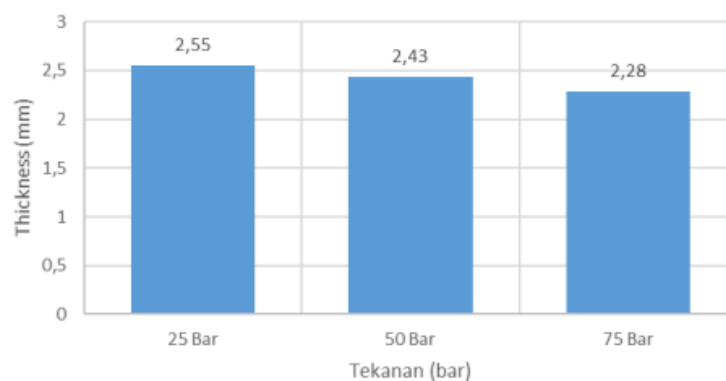
Gramasi kain *nonwoven* serat ijuk menurun dari 46,07 g/m<sup>2</sup> pada tekanan 25 bar menjadi 42,52 g/m<sup>2</sup> pada 75 bar (Gambar 4). Hasil uji ANOVA satu arah menunjukkan perbedaan ini sangat signifikan ( $F = 41,023$ ;  $p < 0,001$ ), sehingga variasi tekanan *thermal bonding* berpengaruh nyata terhadap gramasi kain. Uji lanjut Student-Newman-Keuls (S-N-K) menunjukkan bahwa setiap perlakuan tekanan (25, 50, dan 75 bar) berada pada kelompok yang berbeda, sehingga perbedaan antar perlakuan dapat dinyatakan signifikan.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Tekanan dengan Gramasi Kain

Penurunan ini disebabkan oleh pemadatan volumetrik akibat tekanan yang lebih tinggi sehingga mengurangi ruang antar serat dan menyebabkan distribusi massa per satuan luas menjadi lebih rendah. Penelitian (Zhang Y. &, 2018) menyatakan bahwa tekanan yang lebih besar dalam proses pembuatan kain nonwoven meningkatkan kekompakan serat dan mengurangi ketebalan serta berat kain. Hasil serupa juga ditemukan oleh (Sana, 2020) yang menjelaskan bahwa perubahan gramasi kain nonwoven sangat dipengaruhi oleh parameter proses seperti tekanan dan mempengaruhi struktur serta sifat fisiknya.

Gambar 5 memperlihatkan ketebalan kain *nonwoven* serat ijuk mengalami penurunan dari 2,55 mm pada tekanan 25 bar menjadi 2,28 mm pada tekanan 75 bar. Hasil uji ANOVA satu arah menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $F = 6,704$ ;  $p = 0,004$ ), sehingga variasi tekanan berpengaruh nyata terhadap ketebalan kain. Uji lanjut Student-Newman-Keuls (S-N-K) memperlihatkan bahwa tekanan 75 bar berbeda nyata dibandingkan dengan tekanan 25 dan 50 bar.

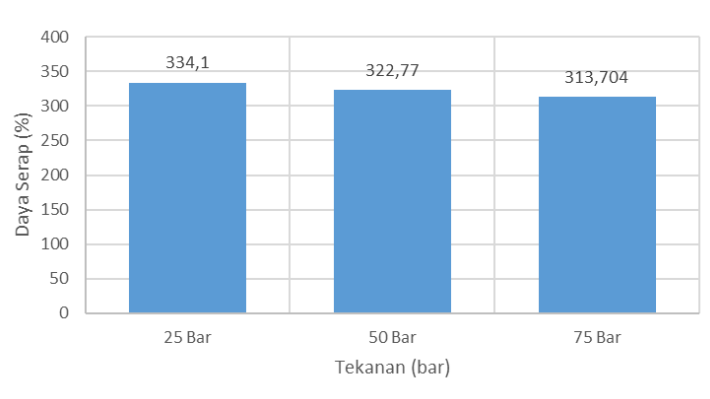


**Gambar 5. Grafik Hubungan antara Tekanan dengan *Thickness* Kain**

Penurunan ini mencerminkan efek pemadatan serat akibat peningkatan tekanan thermal bonding yang menyebabkan struktur serat menjadi lebih rapat dan ruang antar pori mengecil. Hasil ini sesuai dengan temuan (Isidro, 2023) melaporkan bahwa geotekstil berbasis serat kelapa mengalami penurunan ketebalan dari 7,88 mm menjadi 6,64 mm setelah proses needle punching, sebagai akibat dari peningkatan kerapatan dan ikatan antar serat. Penelitian lain (Pabjańczyk-Wlazło, 2022) juga mendukung hal ini, di mana perlakuan pada kain nonwoven melt-blown menyebabkan perubahan struktur dan penurunan ketebalan akibat penambahan lapisan dan proses kompresi.

### 3. Daya Serap Kain

Nilai rata-rata daya serap air kain *nonwoven* berbahan serat ijuk menurun dari 334,10% pada tekanan 25 bar menjadi 313,70% pada tekanan 75 bar (Gambar 6). Hasil uji ANOVA satu arah menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $F = 21374,000$ ;  $p < 0,001$ ), sehingga variasi tekanan berpengaruh nyata terhadap kemampuan daya serap air. Uji lanjut Student-Newman-Keuls (S-N-K) menunjukkan bahwa tiap variasi tekanan (25, 50, dan 75 bar) berada pada kelompok berbeda, menandakan adanya perbedaan nyata di antara perlakuan.

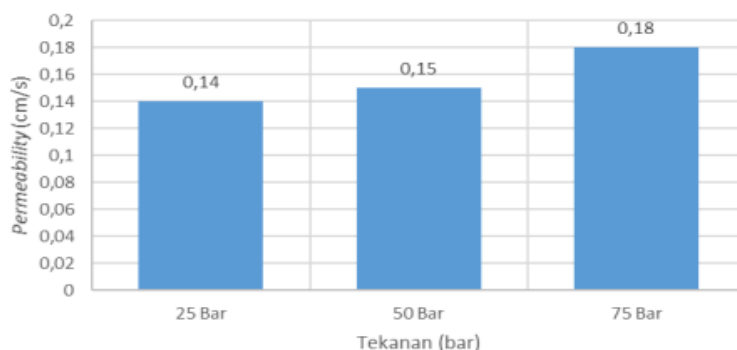


**Gambar 6. Grafik Hubungan antara Tekanan dengan Daya Serap Kain**

Penurunan daya serap ini diakibatkan oleh pemadatan struktur kain nonwoven seiring meningkatnya tekanan yang menyebabkan ruang antar serat mengecil dan membatasi kapasitas penyerapan air. (Marasović P. K., 2023) dalam studinya menyatakan bahwa peningkatan tekanan kompresi pada mulsa nonwoven berbahan serat alami akan mengurangi volume pori yang tersedia untuk menyimpan air. Selain itu, (Gunawan Pandiangan, 2024) juga menemukan bahwa kandungan lignin yang tinggi seperti pada serat ijuk memberikan sifat hidrofobik yang berkontribusi pada penurunan daya serap saat struktur dipadatkan. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan tekanan perlu disesuaikan agar tidak mengurangi fungsi kelembapan mulsa secara berlebihan.

#### 4. Permeabilitas Air dan Permeabilitas Udara:

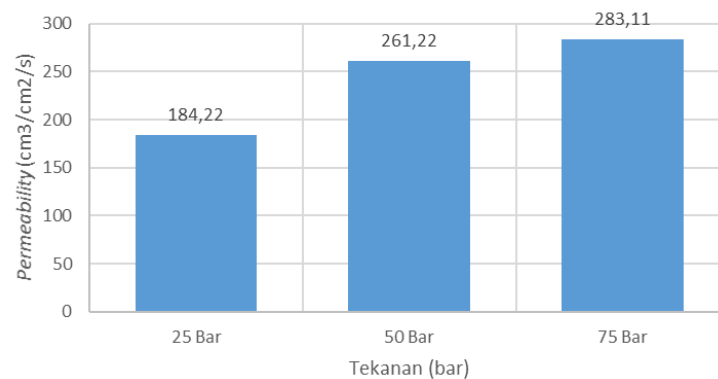
Permeabilitas air kain *nonwoven* berbahan serat ijuk meningkat seiring dengan bertambahnya tekanan, dari 0,14 cm/s pada tekanan 25 bar menjadi 0,15 cm/s pada 50 bar, dan mencapai 0,18 cm/s pada tekanan 75 bar (Gambar 7). Hasil uji ANOVA satu arah menunjukkan bahwa variasi tekanan memberikan pengaruh signifikan ( $F = 34,922$ ;  $p < 0,001$ ). Uji lanjut *Student-Newman-Keuls* (S-N-K) memperlihatkan bahwa setiap variasi tekanan (25, 50, dan 75 bar) menempati kelompok berbeda, sehingga perbedaan antar perlakuan nyata secara statistik. Peningkatan ini berkaitan dengan penurunan ketebalan material yang memperpendek jalur aliran air dan memungkinkan air mengalir lebih cepat melalui pori-pori dalam struktur kain. Menurut (Tanasă, 2022), struktur *nonwoven* yang lebih tipis dan memiliki banyak pori memudahkan air meresap ke dalam tanah dengan lebih efisien, terutama dalam aplikasi geotekstil pertanian. Hal ini juga diperkuat oleh (Gaminian, 2024), yang menyatakan bahwa penggunaan serat alami dalam *nonwoven* meningkatkan kemampuan air meresap karena susunan serat yang terbuka menciptakan jalur-jalur kecil tempat air bisa mengalir dengan lancar.



**Gambar 7. Grafik Hubungan antara Tekanan dengan Permeabilitas Air**

Permeabilitas udara tikar mulsa *nonwoven* berbahan serat ijuk menunjukkan peningkatan signifikan seiring dengan naiknya tekanan *thermal bonding*. Rata-rata daya

tembus udara tercatat sebesar  $184,22 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{s}$  pada tekanan 25 bar, meningkat menjadi  $261,22 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{s}$  pada 50 bar, dan mencapai  $283,11 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{s}$  pada 75 bar (Gambar 8). Analisis ANOVA satu arah menunjukkan perbedaan yang signifikan antar perlakuan ( $F = 68,523$ ;  $p < 0,001$ ). Uji lanjut Student-Newman-Keuls (S-N-K) memperlihatkan bahwa ketiga variasi tekanan (25, 50, dan 75 bar) berada pada kelompok yang berbeda, sehingga perbedaannya nyata secara statistik. Peningkatan ini sebagian besar dipengaruhi oleh berkurangnya ketebalan material akibat tekanan, yang membuat udara lebih mudah mengalir karena jalur alirannya menjadi lebih pendek dan tidak banyak terhambat. Penelitian oleh (Cincik, 2015) mengungkap bahwa permeabilitas udara pada *nonwoven* sangat dipengaruhi oleh ketebalan dan distribusi pori: semakin tipis dan merata pori-porinya, semakin tinggi laju aliran udara yang dihasilkan. Selain itu, struktur hasil *needle punch* yang kemudian dipadatkan melalui tekanan tinggi dapat membentuk jalur-jalur kecil yang searah dan membantu kelancaran sirkulasi udara. Temuan ini sejalan dengan laporan (Chmielewska-Pruska, 2025), yang menyebutkan bahwa *nonwoven melt-blown* dengan pori sejajar memiliki resistansi udara rendah, menjadikannya cocok untuk aplikasi yang membutuhkan aerasi tinggi. Oleh karena itu, peningkatan tekanan dalam penelitian ini tidak hanya memperkuat ikatan mekanik, tetapi juga meningkatkan fungsi permeabilitas udara yang penting dalam konteks agrotekstil.



Gambar 8. Grafik Hubungan antara Tekanan dengan Permeabilitas Udara

Secara keseluruhan, peningkatan tekanan *thermal bonding* memberikan pengaruh signifikan terhadap seluruh karakteristik fisik dan fungsional tikar mulsa *nonwoven* berbahan serat ijuk. Kekuatan tarik dan mulur meningkat seiring peningkatan tekanan, menunjukkan bahwa struktur kain menjadi lebih kompak dan mampu menahan gaya tarik serta mengalami deformasi sebelum putus. Gramasi dan ketebalan menurun secara signifikan akibat pemadatan struktur serat, yang menghasilkan distribusi massa dan volume yang lebih merata serta meningkatkan stabilitas dimensi kain. Penurunan daya serap air terjadi sebagai konsekuensi dari berkurangnya sifat hidrofobik alami serat ijuk, meskipun penurunan ini masih dalam batas fungsi mulsa yang dapat ditoleransi. Sebaliknya, peningkatan permeabilitas air dan udara mencerminkan bahwa struktur serat yang lebih rapat namun tipis tetap mempertahankan jalur pori yang efektif, mendukung efisiensi aliran fluida dalam aplikasi pertanian.

Temuan ini memiliki relevansi penting terhadap pengembangan agrotekstil ramah lingkungan yang sejalan dengan SDG 12 (*Responsible Consumption and Production*). Penggunaan serat ijuk sebagai bahan baku *nonwoven* mulsa menawarkan alternatif terhadap mulsa plastik sekali pakai yang sulit terurai, sehingga mampu mengurangi potensi pencemaran tanah dan beban limbah pertanian. Selain itu, sifat *biodegradable* serat alami memungkinkan siklus hidup produk lebih berkelanjutan karena dapat kembali ke ekosistem tanpa meninggalkan residu berbahaya. Optimalisasi tekanan pada 75 bar tidak hanya menghasilkan performa mekanik dan permeabilitas

terbaik, tetapi juga berkontribusi pada penciptaan produk agrotekstil berbasis sumber daya lokal yang mendukung efisiensi produksi sekaligus meminimalkan dampak lingkungan.

## **SIMPULAN**

Tikar mulsa *nonwoven* berbahan serat ijuk yang dikembangkan melalui proses *needle punching* dan *thermal bonding* berhasil memenuhi syarat fungsional dan mekanik untuk aplikasi pada kelapa sawit di lahan gambut rentan rayap. Variasi tekanan 25, 50, dan 75 bar secara sistematis sifat material: 25 bar unggul pada gramasi, ketebalan kain, dan daya serap air, sedangkan 75 bar menghasilkan kekuatan tarik, mulur, serta permeabilitas air dan udara tertinggi. Hasil tersebut menegaskan bahwa tekanan merupakan parameter kunci untuk menyeimbangkan antara ketahanan mekanik dan fungsi agronomis yakni drainase, aerasi, dan retensi kelembaban sesuai tujuan penelitian. Tekanan 75 bar teridentifikasi sebagai kondisi optimal yang memberikan kombinasi terbaik dari performa struktural dan fungsional, menjadikan produk ini alternatif *biodegradable* yang layak menggantikan mulsa plastik sekali pakai dalam sistem pertanian tropis. Implementasi tikar mulsa serat ijuk pada skala luas diharapkan dapat mendukung praktik pertanian berkelanjutan dan mitigasi dampak lingkungan. Hal ini sejalan dengan *Sustainable Development Goals (SDG) 12: Responsible Consumption and Production*, karena pemanfaatan serat ijuk sebagai sumber daya lokal yang terbarukan mampu mengurangi ketergantungan pada material sintesis berbasis plastik, menekan limbah non-*biodegradable*, serta mendorong pola produksi dan konsumsi yang lebih ramah lingkungan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi pada pengembangan agrotekstil berbasis serat alam, tetapi juga mendukung transisi menuju sistem pertanian tropis yang efisien, berkelanjutan, dan bertanggung jawab secara ekologis.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- ASTM International. (2019). ASTM D5035-11 (Reapproved 2019): Standard Test Method for Breaking Strength and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method). West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2022). ASTM D3776/D3776M-17: Standard Test Methods for Mass Per Unit Area (Weight) of Fabric. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2017). ASTM D1777-96 (Reapproved 2017): Standard Test Method for Thickness of Textile Materials. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM International. (2018). ASTM D737-18: Standard Test Method for Air Permeability of Textile Fabrics. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Badan Standardisasi Nasional. (2001). SNI 08-6511-2001: Metode Uji Daya Tembus Air pada Geotekstil. Jakarta: BSN.
- Bhat, G. S. (2004). Thermal bonding of polypropylene nonwovens: Effects of bonding variables on the structure and properties of the fabrics. *Journal of Applied Polymer Science*, 92(6), 3593–3600.
- Chmielewska-Pruska, K. S. (2025). Structure and physical properties of BioPBS melt-blown nonwovens. *AUTEX Research Journal*, 25(1), 20240023.
- Cichocki, P. D. (2023). Performance and degradation of nonwoven mulches made of jute, hemp, viscose, and PLA. *Polymers*, 15(4), 110.
- Cincik, M. &. (2015). Effect of thickness, porosity and density on the air permeability of needle-punched non-woven fabrics. *AUTEX Research Journal*, 15(1), 8–14.
- Duan, X. L. (2023). Sugar palm (*Arenga pinnata*) fibers: New emerging natural fibre and its relevant properties, treatments and potential applications. *Journal of Cleaner Production*.
- Faruk, O. B.-P. (2019). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. *Progress in Polymer Science*, 37(11), 1552–1596.

- Gaminian, H. A. (2024). Revolutionizing sustainable nonwoven fabrics: The potential use of agricultural waste and natural fibres for nonwoven fabric. *Biomass*, 4(2), 363–401.
- Gunawan Pandiangan, N. R. (2024). Sifat daya serap air dan kekuatan tarik komposit epoksi berpenguat serat sabut kelapa. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV (SENASTITAN IV)*, 1–7.
- Isidro, A. &. (2023). Strength Performance of Nonwoven Coir Geotextiles as an Alternative Material for Slope Stabilization. *Applied Sciences*, 13(13), 7590.
- ISO. (2005). Standard atmospheres for conditioning and testing. ISO. Dalam *International Organization for Standardization* (hal. ISO 139:2005).
- Kopitar, D. H. (2022). Biodegradable nonwoven agrotextile and films – A review. *Polymers*, 14(11), 2272.
- Kopitar, D. M. (2022). Biodegradable nonwoven agrotextile and films – A review. *Polymers*, 14(11), 2272.
- Liu, X. C. (2021). Development of natural fiber-based degradable nonwoven mulch from recyclable mill waste. *Waste Management*, 121, 432–440.
- Marasović, P. K. (2023). Performance and degradation of nonwoven mulches made of natural fibres and PLA polymer – Open field study. *Polymers*, 15(22), 4447.
- Marasović, P. K. (2024). Effect of biodegradable nonwoven mulches from natural fibres on soil moisture, weed control, and yield in lettuce cultivation. *Polymers*, 16(7), 1014.
- Marasović, P. S. (2019). Overview and perspective of nonwoven agrotextile. . *Textile and Leather Review*, 2(1), 23–30.
- Martinez, E. F. (2020). Development of natural fiber-based degradable nonwoven mulch from recyclable mill waste. *Journal of Environmental Management*, 265, 110584.
- Nguyen, T. &. (2021). Development of natural fiber-based degradable nonwoven mulch from recyclable mill waste. *Journal of Cleaner Production*, 290, 125781.
- Nguyen, T. &. (2021). Development of natural fiber-based degradable nonwoven mulch from recyclable mill waste. *Journal of Cleaner Production*, 290, 125781.
- Pabjańczyk-Wlazło, E. K. (2022). The Influence of Surface Modification with Biopolymers on the Structure of Melt-Blown and Spun-Bonded Poly(lactic acid) Nonwovens. *Materials*, 15(20), 7097.
- PPN/Bappenas, K. (2021). *Roadmap of SDGs Indonesia: Bahasa Indonesia*. Sekretariat Nasional SDGs. Kementerian PPN/Bappenas.
- Putri, N. N. (2024). Sintesa dan Karakterisasi Geo-Textile Nonwoven Berbahan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). *Repository IPB University*.
- Rahmadani, F. S. (2022). Improving Mechanical Properties of Biofoam Using Oil Palm Fiber as Filler at Various Temperatures and Processing Times. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 11(2), 45–53.
- Rogale, D. &. (2024). Energy and Environmental Aspects of the Sustainability of Clothing Production. *Sustainability*, 16(20), 9100.
- Sana, A. W. (2020). Aplikasi Serat Alam Biduri (*Calotropis gigantea*) sebagai Bahan Pengisi Insulatif pada Jaket Musim Dingin. *Arena Tekstil*, 35(1), 1–12.
- Senthilkumar, S. R. (2023). Agrotextiles: Important Characteristics of Fibres and Their Applications. *Journal of Industrial Textiles*, 1692–1710.
- Sreekumar, A. &. (2018). Effect of thermal bonding temperature and pressure on the mechanical properties of nonwoven kenaf–polyester blends. *Industrial Crops and Products*, 112, 702–708.
- Tanasă, F. N.-E.-A. (2022). Geotextiles – A versatile tool for environmental sensitive applications in geotechnical engineering. *Textiles*, 2(2), 189–208.

- Vujović, D. M. (2023). Effect of biodegradable nonwoven mulches from natural and renewable sources on lettuce cultivation. *Agronomy*, 13(2), 379.
- Zhang, H. L. (2020). Recent advances in nonwoven materials for filtration and related applications: Structure–performance relationships. *Separation and Purification Technology*, 247, 116666.
- Zhang, Y. &. (2018). The influence of pressure sum, fiber blend ratio, and basis weight on wet strength and dispersibility of wood pulp/Lyocell wetlaid/spunlace nonwovens. *Journal of Wood Science*, 64, 256–263.