

Pengaruh Variasi Massa Lilin Lebah terhadap Ketebalan Kain Blacu sebagai Alternatif Kemasan Ramah Lingkungan

Zahrani Qathrunnada^{1*}, Heribertus Rudi Kusumantoro², Yoga Putra Pratama³

¹⁻³Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

Email: zahrani.qathrunnada.tgp21@mhsw.pnj.ac.id¹

Alamat: Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kukusan, Kecamatan Beji, Kota Depok 16425

Korespondensi penulis: zahrani.qathrunnada.tgp21@mhsw.pnj.ac.id *

Abstract. Public awareness is needed to reduce the use of single-use plastics. One effort to reduce plastic waste is by replacing chemical-based materials with natural alternatives. This study aims to analyze the effect of beeswax thickness on the type of fabric used. A quantitative method was applied by measuring the thickness of each material sample with beeswax mass variations of 10 grams, 15 grams, and 20 grams. The results showed that blacu fabric with 15 grams of beeswax had a "very good" coating thickness. Blacu fabric with 10 grams of beeswax had a "good" thickness, while 20 grams resulted in a "fair" thickness. The thickness of the fabric material varied according to the beeswax mass and affected the coating uniformity of beeswax applied to the fabric surface.

Keywords: Beeswax; Blacu Fabric; Eco-Friendly Packaging; Thickness.

Abstrak. Kesadaran masyarakat diperlukan untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, upaya mengurangi limbah plastik yaitu dengan mengganti bahan kimia menjadi bahan alami. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ketebalan lilin lebah terhadap jenis kain yang diaplikasikan. Metode kuantitatif digunakan dengan mengukur ketebalan setiap sampel material dengan perbandingan massa lilin 10 gram, 15 gram dan 20 gram. Hasil penelitian yang didapatkan jenis kain blacu dengan massa lilin 15 gram memiliki ketebalan lapisan «sangat baik». Kain blacu dengan massa lilin 10 gram memiliki ketebalan «baik». Kain blacu dengan massa lilin 20 gram memiliki ketebalan «cukup baik». Ketebalan material kain dengan perbandingan massa lilin yang berbeda akan berpengaruh terhadap hasil ketebalan, serta kerataan lilin lebah yang diaplikasikan pada material kain.

Kata kunci: Kain Blacu; Kemasan Ramah Lingkungan; Ketebalan; Lilin Lebah.

1. LATAR BELAKANG

Kemasan adalah suatu wadah yang digunakan untuk melindungi produk di dalam nya, selain itu juga menjadi wadah untuk menyatukan beberapa produk sehingga, mudah dipindahkan dari satu tempat ke tempat lainnya. Desain kemasan berkontribusi dalam meningkatkan nilai tambah suatu produk melalui peningkatan aspek visualnya (Istianah, R. I. 2023). Selain berperan dalam menjaga kualitas dan daya saing produk, kemasan secara umum berfungsi sebagai wadah, pelindung, serta media penyampaian informasi mengenai produk kepada konsumen (Widiati, 2019).

Kemasan yang banyak dijumpai yaitu kemasan berbahan plastik sekali pakai, dari data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) pada tahun 2024, sampah plastik menghasilkan sekitar 19,71% per tahun. Upaya pengendalian limbah plastik yang berdampak kepada masyarakat yaitu dengan memberikan solusi pengganti kemasan yang ramah lingkungan dan berasal dari bahan alami yang dapat di daur ulang. Dengan menggunakan kain

diaplikasikan bersama lilin lebah sehingga akan menghasilkan kemasan yang hidrofobik atau kemasan yang dapat menolak air. Lilin lebah memiliki struktur seperti kristal dan memiliki sifat tidak dapat larut dalam suatu zat, karakteristik tersebut menyerupai plastik (Skiver, Sarah 2023).

Menurut salah satu jurnal milik Mulyawan, dkk (2019) membahas mengenai upaya untuk meningkatkan sifat tahan air pada bahan tekstil dengan cara memodifikasi permukaan kain menggunakan lapisan tahan air sehingga, permukaan kain tidak mudah menyerap air. Penggunaan lilin lebah sebagai lapisan permukaan kain, termasuk memberikan pengaruh terhadap peningkatan ketebalan material yang dihasilkan. Kain yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kain blacu, kain blacu memiliki karakteristik mirip seperti kain katun, namun tidak melewati proses pemutihan sehingga memiliki warna yang natural (Retno, dkk. 2022).

Untuk mendukung analisis ketebalan material terhadap karakteristik material yang optimal sehingga, diperlukan alat uji ketebalan yaitu thickness gauge dengan standar metode pengujian SNI ISO 5084:2010 diukur dengan memasukkan material kain diantar pelat bawah dan pelat penjepit. Menurut jurnal terdahulu (Oko, Kurniawan, & Alam, 2023). Ketebalan memiliki keterkaitan dengan kecepatan transmisi uap air, daya serap air serta mempengaruhi karakteristik lain nya. Ketebalan yang berlebihan, misalnya akibat penambahan lapisan lilin yang terlalu banyak, dapat menghambat sifat-sifat fungsional tersebut, serta menjadikan material terlalu kaku dan tidak lentur. Sehingga, dibutuhkan pengaturan ketebalan yang optimal agar raw material tetap memiliki daya pakai yang sesuai, khususnya dalam penggunaannya sebagai bahan pengganti plastik dalam kemasan makanan.

Dengan demikian, fokus dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh ketebalan lilin lebah terhadap jenis kain yang diaplikasikan.. Penelitian dilakukan dengan raw material kain variasi massa lilin lebah, yaitu 10 gram, 15 gram, dan 20 gram, untuk menganalisis pengaruh ketebalan lapisan lilin yang paling optimal terhadap fungsi kain sebagai material alternatif kemasan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam mengurangi penggunaan plastik sekali pakai melalui pemanfaatan bahan alami yang ramah lingkungan.

2. KAJIAN TEORITIS

Kemasan

Kemasan merupakan wadah atau tempat penyimpanan suatu produk. Suatu kemasan dikatakan baik apabila memperhatikan berbagai aspek, seperti desain, tujuan penggunaan terhadap jenis produk yang dikemas, serta bahan baku kemasan itu sendiri. Dengan

mempertimbangkan aspek-aspek tersebut, kemasan dapat berfungsi secara optimal dalam melindungi produk.

Pada produk makanan, kemasan yang baik akan memberikan dampak positif, yaitu menjaga kebersihan produk dari kontaminasi lingkungan yang akan memperpanjang umur simpan produk. Hal ini menjadikan kemasan sebagai salah satu komponen penting dalam sistem distribusi dan perlindungan produk.

Menurut jurnal terdahulu (Widiati, 2019) Peran kemasan dalam suatu produk meliputi beberapa fungsi penting, antara lain:

1. Sebagai wadah yang memudahkan proses distribusi produk dari produsen ke konsumen, maupun perpindahan dari satu lokasi ke lokasi lainnya.
2. Melindungi isi produk dari berbagai pengaruh eksternal seperti kondisi cuaca, tekanan, benturan, maupun tumpukan selama proses penyimpanan dan pengangkutan.
3. Menyampaikan informasi mengenai produk, membentuk citra merek (brand image), serta berperan sebagai media promosi yang efektif dengan mempertimbangkan kemudahan dalam dilihat, dipahami, dan diingat oleh konsumen.

Kemasan ramah lingkungan merujuk pada jenis kemasan yang berasal dari bahan-bahan alami. Inovasi ini tidak hanya mempertahankan fungsi utama kemasan, tetapi juga berkontribusi dalam mengurangi dampak negatif limbah plastik terhadap lingkungan. Dengan demikian, pemilihan bahan kemasan yang tepat dapat menjadi solusi alternatif dalam mewujudkan sistem kemasan yang lebih berkelanjutan.

Kain Blacu

Kain blacu merupakan kain berbahan serat selulosa atau serat alami, kain blacu merupakan jenis kain katun, kain ini memiliki tekstur lebih kasar dibandingkan dengan katun, warna yang dihasilkan juga alami kecoklatan karena blacu belum melewati proses pemutihan (Retno, Nurrohmah, & Wahyuningsih, Studi Kenyamanan Sepatu Kain Blacu, 2022).

Kain blacu umumnya hanya digunakan sebagai bahan pembungkus atau pelapis produk (Kusuma, 2024), Namun saat ini penggunaan kain blacu semakin banyak dimanfaatkan dalam pembuatan berbagai produk baru seperti pembuatan tas kain dan kemasan ramah lingkungan. Kelebihan kain blacu dibandingkan jenis kain lainnya adalah kain ini bersifat ringan, harga yang murah, memiliki estetika tinggi dan memiliki daya serap yang cukup baik.

Lebah Madu

Lebah madu terdiri dari beberapa spesies, salah satunya adalah jenis Apis. Jenis lebah ini mampu menghasilkan lilin lebah (beeswax) yang juga dikenal sebagai malam tawon atau kote. Lebah membangun sarang sebagai tempat penyimpanan madu mereka. Peternak madu

biasanya memanen madu secara rutin menggunakan metode konvensional. Setelah madu diekstraksi, sarang lebah tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan lilin lebah.

Terdapat beberapa spesies lebah madu yang dikenal luas dan sering dibudidayakan, di antaranya adalah *Apis mellifera ligustica* Spinola, *Apis mellifera mellifera* Linnaeus, *Apis mellifera carnica* Pollmann, *Apis cerana* Fabricius, *Apis dorsata binghami* Fabricius, serta *Apis florea* Fabricius (Rompas, Kiroh, Kawatu, & Rotinsulu, 2023). Di Indonesia, jenis lebah yang paling umum dibudidayakan adalah *Apis cerana*, sementara secara global *Apis mellifera* juga banyak digunakan dalam budidaya lebah madu.

Lilin Lebah

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Nabila, Kusdarwati, & Agustono, 2018) lilin lebah adalah zat alami yang dihasilkan oleh lebah dari jenis *Apis*. Karena berasal dari sumber alami, lilin ini memiliki sifat yang ramah lingkungan dan aman apabila bersentuhan langsung dengan bahan makanan. Oleh karena itu, lilin lebah sering digunakan untuk berbagai kebutuhan.

Terdapat dua jenis lilin lebah, yaitu Cera Flava dan Cera Alba. Cera Flava adalah lilin lebah kuning yang belum disaring, sehingga masih mengandung propolis, serbuk sari, dan partikel lain. Sedangkan Cera Alba adalah lilin lebah putih yang telah dimurnikan untuk menghilangkan kotoran tersebut, sehingga warnanya lebih bersih dan aromanya lebih lembut.

Lilin lebah terbukti sangat efektif dalam membentuk penghalang terhadap uap air dan kelembapan. Menurut Purbasari (2022), pelapisan kain dengan lilin lebah dapat menurunkan nilai WVTR hingga 90,79%, serta mengurangi daya serap air hampir 50%. Lapisan lilin yang padat membentuk permukaan tahan air yang mampu menahan difusi uap air dan menjaga stabilitas bahan tekstil dalam kondisi lembap. Patmawati (2018) juga menekankan bahwa penghalang ini penting dalam menjaga integritas bahan, terutama jika kain digunakan sebagai bahan pembungkus produk yang mudah rusak karena kelembapan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif, Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dengan satu variabel bebas ketebalan kain setelah pengaplikasian lilin lebah. Metode pengumpulan data dilakukan dengan wawancara, studi literatur dan hasil uji eksperimen. Metode analisis data menggunakan Uji ANOVA One Way (Analisis Varian Satu Arah) dengan program SPSS. Berikut ini desain penelitian dalam pengambilan data pengaruh ketebalan kain terhadap variasi massa lilin lebah sebagai alternatif kemasan ramah lingkungan.

Tabel 1. Desain Penelitian

X Y	Y
X1	X1.Y
X2	X2.Y
X3	X3.Y

Keterangan:

X : Variasi massa lilin lebah

X1 : Lilin lebah 10 gram

X2 : Lilin lebah 15 gram

X3 : Lilin lebah 20 gram

Y : Hasil ketebalan material

X1.Y : Hasil ketebalan material dengan variasi massa lilin 10 gram

X2.Y : Hasil ketebalan material dengan variasi massa lilin 15 gram

X3.Y : Hasil ketebalan material dengan variasi massa lilin 20 gram

Seluruh sampel akan diuji untuk menganalisis sifat permukaan raw material kain, fleksibilitas serta daya guna bahan tersebut ketika digunakan sebagai alternatif kemasan makanan. Ketebalan yang tidak sesuai dapat mengurangi kelenturan kain, membuatnya terlalu kaku, dan mengganggu kenyamanan dalam penggunaan, seperti saat membungkus makanan dengan bentuk tidak beraturan. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran ketebalan bukan hanya aspek fisik semata, namun juga berperan dalam menentukan fungsionalitas produk secara keseluruhan.

Pengukuran ketebalan dilakukan menggunakan alat ukur thickness gauge dengan tingkat presisi hingga 0,001 mm. Pengukuran dilakukan pada lima titik berbeda di setiap sampel untuk mendapatkan hasil yang akurat. Titik pengukuran dipilih secara acak namun merata untuk mencerminkan ketebalan keseluruhan permukaan material. Nilai ketebalan rata-rata dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Ketebalan (mm)} = \frac{\text{Titik 1} + \text{Titik 2} + \text{Titik 3} + \text{Titik 4} + \text{Titik 5}}{5}$$

1

Keterangan :

T1 = Tebal titik 1

T2 = Tebal titik 2

T3 = Tebal titik 3

T4 = Tebal titik 4

T5 = Tebal titik 5

Berikut merupakan prosedur pengujian raw material kain blacu :

1. Pastikan alat uji thickness gage dalam keadaan baik dan sudah dikalibrasi jika diperlukan
2. Pastikan alat uji dimulai dari angka nol, letakkan sampel di pelat bawah tanpa tekanan
3. Turunkan pelat atas perlahan hingga menyentuh sampel dengan tekanan standar
4. Tunggu 30 detik
5. Catat hasil pengujian untuk setiap sampel
6. Ulangi prosedur pengujian sampai semua sampel selesai diuji

Prosedur pengujian ini dilakukan secara sistematis untuk memastikan data yang dihasilkan konsisten dan valid, sehingga hasil Analisis dapat digunakan untuk menentukan seberapa besar pengaruh variasi massa lilin terhadap ketebalan material dan implementasinya terhadap kelayakan produk sebagai pembungkus makanan yang ramah lingkungan.

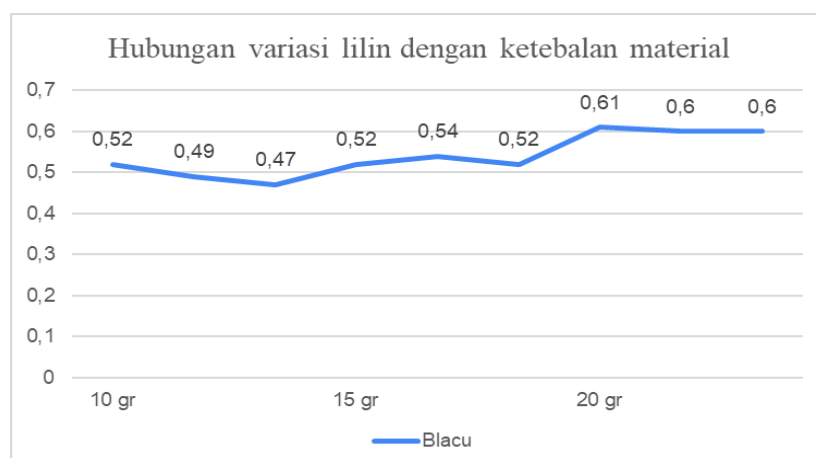
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi massa lilin lebah terhadap ketebalan kain blacu. Data yang diperoleh dalam penelitian ini merupakan data hasil eksperimen pembuatan *raw material* menggunakan kain blacu dengan pengaplikasian variasi massa lilin lebah, yaitu tipis (10 gram), sedang (15 gram), dan tebal (20 gram).

Tabel 2. Data Uji Ketebalan Material

Kain Blacu	Sampel	Ketebalan (mm)
10 gr	1	0.52
	2	0.49
	3	0.47
15 gr	1	0.52
	2	0.54
	3	0.52
20 gr	1	0.61
	2	0.60
	3	0.60

Untuk mengetahui persentase yang paling baik dari ketiga masa lilin lebah, yaitu: 10 gram, 15 gram dan 20 gram. Dapat dilihat dari diagram batang dibawah ini :



Gambar 1. Diagram Batang Ketebalan Hasil Pembuatan Raw Material

Ketebalan tertinggi tercapai pada perlakuan dengan konsentrasi lilin lebah sebesar 20gr, yakni sebesar 0,61 mm, sedangkan konsentrasi terendah sebesar 10gr menghasilkan ketebalan paling rendah, yaitu 0,47 mm. Berdasarkan data pada Gambar 1, peningkatan konsentrasi lilin lebah secara umum berkontribusi terhadap kenaikan ketebalan. Namun demikian, hasil pengukuran menunjukkan grafik yang tidak sepenuhnya konsisten, cenderung naik dan turun. Hal ini dapat disebabkan oleh ketidaksempurnaan dalam proses perataan saat menuang adonan ke dalam cetakan. Apabila adonan diratakan dengan baik, maka ketebalan material akan lebih seragam. Selain itu, lilin lebah memiliki sifat mudah mengeras pada suhu ruang, sehingga diperlukan ketepatan waktu dalam proses pencetakan agar bahan tidak membeku sebelum berhasil dibentuk.. Faktor lain yang turut mempengaruhi ketebalan material meliputi luas permukaan cetakan, volume larutan yang digunakan, serta jumlah total padatan dalam larutan.

Data hasil pengujian ketebalan raw material kemudian dianalisis menggunakan metode analisis varians (ANOVA) seperti pada tabel 2. dibawah ini.

Tabel 3. Uji Anova Ketebalan Material

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Ketebalan Kain

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.472 ^a	8	.059	241.398	.000
Intercept	7.841	1	7.841	32076.136	.000
Vkain	.336	2	.168	687.818	.000
Vlilin	.122	2	.061	249.591	.000
Vkain * Vlilin	.014	4	.003	14.091	.000
Error	.004	18	.000		
Total	8.317	27			
Corrected Total	.476	26			

a. R Squared = .991 (Adjusted R Squared = .987)

Berdasarkan hasil analisis varians (ANOVA) pada Tabel 2, diketahui bahwa perlakuan penambahan massa lilin lebah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketebalan bahan kain yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,000, yang berada jauh di bawah taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$), sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan perlakuan konsentrasi lilin secara statistik berpengaruh nyata terhadap ketebalan material.

Selain itu, nilai R Squared sebesar 0,923 dan Adjusted R Squared sebesar 0,897 menunjukkan bahwa model yang digunakan dalam penelitian ini mampu menjelaskan sebesar 92,3% variasi ketebalan bahan kain berdasarkan perlakuan yang diberikan, sedangkan sisanya sebesar 7,7% dijelaskan oleh variabel lain di luar model penelitian. Nilai *Mean Square* untuk variabel lilin sebesar 0,010, dengan nilai *F hitung* mencapai 35,792, mengindikasikan kekuatan pengaruh yang cukup besar dari perlakuan terhadap variabel respon.

Nilai galat (error) yang relatif kecil, yaitu sebesar 0,002, turut mendukung bahwa data memiliki keragaman yang rendah dalam setiap kelompok perlakuan, sehingga hasil model dapat dikatakan akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi lilin lebah yang ditambahkan, maka cenderung terjadi peningkatan ketebalan material, meskipun perlu mempertimbangkan pula faktor teknis lain seperti proses pencetakan dan perataan adonan yang dapat mempengaruhi ketebalan hasil akhir.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi massa lilin lebah berpengaruh signifikan terhadap ketebalan kain blacu sebagai bahan alternatif kemasan ramah lingkungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan lilin lebah sebanyak 15 gram menghasilkan ketebalan lapisan paling optimal, yaitu dengan kategori “sangat baik”, sedangkan penggunaan 10 gram menghasilkan ketebalan “baik” dan 20 gram “cukup baik”. Meskipun peningkatan massa lilin cenderung menaikkan ketebalan, hasil pengukuran menunjukkan ketidakkonsistenan akibat proses perataan lilin yang kurang merata saat pengaplikasian. Oleh karena itu, selain pengaturan jumlah lilin, proses aplikasi yang presisi juga menjadi faktor penting untuk menghasilkan ketebalan dan fleksibilitas kain yang ideal. Dengan demikian, blacu berlapis lilin lebah berpotensi besar menjadi solusi kemasan alternatif pengganti plastik sekali pakai yang lebih ramah lingkungan, terutama dengan pengaturan massa lilin yang tepat dan metode pelapisan yang merata.

DAFTAR REFERENSI

- Widiati, A. (2019). Peranan kemasan dalam meningkatkan pemasaran produk UMKM di “Mas Pack” Terminal. *Jurnal Akuntansi dan Keuangan*, Universitas Tanjungpura.
- Fratini, A., Cilia, G., Turchi, B., Felicioli, A., & Mancini, S. (2006). Beeswax: A minireview of its antimicrobial activity and its application in medicine. *Fitoterapia*, 77(7), 663–670. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2006.11.005>
- Hapsari, R. N. (2021). *Optimasi Carboxy Methyl Cellulose (CMC) pada bioplastik dari alginat Sargassum sp. dengan pemplastis sorbitol* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Herlina, L. (2020). Pengaruh penambahan lilin lebah terhadap sifat fisik dan mekanik edible film berbasis kitosan. *Jurnal Teknologi Industri Pangan*, 31(2), 189–195.

- Kusuma, C. E. (2024). *Pemanfaatan kain blacu sebagai dummy sebagai produk tas wanita dengan penerapan teknik makrame* (Studi kasus pada label Nila Baharuddin).
- Montolalu, R. I., & Makapedua, D. M. (2017). Karakteristik edible film dari karaginan untuk aplikasi pada industri makanan.
- Mujahid, F. (2019). *Pengembangan biopolimer berbahan dasar pati alami dengan penambahan beeswax sebagai plastik ramah lingkungan*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Mulyawan, D. A. (2019). *Studi peningkatan sifat tahan air kain kapas dengan modifikasi teknik coating menggunakan suspensi ZnO*.
- Nabila, S. D., Kusdarwati, R., & Agustono, A. (2018). Pengaruh penambahan beeswax sebagai plasticizer terhadap karakteristik fisik edible film kitosan. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 10(1), 34–39.
- Oko, S., Kurniawan, A., & Alam, G. R. (2023). Pengaruh penambahan massa lilin lebah (beeswax) sebagai zat anti air pada pembuatan edible film dari beras merah (*Oryza nivara*). *Jurnal Teknologi*, 65–72.
- Pangestika, R. A., & Sari, D. P. (2021). Karakteristik edible film dari gluten dan alginat dengan penambahan lilin lebah. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 14(1), 1–9.
- Patmawati, R. (2018). Studi perbandingan sifat fisik pelapis kertas berbasis lilin lebah. *Jurnal Litbang Industri*, 8(2), 76–83. <https://doi.org/10.25026/jli.v8i2.230>
- Purbasari, R. (2022). Pengaruh pelapisan lilin lebah terhadap ketahanan air dan daya lindung kemasan dari serat kelapa. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 11(3), 180–187.
- Istianah, R. I. (2023). Desain kemasan produk. *Jurnal Dasarupa*, 5.
- Retno, D., Nurrohmah, S., & Wahyuningsih, S. E. (2022). Studi kenyamanan sepatu kain blacu.
- Rompas, J. J., Kiroh, H. J., Kawatu, M., & Rotinsulu, M. D. (2023). *Mengenal lebah madu (Apis spesies)*. Yayasan Bina Lentera Insan.
- Skiver, S. (2023). *Beeswax wraps as an alternative to single-use plastics* (Honors thesis, Williams Honors College).

- Sumiarsa, A. (2019). *Pengaruh jenis plasticizer dan konsentrasi lilin lebah (beeswax) terhadap karakteristik edible film semirefined karagenan (E. cottoni)* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik UNPAS).
- Szulc, K., Celińska, E., Łaba, W., & Żywicka, A. (2020). Beeswax-modified textiles: Method of preparation and assessment of antimicrobial properties. *Polymers*, 12(2), 344. <https://doi.org/10.3390/polym12020344>