

Inovasi Lilin Batik Ramah Lingkungan Berbasis Minyak Maggot (*Black Soldier Fly*)

Nurul Adelia Putri Amiruddin^{1*}, Inda Uswatun Hasanah¹, Ikhwanul Muhammad Nursalam¹, Andy Muhammad Zhafran L.¹, Ahmad Zaky Haryanto¹, Dedi Rimantho¹, Aminah Hajah Thaha²

¹Madrasah Aliyah Negeri 2 Kota Makassar

²Jurusan Ilmu Peternakan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar

Email: nuruladelia0608@gmail.com

Abstrak

Peningkatan jumlah penduduk Indonesia yang mencapai 270,20 juta jiwa pada tahun 2020 dan pertumbuhan ekonomi yang pesat menyebabkan meningkatnya kebutuhan energi khususnya bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan parafin yang biasa digunakan dalam industri batik. Karena keterbatasan sumber daya fosil dan dampak negatif lingkungan, diperlukan pengembangan bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi minyak maggot (*Black Soldier Fly*) *Hermetia illucens* sebagai bahan baku lilin batik pengganti parafin konvensional. Minyak maggot diekstraksi dari maggot kering menggunakan pendekatan eksperimen laboratorium, dimulai dari proses ekstraksi minyak dari maggot kering melalui pemanasan dengan rendemen sebesar 30–35%. Minyak yang diperoleh diformulasikan menjadi lilin batik dengan penambahan *beeswax* dan damar sebagai bahan pelengkap. Selanjutnya, lilin tersebut diuji secara langsung pada kain kafan menggunakan teknik membatik tradisional dan dibandingkan dengan lilin parafin komersial berdasarkan parameter warna, tekstur, daya lekat, dan kelenturan serta kualitas motif setelah proses pelorodan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lilin berbasis minyak maggot memiliki warna yang lebih cerah dan natural, tekstur yang lebih lentur dan homogen, serta daya rekat yang superior terhadap serat kain dibandingkan lilin parafin. Selain itu, lilin ini menunjukkan ketahanan yang baik terhadap retakan serta mampu menghasilkan motif batik yang bersih tanpa residu sisa lilin. Kesimpulannya, minyak maggot memiliki potensi besar sebagai bahan baku lilin batik alternatif yang berkelanjutan sekaligus memberikan kontribusi positif dalam pengelolaan limbah organik

Kata kunci: Parafin, *Hermetia illucens*, Energi berkelanjutan

Abstract

The increase in Indonesia's population, which reached 270.2 million in 2020, and rapid economic growth have led to an increase in energy demand, particularly for fossil fuels such as petroleum and paraffin, which are commonly used in the batik industry. Due to the limited availability of fossil resources and their negative environmental impact, there is a need to develop more environmentally friendly alternative materials. This study aims to evaluate the potential of maggot oil (*Black Soldier Fly*) *Hermetia illucens* as a raw material for batik wax to replace conventional paraffin. Maggot oil is extracted from dried maggots using a laboratory experimental approach, starting from the process of extracting oil from dried maggots through heating with a yield of 30–35%. The oil obtained was formulated into batik wax with the addition of *beeswax* and resin as complementary ingredients. Furthermore, the wax was tested directly on shroud fabric using traditional batik techniques and compared with commercial paraffin wax based on the parameters of color, texture, adhesion, flexibility, and motif quality after the wax removal process. The results of the study show that maggot oil-based wax has a brighter and more natural color, a more flexible and homogeneous texture, and superior adhesion to fabric fibers compared to paraffin wax. In addition, this wax shows good resistance to cracking and is able to produce clean batik patterns without wax residue. In conclusion, maggot oil has great potential as a sustainable alternative raw material for batik wax while also contributing positively to organic waste management.

Keywords: Paraffin, *Hermetia illucens*, Sustainable energy

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki jumlah penduduk sebesar 270,20 juta jiwa, yang mengalami peningkatan dibandingkan jumlah penduduk pada tahun 2010 (Badan Pusat Statistik, 2020). Peningkatan pertumbuhan ekonomi serta populasi dengan segala aktivitasnya akan meningkatkan kebutuhan energi di semua sektor pengguna energi. Berdasarkan jenis energinya, konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) merupakan konsumsi energi final terbesar. Pada tahun 2003 konsumsi BBM sebesar 329 juta SBM (67,7%), Bahan Bakar Gas (BBG) sebesar 63 juta SBM (13,0%), listrik sebesar 55 juta SBM (11,3%), batubara sebesar 31 juta SBM (6,4%), dan LPG sebesar 8 juta SBM (1,6%). Mengingat potensi sumber daya minyak bumi di dalam negeri yang terbatas maka perlu dicarikan bahan bakar alternatif untuk substitusi BBM sesuai dengan Instruksi Presiden No.1 Tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain (Sugiyono, n.d.) . Konsumsi bahan bakar fosil meningkat dari 8,1 miliar ton setara minyak (TOE) pada tahun 2000 menjadi 11,7 miliar TOE pada tahun 2018, ketergantungan terhadap bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas, dan batu bara. Sehingga diperlukan energi alternatif untuk mengurangi hal tersebut (Jung *et al.*, 2022).

Maggot merupakan larva dari jenis lalat *Black Soldier Fly* (BSF) sehingga sering disebut maggot *Black Soldier Fly* (BSF). Lalat BSF sendiri memiliki nama latin *Hermetia illucens*. Bentuknya mirip ulat, berbulu dengan ukuran larva dewasa 15-22 mm dan berwarna coklat. Siklus hidup lalat BSF hampir sama dengan waktu 40-43 hari. Larva/maggot BSF bertahan selama 14-18 hari sebelum bermetamorfosis menjadi pupa dan lalat dewasa. Lalat pada umumnya akan hinggap di tempat yang kotor, namun berbeda dengan lalat BSF, karena lalat ini hanya bersarang di tempat yang berbau fermentasi (Rianti, 2022). Maggot memiliki banyak kegunaan, terutama dalam pengelolaan limbah dan bioenergi. Larva ini mengandung kadar lemak yang tinggi, yang bisa diekstraksi sebagai minyak. Selain itu, dengan siklus hidup yang singkat, maggot dapat dibudidayakan dengan cepat dan dalam jumlah besar (Nguyen *et al.*, 2015).

Batik merupakan seni menghias kain dengan malam (lilin) untuk membentuk motif yang tidak terkena pewarna. Proses ini masih banyak menggunakan parafin, bahan turunan minyak bumi. Saat ini bahan baku yang digunakan dalam pembuatan lilin batik terdiri dari tujuh macam, yaitu damar mata kucing (getah pohon *Shorea sp.*), gondorukem/resina colophonium (residu destilasi getah Pinus merkusii), kote (lilin lebah), parafin (hasil samping dari pengolahan minyak mentah), microwax (hasil proses penyulingan minyak

bumi sejenis parafin) kendal (lemak hewan), dan lilin bekas (residu dalam proses pembatikan) (Haerudin & Atika, 2018).

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi dan terbatasnya sumber energi fosil, dibutuhkan alternatif yang lebih berkelanjutan. Penggunaan minyak maggot berpotensi menjadi substitusi parafin dalam pembuatan lilin batik. Inovasi ini tidak hanya menawarkan solusi yang lebih ramah lingkungan, tetapi juga mendukung pengurangan limbah organik melalui pemanfaatan larva serangga. Penelitian ini berfokus pada pencarian alternatif lilin batik yang tidak hanya memiliki kualitas setara dengan lilin parafin, tetapi juga lebih ramah lingkungan dan mendukung konsep keberlanjutan. Penelitian ini diharapkan memberikan gambaran proses pembuatan minyak dari maggot *Black soldier Fly* (*Hermetia illucens*) menjadi lilin batik, serta karakteristik lilin batik yang dihasilkan dibandingkan lilin batik konvensional.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai dengan September tahun 2025 di Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar untuk pembuatan minyak maggot, sedangkan uji coba membatik menggunakan lilin maggot dilaksanakan di BTN Minasaupa Kelurahan Minasa Upa Kecamatan Rappocini Kota Makassar. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi panci pemanas, timbangan digital, saringan kain, wadah kaca, spatula, kompor listrik, cetakan lilin, serta peralatan batik seperti canting dan wajan. Semua alat ini berfungsi untuk membantu proses ekstraksi minyak, pencampuran bahan, hingga pembentukan lilin. Bahan utama yang digunakan adalah larva maggot BSF kering sebagai sumber minyak. Selain itu, damar dan malam digunakan sebagai bahan tambahan dalam proses formulasi lilin untuk memperoleh tekstur yang lebih padat dan mudah diaplikasikan. Sebagai pembanding, digunakan juga lilin parafin komersial yang biasa dipakai oleh pengrajin batik. Kain kafen digunakan sebagai media untuk menguji kemampuan lilin maggot dalam proses pembatikan.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui potensi minyak maggot sebagai bahan baku lilin batik ramah lingkungan. Penelitian eksperimen dipilih karena memungkinkan adanya pengujian langsung dan pengendalian variabel. Data primer diperoleh langsung dari pengamatan dan eksperimen yang dilakukan di laboratorium dan lapangan. Data ini mencakup hasil ekstraksi maggot, formulasi lilin, dan uji coba pada kain kafen. Data sekunder diperoleh dari literatur, jurnal,

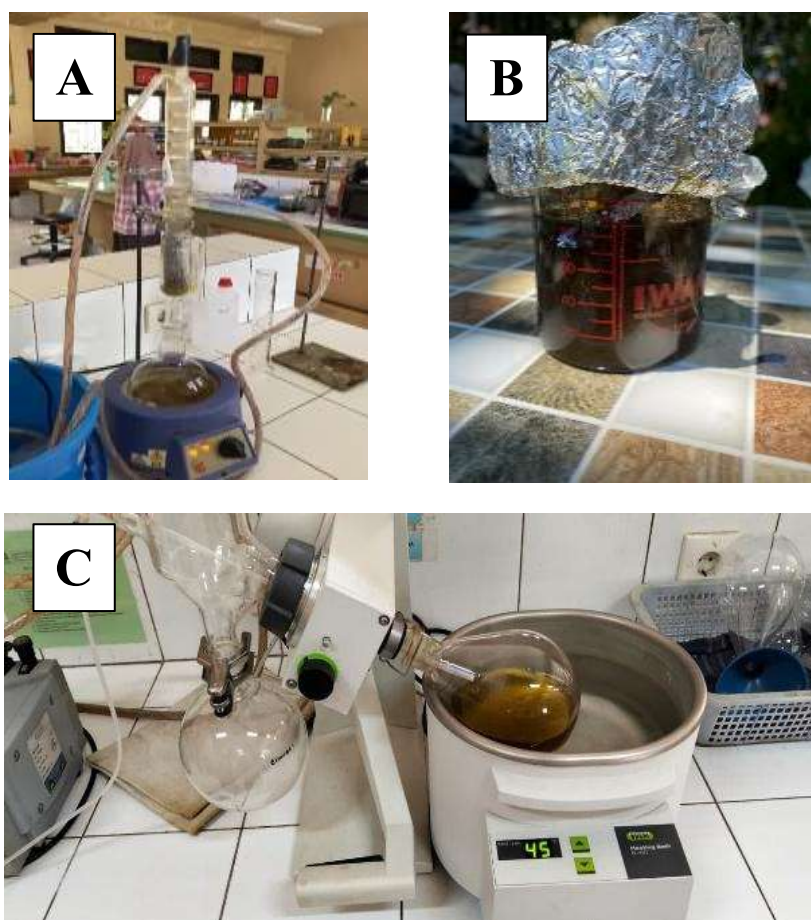
dan sumber-sumber lain yang relevan. Data ini mencakup: Penelitian sebelumnya mengenai pemanfaatan maggot dalam produksi biofuel. Statistik mengenai produksi biofuel dari sumber alternatif. Informasi tentang karakteristik larva *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*).

Prosedur penelitian ini diawali dengan proses ekstraksi minyak maggot, dimana maggot kering ditimbang kemudian dipanaskan pada suhu tertentu hingga menghasilkan minyak. Minyak yang keluar disaring dengan kain untuk memisahkan kotoran, lalu ditampung dalam wadah kaca. Tahap kedua berupa pembuatan lilin batik dengan cara minyak maggot dicampurkan dengan damar dan malam dalam perbandingan tertentu. Campuran dipanaskan hingga homogen, kemudian didinginkan dan dicetak menjadi lilin padat. Tahap ketiga berupa uji coba lilin pada kain batik dengan cara lilin dipanaskan dan diaplikasikan pada kain kafan menggunakan canting batik. Dilakukan pewarnaan kain, lalu proses pelorodan untuk mengetahui daya lekat lilin dan kualitas motif batik. Tahap akhir penelitian yaitu membandingkan lilin maggot dengan lilin parafin dari aspek daya lekat, tingkat retakan, kemudahan pelorodan, dan kualitas motif batik.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Data yang diperoleh dari hasil eksperimen dicatat dalam bentuk tabel dan catatan observasi, kemudian dianalisis dengan cara membandingkan kualitas lilin maggot terhadap lilin parafin. Perbandingan mencakup aspek fisik lilin (warna, tekstur, titik leleh), performa dalam proses membatik (daya lekat, kelenturan, hasil motif). Analisis ini digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai keunggulan dan keterbatasan lilin maggot sebagai alternatif lilin batik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses ekstraksi minyak maggot dilakukan melalui metode pemanasan (rendering) yang memanfaatkan suhu tertentu untuk memisahkan minyak dari jaringan tubuh larva. Dari hasil percobaan, rendemen minyak yang diperoleh berkisar antara 30–35% dari berat kering larva. Minyak yang dihasilkan memiliki warna coklat kekuningan dengan aroma khas serta tekstur yang cukup kental. Minyak inilah yang kemudian dijadikan bahan dasar pembuatan lilin batik ramah lingkungan.



Gambar 1. (A); Proses Sokhletasi minyak maggot (B); Minyak Maggot Hasil Ekstra (C);
Proses Evaporasi

Penyusunan formulasi lilin batik berbasis minyak maggot pada penelitian ini merujuk pada prinsip formulasi lilin batik alami yang telah dikembangkan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Salah satu rujukan utama adalah penelitian oleh (Malik *et al.*, 2018) dalam jurnal MATEC Web of Conferences, yang menjelaskan bahwa komposisi lilin batik umumnya terdiri atas bahan utama berupa lemak atau minyak alami, serta bahan tambahan seperti damar dan *beeswax* untuk meningkatkan titik leleh dan kekentalan lilin. Selain itu, penelitian Arlina *et al.* (2021) tentang Eco-friendly Batik Painting Wax made from Tamarind Seed Powder (*Tamarindus indica* L.) menunjukkan bahwa bahan organik alami dapat dimanfaatkan sebagai sumber utama dalam pembuatan lilin batik ramah lingkungan, dengan menyesuaikan rasio minyak dan resin agar lilin mudah mencair namun tetap stabil saat diaplikasikan (Ariani & Pandanwangi, 2021).

Formulasi lilin batik dalam penelitian ini menggunakan minyak maggot murni sebagai bahan utama pengganti parafin. Kandungan minyak maggot memiliki komposisi asam lemak jenuh dan tak jenuh seperti asam laurat, asam palmitat, dan asam oleat yang berperan penting dalam menentukan daya lekat, titik leleh, dan fleksibilitas lilin. Berdasarkan penelitian oleh Putra *et al.* (2023) yang meneliti karakteristik fisik minyak larva *Black Soldier Fly*, kandungan asam lemaknya terbukti dapat memberikan tekstur yang lembut dan plastis, mirip dengan lemak hewani (Chang *et al.*, 2025). Adapun bahan tambahan yang digunakan adalah *beeswax* (malam lebah) dan damar. *Beeswax* berfungsi untuk meningkatkan titik leleh dan memperkuat struktur lilin agar tidak mudah retak saat digunakan untuk membatik. Sementara damar berfungsi sebagai resin alami yang memberikan sifat lengket serta mempercepat pembekuan lilin di permukaan kain. Formulasi bahan ini disesuaikan melalui pendekatan literatur dan uji coba awal hingga diperoleh komposisi yang paling stabil seperti pada tabel berikut:

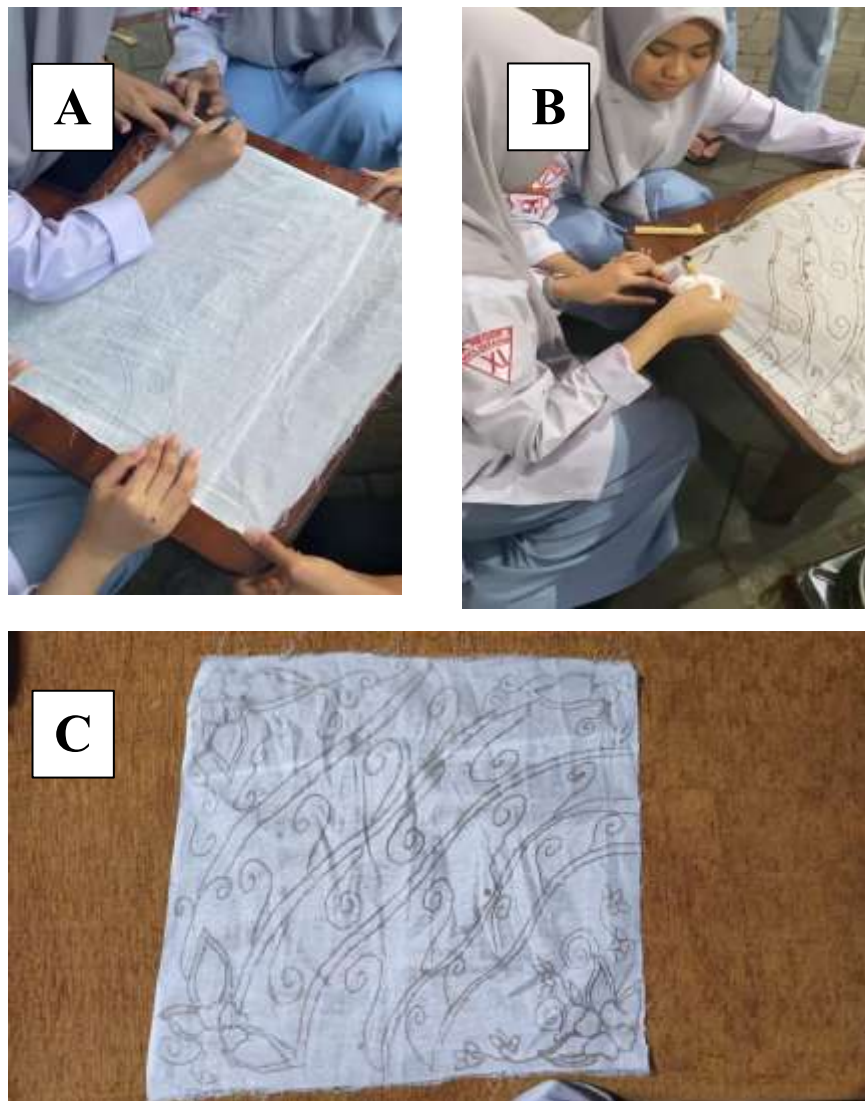
Tabel 1. Komposisi Lilin Batik

No	Nama Bahan	Jumlah
1	Minyak Maggot Murni	90 ml
2	<i>Beeswax</i>	49 gr
3	Damar	8 gr



Gambar 2. Pencairan *beeswax* dan damar (A); Mencampurkan minyak maggot (B); Hasil formulasi lilin batik minyak maggot (C)

Hasil formulasi lilin batik maggot diaplikasikan pada kain kafan untuk mengetahui karakteristik produk ini (Gambar 3).



Gambar 3. Proses sketsa pada kain kafan (A); Proses canting pada kain kafan (B); Hasil penerapan lilin dari minyak maggot (C)

Lilin batik yang dibuat dari minyak maggot *Black Soldier Fly* (BSF) memiliki karakteristik yang berbeda dengan lilin parafin konvensional yang umum digunakan oleh pengrajin batik. Perbedaan tersebut dapat diamati dari aspek fisik maupun performa lilin saat diaplikasikan pada proses membatik. Pengujian dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap warna, tekstur, daya lekat, kelenturan, serta hasil motif batik yang dihasilkan (Tabel 2).

Tabel 2. Perbandingan Karakteristik Lilin batik Maggot, lilin konvensional, dan Lilin batik SNI

Variabel	Hasil Pengamatan		
	Lilin Batik Maggot	Lilin Parafin	SNI 08-2389-1991 Lilin Batik
Aspek Fisik			
Warna	Coklat muda, tanpa kotoran	Coklat tua, tanpa kotoran	Kuning pucat hingga coklat muda, jernih, tanpa kotoran
Tekstur	Lebih Cair, rapuh	Lebih Padat, rapuh	Padat, tidak rapuh, tidak terlalu lembek
Aspek Performa Membatik			
Daya lekat	Melekat kuat pada kain, tidak mudah terlepas sebelum pelorodan	Tidak merekat kuat, mudah terlepas sebelum pelorodan	Melekat baik pada kain, tidak mudah terlepas sebelum pelorodan
Kelenturan	Tidak mudah retak saat diaplikasikan	Lebih mudah retak saat kering	Tidak mudah retak, tetap fleksibel saat diaplikasikan
Hasil motif	Warna lembut dan bersih setelah pelorodan	Kadang meninggalkan noda halus	Motif rapi, bersih, tidak meninggalkan noda atau bekas lilin

Lilin batik maggot berwarna coklat muda yang tampak alami dan bersih tanpa kotoran. Warna ini muncul dari warna asli minyak maggot tanpa tambahan pewarna sintetis apa pun. Kalau dibandingkan dengan lilin parafin yang warnanya cenderung coklat tua, warna lilin maggot terlihat lebih lembut dan mendekati standar SNI, yaitu kuning pucat sampai coklat muda. Warna yang lebih muda ini juga memberi kesan alami dan menunjukkan bahwa proses pemanasan tidak merusak komponen organik di dalam minyak. Selain itu, warna lilin yang jernih membantu menghasilkan motif batik yang lebih bersih setelah pelorodan, karena tidak meninggalkan bekas noda di kain.

Secara tekstur, lilin maggot terasa sedikit lebih cair dan agak rapuh dibanding lilin parafin yang lebih padat dan keras. Tekstur seperti ini sebenarnya membuat lilin maggot lebih mudah mencair saat dipanaskan dan gampang diaplikasikan ke kain. Meski belum sepenuhnya sesuai standar SNI yang menyebut lilin batik ideal harus padat tapi tidak rapuh, tekstur lilin maggot justru memberi keuntungan saat membatik karena bisa menutup permukaan kain dengan lebih merata. Hanya saja, perlu sedikit penyesuaian supaya lilin ini bisa lebih stabil digunakan berulang tanpa terlalu lembek.

Kemampuan lilin maggot menempel di kain juga cukup baik. Saat digunakan, lilin ini bisa melekat kuat pada kain mori dan tidak mudah terlepas sebelum proses pelorodan. Hal ini terjadi karena minyak maggot mengandung asam lemak tak jenuh yang

meningkatkan kemampuan lilin untuk menempel di serat kain. Kalau dibandingkan dengan lilin parafin, lilin maggot jauh lebih baik dalam hal ini, karena parafin sering kali mudah terlepas saat kain digerakkan. Berdasarkan standar SNI, lilin batik yang bagus memang harus punya daya rekat tinggi agar motif tetap utuh selama proses pewarnaan dan lilin maggot sudah memenuhi kriteria itu.

Lilin batik maggot memiliki tingkat kelenturan yang baik saat diaplikasikan pada kain. Saat digunakan dalam proses membatik, lilin ini tidak mudah retak, bahkan setelah mengering. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan lemak dan minyak alami dalam lilin maggot membuatnya tetap lentur meskipun sudah melalui proses pemanasan dan pendinginan. Dibandingkan dengan lilin parafin yang cenderung lebih kaku dan mudah pecah setelah mengeras, lilin maggot terasa lebih elastis dan mudah menyesuaikan bentuk kain saat proses pembatikan berlangsung.

Motif batik yang dihasilkan dengan lilin maggot terlihat bersih dan warnanya lembut setelah pelorodan. Lilinnya mudah larut dalam air panas, jadi tidak meninggalkan sisa atau noda di kain. Berbeda dengan lilin parafin yang kadang meninggalkan noda halus, lilin maggot justru membuat hasil akhir batik tampak lebih rapi dan alami. Dari hasil ini bisa disimpulkan bahwa lilin maggot tidak hanya ramah lingkungan, tapi juga punya kualitas mendekati standar SNI karena menghasilkan motif yang bersih, tidak retak, dan tetap tajam warnanya. Lilin batik minyak maggot dapat dikategorikan layak dan potensial sebagai bahan baku alternatif sesuai standar SNI 08-2389-1991, dengan tetap melakukan penyesuaian pada aspek tekstur untuk memastikan konsistensi dalam berbagai teknik membatik. Lilin batik minyak maggot memiliki keunggulan dalam kelenturan, daya lekat, dan kebersihan motif.

KESIMPULAN DAN SARAN

Minyak maggot *Black soldier Fly* (*Hermetia illucens*) dapat dijadikan sebagai lilin batik melalui proses ekstraksi sokhletasi dengan larutan n-Hexane dan evaporasi. Karakteristik lilin batik yang dihasilkan menggunakan minyak maggot antara lain berwarna coklat muda, tekstur lebih cair, daya lekat lebih kuat pada kain kafan, tidak mudah retak saat diaplikasikan, dan hasil motif batik lebih lembut dan bersih. Dengan demikian lilin batik dapat direkomendasikan sebagai salah satu alternatif lilin batik yang ramah lingkungan. Lilin batik minyak maggot dapat dikategorikan layak dan potensial sebagai bahan baku alternatif sesuai standar SNI 08-2389-1991, dengan tetap melakukan penyesuaian pada aspek tekstur untuk memastikan konsistensi dalam berbagai teknik

membatik. Lilin batik minyak maggot memiliki keunggulan dalam kelenturan, daya lekat, dan kebersihan motif. Dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai pengembangan lilin batik berbasis minyak maggot *Black Soldier Fly* (BSF) yang diarahkan pada penambahan variasi warna dan daya tahan lilin dalam jangka waktu yang lebih panjang. Selain itu, perlu diperhatikan pengolahan minyak agar aroma khas maggot dapat diminimalkan sehingga kenyamanan pengguna tetap terjaga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar atas fasilitas dan pendampingan selama proses penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qazzaz, M. F. A., Ismail, D., Akit, H., & Idris, L. H. (2016). Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(9), 518–523. <https://doi.org/10.1590/s1806-92902016000900003>
- Ariani, A., & Pandanwangi, A. (2021). Eco-friendly batik painting wax made from tamarind seed powder (*Tamarindus indica* L). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 737(1), 012069. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/737/1/012069>
- Azir, A., Harris, H., Bayu, R., & Haris, K. (2017). PRODUKSI DAN KANDUNGAN NUTRISI MAGGOT (*Chrysomya Megacephala*) MENGGUNAKAN KOMPOSISI MEDIA KULTUR BERBEDA Production and Nutrition Maggot (*Chrysomya Megacephala*) Using Different Culture Media Composition. In *Jurnal Ilmu-ilmu Perikanan dan Budidaya Perairan* (Vol. 12, Issue 1).
- Badan Pusat Statistik. (2020, January 19). *Jumlah Penduduk dan Distribusi penduduk*.
- Biondić, M., & Marinović, S. (n.d.). *Paraffin wax in petroleum industry: A review on formation, experimentation, prevention, and removal techniques*.
- Chang, K. A., Leong, S. Y., Chew, L. Y., Lim, C. Q., Lim, M. J., Ong, Z., & Chan, S. W. (2025). Physicochemical and Perceived Olfactory Changes in Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Oil Under Domestic Cooking Temperatures. *Foods*, 14(13), 2333. <https://doi.org/10.3390/foods14132333>
- Čičková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, 35, 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026>
- Dulmalik, A Chafid, Z., Setiadi, H., & Khaliq, F. N. (2020). The Effect of Olive Oil Composition on The Staining Quality of Klowong Batik Wax. *IOP Conference*

Series: Materials Science and Engineering, 771(1), 012038.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/771/1/012038>

- Fischer, H., & Romano, N. (2021). Fruit, vegetable, and starch mixtures on the nutritional quality of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and resulting frass. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(3), 319–328. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0100>
- Franco, J. R., Cecchi, G., Paone, M., Diarra, A., Grout, L., Kadima Ebeja, A., Simarro, P. P., Zhao, W., & Argaw, D. (2022). The elimination of human African trypanosomiasis: Achievements in relation to WHO road map targets for 2020. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 16(1), e0010047. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0010047>
- Haerudin, A., & Atika, V. (2018). KOMPOSISI LILIN BATIK (MALAM) BIRON UNTUK BATIK WARNA ALAM PADA KAIN KATUN DAN SUTERA. *Dinamika Kerajinan Dan Batik: Majalah Ilmiah*, 35(1), 25. <https://doi.org/10.22322/dkb.v35i1.3744>
- Hosseindoust, A., Ha, S. H., Mun, J. Y., & Kim, J. S. (2023). Quality Characteristics of Black Soldier Flies Produced by Different Substrates. *Insects*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/insects14060500>
- Jung, S., Jung, J.-M., Tsang, Y. F., Bhatnagar, A., Chen, W.-H., Lin, K.-Y. A., & Kwon, E. E. (2022). Biodiesel production from black soldier fly larvae derived from food waste by non-catalytic transesterification. *Energy*, 238, 121700. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121700>
- Karyawati, D., Supriyatun, S., & Mirlana, D. E. (2023). EFISIENSI BIAYA PERSEDIAAN BAHAN BAKU DENGAN METODE JUST IN TIME PADA WISMA BATIK PRING SEDAPUR. *CAPITAL: Jurnal Ekonomi Dan Manajemen*, 6(2), 338. <https://doi.org/10.25273/capital.v6i2.15799>
- Li, Q., Zheng, L., Qiu, N., Cai, H., Tomberlin, J. K., & Yu, Z. (2011). Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for biodiesel and sugar production. *Waste Management*, 31(6), 1316–1320. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.005>
- Malik, A., Rahmillah, F. I., Atmaja, B. D., & Ihsan, B. F. (2018). The effect of microwax composition on the staining quality of Klowong Batik Wax. *MATEC Web of Conferences*, 154, 01118. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401118>
- Mohan, K., Sathishkumar, P., Rajan, D. K., Rajarajeswaran, J., & Ganesan, A. R. (2023). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as potential feedstock for the biodiesel production: Recent advances and challenges. *Science of The Total Environment*, 859, 160235. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160235>
- Newton, L., Burtle, G., & Dove, R. (2005). *Using the Black Soldier Fly, Hermetia Illucens, as a Value-Added Tool for the Management of Swine Manure*. <https://www.researchgate.net/publication/267377822>

- Nguyen, T. T. X., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. (2015). Ability of Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) Larvae to Recycle Food Waste. *Environmental Entomology*, 44(2), 406–410. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv002>
- Nugroho, R. A., Aryani, R., Hardi, E. H., Manurung, H., Rudianto, R., & Jati, W. N. (2024). Global Journal of Environmental Science and Management Fermented palm kernel waste with different sugars as substrate for black soldier fly larvae. *Global J. Environ. Sci. Manage*, 10(2), 503–516. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.02.06>
- Sugiyono, A. (n.d.). *PEMANFAATAN BIOFUEL DALAM PENYEDIAAN ENERGI NASIONAL JANGKA PANJANG*.
- Syed Shaharuddin, S. I., Mansor, M. A., Abdul Rashid, M., Shaffiar, N., & Ahmad, Z. (2023). The Effects of Beeswax Additions on the Structural, Thermal, Mechanical and Mass Loss Properties of Soy Wax Blends. *Journal of Mechanical Engineering*, 20(1), 61–75. <https://doi.org/10.24191/jmeche.v20i1.21079>
- van Huis, A., Oonincx, D. G. A. B., Rojo, S., & Tomberlin, J. K. (2020). Insects as feed: house fly or black soldier fly? *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(3), 221–229. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.x003>