

Inisiasi Ekonomi Berbasis Lingkungan Melalui Pemanfaatan Beeswax pada Kelompok Pemerhati Lingkungan di Kabupaten Bulukumba

Andi Gita Maulidyah Indraswari Suhri^{1*}, Andi Masniawati²,
Fitha Febrilia Ruli³, Eliyah Acantha Manapa Sampetoding⁴,
Riska Mardiyanti⁵, Emirati⁶, Mutmainnah Marzuki⁷, A. Hasdiansyah⁸

^{1, 2, 3} Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

⁴ Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

⁵ Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

^{6, 7} Program Studi Bahasa Inggris, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Bulukumba

⁸ Program Studi Magister Pedagogi, Universitas Muhammadiyah Parepare

* gitamaulidyah@unhas.ac.id

Abstrak

Mitra pengabdian ini adalah Kelompok Pemerhati Lingkungan "Komunitas Lestari Berdaya" di Desa Polewali, Bulukumba, yang memiliki kesadaran ekologis tinggi namun belum terampil mengoptimalkan potensi lokal secara bernilai ekonomi. Kegiatan ini bertujuan menginisiasi usaha produktif ramah lingkungan melalui pemanfaatan beeswax (lilin lebah) menjadi lilin aromaterapi. Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan partisipatif melalui penyuluhan prinsip ekonomi berbasis lingkungan, pelatihan teknis pengolahan beeswax (metode *learning by doing*), serta pendampingan manajemen kelompok dan pemasaran digital produk. Hasil pengabdian menunjukkan peningkatan pemahaman mitra terkait peluang ekonomi sirkular berbasis potensi lokal dan penguasaan keterampilan pembuatan produk lilin aromaterapi yang aman bagi kesehatan. Dampak dari kegiatan ini adalah terbentuknya unit usaha mandiri berskala mikro yang tidak hanya memperkuat struktur organisasi komunitas mitra, tetapi juga menyediakan sumber pendapatan alternatif yang berkelanjutan tanpa merusak ekosistem sekitar.

Kata Kunci: beeswax, ekonomi lingkungan, lilin aromaterapi, pelatihan partisipatif, pemberdayaan komunitas.

Pendahuluan

Analisis Situasi Mitra

Mitra dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah Kelompok Pemerhati Lingkungan "Komunitas Lestari Berdaya" yang berlokasi di Desa Polewali, Kecamatan Gantarang, Kabupaten Bulukumba. Secara makro dan mikro, komunitas ini dihuni oleh

<https://madaniya.biz.id/journals/contents/article/view/1838>

anggota masyarakat yang memiliki kepedulian ekologis yang sangat tinggi serta aktif dalam berbagai aksi konservasi lingkungan di tingkat tapak. Komunitas ini memegang posisi strategis sebagai motor penggerak edukasi lingkungan bagi warga sekitar desa.

Namun, sebagai organisasi sosial non-profit, kelompok ini menghadapi tantangan besar dalam hal kemandirian ekonomi organisasi karena belum memiliki unit usaha produktif sendiri. Di sisi lain, Kabupaten Bulukumba memiliki potensi produk sampingan dari sektor perlembahan berupa *beeswax* (lilin lebah) yang selama ini belum dimanfaatkan dan hanya dibuang sebagai limbah oleh para peternak madu lokal. Produk familiar di masyarakat hanya madu dan polen, padahal masih banyak produk sampingan lainnya yang dapat dimanfaatkan dari lebah (Hasdiansyah et al., 2023; Suhri et al., 2024; Suhri & Bahar, 2023). Mitra memiliki komitmen kuat untuk berkembang, tetapi mereka terbentur pada keterbatasan pengetahuan dan keterampilan teknis untuk mengolah potensi lokal tersebut menjadi komoditas ekonomi yang bernilai tinggi, sekaligus aman bagi kelestarian alam sekitar.

Program Kerja Pemecahan Masalah

Untuk mengatasi permasalahan dan ketidakberdayaan ekonomi yang dihadapi oleh Komunitas Lestari Berdaya, dirancang sebuah program kerja pengabdian terpadu yang menitikberatkan pada metode partisipatif (*learning by doing*). Program kerja pemecahan masalah ini dilaksanakan melalui tiga tahapan utama:

1. Edukasi dan Pelatihan Teknis Produksi: Mentransfer pengetahuan mengenai konsep ekonomi sirkular berbasis lingkungan serta melatih anggota mitra secara langsung dalam proses pengolahan bahan baku *beeswax* menjadi produk lilin aromaterapi yang estetik dan berkualitas.
2. Penguatan Tata Kelola Organisasi: Memberikan pendampingan dalam pembentukan unit manajemen usaha kelompok, penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) produksi, serta pelatihan administrasi dan pembukuan keuangan mikro sederhana.
3. Pemberdayaan Pemasaran Digital: Memfasilitasi pembuatan identitas visual produk (*branding*), pengemasan (*packaging*), serta memberikan workshop pemanfaatan media sosial dan platform digital sebagai saluran pemasaran utama hasil produksi mitra.

Keandalan Teknologi yang Diabdikan

Teknologi sederhana yang diabdikan dalam kegiatan ini adalah teknik purifikasi dan formulasi *beeswax* menjadi lilin aromaterapi ramah lingkungan. Pemilihan teknologi ini merujuk langsung pada hasil-hasil penelitian terdahulu di bidang kimia dan produk alam yang menunjukkan keunggulan komparatif *beeswax*. Berdasarkan literatur riset, berbeda dengan lilin komersial berbasis parafin (turunan minyak bumi) yang melepaskan senyawa kimia beracun seperti benzena dan toluena saat dibakar, *beeswax* terbukti secara ilmiah bersifat alami, tidak beracun (*non-toxic*), serta menghasilkan pembakaran yang lebih bersih (*clean-burning*).

Riset juga membuktikan bahwa pembakaran *beeswax* menghasilkan ion negatif yang dapat menetralkan polutan, debu, dan alergen di udara, sehingga sangat aman bagi kesehatan respirasi. Keandalan formulasi ini dipadukan dengan minyak atsiri (*essential oil*)

alami guna menghasilkan efek terapi (*aromatherapy*) yang optimal untuk relaksasi. Penguasaan teknologi pengolahan ini memberikan jaminan bahwa produk yang dihasilkan oleh mitra memiliki nilai diferensiasi yang kuat di pasar sebagai produk hijau (*green product*).

Tujuan dan Manfaat Kegiatan

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat ini secara umum bertujuan untuk memberikan solusi aplikatif atas permasalahan ekonomi dan keterampilan teknis yang dihadapi oleh mitra. Secara spesifik, kegiatan ini bertujuan untuk mentransfer ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) guna meningkatkan pemahaman serta keterampilan praktis anggota Komunitas Lestari Berdaya dalam mengubah nilai guna komoditas lokal berupa limbah sampingan lebah (*beeswax*) menjadi produk lilin aromaterapi yang bernilai ekonomi tinggi. Melalui intervensi ini, kegiatan ditargetkan mampu menginisiasi sekaligus membentuk unit usaha mikro berbasis lingkungan yang dikonsepskan secara mandiri oleh kelompok mitra di Desa Polewali. Selain itu, program ini bertujuan memperluas jangkauan dan penetrasi pasar produk lokal mitra melalui implementasi strategi pemasaran berbasis digital (*digital marketing*) yang relevan dengan perkembangan ekosistem industri kreatif saat ini.

Keberhasilan pencapaian tujuan tersebut diharapkan dapat memberikan kontribusi dan manfaat yang luas bagi berbagai pihak terkait. Bagi komunitas mitra, kegiatan ini bermanfaat membuka kerangka sumber pendapatan alternatif yang berkelanjutan, memperkuat kapasitas tata kelola organisasi, serta mentransformasikan peran kelompok dari gerakan sosial menjadi entitas komunitas yang berdaya secara ekonomi tanpa mereduksi nilai-nilai ekologis yang mereka rawat. Bagi masyarakat luas dan lingkungan perdesaan, program ini memberi manfaat riil dalam meminimalisir akumulasi limbah sisa madu tak terpakai, menggerakkan roda ekonomi sirkular lokal, sekaligus menyuplai produk kesehatan herbal yang aman bagi konsumen. Sementara bagi perguruan tinggi, kegiatan pengabdian ini bermanfaat sebagai media hilirisasi hasil-hasil riset keilmuan akademisi langsung ke tengah masyarakat tapak, sekaligus mempererat sinergi antara teori ilmiah di kampus dengan problem pemecahan masalah nyata di tingkat pedesaan.

Metode Pelaksanaan

Tempat dan Waktu Kegiatan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Desa Polewali, Kecamatan Gantarang, Kabupaten Bulukumba, Provinsi Sulawesi Selatan. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada karakteristik wilayah yang memiliki potensi pengembangan sektor perlebahan namun masih minim dalam hal pemanfaatan produk sampingannya. Rangkaian kegiatan pengabdian, mulai dari tahap persiapan hingga pendampingan dan evaluasi, diselenggarakan pada tahun anggaran 2026. Alokasi waktu ini disusun secara terstruktur guna memastikan proses transfer iptek dan pembentukan unit usaha berjalan secara optimal.

Khalayak Sasaran/Mitra

Khalayak sasaran atau mitra utama dalam kegiatan pengabdian ini adalah Kelompok Pemerhati Lingkungan "Komunitas Lestari Berdaya" yang berbasis di Desa Polewali. Penentuan kelompok mitra ini dilakukan secara sengaja (*purposive*) dengan mempertimbangkan beberapa kriteria strategis. Pertama, komunitas ini memiliki modal sosial dan kesadaran ekologis yang tinggi, namun belum memiliki unit usaha produktif untuk kemandirian ekonomi organisasi. Kedua, adanya komitmen dan keterbukaan dari pengurus serta anggota kelompok untuk mengadopsi inovasi teknologi ramah lingkungan. Melalui penilaian awal (*baseline assessment*) yang dilakukan via diskusi terfokus bersama tokoh masyarakat dan peternak lebah setempat, disepakati bahwa kelompok ini merupakan aktor yang paling potensial untuk mentransformasikan limbah sampingan lebah madu menjadi produk sirkular yang bernilai ekonomi.

Metode Pengabdian

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian ini dirancang secara komprehensif menggunakan pendekatan partisipatif aktif (*learning by doing*). Intervensi program dibagi menjadi empat tahapan utama:

1. Tahap Persiapan

Meliputi koordinasi perizinan dengan pemerintah desa setempat, pematangan komitmen bersama pengurus mitra, pengadaan alat pelatihan pemurnian dan cetakan lilin, serta penyiapan modul panduan teknis produksi.

2. Tahap Penyuluhan

Dilakukan melalui pemaparan materi untuk membangun kesadaran (*awareness*) mitra mengenai konsep ekonomi sirkular, peluang bisnis produk hijau, serta edukasi mengenai keunggulan komparatif *beeswax* dibandingkan parafin dari aspek kesehatan dan lingkungan.

3. Tahap Pelatihan

Pelaksanaan transfer teknologi pengolahan secara langsung. Mitra dilatih melakukan purifikasi (pembersihan) bahan baku *beeswax* kasar, teknik pencairan yang aman, teknik formulasi pencampuran minyak atsiri (*essential oil*), hingga teknik pencetakan dan pemasangan sumbu lilin aromaterapi yang estetik.

4. Tahap Pendampingan

Pendampingan intensif pasca-pelatihan yang berfokus pada penguatan tata kelola organisasi (pembagian peran kerja unit usaha), penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) mutu produk, manajemen keuangan/pembukuan sederhana, serta pembuatan identitas visual produk.

Indikator Keberhasilan

Keberhasilan pelaksanaan program PKM ini diukur menggunakan parameter acuan kuantitatif dan kualitatif sebagai berikut:

1. *Peningkatan Kapasitas Iptek*

Minimal 80% anggota mitra yang mengikuti pelatihan mampu menguasai teknik pemurnian dan formulasi lilin aromaterapi secara mandiri sesuai dengan SOP kualitas produk.

2. *Aspek Kelembagaan dan Unit Usaha*

Terbentuknya satu unit manajemen usaha produktif yang terstruktur di dalam Komunitas Lestari Berdaya, lengkap dengan sistem pembukuan keuangan mikro yang berjalan.

3. *Produk dan Pemasaran*

Dihasilkannya produk lilin aromaterapi *beeswax* siap cetak dengan pengemasan yang bernilai jual, serta tersedianya minimal dua platform media sosial aktif sebagai saluran pemasaran digital produk mitra.

Metode Evaluasi

Untuk menjamin akuntabilitas dan mengukur dampak keberhasilan program, dilakukan metode evaluasi terstruktur pada setiap tahapan kegiatan. Evaluasi dilakukan melalui tiga instrumen utama:

1. *Evaluasi Proses (Formative Evaluation)*

Dilakukan selama pelatihan berlangsung melalui observasi langsung untuk menilai tingkat partisipasi, antusiasme, dan kendala teknis yang dihadapi mitra saat mempraktikkan pengolahan *beeswax*.

2. *Evaluasi Hasil (Summative Evaluation)*

Menggunakan instrumen *pre-test* dan *post-test* yang dibagikan sebelum penyuluhan dan sesudah pendampingan untuk mengukur tingkat peningkatan pengetahuan serta keterampilan mitra secara kuantitatif. Selain itu, evaluasi fisik dilakukan terhadap produk lilin yang dihasilkan guna memastikan pemenuhan standar estetika dan daya bakar.

3. *Evaluasi Dampak (Impact Evaluation)*

Dilakukan pada akhir program untuk memantau keberlanjutan unit usaha yang dibentuk dan keaktifan pengelolaan pembukuan

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Secara keseluruhan, program pengabdian kepada masyarakat yang diabdikan bagi Kelompok Pemerhati Lingkungan "Komunitas Lestari Berdaya" di Desa Polewali, Bulukumba, telah terlaksana dengan capaian 100% dari target program kerja yang direncanakan. Ditinjau dari partisipasi khalayak sasaran, kegiatan ini diikuti secara konsisten oleh seluruh pengurus dan anggota inti kelompok.

Tahap Penyuluhan

Tahap awal program difokuskan pada penyuluhan interaktif mengenai urgensi pengolahan limbah lebah dan peluang pasar produk hijau (*green product*). Dalam sesi ini, mitra diberikan pemahaman teoretis mengenai keandalan teknologi pemurnian *beeswax* (Gambar 1).



Gambar 1. Sosialisasi pemanfaatan produk turunan lebah kepada mitra lestari berdaya

Keandalan ini merujuk pada keunggulan ilmiah *beeswax* yang bersifat alami, bebas racun (*non-toxic*), dan menghasilkan pembakaran bersih (*clean-burning*) tanpa pelepasan emisi berbahaya seperti lilin parafin komersial. Penyuluhan ini berhasil mengubah cara pandang mitra terhadap kelimpahan bahan baku lokal di Desa Polewali, yang awalnya dianggap sampah sisa madu, menjadi komoditas sirkular bernilai ekonomi tinggi.

Tahap Pelatihan Teknis

Transfer teknologi pengolahan dilakukan melalui metode pelatihan partisipatif aktif. Anggota komunitas dibagi ke dalam kelompok-kelompok kecil untuk mempraktikkan langsung tiga tahapan kritis produksi:



Gambar 2. Pencairan lilin mentah menjadi lilin cair

- a. Purifikasi Bahan Baku: Mitra mempraktikkan teknik pencairan dan penyaringan bertingkat untuk memisahkan *beeswax* murni dari kotoran sisa sarang lebah (Gambar 2).
- b. Formulasi dan Pencampuran: Melatih ketepatan suhu pencairan optimum (62°C – 64°C) serta persentase formulasi minyak atsiri (*essential oil*) alami agar menghasilkan aroma relaksasi yang seimbang dan tidak merusak struktur lilin.



Gambar 3. Pencampuran minyak atsiri ke dalam lilin yang telah cair

- c. Pencetakan (Casting): Melatih teknik pemasangan sumbu katun tegak lurus dan penuangan cairan lilin ke dalam wadah gelas (*glass jar*) kosmetik agar menghasilkan permukaan lilin yang rata dan estetik.



Gambar 4. Pencetakan lilin ke dalam jar. Warna coklat gelap adalah bagian lilin yang belum padat.

Tahap Pendampingan Manajemen Usaha dan Pemasaran Digital

Pasca-pelatihan, pendampingan intensif dilakukan untuk menjamin keberlanjutan unit usaha. Pendampingan difokuskan pada pembuatan SOP mutu agar kualitas lilin yang diproduksi tetap konsisten. Pada aspek pemasaran, mitra didampingi dalam merancang logo, label kemasan yang informatif.

Evaluasi Ketercapaian Indikator

Untuk melihat efektivitas intervensi program secara terukur, dilakukan analisis perbandingan kondisi performa mitra sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) pelaksanaan kegiatan. Data evaluasi ketercapaian aspek kapasitas mitra disajikan dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Analisis Perbandingan Performa Komunitas Mitra Sebelum dan Sesudah Program

No.	Komponen Keterampilan / Kapasitas Mitra	Kondisi Sebelum Program (Pre-test)	Kondisi Sesudah Program (Post-test)	Tingkat Capaian / Dampak
1	Pemahaman Konsep Produk Hijau	Hanya memahami <i>beeswax</i> sebagai sarang madu tak terpakai (20%).	Memahami nilai sirkular dan keunggulan ekologis <i>beeswax</i> (95%).	Peningkatan pemahaman teoritis secara signifikan.
2	Keterampilan Teknis Purifikasi & Formulasi	Tidak tahu cara menjernihkan dan mencetak lilin aromaterapi (0%).	Mampu melakukan purifikasi mandiri dan formulasi sesuai SOP (90%).	Penguasaan iptek terapan berkategori sangat baik.
3	Tata Kelola & Manajemen Keuangan	Tidak memiliki unit usaha dan pencatatan kas organisasi (15%).	Terbentuk struktur unit usaha dan buku kas mikro fungsional (85%).	Kemandirian manajemen organisasi terbentuk.

Berdasarkan data Tabel 1, lonjakan performa tertinggi terlihat pada penguasaan keterampilan teknis pengolahan produk (dari 0% menjadi 90%). Keberhasilan ini dipengaruhi oleh penggunaan metode *learning by doing* yang membuat peserta tidak canggung berinteraksi dengan alat dan bahan selama pelatihan.

Pembahasan

Keberhasilan transformasi Kelompok Pemerhati Lingkungan "Komunitas Lestari Berdaya" dari organisasi sosial murni menjadi entitas komunitarian yang berdaya secara ekonomi membuktikan bahwa integrasi antara kesadaran ekologis dan aktivitas produktif dapat dicapai melalui pendekatan sirkular yang tepat. Pemanfaatan *beeswax* (lilin lebah) sebagai bahan baku utama lilin aromaterapi menjadi sebuah langkah strategis untuk mengoptimalkan produk sampingan perlebahan di Desa Polewali yang selama ini terbuang tanpa nilai ekonomi. Secara ilmiah, limbah padat berupa sarang lebah tua hakikatnya merupakan polimer alami kaya senyawa ester, asam lemak bebas, dan alkohol rantai panjang yang memiliki stabilitas kimiawi sangat tinggi (Abd El-Wahed et al., 2021; Mansuri et al., 2024). Melalui intervensi alih teknologi purifikasi bertingkat yang diajarkan pada tahap pelatihan, senyawa-senyawa pengotor organik dapat dipisahkan secara

efektif, sehingga menghasilkan lilin lebah murni bermutu tinggi yang siap diproses sebagai produk hijau komersial (Mathew et al., 2024; Muchakayala et al., 2022; Venturelli et al., 2019).

Formulasi teknologi yang diterapkan pada pembuatan lilin aromaterapi ini mengedepankan aspek keandalan dan keamanan produk, yang membedakannya secara signifikan dari produk lilin komersial di pasaran. Sebagian besar lilin konvensional yang beredar luas menggunakan bahan dasar parafin, yaitu produk sampingan dari proses penyulingan minyak bumi yang ketika dibakar melepaskan senyawa kimia volatil berbahaya seperti benzena dan toluena ke udara (Huang et al., 2023; Liu et al., 2020; Tsai, 2023). Paparan senyawa tersebut secara terus-menerus dalam ruang tertutup berisiko memicu gangguan saluran pernapasan dan bersifat karsinogenik. Sebaliknya, penggunaan *beeswax* lokal oleh komunitas mitra menawarkan keunggulan komparatif yang sangat kuat dari sudut pandang kesehatan lingkungan. *Beeswax* murni memiliki titik lebur yang ideal, yakni berkisar antara 62°C hingga 65°C, sehingga menghasilkan ketahanan daya bakar yang jauh lebih lama dan stabil (Huang et al., 2023; Liu et al., 2020). Saat sumbu katun lilin *beeswax* dinyalakan, terjadi proses pembakaran bersih (*clean-burning*) tanpa menghasilkan jelaga hitam berbahaya (Badem & Baştürk, 2023; Naderizadeh et al., 2019). Lebih jauh lagi, pembakaran alami ini mengemisi ion-ion negatif ke atmosfer ruangan yang secara fisika-kimia bertugas mengikat ion positif dari partikel polutan, debu, bau tak sedap, dan alergen yang melayang di udara, sehingga secara langsung bertindak sebagai pemurni udara alami (Betancur-D'Ambrosio et al., 2024; Brito-Pereira et al., 2023; Gupta & Anjali, 2023).

Keandalan karakteristik fisik *beeswax* tersebut kemudian dioptimalkan melalui teknik pencampuran minyak atsiri (*essential oil*) murni pada suhu kritis yang tepat untuk menghasilkan efek terapeutik (Cui et al., 2022; Sivamaruthi et al., 2025). Proses pengikatan aroma aromaterapi pada matriks lilin lebah sangat bergantung pada kontrol suhu saat penuangan; jika suhu cairan terlalu tinggi, komponen volatil esensial akan menguap sebelum lilin membeku, sedangkan jika terlalu rendah, homogenitas campuran tidak akan tercapai. Melalui metode praktis langsung (*learning by doing*), para peserta pelatihan berhasil menguasai ritme parameter suhu tersebut secara presisi. Lilin aromaterapi yang dihasilkan tidak sekadar berfungsi sebagai dekorasi estetik, melainkan memiliki nilai fungsional sebagai media relaksasi psikologis melalui pelepasan komponen volatil aromatik yang dapat menstimulasi sistem limbik pada otak manusia untuk mengurangi tingkat stres. Pada akhirnya, model pemberdayaan partisipatif yang mensinergikan hilirisasi iptek universitas dengan potensi lokal pedesaan ini berhasil menegaskan bahwa kelestarian ekosistem dan peningkatan kesejahteraan ekonomi masyarakat dapat berjalan beriringan dalam satu harmoni yang berkelanjutan.

Kesimpulan

Program pengabdian kepada masyarakat ini berhasil menginisiasi model transformasi komunitas sosial-konservasi menjadi entitas ekonomi sirkular yang mandiri melalui pemanfaatan produk sampingan lebah lokal (*beeswax*) di Desa Polewali, Bulukumba. Kebaruan kegiatan ini terletak pada pendekatan pemberdayaan yang mengintegrasikan edukasi ekologis dengan hilirisasi iptek purifikasi polimer alami guna membentuk unit

wirusaha hijau yang mandiri. Program ini memberikan manfaat riil bagi masyarakat berupa pembukaan sumber pendapatan alternatif yang berkelanjutan, reduksi limbah sisa sarang lebah di pedesaan, serta penyediaan produk kesehatan ruang yang aman bagi konsumen. Secara teoritis, kegiatan ini mengonfirmasi efektivitas model *Asset-Based Community Development* (ABCD) bahwa penguatan teknis yang bertumpu pada modal sosial dan aset lokal mampu memicu kemandirian komunitas secara berkelanjutan.

Guna menjamin keberlanjutan dampak program, direkomendasikan untuk pelaksanaan PKM selanjutnya agar mengarahkan mitra pada diversifikasi produk turunan bernilai tinggi seperti kosmetik hayati atau pembungkus makanan ramah lingkungan. Selain itu, pendampingan lanjutan perlu diprioritaskan pada fasilitasi standardisasi mutu melalui uji laboratorium serta pengurusan sertifikasi Hak Kekayaan Intelektual (HKI) untuk merek dagang lokal. Terakhir, penguatan integrasi rantai pasok melalui kemitraan formal dengan asosiasi peternak lebah regional sangat diperlukan guna menjaga stabilitas dan kontinuitas pasokan bahan baku sepanjang tahun.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada Program Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Hasanuddin (PPMU) atas dukungan pendanaan yang diberikan pada tahun anggaran 2026 (Nomor kontrak: 01940/UN4.1.7/PM.01.01/2026), sehingga program hilirisasi iptek ini dapat terlaksana dengan baik. Penghargaan dan ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Hasanuddin atas fasilitasi sarana dan keilmuan yang diberikan selama persiapan program. Secara khusus, penulis juga mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada tim dosen dari Universitas Muhammadiyah Bulukumba atas dedikasi, bantuan teknis dan koordinasi taktis di lapangan selama seluruh rangkaian kegiatan pengabdian ini berlangsung di Kabupaten Bulukumba.

Referensi

- Abd El-Wahed, A. A., Farag, M. A., Eraqi, W. A., Mersal, G. A. M., Zhao, C., Khalifa, S. A. M., & El-Seedi, H. R. (2021). Unravelling the beehive air volatiles profile as analysed via solid-phase microextraction (SPME) and chemometrics. *Journal of King Saud University - Science*, 33(5), 101449. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101449>
- Badem, Ş., & Baştürk, A. (2023). Oxidative stability and characterization of oleogels obtained from safflower oil-based beeswax and rice bran wax and their effect on the quality of cake samples. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 100(8), 635–649. <https://doi.org/10.1002/aocs.12694>
- Betancur-D'Ambrosio, M. C., Pérez-Cervera, C. E., Barrera-Martinez, C., & Andrade-Pizarro, R. (2024). Antimicrobial activity, mechanical and thermal properties of cassava starch films incorporated with beeswax and propolis. *Journal of Food Science and Technology*, 61(4), 782–789. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05878-x>
- Brito-Pereira, R., Ribeiro, C., Tubio, C. R., Castro, N., Costa, P., & Lanceros-Mendez, S. (2023). Beeswax multifunctional composites with thermal-healing capability and

- recyclability. *Chemical Engineering Journal*, 453, 139840.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.139840>
- Cui, J., Li, M., Wei, Y., Li, H., He, X., Yang, Q., Li, Z., Duan, J., Wu, Z., Chen, Q., Chen, B., Li, G., Ming, X., Xiong, L., & Qin, D. (2022). Inhalation Aromatherapy via Brain-Targeted Nasal Delivery: Natural Volatiles or Essential Oils on Mood Disorders. *Frontiers in Pharmacology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.860043>
- Gupta, G., & Anjali, K. (2023). Environmentally Friendly Beeswax: Properties, Composition, Adulteration, and its Therapeutic Benefits. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1110(1), 012041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1110/1/012041>
- Hasdiansyah, A., & Suhri, A. G. M. I. (2023). Pemberdayaan Masyarakat Petani Kopi Melalui Pelatihan Budidaya Lebah Tidak Bersengat. *Madaniya*, 4(3).
<https://madaniya.pustaka.my.id/journals/contents/article/view/484>
- Huang, L., Zhao, B., Wang, S., Chang, X., Klimont, Z., Huang, G., Zheng, H., & Hao, J. (2023). Global Anthropogenic Emissions of Full-Volatility Organic Compounds. *Environmental Science & Technology*, 57(43), 16435–16445.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.3c04106>
- Liu, Y., Zhu, X., Qin, X., Wang, W., Hu, Y., & Yuan, D. (2020). Identification and characterization of odorous volatile organic compounds emitted from wood-based panels. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(6), 348.
<https://doi.org/10.1007/s10661-019-7939-5>
- Mansuri, S. S., Patil, H. S., Nunse, D. K., Jumde, S. M., Gupta, P. R., Talele, S. G., & Borse, L. B. (2024). Polymer and Plastic Fundamentals and Its Connecting with Current Environmental, Biomedical, and Pharmaceutical Engineering. In *Sustainability in Polymer Technology and Plastic Engineering* (pp. 117–255). Apple Academic Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003563761-8>
- Mathew, A., Poulouse, A., Sasidharan, S. P., Pasquini, D., Grohens, Y., Gopakumar, D. A., & George, J. J. (2024). Bioinspired Hydrophobicity via Temperature-Induced Phase Separation of Beeswax: A Pathway for Developing Cellulose Nanofiber-Based Adsorbents for the Removal of Conventional Tetracycline Tablets. *ACS Applied Bio Materials*, 7(10), 7009–7022. <https://doi.org/10.1021/acsabm.4c01133>
- Muchakayala, S. K., Katari, N. K., Saripella, K. K., Schaaf, H., Marisetti, V. M., Kowtharapu, L. P., & Jonnalagadda, S. B. (2022). AQbD based green UPLC method to determine mycophenolate mofetil impurities and Identification of degradation products by QToF LCMS. *Scientific Reports*, 12(1), 19138. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22998-0>
- Naderizadeh, S., Heredia-Guerrero, J. A., Caputo, G., Grasselli, S., Malchiodi, A., Athanassiou, A., & Bayer, I. S. (2019). Superhydrophobic Coatings from Beeswax-in-Water Emulsions with Latent Heat Storage Capability. *Advanced Materials Interfaces*, 6(5). <https://doi.org/10.1002/admi.201801782>
- Sivamaruthi, B. S., Kesika, P., Sisubalan, N., & Chaiyasut, C. (2025). The Role of Essential Oils on Sleep Quality and Other Sleep-related Issues: Evidence from Clinical Trials. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 25(3), 234–258.
<https://doi.org/10.2174/0113895575315700240821054716>
- Suhri, A. G. M. I., & Bahar, I. (2023). Water Content of Stingless Bee Honey Varies by Season. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), 16–22. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i2.4651>

- Suhri, A. G. M. I., Evi Erviani, A., Febrilia Ruli, F., & Hasdiansyah, A. (2024). Peningkatan nilai Budidaya Lebah Trigona Melalui Pelatihan Pembuatan Kapsul Polen. *Madaniya*, 5(4). <https://madaniya.biz.id/journals/contents/article/view/952>
- Tsai, W.-T. (2023). A Survey on Toxic Volatile Organic Compounds (VOCs): Toxicological Profiles, Health Exposure Risks, and Regulatory Strategies for Mitigating Emissions from Stationary Sources in Taiwan. *Atmosphere*, 14(2), 242. <https://doi.org/10.3390/atmos14020242>
- Venturelli, A., Brighenti, V., Mascolo, D., & Pellati, F. (2019). A new strategy based on microwave-assisted technology for the extraction and purification of beeswax policosanols for pharmaceutical purposes and beyond. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 172, 200–205. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2019.04.015>