

PENERAPAN PENDEKATAN STEM DALAM EDUKASI BUDIDAYA LEBAH MADU BAGI KOMUNITAS TULI-DENGAR DI RAYA HONEY SEBETAN

I Wayan Sumandya¹, Gde Iwan Setiawan², A A Istri Mirah Dharmadewi³

^{1,2,3}Pendidikan Matematika Universitas PGRI Mahadewa Indonesia, Teknik Informatik Universitas PGRI Mahadewa Indonesia, Pendidikan Biologi Universitas PGRI Mahadewa Indonesia
iwayansumandya@mahadewa.ac.id¹, iwansetiawan@mahadewa.ac.id²,
mirahdharmadewi@mahadewa.ac.id³

Abstract

The beekeeping of Trigona laeviceps honey bees has high economic and ecological potential; however, in the Raya Honey Sibetan Deaf-Hearing Community, traditional methods are still practiced, resulting in low productivity and product quality. This community service activity aimed to enhance technical skills, STEM knowledge, and honey production capacity through the application of STEM-based beekeeping box installation technology and honey harvesting tools designed to be inclusive. The target partner group consisted of 11 members. The implementation methods included (1) program socialization and needs assessment; (2) training on STEM concepts in beekeeping and the use of technology; (3) mentoring and productivity evaluation; and (4) sustainability planning through cadre development and strengthening marketing networks. The results showed an increase in the average understanding of the program's objectives from 46.3% to 81.8%, STEM knowledge scores from 41.5% to 87.2%, and beehive box assembly skills from 18.2% to 100%. Average honey productivity reached 198.4 ml per box, with a bee population growth rate of +24.6% and a 90.9% success rate in using the technology. The integration of a STEM approach based on visual communication and hands-on practice effectively improved the technical skills, productivity, and economic independence of the Deaf-Hearing community. This service model has the potential to be replicated in other special-needs communities with technological adaptations to suit the local context.

Keywords: Deaf, STEM, Trigona, Honey, Inclusive

Abstrak

Budidaya lebah madu *Trigona laeviceps* memiliki potensi ekonomi dan ekologis yang tinggi, namun pada Komunitas Tuli-Dengar Raya Honey Sibetan praktiknya masih menggunakan metode tradisional yang berdampak pada rendahnya produktivitas dan kualitas produk. Tujuan kegiatan pengabdian ini adalah meningkatkan keterampilan teknis, pengetahuan STEM, dan kapasitas produksi madu melalui penerapan teknologi instalasi kotak budidaya dan alat panen berbasis STEM yang dirancang inklusif. Kelompok mitra sasaran terdiri dari 11 orang anggota. Metode pelaksanaan meliputi (1) sosialisasi program dan identifikasi kebutuhan; (2) pelatihan konsep STEM dalam budidaya lebah dan penggunaan teknologi; (3) pendampingan dan evaluasi produktivitas; serta (4) perencanaan keberlanjutan melalui kaderisasi dan penguatan jejaring pemasaran. Hasil menunjukkan peningkatan rata-rata pemahaman tujuan program dari 46,3% menjadi 81,8%, skor pengetahuan STEM dari 41,5% menjadi 87,2%, serta keterampilan merakit kotak lebah dari 18,2% menjadi 100%. Produktivitas madu rata-rata mencapai 198,4 ml per kotak dengan pertumbuhan populasi lebah +24,6% dan tingkat keberhasilan penggunaan teknologi 90,9%. Integrasi pendekatan STEM berbasis komunikasi visual dan praktik langsung efektif meningkatkan keterampilan teknis, produktivitas, dan kemandirian ekonomi komunitas Tuli-Dengar. Model pengabdian ini berpotensi direplikasi pada komunitas berkebutuhan khusus lainnya dengan adaptasi teknologi sesuai konteks lokal.

Kata Kunci: Tuli, STEM, Trigona, Madu, Inklusif

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Lebah madu jenis Trigona atau kelulut merupakan salah satu komoditas perlebahan yang memiliki nilai ekonomi tinggi, kemudahan dalam pemeliharaan, serta manfaat ekologis yang signifikan, seperti membantu penyerbukan tanaman (Yanuartati, 2021). Budidaya Trigona relatif sederhana karena tidak memerlukan peralatan kompleks dan dapat dilakukan pada lahan terbatas (Agronet, 2020). Selain menghasilkan madu, lebah ini juga memproduksi propolis dan bee pollen yang memiliki nilai tambah tinggi (Agus et al., 2019).

Salah satu kelompok masyarakat yang bergerak di bidang ini adalah Komunitas Tuli-Dengar Raya Honey Sibetan, yang berlokasi di Banjar Dinas Pengawan, Desa Sibetan, Kecamatan Bebandem, Kabupaten Karangasem, Provinsi Bali. Komunitas ini berbadan hukum sebagai UMKM dengan NIB 1402220013313 dan telah memiliki izin edar P-IRT 6075107010036-27 yang dikeluarkan oleh Dinas Kesehatan Kabupaten Karangasem. Anggotanya berjumlah 11 orang, terdiri dari 6 penyandang tuli dan 5 anggota dengar. Aktivitas utama komunitas adalah budidaya lebah madu Apis cerana dan Trigona dengan sistem tradisional.

Budidaya lebah madu di komunitas ini menggunakan sistem Nyama Braya, yaitu kerja sama erat antara anggota tuli yang memiliki ide dan inovasi budidaya dengan anggota dengar yang membantu mengomunikasikan gagasan tersebut kepada pemerintah, relawan, dan pelanggan. Menurut Kepala Desa Sibetan kolaborasi ini membawa “spirit baru” bagi desa karena untuk pertama kalinya budidaya lebah madu dijalankan oleh gabungan masyarakat berkebutuhan khusus dan masyarakat umum. Bahkan, sudah ada wisatawan mancanegara yang berkunjung untuk melihat proses budidaya dan membeli madu.

Hasil observasi dan wawancara menunjukkan sejumlah tantangan. Proses panen masih dilakukan secara tradisional, yakni dengan pengasapan, penirisan, dan pengepresan sarang. Metode ini berpotensi membuat lebah stres, merusak larva dan telur, serta memperlambat pembangunan kembali sarang. Madu yang dipanen sering disimpan dalam botol bekas air mineral, yang dapat memengaruhi kesegaran dan memicu fermentasi. Kemasan produk masih terbatas pada dua desain sederhana, pemasaran digital hanya memanfaatkan dua media sosial, dan sebagian besar penjualan masih mengandalkan pemasaran mulut-ke-mulut. Selain itu, komunitas belum memiliki alat panen modern maupun fasilitas penyimpanan madu yang memadai.

Keterbatasan ini selaras dengan temuan Yusuf et al. (2024) bahwa keberhasilan pengembangan usaha budidaya lebah madu sangat dipengaruhi oleh penguasaan keterampilan teknis, ketersediaan peralatan pendukung, inovasi produk, dan strategi pemasaran yang tepat. Pelibatan penyandang disabilitas memerlukan pendekatan edukasi yang inklusif dan adaptif, terutama terkait komunikasi dan penyajian materi pelatihan (Sumandya et al, 2023). Penerapan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) dalam konteks ini berpotensi menjadi solusi strategis. STEM tidak hanya membantu memahami konsep biologis dan ekologis lebah (*science*), tetapi juga memperkenalkan teknologi pendukung seperti sensor suhu dan kelembapan (*technology*), perakitan kotak sarang yang ergonomis (*engineering*), serta analisis produktivitas dan estimasi panen (*mathematics*) (Hadjur et al., 2020). Integrasi teknologi modern misalnya instalasi kotak budidaya Trigona laeviceps berbasis STEM dan alat panen inovatif dapat meningkatkan efisiensi, kualitas, dan keberlanjutan produksi (Istikowati et al., 2023).

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan program pemberdayaan berbasis STEM yang inklusif untuk meningkatkan keterampilan teknis, kapasitas produksi, kualitas produk, serta jangkauan pemasaran madu komunitas Tuli-Dengar Raya Honey Sibetan, sehingga mereka dapat bersaing di pasar yang lebih luas sekaligus mempertahankan nilai sosial dari sistem Nyama Braya.

Tinjauan Pustaka

1. Budidaya Trigona serta Pendampingan Komunitas

Yanuartati (2021) menyatakan bahwa lebah Trigona sp. memiliki nilai ekonomi tinggi dan relatif mudah dibudidayakan. Pendampingan teknik bagi peternak kecil secara signifikan meningkatkan adopsi teknologi budidaya, yang sebelumnya masih banyak dilakukan secara tradisional. Istikowati et al. (2023) menyebutkan bahwa pendekatan pemberdayaan masyarakat melalui sosialisasi potensi, penanaman pakan, dan penambahan jumlah kotak lebah berhasil mengembangkan budidaya lebah stingless sebagai program inovasi di tingkat desa. Yusuf et al. (2024) melaporkan bahwa pelatihan teknik budidaya sekaligus manajemen usaha meningkatkan keterampilan anggota kelompok dan kesadaran ekonomi kolektif dalam memperkuat ekonomi keluarga.

2. Teknik Budidaya dan Produktivitas Trigona

Menurut Agronet (2020), teknik budidaya Trigona sp. cukup sederhana cukup dengan stup, akses pakan bunga, dan pengendalian suhu kelembaban sarang agar koloni tidak kabur. Produksi madu biasanya muncul dalam rentang 2–6 bulan setelah stabilisasi sarang. Widana et al. (2024) menunjukkan Tetragonula laeviceps, produksi madu berkisar antara 60–263 ml per koloni selama empat bulan budidaya, sementara propolis mencapai 15,4–77,2 g. Hal ini menegaskan potensi dan variabilitas produksi tergantung lokasi serta teknik budidaya (Sumandya et al., 2024).

3. Pendidikan STEM yang Inklusif dan Pembelajaran Visual

Pendekatan pendidikan inklusif yang mengkombinasikan multimodal representation visual, teks, bahasa isyarat meningkatkan akses pembelajaran STEM bagi kelompok dengan kebutuhan komunikasi khusus (UDL: *Multiple means of representation*) (Widana et al., 2023). Konsep *Total Communication* yang mempromosikan penggunaan simultan bahasa isyarat, gerak, dan visual efektif dalam mendukung pemahaman peserta tuli (Citrawan et al., 2024).

4. Integrasi Teknologi dalam Budidaya Lebah (*Precision Beekeeping*)

Hadjur et al. (2020) menekankan pentingnya sensor lingkungan dan energi surya dalam sistem budidaya lebah presisi (*precision beekeeping*). Teknologi IoT di dalam sarang memungkinkan diagnosis dini kondisi koloni sambil mempertahankan efisiensi energi sistem (Sumandya et al., 2024).

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian ini dirancang dalam empat tahapan utama yang bersifat partisipatif dan kolaboratif, dengan penerapan teknologi instalasi kotak budidaya lebah Trigona berbasis STEM serta alat panen madu berbasis STEM. Target kegiatan adalah 11 orang anggota Komunitas Tuli di Raya Honey Sebetan.

a. Kegiatan Sosialisasi Program dan Identifikasi Kebutuhan Mitra

Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman kepada mitra tentang tujuan, manfaat, dan tahapan program, serta melakukan identifikasi kebutuhan dan potensi anggota kelompok mitra.

Langkah-langkah kegiatan:

- Penyampaian program melalui komunikasi visual (presentasi gambar, infografis, dan video).
- Diskusi kelompok menggunakan interpreter dan alat bantu visual untuk mengakomodasi komunikasi dua arah.
- Identifikasi potensi dan tantangan budidaya lebah Trigona yang sudah dijalankan mitra.

Output:

- Peta kebutuhan edukasi dan teknologi.
 - Komitmen partisipasi aktif dari 11 anggota komunitas.
- b. Kegiatan Pelatihan Budidaya Lebah Berbasis STEM

Pelatihan dilakukan dalam dua segmen utama: (1) Pengenalan konsep STEM dalam budidaya lebah dan (2) Pelatihan teknis instalasi kotak dan alat panen lebah Trigona berbasis STEM.



Gambar 1. Kerangka kotak budidaya dan alat panen lebah trigona berbasis STEM
Materi pelatihan:

- Science*: Biologi lebah Trigona dan ekosistem pendukung.
- Technology*: Penggunaan alat bantu panen dan pengawasan suhu-kelembaban kotak ternak.
- Engineering*: Perakitan kotak lebah dan sistem ventilasi mikro.
- Mathematics*: Estimasi hasil panen, pengukuran suhu/kadar air, dan perhitungan skala produksi.



Gambar 3. Kotak budidaya dan alat panen lebah trigona berbasis STEMMedia pelatihan:

- a. Modul visual, video tutorial bahasa isyarat, dan simulasi langsung.
- b. Penggunaan alat bantu visual (gambar teknik, kartu STEM).

Output:

- a. Terbentuknya pemahaman dasar STEM dalam praktik budidaya.
- b. Meningkatnya keterampilan teknis dalam instalasi kotak dan alat panen madu.
- c. Kegiatan Pendampingan dan Evaluasi

Kegiatan ini berfungsi sebagai penguatan praktik dan pemecahan masalah teknis yang muncul selama proses pemeliharaan lebah dan penggunaan alat panen. Pendampingan dilakukan secara berkala (mingguan) selama 1 bulan setelah pelatihan, meliputi:

- a. Pengamatan terhadap pertumbuhan koloni.
- b. Evaluasi kebersihan, produktivitas, dan ketahanan sarang.
- c. Optimalisasi penggunaan teknologi STEM pada kotak budidaya dan alat panen.

Metode evaluasi:

- a. Wawancara terbimbing menggunakan bahasa isyarat.
- b. Kuesioner visual.
- c. Observasi langsung dan log aktivitas harian mitra.

Output:

- a. Data keberhasilan implementasi teknologi.
 - b. Feedback dari mitra terhadap teknologi dan metode pelatihan.
4. Keberlanjutan Program

Memastikan keberlanjutan program, dilakukan penguatan jejaring komunitas dan dukungan kewirausahaan sosial berbasis produk madu Trigona.

Strategi keberlanjutan:

- Pembuatan video tutorial internal sebagai media belajar komunitas tuli-dengar mandiri.
- Penunjukan kader STEM dari anggota kelompok untuk menduplikasi pelatihan.
- Fasilitasi pemasaran sederhana melalui media sosial dan mitra UMKM.
- Penyiapan proposal pengembangan alat STEM berbasis kebutuhan lokal untuk pengajuan dana CSR atau kemitraan kampus-masyarakat.

Output:

- Model edukasi berkelanjutan berbasis STEM untuk komunitas tuli.
- Rencana pengembangan skala produksi dan pemasaran produk madu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan judul “Penerapan Pendekatan STEM dalam Edukasi Budidaya Lebah Madu bagi Komunitas Tuli-Dengar di Raya Honey Sebetan” telah dilaksanakan selama 3 bulan, meliputi tahap sosialisasi, pelatihan, pendampingan & evaluasi, serta perencanaan keberlanjutan program. Seluruh tahapan berjalan sesuai rencana dengan tingkat partisipasi anggota komunitas yang tinggi. Berikut diasajikan hasil peningkatan kompetensi mitra.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat

Indikator	Sebelum Program	Sesudah Program	Peningkatan
Pemahaman tujuan program (%)	46,3	81,8	+35,5
Skor pengetahuan STEM (%)	41,5	87,2	+45,7
Peserta mampu merakit kotak lebah (%)	18,2	100	+81,8
Peserta mampu mengoperasikan alat panen (%)	0	81,8	+81,8
Pertumbuhan populasi lebah (%)	-	+24,6	-
Produktivitas madu per kotak (ml)	-	198,4	-
Tingkat keberhasilan penggunaan teknologi (%)	-	90,9	-

Kepuasan mitra (skala 1-5)	-	4,7	-
----------------------------	---	-----	---

1. Kegiatan Sosialisasi Program

Sosialisasi dilaksanakan pada minggu pertama dengan dihadiri 11 anggota Komunitas Tuli-Dengar Raya Honey Sebetan (100% kehadiran). Komunikasi berjalan efektif melalui dukungan interpreter bahasa isyarat, infografis, dan video visual. Tingkat pemahaman awal terhadap tujuan program (berdasarkan kuesioner visual pra-sosialisasi) berada pada rata-rata 46,3% (kategori rendah). Setelah sosialisasi, pemahaman meningkat menjadi rata-rata 81,8% (kategori tinggi).



Gambar 3. Sosialisasi Program Pegabdian Kepada Masyarakat

2. Kegiatan Pelatihan Budidaya Lebah Berbasis STEM

Pelatihan dilaksanakan dalam dua sesi intensif (teori dan praktik). Pada sesi praktik, peserta langsung terlibat dalam: Perakitan 10 unit kotak budidaya lebah *Trigona leviceps* berbasis STEM. Instalasi 1 unit alat panen madu *Trigona* berbasis STEM per kelompok kecil (3-4 orang). Rata-rata skor *pre-test* pengetahuan STEM dalam budidaya lebah: 41,5%. Rata-rata skor *post-test* setelah pelatihan: 87,2% (terjadi peningkatan sebesar +45,7 poin). 100% peserta mampu melakukan perakitan kotak lebah dengan benar sesuai panduan teknik. 9 dari 11 peserta (81,8%) mampu mengoperasikan alat panen secara mandiri tanpa pendampingan.



Gambar 4. Pelatihan Program Pegabdian Kepada Masyarakat

3. Kegiatan Pendampingan dan Evaluasi

Pendampingan dilakukan selama 4 minggu pascapelatihan, meliputi pemantauan pertumbuhan koloni, kondisi kotak, dan produktivitas madu. Rata-rata pertumbuhan populasi lebah dalam 1 bulan: +24,6%. Produktivitas rata-rata madu per kotak: 198,4 ml (perkiraan panen awal). Tingkat keberhasilan penggunaan teknologi STEM (berdasarkan checklist teknis): 90,9%. Kepuasan mitra terhadap program (skala 1–5): rata-rata 4,7.



Gambar 5. Pendampingan Program Pegabdian Kepada Masyarakat

4. Keberlanjutan Program

Untuk menjaga keberlanjutan, telah disusun rencana: 1 orang kader STEM ditunjuk dari komunitas untuk menjadi pelatih internal. Terbentuk grup komunikasi daring berbasis grup whatsapp khusus komunitas untuk berbagi perkembangan koloni dan penjualan madu. 100% anggota menyatakan siap melanjutkan budidaya dan menggunakan teknologi yang diberikan. Target jangka pendek yang disepakati (6 bulan ke depan): Peningkatan jumlah koloni dari 11 menjadi 20 koloni. Peningkatan rata-rata produksi madu menjadi ≥ 300 ml per kotak per siklus panen.



Gambar 6. Madu Siap panen

PEMBAHASAN

Hasil pengabdian kepada masyarakat ini menunjukkan bahwa penerapan pendekatan STEM dalam edukasi budidaya lebah madu Trigona pada komunitas Tuli-Dengar dapat meningkatkan pengetahuan, keterampilan teknis, dan kemandirian ekonomi mitra secara signifikan. Temuan ini selaras dengan penelitian Braun et al. (2018) yang menegaskan pentingnya pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk kelompok dengan kebutuhan komunikasi khusus, termasuk komunitas Tuli-Dengar.

Peningkatan pengetahuan dasar tentang biologi lebah, teknologi panen, rekayasa kotak sarang, dan perhitungan produksi pada anggota komunitas Tuli menunjukkan efektivitas integrasi konsep STEM yang dirancang berbasis komunikasi visual dan praktik langsung. Strategi ini sejalan dengan temuan Listman et al. (2024) bahwa penyediaan lingkungan belajar inklusif melalui materi visual, bahasa isyarat, dan alat bantu berbasis teknologi dapat meminimalkan hambatan komunikasi sekaligus meningkatkan hasil belajar di bidang STEM.

Penggunaan teknologi instalasi kotak budidaya lebah Trigona berbasis STEM dan alat panen madu terintegrasi berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas panen sebesar 35% dibandingkan metode tradisional mitra. Temuan ini menguatkan hasil penelitian Ntawuzumunsi et al. (2021) yang membuktikan bahwa sistem pemantauan dan pengendalian sarang berbasis teknologi mampu mengoptimalkan kondisi lingkungan mikro lebah, sehingga berdampak positif terhadap produksi madu.

Penerapan STEM dalam budidaya lebah juga berdampak pada peningkatan keterampilan kewirausahaan anggota komunitas. Hasil ini sejalan dengan studi Almutlaq et al. (2024) yang menekankan bahwa adopsi praktik peternakan lebah berkelanjutan, jika diintegrasikan dengan pelatihan teknis dan dukungan pemasaran, mampu meningkatkan kapasitas ekonomi masyarakat pedesaan.

Trigona memiliki peran penting sebagai polinator alami yang berkontribusi pada kelestarian keanekaragaman hayati (Roubik, 2023). Keberhasilan program ini tidak hanya memberikan dampak ekonomi tetapi juga mendukung pelestarian lingkungan. Diperkuat oleh temuan Esa et al. (2022) yang menjelaskan bahwa madu lebah tanpa sengat memiliki potensi nilai tambah di bidang kesehatan dan industri, sehingga dapat menjadi basis pengembangan ekonomi lokal yang berkelanjutan.

Keberlanjutan program menjadi aspek strategis yang perlu ditekankan. Melalui pembentukan kader STEM dari anggota komunitas dan penyusunan video tutorial internal, diharapkan proses transfer pengetahuan dapat berlanjut tanpa ketergantungan penuh pada fasilitator. Model ini relevan dengan rekomendasi Braun et al. (2018) yang mendorong penguatan kapasitas internal komunitas sebagai bagian dari pendidikan inklusif yang berkelanjutan.

Program ini dapat menjadi model pengabdian berbasis STEM yang aplikatif, inklusif, dan berkelanjutan, serta berpotensi direplikasi pada komunitas Tuli atau kelompok marjinal lain di sektor pertanian dan peternakan lebah. Keberhasilan replikasi tetap bergantung pada adaptasi teknologi terhadap konteks lokal, ketersediaan pendampingan awal, dan dukungan jejaring pemasaran.

KESIMPULAN

Program pengabdian ini berhasil meningkatkan pengetahuan, keterampilan teknis, dan kemandirian anggota Komunitas Tuli-Dengar dalam budidaya lebah Trigona melalui pendekatan STEM yang terintegrasi dengan komunikasi visual dan praktik langsung. Penerapan teknologi instalasi kotak budidaya dan alat panen madu berbasis STEM terbukti meningkatkan produktivitas madu hingga 35% dibandingkan metode awal yang digunakan mitra. Selain peningkatan produktivitas, program ini juga memperkuat kapasitas kewirausahaan anggota komunitas, membuka peluang pemasaran produk madu, serta mendukung pelestarian lingkungan melalui pelatihan budidaya lebah trigona sebagai polinator alami. Keberhasilan ini ditunjang oleh metode pelatihan yang inklusif, pendampingan intensif, dan strategi keberlanjutan berbasis kader STEM serta media belajar internal komunitas. Model pengabdian berbasis STEM yang inklusif dan berkelanjutan dapat direplikasi pada komunitas Tuli-Dengar maupun kelompok marjinal lain di sektor pertanian dan peternakan lebah, dengan penyesuaian teknologi sesuai konteks lokal.

SARAN

1. Penguatan Kapasitas Teknologi Berbasis STEM: Perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut pada teknologi kotak budidaya dan alat panen madu Trigona termasuk sistem pemantauan suhu, kelembaban, dan keamanan sarang yang lebih presisi, agar produktivitas madu dapat terus meningkat.

2. Pengembangan Modul Inklusif: Disarankan pembuatan modul pelatihan tambahan dalam bentuk video tutorial berbahasa isyarat dan infografis, sehingga proses transfer pengetahuan dapat diakses secara mandiri oleh anggota komunitas Tuli maupun kelompok dengan kebutuhan komunikasi khusus lainnya.
3. Jejaring Pemasaran dan Kemitraan: Perlu diperkuat kerja sama dengan pelaku UMKM, komunitas peternak lebah, dan platform pemasaran digital untuk memperluas pasar produk madu Trigona, sehingga keberlanjutan ekonomi komunitas dapat terjamin.
4. Replikasi Model Program: Disarankan agar model pengabdian berbasis STEM ini diadaptasi dan direplikasi pada komunitas Tuli atau kelompok marjinal lain di daerah berbeda, dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan, jenis lebah lokal, dan potensi pasar setempat.
5. Penelitian Lanjutan: Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengukur dampak jangka panjang penerapan teknologi STEM pada produktivitas lebah Trigona dan kesejahteraan komunitas, termasuk kajian manfaat ekologis terhadap keberlanjutan ekosistem lokal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima kasih kepada Direktorat Jenderal Riset Dan Pengembangan melalui Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat DIPA Tahun Anggaran 2025 dengan Nomor: 0070/C3/AL.04/2025. Kontrak NOMOR: 125/C3/DT.05.00/PM/2025; 2167/LL8/AL.04/2025; 0684/UPMI/VI/2025 telah memberikan bantuan dana sebesar Rp. 47.674.000,00 sehingga Program Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat dengan judul Pemberdayaan Komunitas Tuli-Dengar Raya Honey Sibetan Sistem Nyama Braya dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, A., Andi, S., & Wulandari, N. (2019). Peningkatan produksi madu kelulut (Trigona sp.) melalui inovasi teknologi panen. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 4(2), 55–64. <https://doi.org/10.32734/jai.v4i2.856>
- Agronet. (2020). Budidaya lebah kelulut: Potensi bisnis yang menggiurkan. Agronet.id. Diakses dari <https://agrinet.co.id/budidaya-lebah-kelulut>.

-
- Almutlaq, M. A., Al-Shammari, A. M., Alghamdi, A. A., & Adgaba, N. (2024). Sustainable beekeeping practices: A pathway to rural development and biodiversity conservation. *Journal of Apicultural Research*, 63(1), 45–56. <https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2230197>.
- Braun, M., Fingerlin, T., & Bögeholz, S. (2018). Inclusion in STEM education: Strategies for teaching science to students with hearing impairments. *International Journal of Science Education*, 40(13), 1623–1644. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1494393>
- Citrawan IW, Mukminin A, Widana IW, Sumandya IW, Widana INS. (2024) Arief H, et al. Special Education Teachers' Ability In Literacy And Numeracy Assessments Based On Local Wisdom. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 8(1):145–57.
- Esa, F., Johari, N. A., & Ramli, S. N. (2022). Meliponiculture: A sustainable income generating activity for rural communities. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 45(4), 827–842. <https://doi.org/10.47836/pjtas.45.4.08>
- Hadjur, H., Ammar, D., & Lefèvre, L. (2020). Analysis of energy consumption in a precision beekeeping system. <https://arxiv.org/abs/2010.14934>.
- Istikowati, W. T., Sunardi, Soendjoto, M. A., & Syaifuddin. (2023). Pengembangan budidaya lebah kelulut di Desa Batu Tanam, Sambung Makmur, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 5(1). <https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v5i1.983>.
- Listman, J., Doolittle, P. E., & Miller, H. (2024). Accessibility in STEM for deaf learners: The role of visual learning tools and interpreters. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 29(1), 1–14. <https://doi.org/10.1093/deafed/enad018>
- Ntawuzumunsi, F., Muli, E., & Raina, S. (2021). Impact of modern hive technology on stingless bee honey production in rural communities. *Apidologie*, 52(6), 1239–1251. <https://doi.org/10.1007/s13592-021-00884-2>
- Roubik, D. W. (2023). Stingless bees: Their biology, ecology and role in pollination. *Annual Review of Entomology*, 68, 231–250. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-042020-083953>
- Sumandya IW, Widana IW, Suryawan IPP, Handayani IGA, Mukminin A, (2023) Analysis of understanding by design concept of teachers' independence and

-
- creativity in developing evaluations of mathematics learning in inclusion schools. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 7(2):124–35.
- Sumandya IW, Pranatha IKY, Dharmadewi AAIM, et al, (2024). Penguatan Keberlanjutan Ekowisata dan Ekonomi Lokal Melalui Budidaya Lebah Trigona. *JAM (Jurnal Abdi Masyarakat)*, 4(2):79–90.
- Widana IW, Sumandya IW, Suanda W, Eka P, Ariati P, Made Wijaya I, et al, (2024) Pemberdayaan masyarakat dalam beternak lebah madu Trigona sp. dan pupuk organik berbasis mikroorganisme untuk menekan perusakan hutan di Desa Tukadaya, Kecamatan Melaya, Kabupaten Jembrana-Bali. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 8(4):4353–4361.
- Widana IW, Sumandya IW, Citrawan IW, (2023). The special education teachers' ability to develop an integrated learning evaluation of Pancasila student profiles based on local wisdom for special needs students in Indonesia. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 44(2):527–36.
- Yanuartati, Y. (2021). Manfaat ekologis dan ekonomis lebah kelulut (*Trigona* sp.) dalam sistem agroforestri. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 10(1), 45–54.
- Yanuartati, B. Y. E. (2021). Pembinaan dan pendampingan teknik budidaya Trigona sp. bagi peternak kecil di Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(4), 489–492.
<https://doi.org/10.18330/jwallacea.2021.vol10iss1pp45-54>.
- Yusuf, M., Ramdani, F., & Andayani, N. (2024). Faktor-faktor penentu keberhasilan usaha budidaya lebah madu rakyat. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 20(1), 1–12. <https://doi.org/10.20956/jsep.v20i1.17253>.