AJAD
JURNAL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
DOI: 10.59431/ajad.v6i3.973.
E-ISSN: 2797-2356 | P-ISSN: 2797-2364

COMMUNITY ENGAGEMENT ARTICLE

Model Terpadu Pemberdayaan Desa Berbasis *Green Economy* melalui Hilirisasi Nilam dan Perlebahan di Desa Lambadeuk, Aceh Besar

Mujiburrahmad [1*], Agussabti [2], Elviani [3], Mukramah [4]

Affiliation
[1*,2] Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

[3] Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Iskandar Muda, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

[4] Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

Correspondence
[3*] Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh, Indonesia.

Email: mujiburrahmad@usk.ac.id

Funding Information
Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Direktorat Jenderal Riset Dan Pengembangan. Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains Dan Teknologi.

Article History
Received: 15 Aug 2026.
Revised: 17 Aug 2026.
Accepted: 2 Oct 2026.
Available online: 1 November 2026.
Published: 1 December 2026.

Abstract
Lambadeuk Village, Aceh Besar Regency, possesses patchouli and linot (stingless bee) honey potential that remains underutilized for economic value addition. Partner groups face challenges such as limited processing technology, absent SOPs, low capacity, weak business governance, and restricted market access. This community initiative aims to establish a green economy-based empowerment model through appropriate technology, capacity building, and product downstreaming. Carried out with the Benteng Makmur Farmer Group and KTH Lestari Alam, activities employed a participatory method spanning problem identification to evaluation. Benteng Makmur was facilitated with a stainless-steel steam distillation unit and patchouli processing SOPs, while KTH Lestari Alam received additional linot bee colonies and harvesting SOPs. The initiative improved community capacity, production self-reliance, and value-added opportunities. The added colonies are targeted to increase honey production by up to 50%, while the distillation unit underpins high-value patchouli oil development. Integrating appropriate technology, standardization, and green economy principles effectively supports sustainable village-level enterprises.

Keywords
Downstream Processing; Green Economy; Linot Honey; Patchouli.

Abstrak
Desa Lambadeuk, Kabupaten Aceh Besar, memiliki potensi nilam dan madu linot yang belum optimal memberikan nilai tambah ekonomi akibat keterbatasan teknologi pengolahan, ketiadaan SOP, rendahnya kapasitas produksi, serta lemahnya tata kelola usaha dan akses pasar. Program pengabdian ini bertujuan mengembangkan model pemberdayaan desa berbasis *green economy* melalui penerapan teknologi tepat guna, peningkatan kapasitas masyarakat, dan hilirisasi produk lokal. Bersama Kelompok Tani Benteng Makmur dan KTH Lestari Alam, kegiatan dijalankan secara partisipatif dari tahap identifikasi hingga evaluasi. Intervensi yang diberikan meliputi penyediaan ketel penyulingan uap *stainless steel* beserta SOP produksi minyak nilam untuk Benteng Makmur, serta penambahan koloni lebah linot dan SOP panen–pascapanen bagi KTH Lestari Alam. Program ini berhasil meningkatkan keterampilan, kemandirian produksi, dan peluang nilai tambah mitra. Penambahan koloni ditargetkan mendongkrak produksi madu hingga 50%, sedangkan ketel penyulingan menjadi fondasi produksi minyak nilam bermutu. Integrasi teknologi, standardisasi proses, dan prinsip ekonomi hijau secara nyata memperkuat keberlanjutan usaha desa.

Kata Kunci
Ekonomi hijau; Hilirisasi; Madu linot; Nilam.

1 | PENDAHULUAN

Pembangunan ekonomi perdesaan tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan sumber daya alam, tetapi juga oleh kemampuan masyarakat dalam mengolah sumber daya tersebut menjadi produk bernilai tambah (Mujiburrahmad *et al*., 2025). Desa yang memiliki potensi pertanian dan hasil hutan bukan kayu dapat memperoleh manfaat ekonomi yang lebih besar apabila kegiatan produksi di tingkat hulu diikuti oleh pengolahan, standardisasi, penguatan kelembagaan, dan pemasaran (Keumalasari *et al*., 2025). Pendekatan tersebut semakin penting dalam konteks pembangunan berkelanjutan karena peningkatan pendapatan masyarakat perlu berjalan seiring dengan efisiensi pemanfaatan sumber daya dan pengurangan limbah (Prastio *et al*., 2022). Desa Lambadeuk, Kecamatan Peukan Bada, Kabupaten Aceh Besar, merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi ekonomi lokal berupa komoditas nilam dan madu linot (Fariz *et al*., 2025). Potensi tersebut telah menjadi bagian dari aktivitas ekonomi masyarakat, tetapi sebagian besar kegiatan masih berada pada tahap hulu dengan nilai tambah yang relatif terbatas. Kondisi awal menunjukkan bahwa masyarakat menghadapi keterbatasan teknologi pascapanen dan pengolahan, manajemen usaha, akses pasar, serta penerapan prinsip keberlanjutan. Laporan program menunjukkan bahwa permasalahan tersebut bersifat multidimensional dan berkaitan antara aspek produksi, ekonomi, kelembagaan, sumber daya manusia, dan lingkungan (Aiyula & Mujiburrahmad, 2022). Pada Kelompok Tani Benteng Makmur, komoditas nilam tersedia dari areal anggota kelompok, tetapi belum memiliki fasilitas penyulingan uap mandiri. Akibatnya, bahan baku lebih banyak dipasarkan dalam bentuk daun nilam kering yang membatasi nilai tambah yang dapat diperoleh petani (Pramestari *et al*., 2024; Seto *et al*., 2025). Selain itu, proses pascapanen belum memiliki pengendalian yang terstandar dan belum tersedia SOP yang mengatur tahapan produksi dari bahan baku hingga produk akhir (Zikri *et al*., 2022). Sistem pemasaran juga masih bergantung pada pedagang pengumpul dengan posisi tawar petani yang relatif lemah (Fauzi *et al*., 2021; Maizi *et al*., 2020). Permasalahan serupa dihadapi oleh KTH Lestari Alam dalam pengembangan madu linot dari kawasan hutan sekitar desa. Keterbatasan jumlah koloni produktif menyebabkan kapasitas produksi belum optimal, ditambah proses panen dan pascapanen yang masih sederhana tanpa dukungan SOP tertulis. Produk madu juga belum sepenuhnya dikembangkan sebagai produk premium yang memiliki identitas dan karakter asal wilayah (*geographical branding*). Padahal, masyarakat Lambadeuk telah memiliki modal sosial dan kelembagaan yang kuat untuk mengembangkan usaha berbasis sumber daya hutan secara berkelanjutan (Arifiyanto *et al*., 2022; Budiaman, 2024; Priyambodo *et al*., 2023). KTH Lestari Alam sendiri merupakan penerima Penghargaan Wana Lestari, lokasi Wanawiyata Widyakarya, dan pelaksana aktif Program Kampung Iklim (ProKlim). Kelompok ini telah mengelola budidaya lebah tanpa sengat pada lanskap seluas 25 hektare dengan 80 koloni, menghasilkan rata-rata 20 kg madu dan 10 kg propolis per bulan. Capaian ini menunjukkan potensi nyata budidaya lebah tanpa sengat sebagai sumber pendapatan alternatif sekaligus instrumen penguatan ekonomi masyarakat berbasis konservasi.

Pendekatan *green economy* menjadi sangat relevan karena pengembangan usaha masyarakat tidak cukup hanya berorientasi pada peningkatan volume produksi, melainkan harus mengintegrasikan efisiensi sumber daya, pengelolaan limbah, keberlanjutan lingkungan, dan penguatan ekonomi lokal (Potts *et al*., 2014). Dalam program ini, prinsip tersebut diterapkan melalui hilirisasi nilam menjadi minyak nilam, pemanfaatan limbah ampas nilam sebagai bahan baku pupuk organik/kompos, diversifikasi produk turunan madu dan propolis, serta standardisasi sistem produksi mutu terpadu. Pendekatan ini memperkuat kesinambungan dari program pengabdian terdahulu di Desa Lambadeuk, yakni hilirisasi propolis berbasis ekonomi sirkular (2024) dan optimalisasi lahan marginal melalui tumpangsari cabai–nilam (2025). Kebaruan (*novelty*) dari intervensi ini terletak pada integrasi dua klaster komoditas unggulan desa—nilam dan madu linot—dalam satu ekosistem rantai nilai terpadu (*integrated value chain*) yang saling melengkapi dan berprinsip nir-limbah (*zero-waste system*). Berdasarkan pertimbangan tersebut, program pemberdayaan ini dirancang secara komprehensif melalui transfer teknologi pascapanen, pelatihan tata kelola mutu berstandar SOP, legalitas dan pengemasan produk, serta digitalisasi akses pasar. Pelaksanaan kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas kelembagaan mitra, mendongkrak margin nilai tambah komoditas nilam dan madu linot, serta mentransformasi Desa Lambadeuk menjadi sentra agrowisata edukasi dan ekonomi sirkular perdesaan yang mandiri, berdaya saing, dan berkelanjutan.

2 | LANDASAN TEORI

Pemberdayaan masyarakat merupakan pendekatan pembangunan yang menempatkan masyarakat sebagai subjek utama dalam proses perubahan (Hamat *et al*., 2021). Pemberdayaan tidak hanya diarahkan pada peningkatan kemampuan individu, tetapi juga mencakup penguatan kelembagaan, akses terhadap teknologi, pengembangan usaha, peningkatan kapasitas produksi, serta kemampuan masyarakat dalam mengelola sumber daya yang tersedia secara mandiri (Mujiburrahmad *et al*., 2022). Dalam konteks pembangunan desa, pendekatan pemberdayaan menjadi penting karena setiap wilayah memiliki karakteristik sumber daya, permasalahan, dan peluang ekonomi yang berbeda. Pemberdayaan

berbasis potensi lokal menekankan pemanfaatan sumber daya yang telah tersedia di lingkungan masyarakat sebagai dasar pengembangan ekonomi (Huldiansyah *et al*., 2022). Pendekatan ini memungkinkan masyarakat mengembangkan kegiatan ekonomi berdasarkan keunggulan wilayah, kearifan lokal, dan sumber daya yang mudah diakses. Dengan demikian, pembangunan desa tidak hanya berorientasi pada ketergantungan bantuan eksternal, melainkan berfokus pada penguatan kapasitas endogen masyarakat agar mampu mentransformasi potensi lokal menjadi produk berdaya saing secara mandiri dan berkelanjutan (Wijaya *et al*., 2022). Konsep *green economy* menempatkan aktivitas ekonomi dan kelestarian ekosistem sebagai dua pilar yang saling terintegrasi. Pendekatan ini tidak semata mengejar peningkatan volume produksi dan keuntungan finansial sesaat, melainkan menitikberatkan pada efisiensi pemanfaatan sumber daya, dekarbonisasi, mitigasi dampak lingkungan, serta peningkatan kesejahteraan masyarakat yang inklusif (Potts *et al*., 2014). Penerapan *green economy* di tingkat desa terwujud melalui optimalisasi komoditas berbasis pertanian, perkebunan, kehutanan, dan hasil hutan bukan kayu (HHBK) secara produktif dan lestari (Nasikh *et al*., 2023). Dalam praktiknya, pendekatan ini diperkuat oleh prinsip ekonomi sirkular (*circular economy*), di mana residu atau limbah dari satu mata rantai produksi dipulihkan (*recovered*) dan diolah kembali menjadi masukan (*input*) bagi siklus produksi lain (*closed-loop system*). Model nir-limbah (*zero waste*) ini meminimalkan jejak ekologis sekaligus menciptakan diversifikasi aliran pendapatan (*multiple revenue streams*) bagi komunitas perdesaan.

Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) merupakan salah satu komoditas perkebunan penghasil minyak atsiri utama yang bernilai ekonomi tinggi di pasar domestik maupun internasional. Nilai tambah terbesar dari komoditas ini tidak terletak pada penjualan biomassa mentah (daun kering), melainkan pada minyak nilam (*patchouli oil*) hasil proses penyulingan uap (*steam distillation*) yang kaya akan senyawa aktif *patchouli alcohol* (Zikri *et al*., 2022). Kendala utama yang kerap dihadapi kelompok tani di tingkat perdesaan adalah keterbatasan alat distilasi yang efisien, perlakuan pascapanen daun yang belum seragam, ketiadaan Standard Operating Procedure (SOP) pengeringan dan penyulingan, serta fluktuasi mutu produk (Universitas Syiah Kuala, 2023). Hilirisasi berbasis introduksi teknologi tepat guna dan standardisasi operasional menjadi instrumen esensial untuk menjamin rendemen, kestabilan kualitas minyak, serta posisi tawar tawar petani di hadapan rantai pasok industri. Selain itu, biomassa ampas sisa sulingan nilam memiliki kandungan organik yang berpotensi tinggi untuk dikonversi menjadi pupuk kompos ramah lingkungan. Perlebahan merupakan aktivitas ekonomi yang memanfaatkan koloni lebah untuk menghasilkan produk bernilai tinggi sekaligus mendukung jasa penyerbukan (*pollination service*) tanaman hutan dan perkebunan (Basuki *et al*., 2022). Lebah tanpa sengat (*stingless bee*, lokal: *linot* atau famili *Meliponini*) memiliki keunggulan komparatif karena sifatnya yang jinak, mudah diintegrasikan ke dalam lanskap agroforestri, serta menghasilkan madu berkarakteristik khas dengan kadar air, keasaman alami, dan antioksidan yang unik. Selain madu, lebah ini memproduksi propolis—senyawa resin kompleks bernilai ekonomi tinggi dengan fungsi antibakteri dan terapeutik (Budiaman, 2024). Produktivitas dan keberlanjutan usaha perlebahan linot ditentukan oleh ketersediaan vegetasi pakan (*nectar* dan *resin*), daya dukung lingkungan lanskap hutan, kepadatan koloni produktif, serta teknik pemanenan higienis. Introduksi teknik pascapanen higienis (seperti metode ekstraksi hisap nir-kontaminasi) dan standardisasi pengemasan merupakan kunci peningkatan mutu dari madu konsumsi mentah menjadi produk bernilai tambah premium berorientasi pasar modern.

3 | METODE

3.1 Waktu, Lokasi, dan Mitra Sasaran

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Gampong Lambadeuk, Kecamatan Peukan Bada, Kabupaten Aceh Besar, sebagai bagian dari skema Program Pemberdayaan Desa Binaan tahun pertama dalam rencana pelaksanaan multi-tahun. Mitra sasaran program mencakup dua kelompok masyarakat produktif, yaitu Kelompok Tani Benteng Makmur dan Kelompok Tani Hutan (KTH) Lestari Alam. Kelompok Tani Benteng Makmur berfokus pada penguatan tata kelola hulu-hilir komoditas nilam melalui introduksi teknologi penyulingan uap dan pengolahan limbah biomassa menjadi pupuk organik. Sementara itu, KTH Lestari Alam difokuskan pada perbanyakan koloni lebah tanpa sengat (*Heterotrigona itama / Trigona sp.*), penerapan standardisasi panen higienis, serta hilirisasi produk madu linot dan propolis bernilai tambah tinggi.

3.2 Pendekatan Pemberdayaan dan Tahapan Kegiatan

Pendekatan yang diterapkan dalam program ini berbasis pada metode partisipatif (*Participatory Action Research* - PAR) yang dirancang secara bertahap, aplikatif, dan berkelanjutan guna menumbuhkan rasa kepemilikan mitra terhadap inovasi yang diintroduksikan. Keterlibatan aktif mitra dimulai sejak tahap identifikasi dan pemetaan masalah (*baseline assessment*) untuk memotret kondisi eksisting kapasitas produksi, keterbatasan alat, keterampilan anggota, serta rantai pasok pemasaran. Tahap ini kemudian ditindaklanjuti dengan sosialisasi dan penyepakatan program guna menyelaraskan komitmen, pembagian peran kerja, dan penyusunan jadwal operasional bersama pengurus serta anggota kelompok. Pelaksanaan program dilanjutkan dengan alih teknologi tepat guna (TTG) berupa pengadaan, instalasi, dan uji fungsi

fasilitas distilasi uap nilam serta sarana budidaya perlebahan linot, yang diintegrasikan langsung dengan pelatihan dan transfer pengetahuan melalui lokakarya interaktif mengenai tata kelola mutu, operasional alat, keselamatan kerja, dan higienitas produksi. Untuk menjamin konsistensi mutu produk, disusun dokumen *Standard Operating Procedure* (SOP) teknis operasional hulu ke hilir yang disepakati bersama. Selanjutnya, pendampingan intensif dan percontohan (*piloting*) dilakukan melalui praktik langsung penyulingan terpadu, konversi limbah ampas nilam menjadi pupuk kompos ramah lingkungan (*zero waste*), serta demonstrasi panen higienis madu linot. Seluruh rangkaian kegiatan diakhiri dengan monitoring, evaluasi, dan penyusunan rencana keberlanjutan untuk mengukur ketercapaian target luaran sekaligus merumuskan peta jalan kemandirian usaha kelompok secara mandiri di masa mendatang.

3.3 Intervensi Teknologi pada Klaster Komoditas Nilam

Intervensi teknologi pada Kelompok Tani Benteng Makmur dipusatkan pada instalasi fasilitas ketel penyulingan uap (*direct steam distillation*) skala kelompok berbahan baku *food/chemical-grade stainless steel* (SUS 304) dengan kapasitas muat daun kering yang optimal. Pemilihan material *stainless steel* ini ditujukan untuk meminimalkan risiko korosi serta menjaga kemurnian, kejernihan, dan kestabilan warna minyak nilam agar memenuhi standar mutu SNI 06-2385-2006. Pendampingan teknis kepada anggota kelompok dilakukan secara komprehensif, diawali dari standardisasi penanganan pascapanen berupa teknik pengeringanginan (*air-drying*) daun nilam hingga mencapai kadar air ideal berkisar 12–15% guna mencegah degradasi senyawa aktif *patchouli alcohol*. Pada tahap operasionalisasi distilasi, mitra dilatih mengontrol parameter penting seperti tekanan uap, laju alir pendingin kondensor, kestabilan suhu, hingga teknik pemisahan minyak dan air menggunakan bejana florentin (*florentine flask*). Penerapan prinsip ekonomi sirkular turut diintegrasikan melalui konversi biomassa limbah padat ampas nilam pascadistilasi menjadi pupuk organik hayati menggunakan mikroorganisme dekomposer lokal. Seluruh rangkaian proses tersebut dibakukan ke dalam dokumen *Standard Operating Procedure* (SOP) tertulis yang mencakup enam pilar utama, yaitu penanganan bahan baku, pengeringan, perajangan, proses distilasi uap, dekantasi/pemisahan minyak, dan pengemasan produk dalam wadah kedap cahaya untuk menjaga daya simpan serta nilai jual minyak nilam.

3.4 Intervensi Teknologi pada Klaster Madu Linot

Intervensi pada KTH Lestari Alam dirancang untuk mengatasi keterbatasan kapasitas produksi sekaligus menjamin mutu hasil panen madu lebah tanpa sengat. Peningkatan kapasitas dilakukan melalui introduksi dan penempatan stup atau log koloni produktif baru pada lanskap agroforestri desa, yang diiringi dengan pengayaan vegetasi pakan lebah (*bee forage*) serta sumber resin alami di sekitar lokasi budidaya. Dari sisi higienitas dan teknik pascapanen, program ini mengintroduksikan teknologi panen modern berupa pompa hisap elektrik mini portabel bertenaga baterai (*suction machine* nir-kontaminasi) untuk menggantikan metode pemerasan manual tradisional yang rentan merusak kantung telur (*brood cells*) dan mencemari kemurnian madu. Tahap pascapanen selanjutnya disempurnakan melalui penggunaan saringan bertingkat berbahan *food-grade* serta penerapan teknik penurunan kadar air secara terkontrol (dehumidifikasi) guna mempertahankan kandungan enzim alami dan senyawa bioaktif propolis. Seluruh praktik pemanenan dan penanganan hasil tersebut dibakukan ke dalam dokumen *Standard Operating Procedure* (SOP) panen ramah koloni yang mengatur teknik panen selektif, pemeliharaan struktur internal stup, hingga sanitasi pengemasan produk agar memenuhi standar madu premium berdaya saing pasar tinggi.

3.5 Indikator Capaian dan Metode Evaluasi

Evaluasi efektivitas program dilakukan menggunakan metode komparatif yang membandingkan kondisi sebelum (*pre-intervention*) dan sesudah (*post-intervention*) pelaksanaan kegiatan melalui pendekatan triangulasi data. Pengukuran capaian mencakup empat aspek utama. Pada aspek kognitif dan keterampilan, evaluasi dilakukan melalui instrumen *pre-test* dan *post-test* kuesioner berbasis skala Likert kepada anggota mitra untuk mengukur peningkatan pemahaman terhadap SOP teknis dan kecakapan dalam mengoperasikan teknologi tepat guna. Pada aspek kuantitatif produksi, pencatatan log berkala dilakukan terhadap perubahan volume rendemen minyak nilam per siklus suling, efisiensi konsumsi bahan bakar ketel distilasi, volume panen madu linot, serta dinamika pertambahan jumlah koloni lebah yang aktif dan produktif. Aspek kualitas dan standardisasi dinilai berdasarkan ketersediaan serta kepatuhan implementasi dokumen SOP hulu-hilir, uji organoleptik, dan kesesuaian parameter mutu produk akhir. Sementara itu, pada aspek kelembagaan dan keberlanjutan sirkular, penilaian difokuskan pada terbentuknya struktur unit kerja operasional dan pemeliharaan alat, terbukanya akses rantai pemasaran kelompok, serta pemanfaatan nyata biomassa ampas nilam menjadi pupuk kompos ramah lingkungan. Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif guna memberikan gambaran komprehensif mengenai tingkat keberhasilan dan dampak kemandirian yang dicapai oleh mitra sasaran.

4 | HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Kondisi Awal Mitra dan Kebutuhan Intervensi

Hasil identifikasi awal menunjukkan bahwa permasalahan kedua mitra memiliki pola yang relatif sama, yaitu kuat pada aspek ketersediaan sumber daya alam tetapi lemah pada aspek hilirisasi teknologi dan tata kelola usaha. Pada Kelompok Tani Benteng Makmur, bahan baku nilam tersedia melimpah dari areal pertanaman seluas sekitar 25 hektare milik anggota kelompok. Namun, belum adanya fasilitas penyulingan mandiri menyebabkan kapasitas produksi minyak nilam berada pada kondisi awal yang belum berkembang (nol di tingkat petani). Produk yang dihasilkan selama ini terutama hanya berupa daun nilam kering yang dipasarkan tanpa spesifikasi mutu yang terstandar. Kondisi tersebut menyebabkan nilai ekonomi yang diperoleh masyarakat masih sangat terbatas dan posisi tawar petani relatif lemah di hadapan pedagang pengumpul. Kondisi KTH Lestari Alam juga menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi ekologis lanskap dan kapasitas usaha aktual. Madu linot memiliki karakteristik lokal yang khas dan berpeluang besar dikembangkan sebagai produk unggulan desa, tetapi jumlah koloni produktif yang dikelola masih sangat terbatas. Selain itu, proses pemanenan dan penanganan pascapanen belum memiliki pedoman kerja tertulis sehingga konsistensi mutu produk belum optimal. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa program pemberdayaan tidak cukup dilakukan hanya melalui pemberian bantuan sarana fisik produksi semata. Intervensi perlu menggabungkan introduksi teknologi tepat guna dengan peningkatan kemampuan sumber daya manusia secara berkesinambungan. Oleh karena itu, program dirancang dalam bentuk kombinasi alih teknologi tepat guna, pelatihan praktis, penyusunan Standard Operating Procedure (SOP), dan pendampingan intensif.

4.1.2 Penerapan Ketel Penyulingan sebagai Teknologi Tepat Guna

Salah satu capaian utama pada Kelompok Tani Benteng Makmur adalah tersedianya ketel penyulingan uap (*direct steam distillation*) skala kelompok berbahan baku *stainless steel*. Teknologi ini menjadi titik penting dalam membuka proses hilirisasi komoditas nilam di tingkat gampong. Sebelum intervensi, masyarakat sama sekali belum memiliki fasilitas penyulingan sehingga nilai ekonomi utama hanya diperoleh dari penjualan bahan mentah berupa daun nilam kering. Dengan tersedianya ketel uap ini, bahan baku dapat langsung diproses menjadi minyak nilam olahan di tingkat kelompok. Perubahan ini menciptakan peluang strategis untuk menggeser pola usaha masyarakat dari sekadar menjual bahan mentah bernilai rendah menjadi produsen produk olahan antara yang memiliki nilai tambah ekonomi berlipat ganda. Pemilihan material *stainless steel* (SUS 304) memberikan keuntungan teknis yang nyata dari sisi ketahanan tinggi terhadap panas dan korosi, kemudahan dalam menjaga kebersihan peralatan, serta pencegahan kontaminasi ion logam pada minyak yang dihasilkan. Selain itu, ketel dirancang secara ergonomis agar relatif mudah dioperasikan dan dipelihara secara swadaya oleh kelompok. Dengan demikian, teknologi tidak hanya berfungsi sebagai sarana produksi fisik, tetapi juga menjadi instrumen pembelajaran kolektif bagi masyarakat. Penerapan ketel ini turut memperkuat sistem produksi bersama; bahan baku daun nilam yang berasal dari para anggota dapat dikumpulkan dan diproses menggunakan fasilitas bersama secara terjadwal. Model ini membuka peluang pembentukan unit usaha pengolahan minyak nilam berbasis kelompok. Keberhasilan alih teknologi ini tercermin dari keterlibatan aktif anggota kelompok dalam persiapan bahan baku, pengeringan, pengoperasian alat, pemantauan distilasi, hingga pemeliharaan peralatan secara berkala.

4.1.3 Standardisasi Proses melalui SOP Penyulingan Nilam

Penerapan teknologi penyulingan diimbangi secara langsung dengan penyusunan dan penerapan dokumen SOP. Hal ini penting karena keberadaan sarana fisik alat tanpa standardisasi proses belum menjamin konsistensi mutu produk akhir. SOP penyulingan nilam mencakup seluruh rangkaian alur kerja: penanganan pascapanen, pengeringan bahan secara teduh (*air-curing*), penyimpanan bahan baku agar terhindar dari kelembapan berlebih, proses pengisian dan pemadatan daun dalam ketel, pengaturan tekanan uap dan pendinginan kondensor, pemisahan fraksi minyak-air dengan bejana florentin, hingga teknik penyaringan dan penyimpanan minyak dalam wadah kedap cahaya. Setiap tahapan diarahkan untuk mengurangi variasi proses dan meningkatkan kemampuan kelompok dalam mengendalikan mutu produksi. Penerapan SOP ini terbukti meningkatkan kapasitas pengetahuan dan kedisiplinan kerja anggota. Sebelumnya, sebagian besar proses dilakukan berdasarkan kebiasaan atau pengalaman individual yang sering kali menghasilkan kualitas yang beragam. Setelah intervensi kegiatan, anggota kelompok memiliki pedoman bersama yang dibakukan sebagai acuan operasional resmi. Integrasi antara fasilitas ketel uap dan SOP merupakan kekuatan utama model pemberdayaan ini; ketel menyediakan kapasitas fisik untuk melakukan hilirisasi, sedangkan SOP menyediakan sistem kerja terukur agar teknologi dimanfaatkan secara konsisten dan efisien. Rangkaian ini telah menjadi fondasi penting bagi pengembangan usaha minyak nilam yang lebih produktif, efisien, dan berorientasi pada pemenuhan standar mutu pasar.

4.1.4 Penambahan Koloni sebagai Strategi Peningkatan Kapasitas Produksi Madu

Pada KTH Lestari Alam, permasalahan utama terletak pada keterbatasan jumlah koloni produktif yang dapat dipanen secara berkala. Penambahan stup dan log koloni lebah tanpa sengat (*Heterotrigona itama*) dilakukan untuk memperkuat

basis kapasitas produksi kelompok. Penambahan koloni ini memberikan tambahan aset biologis produktif yang dapat dikelola secara berkelanjutan pada lanskap agroforestri desa seluas 25 hektare yang kaya akan sumber pakan alami. Dampak penambahan koloni ini tidak bersifat instan karena produktivitas madu sangat bergantung pada fase adaptasi dan kesehatan koloni, ketersediaan pakan nektar dan resin dari vegetasi hutan, kondisi cuaca, serta keterampilan peternak dalam melakukan pemeliharaan sarang. Oleh sebab itu, penambahan koloni dibarengi dengan pendampingan intensif tata kelola budidaya. Program menetapkan target peningkatan volume produksi madu hingga 50% dibandingkan kondisi awal sebagai arah sasaran pengembangan usaha jangka menengah, bukan sebagai klaim peningkatan instan pada fase awal pelaporan. Pengembangan kapasitas koloni ini terus dipantau perkembangannya pada periode-periode berikutnya. Pendekatan ini memperlihatkan bahwa peningkatan kapasitas produksi fisik harus berjalan seiring dengan penguatan kemampuan manajemen sumber daya manusia agar aset produktif yang diberikan dapat berfungsi optimal dan berkesinambungan.

4.1.5 Standardisasi Panen dan Pascapanen Madu Linot

Selain penambahan aset koloni, kegiatan diarahkan secara terstruktur pada peningkatan mutu hasil panen melalui perumusan dan penerapan SOP panen serta pascapanen madu linot. SOP ini meliputi tata cara pemilihan stup siap panen, teknik panen ramah koloni menggunakan pompa hisap elektrik mini nir-kontaminasi, penyaringan bertingkat menggunakan saringan *food-grade*, hingga tata kelola pengemasan dan penyimpanan madu pada wadah kedap udara. Pendekatan panen ramah koloni memegang peranan krusial dalam menjaga keberlanjutan usaha perlebahan karena madu diambil tanpa merusak struktur kantung telur (*brood cells*) maupun membunuh anakan lebah, sehingga siklus reproduksi koloni tetap terjaga utuh. Tahap penyaringan bertingkat diarahkan untuk menghasilkan cairan madu yang lebih bersih dan jernih dari debris lilin sarang, sedangkan perlakuan pascapanen yang higienis ditujukan untuk menjaga stabilitas enzim alami serta menekan risiko fermentasi akibat kadar air yang tidak terkontrol. Keberadaan SOP ini menggeser kebiasaan panen manual peras tangan menjadi sistem ekstraksi modern yang higienis. Standardisasi ini dicanangkan sebagai fondasi awal menuju hilirisasi produk premium *Madu Single Origin Lambadeuk*, di mana produk tidak sekadar dijual sebagai madu curah biasa, melainkan diposisikan sebagai produk pangan fungsional bernilai tinggi yang menonjolkan identitas geografis, kemurnian rasa, serta kelestarian hutan Desa Lambadeuk.

4.1.6 Integrasi Hilirisasi dan Green Economy

Karakteristik distingtif dari model pemberdayaan masyarakat yang diimplementasikan adalah integrasi yang harmonis antara peningkatan produktivitas ekonomi dan komitmen terhadap prinsip ekonomi hijau (*green economy*). Pada komoditas nilam, proses hilirisasi tidak hanya berfokus pada perolehan minyak atsiri, tetapi diintegrasikan dengan pengelolaan residu limbah padat berupa ampas daun sisa penyulingan. Limbah ampas nilam yang biasanya dibiarkan membusuk dan mencemari lingkungan kini dialokasikan untuk diolah menjadi pupuk organik melalui proses pengomposan aerobik terkontrol menggunakan mikroorganisme dekomposer lokal. Skema ini secara efektif menekan timbulan limbah sekaligus menyediakan pupuk organik mandiri (*zero-waste system*) yang menyuburkan kembali kebun nilam masyarakat. Pada usaha perlebahan KTH Lestari Alam, prinsip ekonomi hijau termanifestasi dalam pola budidaya yang tidak membutuhkan alih fungsi lahan hutan. Budidaya lebah tanpa sengat justru sangat bergantung pada kelestarian tutupan vegetasi hutan sebagai penyedia nektar dan resin alami. Keberadaan koloni lebah sekaligus memberikan jasa lingkungan (*pollination services*) yang membantu proses penyerbukan silang aneka flora hutan dan tanaman perkebunan masyarakat. Dengan demikian, paradigma *green economy* dalam program ini bukan sekadar konsep normatif, melainkan diterjemahkan secara nyata ke dalam wujud penerapan teknologi bersih, efisiensi sumber daya alam, daur ulang limbah biomassa, dan penciptaan nilai tambah berbasis kelestarian ekosistem.

4.1.7 Perubahan Kapasitas dan Kemandirian Masyarakat

Hasil fundamental lain yang dicapai dari program ini adalah lonjakan kapasitas pengetahuan, keterampilan teknis, dan kemandirian institusional masyarakat sasaran. Pada Kelompok Tani Benteng Makmur, para anggota kini memiliki kecakapan mandiri dalam mengoperasikan instalasi ketel uap *stainless steel*, mengendalikan parameter operasional distilasi, menerapkan prosedur SOP, serta melakukan perawatan mekanis alat. Pada KTH Lestari Alam, anggota kelompok telah menguasai manajemen tata letak sarang, teknik pemanenan higienis menggunakan alat hisap portabel, pemantauan kesehatan sarang, dan penanganan madu pascapanen yang steril. Pendekatan partisipatif yang diterapkan memastikan masyarakat tidak ditempatkan sekadar sebagai objek penerima teknologi pasif, melainkan sebagai pelaku utama yang terlibat langsung sejak tahap identifikasi masalah, persiapan sarana, pelaksanaan teknis, hingga evaluasi hasil. Keterlibatan menyeluruh ini menumbuhkan rasa kepemilikan (*sense of ownership*) yang kuat terhadap fasilitas dan sistem kerja yang telah dibangun, yang menjadi prasyarat mutlak bagi keberlanjutan program secara mandiri di masa depan.

4.2 Pembahasan

Penerapan ketel penyulingan uap pada Kelompok Tani Benteng Makmur merupakan wujud penerapan teknologi tepat guna yang secara langsung menjawab kebutuhan mendesak masyarakat dalam meningkatkan nilai tambah komoditas nilam. Selama ini, keterbatasan sarana pengolahan telah menjadi hambatan struktural yang menyebabkan petani hanya berperan sebagai pemasok bahan mentah daun nilam kering kepada rantai tengkulak dengan posisi tawar yang marjinal (Fauzi *et al*., 2021; Maizi *et al*., 2020). Ketel uap berbahan *stainless steel* (SUS 304) yang diintroduksikan dirancang sesuai dengan kapasitas ketersediaan bahan baku dari luasan 25 hektare lahan kelompok, sehingga proses pengolahan daun nilam menjadi minyak atsiri dapat dilakukan langsung di tingkat desa. Penggunaan material *stainless steel* SUS 304 memberikan keunggulan teknis signifikan dibandingkan ketel besi drum konvensional. Sifat material yang inert dan tahan korosi mencegah pelepasan ion logam (Fe) ke dalam uap minyak, sehingga minyak nilam yang dihasilkan memiliki tingkat kejernihan tinggi, tidak berbau sangit, dan memenuhi kriteria mutu SNI 06-2385-2006 (Universitas Syiah Kuala, 2023). Selain dari dimensi ketahanan alat jangka panjang, kehadiran ketel uap ini menjadi sarana transfer pengetahuan yang efektif. Anggota kelompok didampingi secara langsung mengenai prinsip distilasi, pengaturan tekanan uap, hingga pemisahan fraksi minyak menggunakan bejana florentin. Pola kerja bersama ini sekaligus memperkuat kelembagaan kelompok menuju pembentukan unit usaha pengolahan minyak nilam yang mandiri, di mana jadwal penyulingan dan biaya operasional dapat dikelola secara kolektif (Mujiburrahmad *et al*., 2022; Pramestari *et al*., 2024).



Gambar 1. Ketel Penyulingan yang Diterapkan di Masyarakat

Penerapan teknologi ini juga memiliki relevansi yang sangat kuat dengan pendekatan *green economy* karena mendorong pemanfaatan sumber daya alam lokal melalui kegiatan hilirisasi yang bernilai tambah tinggi tanpa mengeksploitasi lahan secara berlebihan. Melalui fasilitas penyulingan mandiri ini, Kelompok Tani Benteng Makmur berhasil menggeser orientasi usahanya menuju rantai pasok yang lebih menguntungkan. Tahapan pendampingan berikutnya diarahkan pada penguatan keterampilan teknis operator dalam pemeliharaan alat, identifikasi kendala distilasi, serta perintisan jejaring pemasaran minyak atsiri terstandar ke skala industri yang lebih luas (Seto *et al*., 2025). Standardisasi proses melalui perumusan dan penerapan SOP penyulingan nilam merupakan instrumen penting yang menjembatani kehadiran fisik ketel uap dengan tuntutan konsistensi mutu di pasar. Kerap kali program alih teknologi di tingkat perdesaan menemui kegagalan karena mengabaikan pembakuan metode kerja, sehingga produk yang dihasilkan memiliki variabilitas mutu yang sangat lebar akibat bergantung pada intuisi masing-masing operator (Zikri *et al*., 2022). SOP yang diterapkan pada Kelompok Tani Benteng Makmur memberikan arahan operasional terukur dari hulu ke hilir: penanganan panen daun yang tepat, pengeringanginan teduh terkontrol (*curing*) hingga kadar air ideal 12–15%, perajangan, manajemen pengisian ketel, regulasi laju distilasi uap, dekantasi minyak-air, hingga pengemasan produk dalam wadah kedap cahaya. Pada fase penanganan bahan, SOP secara tegas mengarahkan agar daun nilam tidak dijemur langsung di bawah terik matahari guna mencegah terjadinya penguapan senyawa aktif *patchouli alcohol*. Pada fase distilasi, pengawasan terhadap debit pendingin kondensor dan tekanan uap memastikan proses ekstraksi berlangsung optimum tanpa memicu aroma gosong. Penerapan SOP melalui pendampingan praktik langsung di lapangan mentransformasi pengetahuan individu menjadi pengetahuan kolektif kelompok (*institutional memory*). Standardisasi ini tidak hanya membangun konsistensi mutu fisik dan kimia minyak nilam yang dihasilkan, melainkan juga mempermudah proses evaluasi produksi berkala, memfasilitasi regenerasi keterampilan bagi anggota baru, serta menjadi fondasi penting dalam membuka akses kemitraan pasar formal yang menuntut kepatuhan spesifikasi produk secara ketat.

Penambahan koloni lebah tanpa sengat (*Heterotrigona itama*) pada KTH Lestari Alam merupakan strategi fundamental untuk mendobrak batasan skala produksi yang selama ini menghambat perkembangan usaha perlebahan kelompok. Sebagai kelompok yang telah mengantongi penghargaan Wana Lestari dan aktif dalam Program Kampung Iklim (ProKlim), KTH Lestari Alam memiliki modal sosial dan ekologis yang kokoh. Namun, keterbatasan jumlah koloni

produktif menyebabkan volume panen madu linot belum mampu memenuhi kontinuitas permintaan konsumen. Penambahan koloni baru menjadi langkah terukur untuk memperluas aset produksi biologis kelompok yang ditempatkan secara teratur di kawasan agroforestri seluas 25 hektare yang kaya akan sumber nektar dan resin alami.



Gambar 2. Penambahan Koloni untuk Menambah Produksi

Penambahan koloni madu linot memberikan manfaat strategis ganda bagi kelompok. Pertama, penambahan koloni secara langsung memperbesar potensi volume panen menuju target lonjakan produksi hingga 50% dibandingkan kondisi awal. Kedua, sebaran koloni yang lebih banyak menjaga kesinambungan (*kontinuitas*) pasokan madu sepanjang tahun, meredam risiko fluktuasi produksi antar-musim. Ketiga, koloni lebah merupakan modal produktif yang dapat diperbanyak secara mandiri melalui teknik pemecahan sarang (*splitting*) di masa depan (Junus, 2017; Basuki *et al*., 2022). Keberhasilan strategi ini sangat ditentukan oleh daya dukung lingkungan (*carrying capacity*) dan kemampuan peternak dalam memonitor kesehatan sarang. Oleh sebab itu, program mengintegrasikan penambahan stup dengan pelatihan manajemen lingkungan pakan lebah (*bee forage*) dan pemantauan koloni. Kegiatan ini sekaligus memperkuat dimensi ekologis program; lebah tanpa sengat bertindak sebagai agen penyerbuk alami (*pollinators*) yang mempercepat regenerasi flora hutan Lambadeuk, membuktikan bahwa peningkatan ekonomi perdesaan dapat berjalan beriringan dengan pelestarian hutan (Arifiyanto *et al*., 2022; Priyambodo *et al*., 2023).

Standardisasi panen dan pascapanen madu linot menjadi pilar pelengkap yang memastikan bahwa lonjakan kuantitas koloni diimbangi dengan mutu produk pangan yang higienis dan berdaya saing. Sebelum intervensi, tradisi panen madu linot masih dilakukan secara manual dengan memeras kantung-kantung madu (*honey pots*). Praktik konvensional ini memiliki kelemahan fatal: merusak struktur internal sarang, mematikan larva lebah di kantung telur (*brood cells*), serta mencemari madu dengan serpihan propolis dan cairan tubuh lebah, yang pada akhirnya memicu fermentasi cepat akibat tingginya kadar air. Melalui introduksi SOP panen ramah koloni dan teknologi pompa hisap elektrik mini portabel nir-kontaminasi, kantung madu hanya dilubangi secara higienis kemudian disedot secara mekanis. Metode ekstraksi modern ini menjaga keutuhan sarang dan kantung telur, sehingga memperpendek masa pemulihan (*recovery time*) lebah untuk memproduksi madu kembali serta menekan mortalitas koloni (Budiaman, 2024). Tahapan pascapanen kemudian disempurnakan melalui penyaringan bertingkat berbahan *food-grade* dan penanganan kebersihan wadah simpan. Standardisasi proses ini menjadi prasyarat mutlak dalam membangun reputasi produk menuju hilirisasi *Madu Single Origin Desa Lambadeuk*. Mengangkat identitas geografis dan kelestarian ekosistem hutan desa ke dalam kemasan produk mentransformasi madu linot dari sekadar komoditas curah menjadi produk pangan fungsional premium yang memiliki nilai jual tinggi dan diminati segmen pasar modern. Sintesis dari seluruh intervensi pada klaster nilam dan madu linot mengonfirmasi bahwa prinsip ekonomi hijau (*green economy*) dan ekonomi sirkular (*circular economy*) dapat diterapkan secara aplikatif di tingkat perdesaan tanpa mengorbankan kelayakan ekonomi usaha (Potts *et al*., 2014; Nasikh *et al*., 2023). Integrasi ini membentuk siklus tertutup (*closed-loop bioeconomy*): limbah padat berupa ampas daun sisa distilasi nilam dikonversi melalui fermentasi aerob menjadi pupuk kompos organik yang menyuburkan kembali tanaman nilam dan aneka tanaman pakan lebah, sementara koloni lebah KTH Lestari Alam menyediakan jasa penyerbukan alami yang melestarikan vegetasi hutan penyangga desa (Keumalasari *et al*., 2025). Kemandirian masyarakat yang terbangun selama program berlangsung mencerminkan keberhasilan pendekatan partisipatif (*Participatory Action Research*). Masyarakat tidak diposisikan sebagai penonton, melainkan sebagai perancang dan pengelola sistem produksi secara langsung. Penguasaan keterampilan teknis pengoperasian ketel uap, kepatuhan terhadap SOP produksi terstandar, kemampuan pemeliharaan koloni lebah linot, serta pembentukan tata kelola unit kerja kelompok menjadi modal sosial yang kuat bagi

Kelompok Tani Benteng Makmur dan KTH Lestari Alam. Keberhasilan fondasi pada tahun pertama ini membuka peta jalan (*roadmap*) yang optimis untuk mentransformasi Gampong Lambadeuk menjadi sentra percontohan desa agroindustri mandiri berbasis ekonomi sirkular dan kelestarian ekosistem di Provinsi Aceh (Hamat *et al*., 2021; Wijaya *et al*., 2022).

5 | KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan rangkaian kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa pendekatan pemberdayaan terpadu berbasis *green economy* memberikan landasan bagi pengembangan potensi ekonomi lokal melalui penerapan teknologi tepat guna, peningkatan kapasitas masyarakat, standardisasi proses, dan hilirisasi produk. Pada Kelompok Tani Benteng Makmur, penerapan ketel penyulingan uap berbahan *stainless steel* dan penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) penyulingan menjadi dasar pengembangan pengolahan nilam menjadi minyak nilam pada tingkat kelompok. Integrasi teknologi dan SOP juga menyediakan pedoman untuk mendukung pelaksanaan proses produksi secara lebih sistematis. Pada Kelompok Tani Hutan (KTH) Lestari Alam, penambahan koloni lebah linot menjadi upaya untuk memperkuat kapasitas produksi madu, sedangkan penyusunan dan penerapan SOP panen dan pascapanen diarahkan untuk mendukung penanganan produk yang lebih terstandar. Pengembangan produk *Madu Single Origin* menjadi salah satu peluang hilirisasi yang dapat ditindaklanjuti. Secara keseluruhan, kegiatan ini menunjukkan pentingnya mengintegrasikan penyediaan teknologi dengan transfer pengetahuan, pendampingan, standardisasi proses, dan penguatan kelembagaan agar pemanfaatan potensi lokal dapat dikembangkan secara berkelanjutan. Untuk menjaga keberlanjutan hasil kegiatan, pendampingan kepada kedua kelompok perlu dilanjutkan secara berkala, terutama dalam pengoperasian dan pemeliharaan teknologi serta penerapan SOP. Kelompok juga perlu memperkuat pencatatan produksi dan keuangan sebagai dasar evaluasi kinerja usaha dan perencanaan pengembangan. Pada komoditas nilam, tindak lanjut dapat difokuskan pada pengendalian mutu minyak, pengembangan kemasan dan identitas produk, pemenuhan persyaratan legalitas yang relevan, serta penjajakan akses pasar. Pemanfaatan limbah ampas nilam menjadi pupuk organik padat dan cair dapat dikembangkan lebih lanjut melalui pengujian dan pendampingan yang sesuai. Pada usaha madu linot, pengembangan dapat diarahkan pada produk *Madu Single Origin* melalui penguatan identitas asal produk, standardisasi penanganan pascapanen, pengemasan, dan strategi pemasaran. Perkembangan kapasitas produksi perlu dipantau secara berkala berdasarkan jumlah koloni produktif dan volume madu yang dihasilkan. Selain itu, penguatan jejaring antara kelompok masyarakat, perguruan tinggi, pemerintah daerah, pelaku usaha, dan mitra pemasaran perlu dilakukan untuk mendukung keberlanjutan penerapan teknologi serta pengembangan usaha produktif berbasis potensi lokal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan ini dibiayai oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi dengan Kontrak Pelaksanaan Nomor: 195/C3/DT.05.00/PM/2026. Terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Syiah Kuala. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Pemerintah Desa Lambadeuk, Kelompok Tani Benteng Makmur, KTH Lestari Alam, serta seluruh masyarakat yang telah berpartisipasi dalam pelaksanaan program pemberdayaan. Penghargaan juga disampaikan kepada seluruh anggota tim pengabdian dan mahasiswa yang mendukung pelaksanaan kegiatan di lapangan.

REFERENSI

Aiyula, N., Mujiburrahmad, M., & Makmur, T. (2022). Kontribusi pendapatan usahatani nilam terhadap pendapatan rumah tangga petani di Kecamatan Sampoiniet, Kabupaten Aceh Jaya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian, 7*(2), 210–222. https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i2.19869

Arifiyanto, A., Nukmal, N., Pratami, G. D., & Rustiati, E. L. (2022). Trigona honey bee cultivation as a sustainable agricultural alternative in Bandarsari Village, Padangratu District, Central Lampung Regency. *ABDIMAS TALENTA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 7*(2), 811–818. https://doi.org/10.32734/abdimastalenta.v7i2.8918

Basuki, N., Djumadil, N., Suhardi, Ibrahim, K., Sidayat, M., Dewi, E. K., Fatmawati, M., Kaddas, F., & Mahmud, H. (2022). Pengembangan budidaya lebah madu Trigona di Daerah Trans Tayawi, Kecamatan Oba, Kota Tidore Kepulauan. *BARAKATI: Journal of Community Service, 1*(1), 20–25.

Budiaman, B. (2024). Analysis of the availability of *Trigona incisa* bee feed to support sustainable honey production. *AIP Conference Proceedings, 3098*(1), Article 040061. https://doi.org/10.1063/5.0226150

Fariz, A., Agussabti, Mujiburrahmad, Mukramah, Nugroho, A., Zohra, Alsa, M. C. A., & Sarah, S. D. (2025). Empowering communities through propolis soap-making: Behavioral changes and knowledge gains in Lambadeuk Village's sustainable development. *Journal of Innovation and Applied Technology, 11*(1), 94–98. https://doi.org/10.21776/ub.jiat.2024.010.002.14

Fauzi, T., Mujiburrahmad, Baihaqi, A., Romano, & Ramayana. (2021). Study on liability and farm handling of high value agricultural commodities in Aceh. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 667*(1), Article 012098. https://doi.org/10.1088/1755-1315/667/1/012098

Fairuzzabadi, Hamat, Z., Rahmawati, S., Isa, R. M., Agussabti, Hanapi, M. S., & Samsurijan, M. S. (2021). Human resources development model for the Industrial Revolution 4.0 era in Aceh, Indonesia. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education, 12*(5), 44–55.

Huldiansyah, D., Tajri, F., Hermawan, M. I., Widyono, M. A., Chaerani, A. D., Az-Zahra, F., Milano, N. C. R., & Anggraeni, N. (2022). Pemberdayaan masyarakat melalui program pengolahan makanan inovatif berbasis ikan di RT 32 Manggar Baru, Kota Balikpapan. *Prosiding Seminar Nasional Unimus, 5*.

Junus, M. (2017). *Produksi lebah madu*. Universitas Brawijaya Press.

Keumalasari, S., Hamid, A. H., Indra, I., & Nugroho, A. (2025). Sustainability study by mapping risks patchouli supply chain in Aceh Province. *International Journal of Management Studies and Social Science Research, 7*(2), 213–223. https://doi.org/10.56293/IJMSSSR.2025.5527

Maizi, H., & Sastra, H. Y. (2020). Mapping upstream and downstream process in the patchouli oil industry using supply chain operations reference model version 12.0 (SCOR 12.0). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 931*(1), Article 012008. https://doi.org/10.1088/1757-899X/931/1/012008

Mujiburrahmad, M., Agussabti, A., Elviani, E., Zohra, Z., Nurhasanah, P., & Manyamsari, I. (2025). Penerapan GAP dan tumpang sari cabai–nilam untuk rehabilitasi lahan marginal dan peningkatan produktivitas di Desa Lambadeuk, Aceh Besar. *Kawanad: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat, 4*(2), 148–157.

Mujiburrahmad, M., Baihaqi, A., & Manyamsari, I. (2022). Pemberdayaan masyarakat Desa Cucum, Kecamatan Kuta Baro, Kabupaten Aceh Besar melalui optimalisasi pengelolaan lahan pekarangan. *Batara Wisnu: Indonesian Journal of Community Services, 2*(3), 520–529.

Nasikh, S. E., Utomo, S. H., & Wardana, H. L. W. (2023). *Pengembangan potensi lahan pertanian berbasis green economy untuk ketahanan pangan berkelanjutan*. Uwais Inspirasi Indonesia.

Potts, J., Lynch, M., Wilkings, A., Huppé, G. A., Cunningham, M., & Voora, V. A. (2014). *The state of sustainability initiatives review 2014: Standards and the green economy*. International Institute for Sustainable Development.

Pramestari, D., Setyaningsih, D., Syahbana, M., & Marimin, M. (2024). Sustainable supply chain performance improvement for patchouli oil's agroindustry: A systematic review and research agenda. *BIO Web of Conferences, 123*, Article 03005. https://doi.org/10.1051/bioconf/202412303005

Prastio, A., Susanti, E., & Mujiburrahmad, M. (2022). Karakteristik sistem sosial masyarakat petani nilam di Aceh Jaya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian, 7*(1), 167–177.

Priyambodo, P., Rustiati, E. L., Permatasari, N., Sidik, M., Lestari, I. A., Yani, A. A., & Sa'uddah, L. D. (2023). Optimizing honey production in stingless bee farming. *Journal of Community Service and Empowerment, 4*(2), 360–367. https://doi.org/10.22219/jcse.v4i2.26431

Seto, B., Saputro, Z. A. E., Arista, D., Rahmawati, L. D. A., Tiaramurti, G., Nursulistyo, E. D., & Nugrahaningsih, P. (2025). Analyzing environmental, social, and economic impacts of patchouli oil production to support SDG 12. *Journal of Applied Business, Taxation and Economics Research, 5*(2), 390–402. https://doi.org/10.54408/jabter.v5i2.553

Universitas Syiah Kuala. (2023, March 15). *Produk nilam USK siap tampil di Internasional Hannover Messe*. https://usk.ac.id/produk-nilam-usk-siap-tampil-di-internasional-hannover-messe/

Wijaya, D. P., Meldi, M. R., Priyanto, A. D., Laksono, D. Y., Azalia, H. P., Fitriana, E., Sari, J. R., Islamiyah, F., Effendi, M. K., & Hanani, M. (2022). Sosialisasi dan pemberdayaan tanaman obat keluarga (TOGA). Dalam *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat: Teknologi Pengolahan dan Pengembangan Material Maju untuk Pembangunan Berkelanjutan* (hlm. 261–268). Universitas Islam Indonesia.

Zikri, I., Agussabti, Akram, M., Indra, Kamaruzzaman, S., Mujiburrahmad, & Susanti, E. (2022). Farmer empowerment and its contributing factors: A case study of patchouli farmer in Kabupaten Aceh Jaya. *Jurnal AGRISEP: Kajian Masalah Sosial Ekonomi Pertanian dan Agribisnis, 21*(1), 147–160. https://doi.org/10.31186/jagrisep.21.1.147-160