

**ANALISIS POTENSI DAYA DUKUNG LAHAN AGROFORESTRI
BERBASIS GEOSPASIAL UNTUK PENGEMBANGAN BUDIDAYA
LEBAH KELULUT (*Trigona* sp.) DI DUSUN TALANG BETUNG, DESA
KARANG JAYA, KECAMATAN MERBAU MATARAM, KABUPATEN
LAMPUNG SELATAN**

Tesis

Oleh

**ARDI FEBRIAN
NPM 2324151001**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KEHUTANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

ANALISIS POTENSI DAYA DUKUNG LAHAN AGROFORESTRI BERBASIS GEOSPASIAL UNTUK PENGEMBANGAN BUDIDAYA LEBAH KELULUT (*Trigona* sp.) DI DUSUN TALANG BETUNG, DESA KARANG JAYA, KECAMATAN MERBAU MATARAM, KABUPATEN LAMPUNG SELATAN

Oleh

Ardi Febrian

Hasil madu dari lebah kelulut memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan penerapan agroforestri dapat menyokong kualitas dan kuantitas sumber pakan lebah kelulut melalui pemanfaatan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) yang sangat membantu dalam melakukan pengumpulan dan analisis data dalam pemanfaatan ruang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi daya dukung agroforestri terhadap pengembangan budidaya lebah kelulut di lahan agroforestri Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Lampung Selatan. Penelitian dilakukan dengan melakukan analisis data spasial dan pemodelan dengan uji *Maximum Entropy* serta uji korelasi untuk memprediksi dan menguji kesesuaian daya dukung lahan agroforestri untuk pengembangan budidaya lebah kelulut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa walaupun produktifitas lahannya tergolong Rendah, lokasi penelitian memiliki tingkat kesesuaian dan daya dukung habitat yang Tinggi untuk budidaya lebah kelulut, terutama pada lahan perkebunan dengan potensi daya dukung habitat Tinggi seluas 16,62 hektar, dan potensi daya dukung habitat Sangat Tinggi seluas 18,75 hektar dengan hasil uji *Maximum Entropy* menghasilkan nilai 0,82 dengan klasifikasi Tinggi. Variabel ketinggian, tutupan vegetasi, dan suhu memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kehadiran dan kesesuaian habitat lebah kelulut, dimana kenaikan indeks tutupan vegetasi akan menurunkan besaran suhu yang dapat memengaruhi pengembangan budidaya lebah kelulut. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pengembangan budidaya lebah kelulut dapat ditingkatkan dengan peningkatan produktifitas lahan melalui intensifikasi pengelolaan agroforestri dan penanaman pohon untuk meningkatkan tutupan vegetasi untuk menstabilkan suhu dan tekanan udara, serta menambah variasi sumber pakan lebah kelulut.

Kata kunci : lebah kelulut, agroforestri, analisis spasial, *Maximum Entropy*, uji korelasi

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE AGROFORESTRY CARRYING CAPACITY POTENCY BASED ON GEOSPATIAL FOR THE KELULUT BEE (*Trigona* sp.) CULTIVATION DEVELOPMENT IN TALANG BETUNG HILL, KARANG JAYA VILLAGE, MERBAU MATARAM DISTRICT, SOUTH LAMPUNG REGENCY

By

Ardi Febrian

The honey produced by stingless bees has high economic value, and the application of agroforestry can support the quality and quantity of stingless bee food sources through the use of Geographic Information System (GIS) technology, which is very helpful in collecting and analyzing data in spatial utilization. This study aims to determine the potential carrying capacity of agroforestry for the development of stingless bee cultivation in agroforestry land in Talang Betung Hamlet, Karang Jaya Village, Merbau Mataram District, South Lampung. The research was conducted by analyzing spatial data and modeling with the Maximum Entropy test and correlation test to predict and test the suitability of agroforestry land carrying capacity for the development of stingless bee cultivation. The results of the study show that although the land productivity is classified as Low, the research location has a High level of suitability and habitat carrying capacity for the cultivation of stingless bees, especially on plantation land with a potential High habitat carrying capacity of 16,62 hectares, and a potential Very High habitat carrying capacity of 18,75 hectares with the results of the Maximum Entropy test producing a value of 0,82 with a High classification. The variables of altitude, vegetation cover, and temperature have a significant influence on the level of presence and habitat suitability of stingless bees, where an increase in the vegetation cover index will reduce the temperature magnitude that can affect the development of stingless bee cultivation. Thus, it can be concluded that the development of stingless bee cultivation can be increased by increasing land productivity through intensification of agroforestry management and tree planting to increase vegetation cover to stabilize temperature and air pressure, as well as increasing the variety of stingless bee food sources.

Keywords : kelulut bee, agroforestry, spatial analysis, Maximum Entropy, correlation test.

**ANALISIS POTENSI DAYA DUKUNG LAHAN AGROFORESTRI
BERBASIS GEOSPASIAL UNTUK PENGEMBANGAN BUDIDAYA
LEBAH KELULUT (*Trigona* sp.) DI DUSUN TALANG BETUNG, DESA
KARANG JAYA, KECAMATAN MERBAU MATARAM, KABUPATEN
LAMPUNG SELATAN**

Oleh

Ardi Febrian

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER KEHUTANAN**

Pada

**Program Studi Magister Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KEHUTANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**Judul Tesis : ANALISIS POTENSI DAYA DUKUNG
LAHAN AGROFORESTRI BERBASIS
GEOSPASIAL UNTUK PENGEMBANGAN
BUDIDAYA LEBAH KELULUT (*Trigona* sp.)
DI DUSUN TALANG BETUNG, DESA
KARANG JAYA, KECAMATAN MERBAU
MATARAM, KABUPATEN LAMPUNG
SELATAN**

Nama Mahasiswa : Ardi Febrian

Nomor Pokok Mahasiwa : 2324151001

Program Studi : Magister Kehutanan

Fakultas : Pertanian

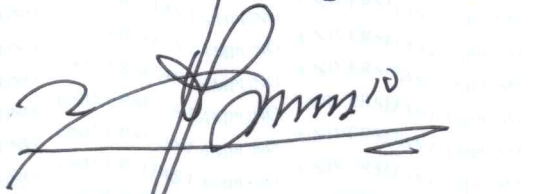


1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si
NIP. 19760123 200604 1 001


Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc
NIP. 19790107 200801 1 009

2. Ketua Program Studi


Prof. Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si
NIP. 19760123 200604 1 001

MENGESAHKAN

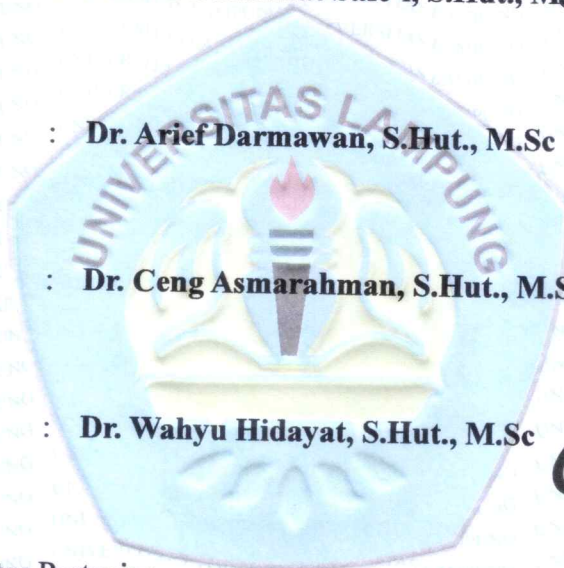
1. Tim Penguji

Ketua : **Prof. Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si**

Sekretaris : **Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc**

Penguji I : **Dr. Ceng Asmarahman, S.Hut., M.Si**

Penguji II : **Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc**



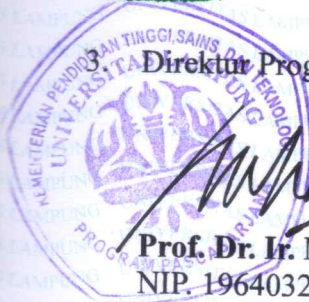
2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 19641118 198902 1 002

3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si

NIP. 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : **23 Juli 2025**

SURAT PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini.

Nama : Ardi Febrian

NPM : 2324151001

Program Studi : Magister Kehutanan

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya bahwa tesis saya yang berjudul:

**"ANALISIS POTENSI DAYA DUKUNG LAHAN AGROFORESTRI
BERBASIS GEOSPASIAL UNTUK PENGEMBANGAN BUDIDAYA
LEBAH KELULUT (*TRIGONA* SP.) DI DUSUN TALANG BETUNG, DESA
KARANG JAYA, KECAMATAN MERBAU MATARAM, KABUPATEN
LAMPUNG SELATAN"**

Adalah karya saya yang disusun dengan mengikuti norma dan etika akademik yang berlaku. Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandar Lampung, 10 Oktober 2025

Yang Membuat Pernyataan,



Ardi Febrian

NPM 2324151001

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Serang, Banten pada tanggal 16 April 1985, sebagai anak ketiga dari lima bersaudara, dari bapak Djamhari dan ibu Entin Supartini. Penulis mengawali pendidikan di TK Putera IV Pandeglang pada tahun 1990, kemudian melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SDN IV Pandeglang pada tahun 1991.

Pendidikan lanjutan berikutnya diselesaikan di Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) Negeri 1 Pandeglang tahun 2000, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Cipocok Jaya Serang tahun 2003.

Pada tahun 2003, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur SPMB dan lulus di tahun 2008. Selanjutnya di tahun 2023 penulis terdaftar sebagai mahasiswa S2 Magister Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohiim.

Alhamdulillah, puji Syukur atas segala nikmat yang telah Allah SWT berikan. Shalawat serta salam senantiasa selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammd SAW.

Karya ini saya persembahkan sebagai ungkapan syukur dan terima kasih tak terhingga kepada:

Istriku Tercinta,

dr. Puspita Dewi, yang telah menjadi sumber inspirasi, kekuatan, dan dukungan moral dalam setiap langkah penyelesaian tesis ini. Terima kasih atas semua cinta, kesabaran, dan semangat yang tak pernah padam dan telah mengusahakan semuanya.

Putraku Tercinta,

Muhammad Andeaz, yang selalu menghiasi hari-hari papa dengan syukur, kebahagiaan dan motivasi tiada henti. Semoga papa bisa menjadi papa yang kamu banggakan kelak.

Kedua Orang Tuaku dan Mertuaku

Papaku Djamhari dan Mamaku Entin Supartini atas cinta, kasih dan pengorbanannya dalam mendidik dan membesarkanku dengan penuh kasih sayang, serta doa-doa hebat kalian yang selalu membuatku tenang. Mertuaku Bapak Risan dan Ibu Mertuaku Marni, terimakasih atas dukungan yang selalu kalian berikan untuk penulis.

Almamater tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur selalu terpanjatkan atas kasih, nikmat dan rahmat tak terhingga dari Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "Analisis Potensi Daya Dukung Lahan Agroforestri Berbasis Geospasial Untuk Pengembangan Budidaya Lebah Kelulut (*Trigona* sp.) Di Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan". Shalawat dan salam selalu disampaikan kepada junjungan kita, Rasulullah Muhammad SAW. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

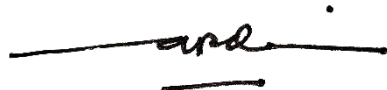
1. Prof. Dr. Ir. Lusmelia Afriani, D.E.A., I.P.M. selaku Rektor Universitas Lampung yang telah memberikan kesempatan penulis untuk menempuh studi di Magister Kehutanan.
2. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian yang telah memfasilitasi dan memberikan dukungan kepada mahasiswa dalam menyelesaikan studi.
3. Dr. Hj. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P. selaku Ketua Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan dukungan kepada peneliti dalam menyelesaikan studinya.
4. Prof. Dr. Rahmat Safei, S.Hut., M.Si selaku Ketua Program Studi Magister Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan dukungan kepada peneliti dalam penyusunan tesis ini.
5. Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc selaku Pembimbing 2 yang telah memberikan saran, bimbingan dan dukungan kepada peneliti dalam proses penyelesaian tesis ini.
6. Dr. Ceng Asmarahman, S.Hut., M.Si selaku Penguji 1 yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan ilmu yang berharga dalam proses penyelesaian tesis ini.
7. Dr. Wahyu Hidayat., S.Hut., M.Sc selaku Penguji 2 yang telah memberikan motivasi, masukan dan ilmu yang berharga dalam proses penyelesaian tesis ini.
8. Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan dukungan kepada penulis.
9. Kepala, Kepala Seksi Perencanaan & Pemanfaatan Kawasan Hutan, Kepala Seksi Pemberdayaan & KSDAE, dan Kepala Sub Bagian Tata Usaha, serta seluruh pegawai lingkup Unit Pelaksana Teknis Dinas (UPTD) Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batu Serampok Dinas Kehutanan Provinsi

Lampung yang telah membantu, mendukung, dan mendampingi peneliti dalam proses penyelesaian tesis ini.

10. Bapak Ramlan selaku Ketua Kelompok Tani Hutan (KTH) Betung Jaya yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk mendukung dan memberikan bantuan serta pencerahan kepada peneliti dalam menyelesaikan tesis ini.
11. Bapak dan Ibu dosen serta staf Program Studi Magister Kehutanan yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, dukungan dan motivasi kepada peneliti dalam menyelesaikan tesis ini.
12. Rekan-rekan Magister Kehutanan Angkatan 2023 yang selalu mendampingi dan memberikan motivasi, dorongan, serta dukungannya dalam menyelesaikan tesis ini.
13. Para rekan dan kolega Perencana Dinas Kehutanan Provinsi Lampung yang senantiasa memberikan motivasi dan dukungan, serta bantuannya dalam menyelesaikan tesis ini.
14. Semua pihak yang telah membantu dalam kelancaran penyusunan tesis ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Semoga Allah SWT senantiasa melindungi dan membalas kebaikan yang sudah diberikan kepada peneliti.

Bandar Lampung, 10 Oktober 2025

Peneliti,



Ardi Febrian

NPM 2324151001

DAFTAR ISI

Halaman

SANWACANA	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Tujuan.....	4
1.3. Kerangka Teoritis	5
1.4. Hipotesis.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. <i>Sustainable Development Goals</i> (SDGs)	8
2.2. Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan.....	9
2.3. Agroforestri Berbasis Budidaya Lebah Kelulut (<i>Trigona</i> sp.)	10
2.4. Lebah Kelulut (<i>Trigona</i> sp.).....	11
2.5. Analisis Spasial	14
2.6. Uji Korelasi Pearson.....	16
III. METODE PENELITIAN.....	17
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.3. Metode Penelitian.....	18
3.4. Analisis Data Spasial.....	19
3.5. Analisis <i>Maximum Entropy</i> Model (Maxent).....	23
3.6. Uji Korelasi Pearson.....	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Potensi Agroforestri.....	26
4.2. Analisis Spasial Lahan Agroforestri Dalam Pengembangan Budidaya Lebah Kelulut	30
4.2.1. Sebaran Titik Koloni Lebah Kelulut	30
4.2.2. Analisis Ketersediaan Pakan	35
4.2.3. Analisis Model Maxent	40
4.3. Uji Korelasi	47
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1. Simpulan.....	49
5.2. Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Indeks NDVI	20
2. Klasifikasi Indeks NDSI	20
3. Klasifikasi Nilai Uji Maxent	25
4. Klasifikasi Koefisien Korelasi	25
5. Rekapitulasi Komoditi Agroforestri	27
6. Data Sampel	30
7. Jenis Sumber Pakan Lebah Kelulut	35
8. Indeks NDVI/Tutupan Vegetasi	38
9. Hasil Rata-Rata Nilai Maxent	42
10. Luas Potensi Lahan	43
11. Analisis Kontribusi Variabel Lingkungan Seluruh Sampel	44
12. <i>Goodness of Fit</i> (Uji Kelayakan Model)	45
13. Hasil Uji Korelasi	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Kerangka Pemikiran.....	7
2. Morfologi Lebah Kelulut (<i>Trigona</i> sp)	12
3. Peta Lokasi Penelitian	17
4. Peta Sebaran Sampel	33
5. Peta Suhu/Temperatur	34
6. Peta Analisis <i>Buffer</i>	37
7. Peta Tutupan Vegetasi	39
8. Peta Raster Variabel Lingkungan	41
9. Hasil uji Maxent seluruh sampel koloni lebah (a) dan koloni alami (b)	42
10. Grafik <i>Omission</i> dan <i>Predicted Area</i>	45
11. Grafik <i>Receiver Operating Characteristic</i> (ROC) Seluruh Sampel Koloni	45
12. Grafik <i>Receiver Operating Characteristic</i> (ROC) Sampel Koloni Alami	46
13. Pengambilan titik sampel	61
14. Rumah produksi pengolahan madu lebah kelulut	61
15. Alat kemas steril.....	62
16. Produk madu lebah kelulut.....	62
17. Sertifikasi Halal MUI.....	63
18. Surat Izin Berusaha	64
19. Sertifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI)	65

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini tren pemanfaatan hasil hutan mulai bergeser, dari yang mulanya berfokus pada pemanfaatan hasil kayu sekarang berfokus pada pemanfaatan hasil hutan bukan kayu (HHBK), yang dianggap dapat mengarah kepada pemanfaatan hutan yang lebih baik dan berkelanjutan (Torres-Royo *et al.*, 2016). Salah satu jenis HHBK yang dimanfaatkan oleh masyarakat yaitu pemanfaatan budidaya lebah madu, dimana pemanfaatan lebah madu ini sudah dilakukan oleh manusia sejak dahulu kala untuk mencari madunya.

Madu adalah hasil produk yang dihasilkan dari lebah, baik jenis lebah *Trigona* sp., *Apis cerana*, maupun *Apis dorsata* yang memiliki peluang untuk dilakukan budidaya oleh masyarakat untuk pemanfaatan HHBK dalam memenuhi kebutuhan pangan dan memberikan tambahan penghasilan bagi masyarakat (Wahyuningsih *et al.*, 2020). Melalui optimalisasi budidaya lebah kelulut, tujuan ketahanan pangan dalam pembangunan dapat terwujud, dan dalam konteks yang lebih luas, dapat membantu pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) untuk mengakhiri kelaparan dan memperbaiki nutrisi serta mengenalkan pengelolaan lahan yang lestari dan berkelanjutan (Darmawan *et al.*, 2023).

Jenis lebah yang cenderung lebih mudah untuk dibudidayakan adalah lebah kelulut (*Trigona* sp.), dengan pertimbangan lebah kelulut lebih ramah terhadap kehadiran manusia karena tidak memiliki sengat, dapat menghasilkan jenis produk yang variatif, seperti madu, propolis, dan roti lebah, kandungan madu yang lebih baik dari madu yang dihasilkan jenis lebah lain, harga jual yang lebih tinggi dan perawatan koloni yang lebih mudah dilakukan (Senoaji *et al.*, 2022).

Hasil madu dari lebah kelulut memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan sangat berpotensi dijadikan bisnis dan sumber pendapatan yang layak untuk diusahakan dan dikembangkan agar masyarakat dapat meningkatkan pendapatannya (Ningrat *et al.*, 2023). Rasa khas asam dari madu ini menjadi indikator akan tingginya kandungan anti-oksidan yang sangat bermanfaat untuk kesehatan dan harganya yang cenderung lebih tinggi dari jenis madu lainnya menciptakan peluang pasar yang menarik untuk dimanfaatkan (Yaacob *et al.*, 2017).

Selain pemenuhan manfaat ekonomi, budidaya lebah kelulut juga dapat meningkatkan kualitas lingkungan. Lebah kelulut adalah salah satu hewan yang membantu penyerbukan tanaman melalui proses pengumpulan nektar dan serbuk sari, yang berkontribusi pada kesehatan dan kestabilan ekosistem (Fadiah, 2023). Salah satunya yaitu masyarakat di Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan yang mulai untuk membudidayakan lebah kelulut untuk membantu meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya dengan menggabungkan pola agroforestri dengan budidaya lebah kelulut.

Dalam mengoptimalkan pengelolaan dan pemanfaatan budidaya lebah kelulut terdapat beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain kondisi iklim dan vegetasi; ketersediaan sumber pakan; dan praktik serta inovasi dalam budidaya lebah kelulut. Kondisi iklim akan mempengaruhi perilaku dan metabolisme suatu organisme, sedangkan kondisi vegetasi berfungsi sebagai sumber pakan lebah kelulut yang sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim disekitarnya (Kandari *et al.*, 2020). Ketersediaan pakan merupakan kebutuhan utama dalam budidaya lebah kelulut, kekurangan pakan akan menyebabkan perkembangan budidaya lebah kelulut menjadi terhambat (Fauzan dan Ramadhan, 2024). Pemanfaatan teknologi dan inovasi dalam praktik pengembangan budidaya lebah kelulut yang berkelanjutan juga penting dilakukan agar hasil produk madu lebah kelulut lebih optimal dan dapat diserap pasar dengan maksimal oleh konsumen (Handayani *et al.*, 2024).

Lebah kelulut hidup di lahan yang memiliki iklim tropis basah, dengan kelembaban udara sebesar 77% - 96% dan suhu 28° - 36° C (Riendriasari *et al.*, 2023) dan membuat sarang/koloni pada daerah terbuka dengan kerapatan vegetasi yang sedang dengan intensitas cahaya matahari yang cukup tinggi (Pujirahayu *et al.*, 2020). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi lebah kelulut dalam mengumpulkan makanannya antara lain perubahan temperatur habitat dan jarak sarang ke sumber makanan, serta tingkat kelembaban (Nuraeni *et al.*, 2024).

Lebah kelulut membutuhkan tanaman sebagai sumber pakan yang menghasilkan serbuk sari, nektar, resin dan bahan lainnya untuk hidup dan berkembang. Ketersediaan pakan di sekitar sarang merupakan hal penting yang berpengaruh pada perilaku lebah kelulut karena sumber pakan yang melimpah dan terjaga dapat meningkatkan produktifitas lebah kelulut dalam menghasilkan madu dan propolis yang bermanfaat bagi masyarakat (Nuraini dan Sukmawati, 2020; Zakaria *et al.*, 2024). Salah satu cara dalam memastikan ketersediaan pangan yang paling mudah yaitu dengan menerapkan pola agroforestri karena dapat menyokong kualitas dan kuantitas sumber pakan lebah kelulut (Wahyuningsih *et al.*, 2021). Dalam artikelnya, Jannah *et al.* (2022) menyatakan bahwa pola agroforestri yang menggabungkan tanaman pertanian, kehutanan dan budidaya lebah kelulut akan menjaga kelestarian ekosistem yang seiring dengan optimalisasi produktifitas lahan yang menampilkan aspek estetika melalui kombinasi tanaman bunga dengan tanaman lainnya.

Selanjutnya, inovasi dapat dilakukan melalui pemanfaatan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) yang sangat membantu dalam melakukan pengumpulan dan analisis data dalam pemanfaatan ruang. SIG dapat digunakan sebagai alat dalam melakukan analisis data spasial melalui proses pengumpulan, perekaman, pengaturan dan menampilkan sebuah atau seluruh jenis data geografis yang diperlukan dalam sebuah penelitian (Fauzi, 2020).

Salah satu pemanfaatan SIG yang dapat dilakukan dalam pengembangan budidaya lebah kelulut yaitu dengan melakukan analisis spasial. Dengan analisis spasial, kegiatan budidaya lebah kelulut dapat dioptimalisasikan berdasarkan kesesuaian antara syarat hidup lebah kelulut dengan kondisi ruang yang menjadi lokasi budidaya lebah kelulut melalui pencermatan terhadap faktor lingkungan, faktor habitat, faktor iklim, dan faktor vegetasi (Fauzan dan Ramadhan, 2024).

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka perlu untuk melakukan penelitian tentang pengaruh faktor-faktor tersebut dalam optimalisasi pengembangan budidaya lebah kelulut dan mengetahui peran dan potensi daya dukung dari lahan agroforestri di Dusun Talang Betung Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan. Penelitian tentang studi habitat dan identifikasi sumber pakan budidaya lebah kelulut sudah pernah dilakukan, seperti yang dilakukan oleh Sanjaya *et al.* (2019), namun penelitian tersebut belum memanfaatkan teknologi SIG. Selanjutnya, Fauzan dan Ramadhan (2024) telah melakukan penelitian tentang pemodelan distribusi habitat lebah kelulut menggunakan analisis spasial yang berfokus pada identifikasi wilayah yang cocok untuk budidaya lebah kelulut di Kepulauan Mentawai.

Penelitian ini menggabungkan aspek daya dukung lingkungan dengan informasi serta analisis berbasis geospasial yang akurat dan mendetail tentang berbagai faktor lingkungan yang mempengaruhi daya dukung lahan agroforestri dalam pengembangan budidaya lebah kelulut di Dusun Talang Betung Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan sehingga budidaya lebah kelulut dapat dilakukan secara efektif, efisien dan berkelanjutan (Rizaldi *et al.*, 2022).

1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi produktifitas dari potensi komoditas di lahan agroforestri Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan.
2. Menganalisis daya dukung lahan agroforestri dalam pengembangan budidaya lebah kelulut di Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan.
3. Menguji dan/atau memprediksi daya dukung lahan agroforestri untuk pengembangan budidaya lebah kelulut di Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan.
4. Melakukan uji korelasi hubungan potensi daya dukung lahan dengan faktor lingkungan untuk pengembangan budidaya lebah kelulut di Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan.

1.3. Kerangka Teoritis

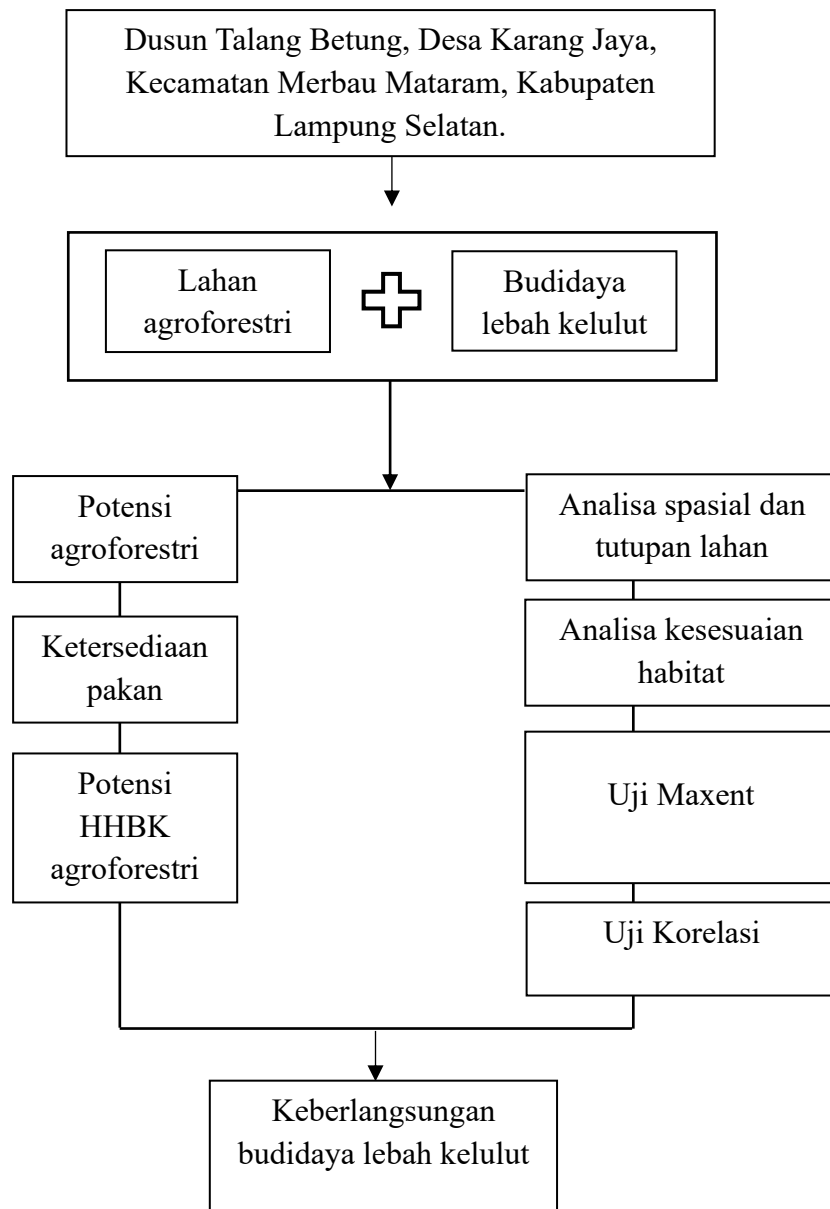
Agroforestri telah diterapkan oleh masyarakat Indonesia sejak dahulu kala dan merupakan suatu kearifan lokal masyarakat dalam mengelola sumber daya alam yang ada. Agroforestri dapat berkontribusi terhadap strategi pembangunan nasional melalui pengadaan lapangan pekerjaan, pengentasan kemiskinan, peningkatan ekonomi lokal, dan mempertahankan keseimbangan lingkungan. Secara umum, agroforestri memiliki fungsi sebagai suatu solusi dalam pemenuhan nilai ekonomi, ekologi, dan sosial terhadap pemenuhan kebutuhan hidup masyarakat.

Salah satu pola agroforestri yang dapat dioptimalisasikan untuk mencapai tujuan diatas yaitu dengan mengkombinasikan budidaya lebah kelulut dengan agroforestri. Lebah kelulut cenderung lebih mudah untuk dibudidayakan karena jenis ini tidak memiliki sengat, harga jual yang tinggi, dan perawatan yang mudah. Selain sebagai penghasil madu, lebah kelulut memiliki manfaat sebagai polinator bagi tanaman agroforestri.

Pola agroforestri yang dilakukan oleh masyarakat Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan sebenarnya berpotensi dalam pengembangan ketersediaan pakan lebah kelulut. Syaifudin dan Normagiat (2020) mengemukakan bahwa agroforestri dapat membantu petani dalam meningkatkan kualitas kondisi biofisik lahan dan jenis vegetasi tanaman serta pengelolaan lahan yang dapat membantu tercapainya kondisi ideal untuk budidaya lebah kelulut. Dengan ketersediaan pakan yang cukup maka akan berdampak pada keberlanjutan produktivitas lebah kelulut dalam memproduksi madu serta membantu meningkatkan tingkat kesejahteraan masyarakat.

Selain itu, pemanfaatan teknologi melalui analisis spasial dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengoptimalkan serta mengevaluasi potensi daya dukung lahan agroforestri untuk budidaya lebah kelulut. Pemodelan berbasis spasial menggunakan pendekatan model *Maximum Entropy* (MaxEnt) dapat digunakan untuk menguji dan/atau memprediksi potensi daya dukung lahan agroforestri dalam pengembangan budidaya lebah kelulut. Melalui pendekatan model ini dapat juga dipahami bagaimana faktor-faktor lingkungan dalam agroforestri mempengaruhi kesehatan dan kelangsungan budidaya lebah kelulut.

Secara sederhana kerangka pemikiran tersebut diatas dapat digambarkan dalam diagram berikut :



Gambar 1. Diagram kerangka pemikiran

1.4. Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah diuraikan, maka dapat diidentifikasi bahwa lahan dan pola agroforestri yang di Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan dapat mendukung keberlangsungan budidaya lebah kelulut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Sustainable Development Goals (SDGs)*

Sustainable Development Goals (SDGs) merupakan sebuah rencana global yang bertujuan untuk menghentikan kemiskinan ekstrem, mereduksi ketidaksetaraan, dan melindungi bumi dari segala kerusakan yang diakibatkan oleh aktivitas manusia pada tahun 2030 (Breuer *et al.*, 2019). SDGs adalah usaha kolektif dan kolaboratif antara pemerintah, pihak swasta dan masyarakat dalam upaya menyatukan peran untuk menemukan solusi terhadap tantangan-tantangan global yang dihadapi masyarakat internasional (Aji dan Kartono, 2022).

Berdasarkan Perserikatan Bangsa – Bangsa (PBB) terdapat 17 tujuan dalam SDGs, dimana seluruh tujuan tersebut meliputi pembangunan berkelanjutan di aspek ekonomi, ekologi, dan sosial. 17 tujuan tersebut yaitu (1) *No Poverty* – Tanpa Kemiskinan, (2) *Zero Hunger* – Tanpa Kelaparan, (3) *Good Health & Well-being* – Kehidupan Sehat & Sejahtera, (4) *Quality Education* – Pendidikan Berkualitas, (5) *Gender Equality* – Kesenjangan Gender, (6) *Clean Water & Sanitation* – Air Bersih & Sanitasi Layak, (7) *Affordable & Clean Energy* – Energi Bersih & Terbarukan, (8) *Decent Work & Economic Growth* – Pekerjaan Layak & Pertumbuhan Ekonomi, (9) *Industry, Innovation & Infrastructure* – Industri, Inovasi & Infrastruktur, (10) *Reduced Inequalities* – Berkurangnya Kesenjangan, (11) *Sustainable Cities & Communities* – Kota & Pemukiman yang Berkelanjutan, (12) *Responsible Consumption & Production* – Konsumsi & Produksi yang Bertanggung Jawab, (13) *Climate Action* – Penanganan Perubahan Iklim, (14) *Life Below Water* – Ekosistem Lautan, (15) *Life on Land* – Ekosistem Daratan, (16) *Peace, Justice & Strong Institution* – Perdamaian, Keadilan & Kelembagaan yang Tangguh, dan (17) *Partnerships for the Goals* – Kemitraan untuk Mencapai Tujuan.

Secara umum, SDGs merupakan tujuan pembangunan yang menyelaraskan keberlanjutan ekologi, keberlanjutan ekonomi, dan keberlanjutan sosial melalui pertumbuhan stabilitas ekonomi, penurunan kemiskinan ekstrem, dan konservasi sumber daya alam. Selaras dengan manfaat pengelolaan lahan berbasis agroforestri yang mengedepankan asas kelestarian dan kebermanfaatan, pengelolaan agroforestri yang optimal dapat membantu pencapaian tujuan SDGs dalam mengakhiri kelaparan, meningkatkan kesejahteraan dan meningkatkan pengelolaan lahan yang lestari serta berkelanjutan.

2.2. Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan

Dusun Talang Betung merupakan salah satu dari 6 (enam) dusun yang ada di Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan (BPS, 2023). Desa ini berbatasan dengan Kawasan Hutan Lindung Register 17 Batu Serampok yang merupakan bagian dari wilayah kelola Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batu Serampok Dinas Kehutanan Provinsi Lampung. Mayoritas dari penduduknya bekerja sebagai buruh tani dan masyarakat tani di Desa Karang Jaya membentuk kelompok tani hutan untuk meningkatkan efektifitas kelembagaan dan pengelolaan kawasan hutan.

Mayoritas penduduk memiliki tingkat ketergantungan yang tinggi terhadap kawasan hutan Register 17 Batu Serampok, maka masyarakat Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram dengan didampingi oleh KPH Batu Serampok membentuk Kelompok Tani Hutan (KTH) Betung Jaya. Sesuai dengan Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor : SK.5759/MENLHK-PSKL/PKPS/PSL.0/10/2017, KTH Betung Jaya diberikan akses pengelolaan Izin Usaha Pemanfaatan Hutan Kemasyarakatan (IUPHKm) kepada 39 Kepala Keluarga (KK) dengan luas 336 hektar.

Untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, masyarakat di Dusun Talang Betung menanam dan memanen hasil tanaman pertanian dan perkebunan seperti jagung,

kopi, kakao, dan sayur-sayuran serta Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) berupa jengkol, petai, dan durian. Kombinasi tanaman dan pohon dalam agroforestri memberikan keuntungan dalam menyuburkan tanah melalui penyediaan bahan organik, fiksasi nitrogen, penyerapan unsur hara, proses daur ulang bahan organik dan unsur hara melalui serasah, peningkatan sifat fisik tanah dan optimalisasi proses biologis dalam tanah (Istikorini *et al.*, 2023). Selain memanfaatkan kelebihan agroforestri dalam meningkatkan kesuburan, masyarakat juga melakukan pemupukan di lahan agroforestri menggunakan kombinasi pupuk kimia dan pupuk organik untuk meningkatkan produktivitas lahannya. Pemupukan merupakan faktor penting dalam meningkatkan produktivitas tanaman, ketahanan tanaman terhadap penyakit dan kondisi lingkungan yang kurang mendukung (Rosadi, 2015). Pupuk kimia yang digunakan yaitu urea dan NPK yang didapatkan dari pasar terdekat, sedangkan pupuk organik didapat dari pemanfaatan kotoran ternak yang dimiliki masyarakat seperti sapi, kambing, dan ayam.

2.3. Agroforestri Berbasis Budidaya Lebah Kelulut (*Trigona* sp.)

Agroforestri adalah sistem pengelolaan lahan berkelanjutan yang mengkombinasikan tanaman dengan berbagai jenis tumbuhan dan memiliki beberapa strata tajuk yang kompleks dengan karakteristik kedalaman perakaran yang beragam, yang memiliki manfaat dalam memenuhi kebutuhan akan pengendalian iklim mikro, mencegah longsor, serta mempertahankan biodiversitas flora dan fauna (Wattie dan Sukendah, 2023).

Agroforestri memiliki berbagai ciri dan sifat yang lebih baik daripada sistem pertanian monokultur, karena dapat meningkatkan pendapatan petani melalui kombinasi, optimalisasi penggunaan lahan antara multi-kultural jenis tanaman hutan dengan tanaman pangan, lebah, perikanan dan/atau peternakan dengan tetap menjaga produktivitas lahan (Aditya Hani, 2021).

Agroforestri terbagi kedalam berbagai jenis yaitu agrosilvikultur, silvopastura, silvofishery/wanamina, dan kebun campuran. Agrosilvikultur adalah kombinasi

pengelolaan lahan dengan membudidayakan tanaman kehutanan dengan tanaman pertanian, silvopastura adalah pengelolaan lahan dengan mengkombinasikan tanaman kehutanan dan peternakan, silvofishery adalah kombinasi tanaman kehutanan dengan perikanan, dan kebun campuran adalah sistem pengelolaan lahan yang menggabungkan berbagai jenis tanaman di lahan yang terbatas (Elfis, 2024).

Salah satu jenis pemanfaatan silvopastura yaitu apikultur. Apikultur adalah sebuah praktek budidaya lebah yang dilakukan secara terstruktur, terencana dan berkelanjutan untuk mendapatkan hasil dan manfaat lebah berupa madu, lilin, propolis, dan polen serta meningkatkan kualitas daya dukung ekosistem (Nursila *et al.*, 2025). Dalam konteks budidaya lebah kelulut, agroforestri dapat menjaga kondisi ideal bagi lebah kelulut untuk hidup dan berkembang. Kondisi iklim dan vegetasi yang diciptakan dari pola agroforestri dapat mempengaruhi kesehatan lebah kelulut dan ketersediaan sumber pakan yang menjadi kebutuhan utama dalam budidaya lebah kelulut (Kandari *et al.*, 2020).

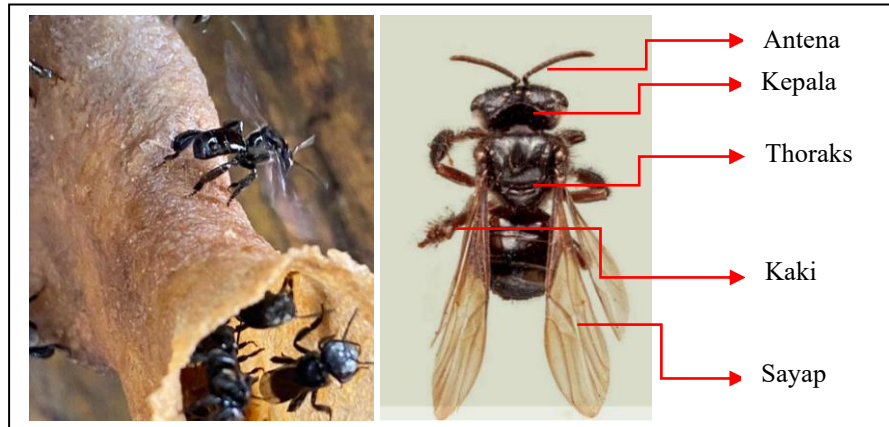
Selanjutnya, dengan adanya lebah kelulut dalam sistem agroforestri, proses penyerbukan dapat berlangsung dengan baik dalam menjaga kelestarian lingkungan dan keanekaragaman hayati yang ada, karena hasil komoditi yang dihasilkan pola agroforestri tidak akan optimal jika tanaman agroforestri sulit untuk berbunga dan menghasilkan buah dan biji yang kemudian dimanfaatkan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan hidupnya (Fadiah, 2023).

2.4. Lebah Kelulut (*Trigona* sp.)

Lebah madu merupakan salah satu jenis serangga dari famili Apidae yang memproduksi madu sebagai hasil dari kumpulan dan konversi sekresi nektar tumbuhan. Secara umum famili Apidae dibagi ke dalam dua grup, yaitu genus *Apis* atau lebah sengat dan genus *Trigona* atau lebah non-sengat (Priastomo *et al.*, 2020).

Lebah kelulut merupakan serangga sosial yang hidup dalam koloni, mereka tidak memiliki sengat, dan akan menggigit bila merasa terganggu (Febriani dan

Pujiastuti, 2023). Lebah kelulut termasuk kedalam subfamili Meliponinae dalam ordo Hymenoptera, dan tersebar di hampir seluruh wilayah tropis dan subtropis. Di Asia terdapat 42 jenis yang telah teridentifikasi, dimana 37 jenis ditemukan di Indonesia, terutama di Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi.



Gambar 2. Morfologi lebah kelulut (*Trigona* sp.)
(Sumber : Dok Pribadi, 2025; Monita, 2023)

Berdasarkan ciri morfologisnya, lebah kelulut berwarna hitam mengkilat dengan panjang tubuh antara 3,42 mm – 4,84 mm (Purwanto dan Trianto, 2021), bersarang pada lubang pohon, batu, bahkan celah bangunan yang memiliki pintu masuk menyerupai corong yang terbuat dari resin (Januardi *et al.*, 2022). Lebah kelulut hidup di lahan yang memiliki iklim tropis basah, dengan kelembaban udara sebesar 77% - 96% dan suhu 28° - 36° C dan membuat sarang/koloni pada daerah terbuka dengan kerapatan vegetasi yang sedang dengan intensitas cahaya matahari yang cukup tinggi (Pujirahayu *et al.*, 2020). Klasifikasi dari lebah kelulut (*Trigona* sp.) yaitu sebagai berikut.

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Insecta
Ordo	: Hymenoptera
Famili	: Apidae
Sub Famili	: Meliponinae
Genus	: <i>Trigona</i>
Spesies	: <i>Trigona</i> sp.

Lebah kelulut menghasilkan madu, yaitu zat alami yang memiliki nilai nutrisi yang signifikan, yang berasal dari hasil proses pengumpulan, pengubahan, dan penyimpanan nektar dari berbagai jenis bunga tanaman. Madu memiliki peranan vital bagi kesehatan manusia dan peranannya sebagai sumber pengobatan alami karena berkhasiat sebagai anti-bakteri, anti-infeksi dan antioksidan alami (Melia *et al.*, 2024). Melalui budidaya lebah kelulut, masyarakat dapat meningkatkan pendapatan dan kesejahteraannya karena madu merupakan salah satu komoditas HHBK yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta dapat membantu menjaga dan melindungi kekayaan biodiversitas lokal (Gopinatha dan Basavarajappa, 2023).

Lebah kelulut sangat mudah beradaptasi pada lingkungannya dan lebih jinak, serta jarang melarikan diri dari sarangnya. Menurut Nuraeni *et al.* (2024) lebah kelulut memiliki kemampuan terbang sejauh 500-600 meter dalam visitasi berbagai macam jenis tumbuhan untuk mendapatkan makanan sebagai sumber nektar dan polen, dan perubahan temperatur habitat dan jarak sarang ke sumber makanan, serta tingkat kelembaban dapat mempengaruhi lebah kelulut dalam mengumpulkan makanannya. Berlimpahnya jenis tanaman yang menghasilkan bunga sebagai sumber nektar dan polen, serta jarak sumber makanan dengan sarang akan berdampak signifikan pada produktifitas madu yang dihasilkan, dengan begitu akan mempengaruhi tingkat pendapatan masyarakat pembudidaya lebah kelulut (Syafrizal *et al.*, 2014).

Untuk menjangkau pasar yang lebih luas, hasil produk budidaya lebah kelulut berupa madu dan propolis harus memiliki sertifikat standar mutu. Sinaga *et al.* (2024) menyatakan bahwa distribusi penjualan sebuah produk pada pasar akan lebih luas apabila produk tersebut memiliki jaminan mutu yang akan berpengaruh pada keberlangsungan usaha itu sendiri. Persyaratan mutu madu yang sesuai Standar Nasional Indonesia meliputi uji bau, rasa, aktifitas enzim diastase, kadar air, glukosa, sukrosa, keasaman, padatan tidak larut dalam air, dan abu (Rahayu *et al.*, 2021).

Proses standarisasi mutu dimulai dari penerapan sanitasi yang dilakukan oleh masyarakat yang membudidayakan lebah kelulut, mulai dari persiapan

pengambilan madu, pengolahan madu, hingga pengemasan produk madu. Selain itu, pengawasan mutu dan penyimpanan madu serta perlindungan dari bahan kontaminan wajib dilakukan untuk memenuhi standar kebersihan dan kesehatan agar produk hasil budidaya lebah kelulut tidak menimbulkan resiko kesehatan dan membahayakan jiwa (Sinaga *et al.*, 2024).

2.5. Analisis Spasial

Analisa spasial didefinisikan sebagai sebuah proses pengolahan data dalam memahami pola dan hubungan geografis antara objek, peristiwa, dan fenomena dalam ruang geografis yang melibatkan penggunaan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dan algoritma untuk mendapatkan informasi berharga dalam proses pengambilan keputusan di berbagai bidang (Rakuasa *et al.*, 2023). Analisis spasial menggunakan berbagai macam metode dan teknik dalam memproses data geografis, yang bertujuan untuk mengidentifikasi pola, tren, dan dampak dari sebuah peristiwa yang terjadi dalam rangka mendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan (Latue, 2023).

Analisis spasial dilakukan melalui pembuatan informasi basis data, pengukuran data, fungsi kedekatan, *overlay*, pembuatan model digital, klasifikasi dan modifikasi unsur-unsur spasial yang bertujuan untuk menentukan wilayah sesuai dengan peruntukan dan karakteristiknya (Anasiru, 2016). Dalam penelitian ini analisis spasial dilakukan untuk menganalisis korelasi antara lokasi koloni lebah kelulut dengan kemampuan daya dukung lahan agroforestri dalam mendukung keberlangsungan budidaya lebah kelulut di Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan dengan menggunakan analisis sebaran, analisis tutupan vegetasi, dan analisis kesesuaian habitat.

Analisis sebaran dilakukan menggunakan analisis *buffer*, yaitu teknik analisis spasial yang menilai karakteristik dan fitur geografis dari suatu area menggunakan hasil pindaian dan pencatatan lingkungan untuk mengevaluasi dan menciptakan berbagai informasi geografis berdasarkan lokasi objek di dalam dan/atau di luar

jangkauan *buffer* (Sapakoly dan Papilaya, 2023). Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan kriteria jarak yang ditentukan dengan fitur-fitur geografis yang ada di area lokasi koloni lebah kelulut (Ridwan *et al.*, 2022).

Analisis tutupan vegetasi dilakukan menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), yaitu sebuah model yang dipakai untuk mengetahui ukuran tingkat vegetasi yang dapat dideteksi dengan tingkat akurasi yang tinggi dengan memanfaatkan citra satelit dengan kombinasi *Band* merah dan *Band Near-Infrared Radiation* (NIR) (Singgalen, 2023). NDVI dapat dijadikan sebagai indikator kuantitatif tingkat kehijauan vegetasi dan paramater kualitas lingkungan (Muryati, 2019). Analisis ini digunakan untuk mengetahui kondisi vegetasi yang ada di lokasi penelitian dalam kaitannya dengan ketersediaan sumber pakan bagi koloni lebah kelulut (Johar *et al.*, 2020).

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi NDVI yaitu kondisi tanah pada suatu lahan, oleh karena itu digunakan analisis *Normalized Difference Soil Index* (NDSI) untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah, karena indeks ini membantu mengidentifikasi karakteristik tanah seperti kelembaban, tekstur, dan salinitas tanah (Nguyen *et al.*, 2021). Menurut Voitik *et al.* (2023), NDSI digunakan untuk mengetahui kondisi vegetasi muda yang belum menutupi permukaan tanah, dan NDSI dapat berpengaruh pada jumlah produksi tanaman dan tingkat kesuburan tanah di lahan tersebut.

Untuk menjamin keberlangsungan budidaya lebah kelulut, kondisi habitat yang sesuai dan kelestarian habitat yang terjaga mutlak diperlukan. Oleh karena itu analisis kesesuaian habitat dilakukan untuk mengetahui karakteristik habitat lebah kelulut dan menilai kesesuaian habitat yang didasarkan pada parameter ketersediaan pakan dan kondisi iklim habitat (Fitriana *et al.*, 2021; Rosalia *et al.*, 2024). Analisis kesesuaian habitat dapat dilakukan dengan menggunakan analisis *Normal Difference Moisture Index* (NDMI) dan analisis *Land Surface Temperature* (LST).

Normal Difference Moisture Index (NDMI) adalah salah satu indeks yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelembaban suatu permukaan lahan dengan

memanfaatkan teknologi SIG yang didapat dari gelombang elektromagnetik *near infrared* dan *shortwave infrared* (Muryati, 2019). Sedangkan LST adalah sebuah gambaran dari suhu permukaan rata-rata dalam sebuah area tertentu yang dapat dijadikan variabel klimatologi utama (Pramitha *et al.*, 2023).

Selain untuk mengetahui daya dukung lahan agroforestri, analisis spasial juga digunakan untuk menguji dan/atau memprediksi keberlangsungan budidaya lebah kelulut di lokasi penelitian dengan menggunakan model *Maximum Entropy* (Maxent). Model MaxEnt adalah sebuah alat dengan konsep *machine learning* sederhana yang digunakan dalam memprediksi sesuatu dari data dan informasi yang belum lengkap (Phillips *et al.*, 2006; Fauzan dan Ramadhan, 2023). Secara sederhana, MaxEnt dapat dijelaskan sebagai suatu metode untuk memprediksi distribusi spesies secara geografis, dengan menggunakan data kehadiran spesies dan variabel lingkungan yang diduga berpengaruh terhadap kehadiran suatu spesies.

2.6. Uji Korelasi Pearson

Uji korelasi adalah metode statistik yang digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linear antara dua variabel numerik yang bertujuan untuk mengetahui dan memahami apakah perubahan pada satu variabel berhubungan dengan perubahan variabel lainnya (Roflin dan Riana, 2022).

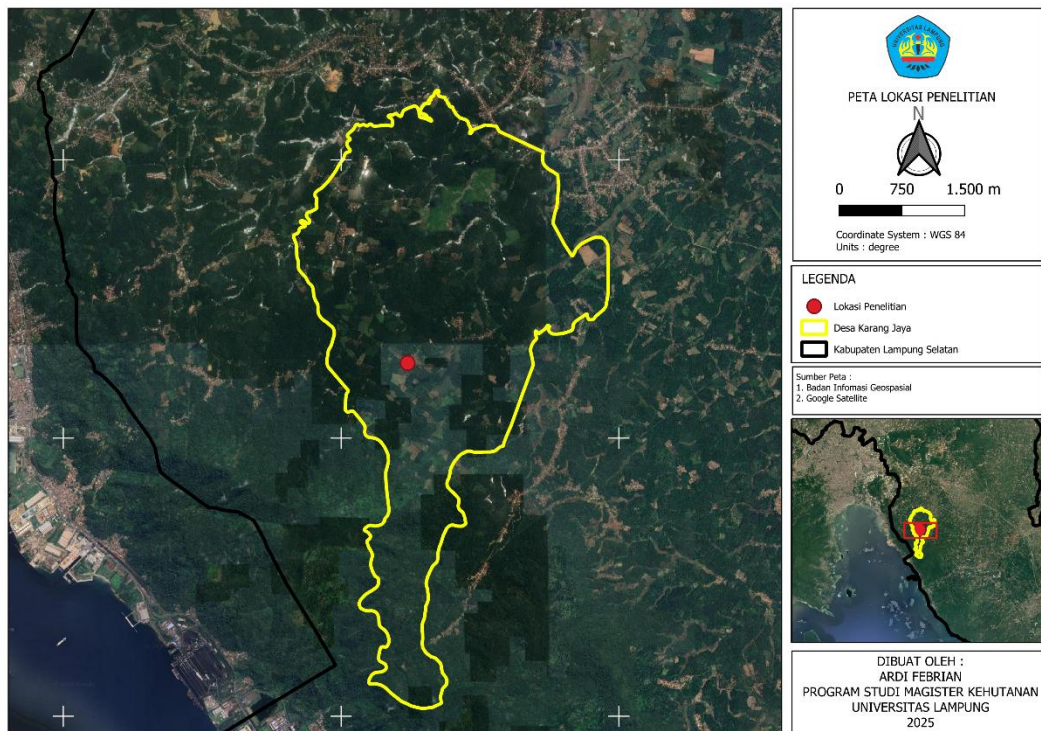
Salah satu metode yang digunakan dalam melakukan uji korelasi yaitu uji korelasi Pearson. Uji korelasi Pearson adalah sebuah metode pengukuran parametrik yang menghasilkan koefisien korelasi yang digunakan untuk mencari hubungan dan penjelasan antar variabel yang diteliti (Yanti dan Akhri, 2021).

Menurut Akbar *et al.* (2022), uji korelasi Pearson dapat dibagi kedalam 2 tipe, yaitu korelasi positif dan korelasi negatif. Korelasi positif terjadi apabila nilai tinggi pada suatu variabel X akan memberikan pengaruh peningkatan yang juga tinggi terhadap nilai variabel Y, dan begitupun sebaliknya. Sedangkan korelasi negatif terjadi apabila nilai tinggi dari suatu variabel X akan memberikan nilai yang berlawanan terhadap nilai dari variabel Y, dan berlaku untuk kebalikannya.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Januari - Juli 2025, bertempat di Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu GPS Garmin 78s, thermometer, barometer, handphone, dan laptop dengan spesifikasi Intel(R) Core (TM) i5-7200U CPU @2.50GHz 8192MB RAM. Data citra satelit menggunakan citra *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS) dan peta

administrasi wilayah yang diunduh dari web Ina-Geoportal (tanahair.indonesia.go.id), serta citra Landsat-8 yang diunduh dari web USGS (earthexplorer.usgs.gov). Analisis spasial dilakukan dengan software Quantum GIS versi 3.34.8 dan modul *Maximum Entropy* (Maxent) versi 3.4.4.

Adapun bahan yang digunakan adalah data yang diambil dari hasil observasi lapangan, wawancara dengan pihak KPH Batu Serampok dan masyarakat Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, serta studi literatur dan data dari berbagai sumber terpercaya.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif digunakan dalam analisis data spasial untuk mendeskripsikan kesesuaian daya dukung lahan agroforestri dengan kebutuhan dan kesesuaian hidup lebah kelulut. Metode kuantitatif digunakan dalam uji pemodelan MaxEnt untuk memprediksi daya dukung dan kesesuaian lahan agroforestri terhadap budidaya lebah kelulut.

Pengumpulan data terkait budidaya lebah kelulut dan identifikasi data spasial pada lahan agroforestri dilakukan menggunakan data primer dan sekunder. Data primer dihimpun melalui pengambilan data titik koordinat lokasi koloni lebah, data ketinggian, data suhu, serta observasi dan hasil wawancara dengan responden. Sampel koloni lebah kelulut digunakan untuk mengetahui data kehadiran spesies dalam suatu lokasi. Jumlah sampel yang akan diambil yaitu sejumlah 30 sampel, hal ini dilakukan karena berdasarkan *Central Limit Theorem* (CLT), jumlah sampel tersebut diasumsikan mendekati atau cenderung mendekati distribusi normal yang mirip dengan populasi (Memon *et al.*, 2020).

3.4. Analisis Data Spasial

Analisis spasial dilakukan untuk mengetahui daya dukung lahan agroforestri untuk pengembangan budidaya lebah kelulut yang meliputi data sebaran, tutupan vegetasi, dan data iklim/suhu/kelembaban menggunakan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Samsu *et al.*, 2022). Pemanfaatan SIG dapat mempercepat proses analisis data spasial pada lahan agroforestri yang dikelola masyarakat Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan (Mardhiah *et al.*, 2022).

Analisis yang dilakukan meliputi (1) analisis vegetasi dan lahan menggunakan model NDVI dan NDSI, (2), analisis *overlay* dengan menggabungkan beberapa *layer* data untuk mengidentifikasi kesesuaian kondisi lokasi penelitian dengan kriteria yang sesuai untuk keberlangsungan hidup lebah kelulut dengan analisis NDMI dan LST serta (3) analisis *buffer* untuk menganalisis keterkaitan *home-range* lebah kelulut dengan jarak radius 500 meter disekitar sarang lebah dalam memastikan ketersediaan pakan dan kondisi habitatnya.

Analisis NDVI menggunakan proses analisis citra satelit Landsat-8 di Quantum GIS yang memuat perbedaan antara perbedaan pantulan tutupan vegetasi yang terlihat dengan pantulan sinar *near-infrared* yang dapat memperkirakan kerapatan tutupan vegetasi di lokasi penelitian (Budiputra, 2021). Untuk menghitung NDVI digunakan rumus :

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Dimana :

NIR : *Near-infrared* band (Band 5)

R : *Red* band (Band 4)

Berdasarkan perhitungan indeks NDVI, indeks terendah dinilai dari -1 dan tertinggi bernilai 1. Klasifikasi indeks NDVI dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Klasifikasi Indeks NDVI

Klasifikasi	Indeks NDVI
Tidak Bervegetasi	-0,10 – 0,11
Sangat Rendah	0,12 – 0,21
Rendah	0,22 – 0,41
Sedang	0,42 – 0,71
Tinggi	0,72 – 0,92

Sumber : Feriansyah *et al.*, 2022

Proses yang sama juga dilakukan untuk melakukan analisis NDSI dengan mengembangkan sampel spektral dari vegetasi dan tanah untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah (Indrayani *et al.*, 2018). Perhitungan NDSI dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Nguyen *et al.*, 2021).

$$NDSI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

Dimana :

SWIR : *Shortwave infrared* (Band 6)

NIR : *Near-infrared* band (Band 5)

Nilai NDSI yang negatif menunjukkan bahwa area tersebut merupakan lahan tertutup dengan tingkat kelembaban yang tinggi dan nilai positif merupakan area lahan terbuka dengan tingkat kelembaban yang rendah yang dapat digunakan sebagai salah satu indikator kesuburan tanah (Purwanto, *et al.*, 2022). Klasifikasi NDSI dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Klasifikasi Indeks NDSI

Klasifikasi	Indeks NDSI
Kelembaban tanah tinggi	(-1, 033) – (-0,458)
Kelembaban tanah sedang	(-0,459) – (-0,064)
Kelembaban tanah rendah	(-0,065) – (0,430)

Sumber : Indrayani *et al.*, 2018

Untuk menganalisis kesesuaian habitat lebah kelulut, diperlukan data titik koordinat, data suhu, data ketinggian, dan data tekanan udara yang diambil di lapangan untuk menghitung kelembaban relatifnya. Kelembaban relatif

(RH%) adalah ukuran untuk mengetahui banyaknya uap air yang ada di udara pada suhu tertentu yang merupakan indikator untuk syarat hidup lebah kelulut (Edar dan Wahyuni, 2021). Kelembaban relatif dihitung menggunakan rumus berikut.

$$RH = \frac{e}{es} \times 100$$

Keterangan :

e : Tekanan uap aktual dalam hPa

es : Tekanan uap jenuh dalam hPa

Untuk menghitung tekanan uap jenuh (es) menggunakan rumus Magnus-Tetens sebagai berikut.

$$es = 6,112 \times \exp\left(\frac{17,62 \times T}{243,12 + T}\right)$$

Keterangan :

es : Tekanan uap jenuh (hPa)

T : suhu udara dalam °C

Untuk menghitung tekanan uap aktual (e) menggunakan rumus :

$$e = \left(\frac{es}{P_{lokal}}\right) \times P_{aktual}$$

Keterangan :

e : Tekanan uap aktual

P_{lokal} : Tekanan atmosfer standar (1.013,25 hPa)

P_{aktual} : Tekanan udara aktual

(Sumber : Hanan *et al.*, 2020)

Adapun rumus untuk menghitung NDMI adalah sebagai berikut.

$$NDMI = \frac{\lambda NIR - \lambda WIR1}{\lambda NIR + \lambda WIR1}$$

Keterangan :

λNIR : Nilai *Band Near-Infrared* (Band 5)

λWIR : Nilai *Band Shortwave Infrared* (Band 6)

Analisis suhu LST menggunakan citra Landsat 8 Band 10 dan 11 dengan menghitung terlebih dahulu nilai *Spectral Radiance* ($L\lambda$), *Brightness Temperature* (BT), NDVI, dan *Land Surface Emissivity* (E) dengan rumus sebagai berikut.

$$L\lambda = ML \times Qcal + AL$$

Keterangan :

$L\lambda$: *Spectral Radiance*

ML : *Radiance Band 10*

$Qcal$: *Gambar Band 10 dan 11*

AL : *Radiance add Band 10*

$$BT = K2 / \ln \left(\left(\frac{K1}{L\lambda} \right) + 1 \right) - 273,15$$

Keterangan :

BT : *Brightness Temperature* (°C)

$L\lambda$: *Spectral radiance*

$K1$ dan $K2$: konstanta *Band 10 dan 11*

Sebelum menghitung *Land Surface Emissivity* (E) harus diketahui dulu nilai dari proporsi vegetasi (PV) dengan rumus sebagai berikut.

$$PV = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI} \right)^2$$

Keterangan :

PV : *Proporsi vegetasi*

$NDVI_{min}$: *Nilai minimal indeks NDVI*

$NDVI_{max}$: *Nilai maksimal indeks NDVI*

$$E = 0,004 \times PV \times 0,986$$

Setelah semua nilai variabel di atas telah diketahui maka selanjutnya dapat menghitung LST dengan rumus :

$$LST = BT / \left(1 + \left(\lambda \times \frac{BT}{C2} \right) \right) \times \ln E$$

Keterangan :

BT : *Brightness Temperature* (°C)

λ : Panjang gelombang pancaran cahaya *Band 10*

C2 : Nilai koefisien (14388 mK)

(Sumber : Rajeshwari dan Mani, 2014).

Analisa deskriptif kualitatif juga dilakukan dalam rangka memberikan gambaran tentang informasi pola komposisi penyusun agroforestri dan kaitannya dengan ketersediaan pakan bagi lebah kelulut.

3.5. Analisis *Maximum Entropy Model* (Maxent)

Maximum Entropy (MaxEnt) merupakan metode pembelajaran multiguna yang menggunakan formulasi matematis sederhana untuk membuat suatu prediksi dan informasi dari aspek data yang belum lengkap. Pendekatan ini dapat digunakan memprediksi perkembangan selanjutnya dengan menggunakan data yang dimiliki saat ini melalui analisis regresi logistik dengan merandom sampel data yang ada dalam kumpulan sampel (Phillips *et al.*, 2006). Persamaan dalam MaxEnt dapat dilihat sebagai berikut :

$$H(\pi) = \sum_{x \in X} \pi(x) \ln \pi(x)$$

Dimana :

$H(\pi)$: entropi dari distribusi probabilitas π .

$\pi(x)$: probabilitas kejadian x dalam distribusi π .

X : himpunan semua kejadian yang mungkin.

$\ln$: logaritma natural (basis e).

Seperti yang dikemukakan oleh Phillips *et al.* (2017), metode MaxEnt digunakan untuk membangun model probabilitas dengan berprinsip pada entropi maksimum, yang bertujuan untuk memilih distribusi probabilitas yang memiliki entropi maksimum. Metode Maxent digunakan untuk mengetahui tingkat kesesuaian suatu habitat terhadap keberlangsungan suatu spesies dan memprediksi sebaran spesies berdasarkan data variabel lingkungan dan titik perjumpaan suatu spesies (Sugi *et al.*, 2024).

Dalam konteks pemodelan dan analisis daya dukung lahan agroforestri dalam budidaya lebah, distribusi potensial spesies dapat diprediksi berdasarkan data variabel lingkungan yang ada. Data titik koordinat lokasi koloni lebah kelulut, baik berupa koloni buatan dan koloni alami, serta data spasial kondisi lingkungan lahan agroforestri dimasukkan dalam pemodelan MaxEnt, kemudian hasil pemodelan tersebut dapat diinterpretasikan untuk mengidentifikasi area dengan potensi tinggi untuk pengembangan budidaya lebah kelulut.

Untuk mengetahui tingkat kesesuaian data dan memvalidasi tingkat uji permodelan Maxent maka dilakukan uji *Goodness of Fit* (GoF) yang bertujuan untuk mengukur seberapa baik model Maxent melalui validasi berbasis AUC (*Area Under the Curve*) di hasil uji Maxent, dengan ketentuan jika AUC tinggi ($>0,7$) berarti model dapat memprediksi dengan akurat lokasi yang sesuai untuk budidaya lebah kelulut dan model dianggap memiliki kecocokan yang baik dengan data observasi (Venne dan Currie, 2021). Uji ini dilakukan dengan membandingkan hasil Maxent dari titik kehadiran di lokasi koloni buatan dan lokasi koloni alami.

Hasil uji Maxent diklasifikasikan baik apabila mendekati nilai 1, sedangkan nilai 0,5 berarti model yang diuji tidak dapat dianggap lebih baik daripada model random untuk memprediksi keberadaan dan sebaran spesies (Fauzan dan Ramadhan, 2024).

Klasifikasi kesesuaian habitat berdasarkan hasil uji Maxent dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Klasifikasi Nilai Uji Maxent

Nilai	Klasifikasi
0,00 – 0,20	Sangat Rendah
0,21 – 0,40	Rendah
0,41 – 0,60	Sedang
0,61 – 0,80	Tinggi
0,81 - 1	Sangat Tinggi

Sumber : Oktavani *et al.*, 2023

3.6. Uji Korelasi Pearson

Menurut Roflin dan Riana (2022) uji korelasi digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linear antara dua variabel numerik yang bertujuan untuk mengetahui dan memahami apakah perubahan pada satu variabel berhubungan dengan perubahan variabel lainnya.

Korelasi Pearson digunakan untuk mengetahui hubungan faktor ekologis dan daya dukung lingkungan terhadap pengembangan budidaya lebah kelulut di Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan dengan menggunakan *software* Minitab 16.

Tingkat hubungan tersebut ditampilkan dalam klasifikasi koefisien korelasi yang menggambarkan tingkat hubungan antar variabel yang diteliti sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 4. Klasifikasi Koefisien Korelasi

Koefisien Korelasi	Tingkat Hubungan
0,000 – 0,199	Sangat Rendah
0,200 – 0,399	Rendah
0,400 – 0,599	Sedang
0,600 – 0,799	Kuat
0,800 – 1,000	Sangat Kuat

Sumber : Oktavia, 2021; Akbar *et al.*, 2022

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Produktifitas lahan agroforestri yang ada di Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram , Kabupaten Lampung Selatan dalam pengembangan komoditi unggulan masih terhitung rendah, yaitu hanya menghasilkan 66,7 kg/ha jengkol, 22,2 kg/ha petai, 111,1 buah/ha durian, dan madu merupakan komoditi dengan produktifitas tertinggi dengan hasil sebanyak 38 liter/ha.
2. Dari hasil analisis spasial yang dilakukan menunjukkan luas area untuk pengembangan budidaya lebah kelulut dengan potensi daya dukung habitat Sangat Rendah seluas 1.131,36 hektar (91,55%), potensi daya dukung habitat Rendah seluas 45,88 hektar (3,75%), dan pengembangan budidaya lebah kelulut dapat difokuskan pada area perkebunan dengan potensi daya dukung habitat Sedang seluas 21,40 hektar (1,75%), potensi daya dukung habitat Tinggi seluas 16,62 hektar (1,35%), dan potensi daya dukung habitat Sangat Tinggi seluas 18,75 hektar (1,55%).
3. Berdasarkan dari data variabel lingkungan yang diolah dan yang ditentukan, variabel ketinggian (35,6%), variabel NDVI (26%), dan variabel suhu (19,9%) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kehadiran dan kesesuaian habitat lebah kelulut serta prediksi yang dihasilkan model Maxent dengan nilai 0,82 dengan klasifikasi Tinggi dan AUC yang tinggi (0,963) menggambarkan kesesuaian dan daya dukung habitat yang baik bagi pengembangan budidaya lebah

kelulut di Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan.

4. Dari uji korelasi yang dilakukan, variabel NDVI (tutupan vegetasi) memiliki pengaruh yang Sedang terhadap variabel suhu dan tekanan udara. Kenaikan indeks NDVI akan menurunkan besaran suhu dan tekanan udara yang dapat memengaruhi pengembangan budidaya lebah kelulut di Dusun Talang Betung, Desa Karang Jaya, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian dapat maka dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Peningkatan produktifitas lahan agroforestri melalui intervensi teknis seperti pemupukan, pemilihan bibit unggul, pendampingan, dan pelatihan kepada masyarakat untuk mengoptimalkan pengelolaan lahan agroforestri dan peningkatan kesejahteraan masyarakat serta menjaga kelestarian lingkungan.
2. Melakukan penanaman pohon untuk meningkatkan tutupan vegetasi yang berguna untuk menstabilkan suhu dan tekanan udara, serta menambah variasi sumber pakan lebah kelulut.
3. Melakukan penelitian serupa dengan cakupan area yang lebih luas untuk melihat variasi spasial dan lingkungan yang lebih beragam dan membandingkan hasilnya untuk identifikasi pola regional yang sesuai untuk pengembangan budidaya lebah kelulut.
4. Melakukan penelitian lanjutan untuk memperluas cakupan disiplin ilmu dan aplikasi praktis untuk pengembangan budidaya lebah kelulut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrol, D. P., & Shankar, U. 2021. Role of Agroforestri in Apiculture. *Bee World*, 98(4), 124-125.
- Adiningsih, E.S., 2014. Tinjauan metode deteksi parameter kekeringan berbasis data penginderaan jauh. *In Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014* (pp. 210-220). LAPAN.
- Aditya Hani, A. W. 2021. Peran dan Kunci Sukses Agroforestri. Sebuah Tinjauan. No.2, Desember 2021, 4, 69 – 80.
- Aji, S.P. and Kartono, D.T., 2022. Kebermanfaat Adanya Sustainable Development Goals (Sdgs). *Journal of Social Research*, 1(6), pp.507-512.
- Akbar, M.R., Akbar, M.I. dan Darajatun, R.A., 2022. Analisis Regulasi Uji Emisi Gas Buang Kendaraan Berdasarkan Pengaruhnya Terhadap Indeks Kualitas Udara di DKI Jakarta Menggunakan Metode Korelasi Pearson dan Regresi Linear. *J Statistika: Jurnal Ilmiah Teori dan Aplikasi Statistika*, 15(1).
- Alfatikha, M., Herwanti, S., Febryano, I. G., & Yuwono, S. B. 2020. Identifikasi jenis tanaman agroforestri untuk mendukung ketahanan pangan rumah tangga di Desa Pulau Pahawang. *Gorontalo Journal of Forestry Research*, 3(2), 55-63.
- Anasari, S.D., Pusparini, W. and Andayani, N., 2021. Predicting the Distribution of Sunda Pangolin (*Manis javanica* Desmarest, 1822) in Way Canguk Research Station, Bukit Barisan Selatan National Park, Lampung. *J. Trop. Biodivers. Biotechnol*, 6, p.58612.
- Anasiru, R.H., 2016. Analisis spasial dalam klasifikasi lahan kritis di kawasan Sub-DAS Langge Gorontalo. *Informatika Pertanian*, 25(2), pp.261-272.
- Astuti, T., Damanik, S. E., Abdiansyah. 2023. Identifikasi Tanaman Dalam Sistem Agroforestri di Desa Tigaras Kabupaten Simalungun. *Wana Lestari*, 5(02), 354-361.

- Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Lampung. 2023. Lampung Dalam Angka 2022. Bandar Lampung.
- Bani, M. N. B. M. N. 2022. Analisis Kerapatan 3D Point Clouds Pada UAV Fotogrametri. *Jurnal Qua Teknika*, 12(01), 45-57.
- Barman, P.K., Rawat, S., Kumari, A. and Wani, A.M., 2024. Monitoring the vegetation condition of Gorumara National Park using NDVI and NDMI indices. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 15(2), pp.1-7.
- Breuer, A., Janetschek, H. and Malerba, D., 2019. Translating sustainable development goal (SDG) interdependencies into policy advice. *Sustainability*, 11(7), p.2092.
- Budiputra, A.R., 2021. Analisis Kerapatan Vegetasi di Kabupaten Magelang Menggunakan Citra Landsat 8 Bermetode NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). *Jurnal Sosial Teknologi*, 1(11), pp.1-332.
- Darmawan, A.B., Sulistyning, A.R., Santoso, J., Linggarwati, T., Saadah, K., Dwianto, R.A., 2023. Implementasi Kebijakan SDGs Pemerintah Daerah dalam Mengelola Ketahanan Pangan pada Masa Pandemi Covid-19 (Studi Kasus Desa Pandak, Kec. Baturaden, Kab. Banyumas). *Jurnal Ketahanan Nasional*, 29(2), pp.145-165.
- Dewi, N., Aini, F.R.K., Haryadi, N.T. and Kurnianto, A.S., 2024. Pengaruh Dua Tipe Agroforestri Berbasis Kopi Terhadap Populasi Semut Hitam (*Dolichoderus* sp.) di Lereng Barat Gunung Raung. *Journal of Tropical Silviculture*, 15(03), pp.201-209.
- Edar, A.N. and Wahyuni, A., 2021. Pengaruh Suhu dan Kelembaban Terhadap Rasio Kelembaban dan Entalpi (Studi Kasus: Gedung UNIFA Makassar). *LOSARI J Arsit Kota dan Pemukim*, 6(2), pp.102-14.
- Elfis, 2024. Agroforestri. UIR Press. Pekanbaru.
- Fadiah, L.H., 2023. Peran Lebah Madu Klanceng (*trigona* sp) Dalam Mendukung Kesejahteraan Manusia Dan Lingkungan. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Hewani*, 2(1), pp.44-55.
- Fauzan, M. R., & Ramadhan, R. 2024. Pemodelan Distribusi Habitat Lebah Madu Guna Mendukung Budidaya Lebah Madu di Desa Muara Sikabalan. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1), 8915-8928.
- Fauzi, C. 2020. Pengembangan Sistem Informasi Geografis Menggunakan YWDM Dalam Perencanaan Tata Ruang. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 4(2), 598-607.

- Febriani, E., & Pujiastuti, Y. 2023. The stingless bee species *Trigona* spp. on various species of flowering plants in Baturaja City, Ogan Komering Ulu District, South Sumatra. *Journal of Smart Agriculture and Environmental Technology*, 1(1), 7-13.
- Feriansyah, A., Safe'i, R., Darmawan, A. and Kaskoyo, H., 2022, December. Comparison of Crown Health Assessment Using Forest Health Monitoring and Remote Sensing Techniques (Case Study: KTH Lestari Jaya 8, KPHL Kota Agung Utara, Lampung). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1115, No. 1, p. 012055). IOP Publishing.
- Giri, M.S., Munawir, A., Sundawati, A., Sodahlan, M.E., Prasetyo, Y., Nugrahareni, H.W., Kurniawan, H., Rinekso, A.J. and Rahman, D.A., 2023. Habitat suitability modeling of Javan Slow Loris (*Nycticebus javanicus*) in the Forest Cluster of Gunung Halimun Salak. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 29(2), pp.119-119.
- Gopinatha, B. N., & Basavarajappa, S. 2023. Spatio-temporal distribution of stingless bee (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) colonies midst diversified agro-ecosystems of South-Eastern Karnataka, India. *International Journal of Entomology Research*, 8(1), 12-18.
- Hanan, A., Rochani, A. A., Widhyatma, E. A., Paulana, A. F. 2020. Perancangan Aplikasi Android Untuk Edukasi dan Pencatatan Historis Cuaca. *Technology and Informatics Insight Journal*.
<http://journal.stieputrabangsa.ac.id/index.php/jiak>.
- Indrayani, I., Buchari, E., Putranto, D. D., & Saleh, E. 2018. Spatial analysis of soil texture and peat soil by NDSI method at swamp area of Banyuasin District, Indonesia. *Ecology, Environment and Conservation*, 24(2), 673-680.
- Istikorini, Y., Firmansyah, M.A., Rusniarsyah, L., Shodiq, I., Azzahra, T.A. and Latifah, I., 2023. Pelatihan Pembuatan Pupuk Hayati pada Sistem Agroforestri berbasis Kopi di Desa Garahan, Jember, Jawa Timur. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 9(2), pp.191-197.
- Januardi, D., Diba, F. and Setyawati, D., 2022. Potensi Budidaya Hasil Hutan Bukan Kayu (Hhbk) Lebah Madu Kelulut (*Trigona* Spp). Di Desa Rawak Hulu Kecamatan Sekadau Hulu Kabupaten Sekadau. *Jurnal Lingkungan Hutan Tropis*, 1(1), pp.109-120.
- Johar, A. Vatesia, A. dan R. R. Rais., 2020. "Perbedaan Pengolahan DAS Bengkulu Menggunakan NDVI dan Maximum Likelihood", *J. Pseudocode*, vol. 7, no. 2, pp. 115–122, 2020, doi: 10.1201/9780429397547-15.

- Kadarsah, A., Nurliani, A., Santoso, H.B. and Kuntorini, E.M., 2025. Analisis Kualitas Lingkungan Dan Pencemaran Limbah Plastik Terhadap Biodiversitas Tumbuhan Pakan Lebah Kelulut Di Geopark Meratus. *In PROSIDING SEMINAR NASIONAL LINGKUNGAN LAHAN BASAH* (Vol. 10, No. 1).
- Kandari, A. M., Uslinawaty, Z., & Ilton, M. 2020. Vegetation types, climatic conditions and Trigona sp. honey quality in Onewila Village, Ranomeeto district South Konawe Regency. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*, 9(1), 57-63.
- Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batu Serampok. 2020. Rencana Pengelolaan Hutan Jangka Panjang (RPHJP) KPH Batu Serampok 2020 – 2025. Bandar Lampung.
- Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Batu Serampok. 2022. Rencana Pengelolaan Hutan Jangka Pendek (RPHJPD) KPH Batu Serampok 2022. Bandar Lampung.
- Latue, P. C. 2023. Analisis Spasial Temporal Perubahan Tutupan Lahan di Pulau Ternate Provinsi Maluku Utara Citra Satelit Resolusi Tinggi. *Buana Jurnal Geografi, Ekologi Dan Kebencanaan*, 1(1), 31-38.
- Lenaini, Ika. 2021. Teknik Pengambilan Sampel Purposive dan Snowball Sampling. *Jurnal Kajian, Penelitian, dan Pengembangan Pendidikan Sejarah*. Vol. 6, No. 1, 30 Juni. P-ISSN 2549-7332. E-ISSN 2614-1167. Hal 33-39.
- Mahani, 2020. Mengenal dan Memilih Lebah Tanpa Sengat untuk Budidaya. Makalah Webinar KPH Indonesia, dengan Tema “Madu KPH untuk Indonesia”. Mataram.
- Mardhiah, M., Fazlina, Y. D., & Basri, H. 2022. Analisis Spasial Status Lahan Kritis dan Arah Penggunaan Lahan di Kecamatan Kluet Timur Kabupaten Aceh Selatan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(3), 405-415.
- Mas'ud, M.L., Rahayuningsih, M., Sidiq, W.A.B.N. and Zaka, M.N.H.F., 2023, November. Model Distribusi Trenggiling Jawa (*Manis javanica*, Desmarest, 1822) Di Gunung Ungaran, Jawa Tengah Dengan Menggunakan Maxent. *In Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 11, pp. 115-121).
- Melia, S., Juliyarsi, I., Kurnia, Y. F., Aritonang, S. N., Rusdimansyah, R., Sukma, A., ... & Supandil, D. 2024. Profile of stingless bee honey and microbiota produced in West Sumatra, Indonesia, by several species (*Apidae*, *Meliponinae*). *Veterinary World*, 17(4), 785.

- Memon, M.A., Ting, H., Cheah, J.H., Thurasamy, R., Chuah, F. and Cham, T.H., 2020. Sample size for survey research: Review and recommendations. *Journal Of Applied Structural Equation Modeling*, 4(2), pp.i-xx.
- Monita, D.N.K., 2023. Identifikasi Jenis Dan Karakteristik Sarang Lebah Madu Tanpa Sengat (*Stingless Bee*) Di Perternakan Lebah Simpur Desa Kecapi. Diploma thesis, UIN RADEN INTAN LAMPUNG.
- Muryati, N., 2019. Analisis Tingkat Kekeringan Lahan Sawah Menggunakan Citra Landsat 8 dan Thermal. Fakultas Infrastruktur dan Kewilayahan. Institut Teknologi Sumatera.
- Nguyen, C. T., Chidthaisong, A., Kieu Diem, P., & Huo, L. Z. 2021. A modified bare soil index to identify bare land features during agricultural fallow-period in southeast Asia using Landsat 8. *Land*, 10(3), 231.
- Ningrat, J., Harsono, I., Yudha, I. D. K., & Firmansyah, F. 2023. Analisis Pendapatan Masyarakat Dari Budidaya Madu Trigona (*Trigona* Sp.) Desa Pemepek Kecamatan Pringgarata Lombok Tengah. *Ganec Swara*, 17(4), 1499-1510.
- Nuraeni, S., Mahmudah, R., & Sadapotto, A. 2024. Identify The Source of Pollen Feed in Honey and Bee Bread of *Tetragonula biroi*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1315, No. 1, p. 012064). IOP Publishing.
- Nursila, S., Tambunan, S.E.B., Amika, S., Lumbangaol, F.K.B., Khaerunnisa, A. and Ardhana, M.A.A., 2025. Budidaya Lebah kelulut (*Trigona* Sp) Dengan Apiculture Agroforestry System Di Fakultas Hukum Universitas Samudra Langsa. *Jurnal Ilmu Pertanian Tirtayasa*, 7(1).
- Oktavia, P. 2021. *Metode Analisis Perencanaan 1 Tentang Analisis Korelasi* (Vol. 13).Cikarang: Institut Teknologi Sains Bandung.
- Oktaviani, R., Borzée, A., Cahyana, A.N., Lappan, S., Mardiasuti, A. and Giri, M.S., 2023. Predicting suitable habitat for the endangered Javan Gibbon in a submontane forest in Indonesia. *Journal of Threatened Taxa*, 15(7), pp.23463-23471.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4), 231-259.
- Phillips, Steven J., Robert P. Anderson, Miroslav Dudík, Robert E. Schapire, and Mary E. Blair. 2017. "Opening the black box: An open-source release of Maxent." *Ecography* 40, no. 7: 887-893.

- Pramitha, A.F., Andri, A.N.A. and Bahar, S., 2023. Analisis Hubungan Perubahan Penggunaan Lahan (Land Use) Terhadap Perubahan Land Surface Temperature (LST) Di Kota Tangerang Selatan Tahun 2011-2021. *Buletin Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika*, 3(5), pp.10-21.
- PRESS, F 2013. Strategi Nasional Penelitian Agroforestri 2013-2030. Bogor.
- Priastomo, M., I. K. Adnyana, S. Sukrasno, and K. Kusnaedi 2020. Pengaruh Pemberian Madu dari Lebah Apis mellifera, Apis cerana, dan Trigona sp. Terhadap Beberapa Parameter Biokimia pada Mencit yang Diuji dengan Metode WFST. *MPI (Media Pharmaceutica Indonesiana)*, 3(2); 80–87.
- Pujirahayu, N., Rosmarlinasiah, R., Uslinawaty, Z., Hadjar, N., & Supriadi, S. 2020. Sebaran Dan Karakteristik Sarang Lebah Tak Bersengat Di Kawasan Hutan Kampus Unibversitas Halu Oleo. *Jurnal Celebica: Jurnal Kehutanan Indonesia*, 1(2), 120.
- Purwanto, A. D., Wikantika, K., Deliar, A., & Darmawan, S. (2022). Decision tree and random forest classification algorithms for mangrove forest mapping in Sembilang National Park, Indonesia. *Remote Sensing*, 15(1), 16.
- Purwanto, H. and Trianto, M., 2021. Species description, morphometric measurement and molecular identification of stingless bees (Hymenoptera: Apidae: meliponini) in meliponiculture industry in West Java Province, Indonesia. *Serangga*, 26(1), pp.13-33.
- Rajeshwari, A. and Mani, N.D., 2014. Estimation of land surface temperature of Dindigul district using Landsat 8 data. *International Journal Of Research In Engineering And Technology*, 3(5), pp.122-126.
- Rakuasa, H., Pertuack, S., & Latue, P. C. 2023. Analisis spasial daya dukung lahan permukiman Kota Ternate. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(6), 2084-2090.
- Ridwan, V.F., Hasanuddin, H.A., Sarif, S., Arnis, A. and Avrelia, A.R., 2022. Analisis Area Layanan Koridor 2 dan Koridor 3 Bus Trans Mamminasata dengan Buffering Analysis. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)* (Vol. 7, No. 1, pp. 52-57).
- Riendriasari, S. D., Hakim, S. S., Siswadi, S., Wahyuningtyas, R. S., Rahmanto, B., & Halwany, W. 2023. Diversity of Stingless bee and Heterotrigona itama Colonies' splitting techniques in South Kalimantan. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2972, No. 1). AIP Publishing.
- Rizaldi, A., Darmawan, A., Kaskoyo, H., & Setiawan, A. 2022. Pemanfaatan google earth engine untuk pemantauan lahan agroforestri dalam skema perhutanan sosial. *Majalah Geografi Indonesia*, 37(1), 12-21.

- Roflin, E., & Riana, F. (2022). Analisis Korelasi dan Regresi. Penerbit NEM.
- Rosadi, A.H., 2015. Kebijakan Pemupukan Berimbang untuk Meningkatkan Ketersediaan Pangan Nasional Balanced Fertilization Policy to Improve Availability of National Food. *Jurnal Pangan*, 24(1), pp.1-14.
- Samsu, A. K. A., Mukhlisa, A. N., & Nurnawati, A. A. 2022. Identifikasi Sebaran Tanaman Kemiri Berbasis Pola Agroforestri di Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 5(1), 177-186.
- Sanjaya, V., Astiani, D. and Sisillia, L., 2019. Studi habitat dan sumber pakan lebah kelulut di kawasan cagar alam Gunung Nyiut Desa Pisak Kabupaten Bengkayang. *Jurnal Hutan Lestari*, 7(2).
- Sapakoly, V. and Papilaya, F.S., 2023. Analisis Pola Persebaran dan Keterjangkauan SMA/SMK di Kota Salatiga Menggunakan Analisis Buffering & Nearest Neighbor. *Jurnal Sistem Informasi dan Informatika (Simika)*, 6(1), pp.1-9.
- Schneider, D. 2014. Open season on drones?. *IEEE Spectrum*, 51(1), 32-33.
- Senoaji, G., Nuryatin, N., Lukman, A. H., & Susanti, E. 2022. Pengenalan Budidaya Lebah Trigona di Desa Arga Indah Satu Kabupaten Bengkulu Tengah. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(4), 855-862.
- Septiadi, L., 2019. Tutorial Pemodelan Niche dan Distribusi (Niche & Distribution Modelling) menggunakan software ArcGIS dan MaxEnt. Universitas Muhammadiyah. Malang.
- Sjafani, N. dan Sulasmi. 2024. Studi Habitat Dan Sumber Pakan Lebah Tanpa Sengat (Trigona Spp) Di Kampus Unkhair Iv Bangko Kabupaten Halmahera Barat. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 3(5), pp.1387-1394.
- Singgalen, Y.A., 2023. Implementasi Hyper Spectral of Remote Sensing untuk Analisis Kawasan Ekowisata Mangrove Potensial di Kecamatan Tobelo Timur Menggunakan NDVI, SAVI, dan EVI. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 4(3), pp.928-935.
- Sugi, F. A. R., Pellondo'u, M. E., & Kaho, N. P. R. 2024. Analysis of the suitability of betung bamboo habitat (Dendrocalamus asper) with a geographic information system approach and Maxent: Case study of Golewa District and Soa District, Ngada Regency. *Journal of Scientech Research and Development*, 6(1), 513-528.

- Syafrizal, A. Bratawinata, M. Sila, and D. Marji. 2012. Jenis Lebah Kelulut (*Trigona* spp.) Di Hutan Pendidikan Lempake. *Mulawarman Scientiffee*, 11(1); 11–18.
- Syahputri, A. Z., Della Fallenia, F., & Syafitri, R. 2023. Kerangka berfikir penelitian kuantitatif. *Tarbiyah: Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pengajaran*, 2(1), 160-166.
- Syaifudin, S. M & Normagiat, S. 2020. Budidaya pakan lebah *trigona* sp. dengan apiculture agroforestri system di kelurahan Anjungan Melancar, Kecamatan Anjungan Kabupaten Mempawah. *Jurnal Ilmiah Pangabdhi*, 6(1), 17-24.
- Syfert, M. M., Smith, M. J., & Coomes, D. A. 2013. The effects of sampling bias and model complexity on the predictive performance of MaxEnt species distribution models. *PloS one*, 8(2), e55158.
- Tarjuelo, R., Morales, M. B., Traba, J., & Delgado, M. P. 2014. Are species coexistence areas agood option for conservation management? Applications from fine scale modelling in twosteppe birds. *PLoS ONE*, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087847>.
- Torres-Rojo, J. M., Moreno-Sánchez, R., & Mendoza-Briseño, M. A. 2016. Sustainable forest management in Mexico. *Current Forestry Reports*, 2, 93-105.
- Triantom, V., Widiatmaka, W. and Fuah, A.M., 2016. Land use planning for beekeeping using geographic information system in Sukabumi Regency, West Java. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 6(2), pp.168-168.
- Triastuti, Damanik, S.E., Abdiyansyah. 2023. Identifikasi Tanaman Dalam Sistem Agroforestri Di Desa Tigaras Kabupaten Simalungun. *Jurnal Wana Lestari*, 5(2), 354-361.
- Utama, R., Santoso, N. and Iskandar, E., 2024. Estimasi Populasi dan Kesesuaian Habitat Lutung Jawa *Trachypithecus auratus* di CA-TWA Telaga Warna Dan Jember Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 21(1), pp.49-62.
- Venne, S., & Currie, D. J. 2021. Can habitat suitability estimated from MaxEnt predict colonizations and extinctions?. *Diversity and Distributions*, 27(5), 873-886.
- Voitik, A., Kravchenko, V., Pushka, O., Kutkovetska, T., Shchur, T., & Kocira, S. 2023. Comparison of NDVI, NDRE, MSAVI and NDSI indices for early diagnosis of crop problems. *Agricultural Engineering*, 27.

- Wahyuningsih, E., Lestari, A. T., Syaputra, M., Wulandari, F. T., Anwar, H., Januardi, J., ... & Muin, A. 2021. Pengayaan tanaman pakan lebah dengan pola agroforestri home garden untuk mendukung kelestarian sumber pakan lebah madu trigona. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, 4(4).
- Wahyuningsih, E., Wulandari, F. T., & Lestari, A. T. 2020. Peningkatan produktivitas lebah madu Trigona sp dengan kayu dadap (*Erythrina vareigata* l) sebagai bahan baku stup lebah, Di Desa Pendua, Kec. Kayangan, Kab. Lombok Utara, NTB. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, 3(4).
- Wardhani, H. A. K. 2018. Serangga polinator pada bunga tanaman hortikultura di desa Jerora 1. *EDUMEDIA: Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, 2(1).
- Wattie, G. G. R. W., & Sukendah, S. 2023. Peran Penting Agroforestri Sebagai Sistem Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perkebunan*, 5(1), 30-38.
- Wijayanti, R.R., Nugroho, F.E., Faridi, F., Robby, M.N. and Abdurrasyid, A., 2023. Implementasi Internet of Things Pada Monitoring Kesuburan Tanaman Cabai. *JIKA (Jurnal Informatika)*, 7(1), pp.97-103.
- Withaningsih, Susanti, Fauzan Diaz, Fakhrur Rozi, and Parikesit Parikesit. "Distribution and Characteristics of Two Species of Stingless Bee Hives (*Tetragonula* spp.) in the Rural Landscape of Sumedang Regency (Indonesia)." *Diversity* 15, no. 9 (2023): 1018.
- Yanti, C.A. dan Akhri, I.J., 2021. Perbedaan uji korelasi pearson, spearman dan kendall tau dalam menganalisis kejadian diare. *Jurnal Endurance*, 6(1), pp.51-58.