

**KEBERLANJUTAN SISTEM AGROFORESTRI BERBASIS  
TANAMAN PANGAN DI LAHAN KERING: TEMUAN DI KECAMATAN  
NATAR KABUPATEN LAMPUNG SELATAN**

**(Tesis)**

**Oleh :**

**INTAN SAFITRI  
2320011014**



**PROGRAM STARATA 2  
PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

## ABSTRAK

### KEBERLANJUTAN SISTEM AGROFORESTRI BERBASIS TANAMAN PANGAN DI LAHAN KERING: TEMUAN DI KECAMATAN NATAR KABUPATEN LAMPUNG SELATAN

oleh

INTAN SAFITRI

Sistem pertanian berkelanjutan adalah sistem yang memperhatikan aspek ekologi, ekonomi, dan sosial secara seimbang sehingga dapat bertahan dalam jangka panjang. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi status keberlanjutan praktik sistem agroforestri berbasis tanaman pangan di lahan kering di Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, dan untuk merumuskan peningkatan keberlanjutan pengembangan sistem agroforestri berbasis tanaman pangan di lahan kering berbasis factor leverage tiap dimensi. Metode yang digunakan adalah pendekatan Multidimensional Scaling (MDS) dengan teknik ordinasi Rapfish yang mencakup lima dimensi: ekologi, ekonomi, sosial, teknologi-infrastruktur, dan kelembagaan. Jumlah responden dalam penelitian ini adalah 30 orang petani yang dipilih secara purposive. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem agroforestri di Kabupaten Natar memiliki status keberlanjutan dalam kategori sangat berkelanjutan pada dimensi Kelembagaan, sosial, dan teknologi-infrastruktur, sedangkan kategori cukup berkelanjutan pada dimensi ekonomi. Nilai indeks keberlanjutan tertinggi terdapat pada dimensi kelembagaan (86,43), diikuti oleh dimensi sosial (81,00), dimensi teknologi-infrastruktur (80,60), dan dimensi ekologi (78,20), sementara dimensi ekonomi (73,53) masih perlu diperkuat. Atribut yang paling sensitif memengaruhi keberlanjutan pada dimensi ekologi adalah keanekaragaman tanaman dan intensitas penggunaan pestisida; pada dimensi ekonomi, informasi pasar; pada dimensi sosial, tingkat komitmen; pada dimensi teknologi, infrastruktur pengolahan pasca panen; dan pada dimensi kelembagaan, ketersediaan formal. Temuan-temuan ini memberikan dasar untuk merumuskan strategi pengembangan agroforestri yang adaptif dan berkelanjutan di lahan kering.

**Kata Kunci:** *Multidimensional Scaling; Faktor leverage; Perubahan Iklim; stretegi pengembangan; Rapfish.*

## ABSTRACT

### **SUSTAINABILITY OF AGROFESTRY SYSTEMS BASED ON FOOD CROPS IN DRYLANDS: FINDINGS IN NATAR DISTRICT SOUTH LAMPUNG REGENCY**

By

**INTAN SAFITRI**

A sustainable agricultural system is a system that takes into account ecological, economic, and social aspects in a balanced manner so that it can survive in the long term. This study aims to evaluate the sustainability status of food crop-based agroforestry system practices in dryland areas in Natar District, South Lampung Regency, and to formulate improvements in the sustainability of food crop-based agroforestry system development in dryland areas based on the leverage factor of each dimension. The method used is the Multidimensional Scaling (MDS) approach with the Rapfish ordination technique which includes five dimensions: ecological, economic, social, technology-infrastructure, and institutional. The number of respondents in this study was 30 farmers who were selected purposively. The results showed that the agroforestry system in Natar Regency has a sustainability status in the very sustainable category in the Institutional, social, and technology-infrastructure dimensions, while the category is quite sustainable in the economic dimension. The highest sustainability index value is in the institutional dimension (86.43), followed by the social dimension (81.00), the technology-infrastructure dimension (80.60), and the ecological dimension (78.20), while the economic dimension (73.53) still needs to be strengthened. The most sensitive attributes influencing sustainability in the ecological dimension are crop diversity and pesticide use intensity; in the economic dimension, market information; in the social dimension, level of commitment; in the technological dimension, post-harvest processing infrastructure; and in the institutional dimension, availability of formal resources. These findings provide a basis for formulating adaptive and sustainable agroforestry development strategies in drylands.

**Keywords:** *Multidimensional Scaling; Leverage Factor; Climate Change; development strategy ; Rapfish.*

**KEBERLANJUTAN SISTEM AGROFORESTRI BERBASIS  
TANAMAN PANGAN DI LAHAN KERING: TEMUAN DI KECAMATAN  
NATAR KABUPATEN LAMPUNG SELATAN**

**Oleh**

**INTAN SAFITRI  
2320011014**

**Tesis**

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

**Pada**

**Program Pascasarjana Multidisiplin  
Magister Ilmu Lingkungan**



**PROGRAM STRATA 2  
STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN  
FAKULTAS MULTIDISIPLIN PASCASARJANA  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2025**

Judul Tesis : **KEBERLANJUTAN SISTEM  
AGROFORESTRI BERBASIS TANAMAN  
PANGAN DI LAHAN KERING: TEMUAN DI  
KECAMATAN NATAR KABUPATEN  
LAMPUNG SELATAN**

Nama : Intan Safitri  
NPM : 2320011014  
Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan  
Fakultas : Multidisiplin Pascasarjana

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

**Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**  
NIP. 19641118198902 1 002

**Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., Ph.D.**  
NIP. 19690601199802 1 002

**Prof. Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.**  
NIP. 19610505198703 1 002

**2. Ketua Jurusan Ilmu Lingkungan**

**Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., Ph.D.**  
NIP. 19690601199802 1 002

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

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

Sekretaris : Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., Ph.D.

Anggota : Prof. Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.

Penguji  
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Purnomo, M.S.

Anggota : Dr. Ir. Muhammad Syamsoel Hadi, M.Sc.

### 2. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.  
NIP 19640326198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis: 31 Juli 2025

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa tesis saya yang berjudul **“Keberlanjutan Sistem Agroforestri Berbasis Tanaman Pangan Di Lahan Kering: Temuan Di Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam tesis ini telah mengikuti kaidah penulisan karya tulis ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa tesis ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 Juli 2025

Penulis



**Intan Safitri**  
**NPM 2320011014**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Sekincau, Kecamatan Sekincau, Kabupaten Lampung Barat pada tanggal 21 Januari 2001, merupakan anak kedua dari Bapak Sukartono dan Ibu Misrawati. Pendidikan yang ditempuh penulis adalah TK ISLAM (2006-2007), SD Negeri 1 Sekincau (2007-2012), MTs Nurul Iman Sekincau (2012-2015), dan MA Nurul Iman Sekincau (2015-2018). Pada tahun 2018, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan

Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dan Lulus Sarjana Pertanian di Tahun 2022. Penulis kembali melanjutkan pendidikan Program Strata Dua (S2) dengan Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Pascasarjana Fakultas Multidisiplin di Universitas Lampung pada tahun 2023. Penulis juga menjadi salah satu mahasiswa yang mendapatkan BEASISWA BEBAS UKT dari Universitas Lampung.

Penulis memiliki hobi mendaki gunung, mendengarkan musik, bernyanyi, bermain futsal, berenang, mancing, menulis dan menonton film. Semasa penulis menempuh Pendidikan S2, Penulis juga masih aktif dalam beberapa organisasi kampus diantaranya, Organisasi tingkat Universitas di Bidang Pramuka sebagai Anggota Dewan Kehormatan Gugus Depan. Penulis juga saat menempuh Pendidikan S2 sedang bekerja di Rumah Sakit Umum Daerah Dr. H. Abdul Moeloek Provinsi Lampung bagian staff HUMAS atau Pemasaran Pengelolaan Pelanggan dan Informasi Publik (PPPIP).



Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang

## PERSEMBAHAN KARYA KECIL SEASON 2

Dengan penuh kerendahan hati, kupersembahkan karya ini bukan karena ia sempurna, tetapi karena ia lahir dari malam-malam panjang yang sunyi, dari lelah yang tidak pernah bersuara, dan dari doa-doa yang tak pernah berhenti mengetuk langit. Segala puji hanya bagi Allah SWT Pemilik segala harap dan jalan pulang yang menyisipkan kekuatan dalam diam, dan menumbuhkan keteguhan dalam langkah-langkah kecilku yang terseok.

Sholawat serta salam, semoga senantiasa tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW, cahaya yang menerangi jalan gelap umatnya, bahkan saat dunia tak lagi adil.

Karya kecil ini, kusematkan sebagai bukti cinta untuk mereka yang namanya kutanam dalam setiap sujud dan hembus napas

Kepada **Ayahanda Sukartono** dan **Ibunda Misrawati**, dua nama yang tak pernah lepas dari pinggir mataku. Saat dunia menengok sebelah mata, kalian menatapku penuh keyakinan. Saat pundakku nyaris rebah, kalian menjadi langit yang meneduhi.

Bukan hanya melahirkan tubuh ini, tapi juga membesarkan jiwaku dengan air mata yang ditahan, dan peluh yang disembunyikan dalam diam.

Untuk **Kakanda Yoga Handi Sukma**, yang kehadirannya seperti pelita di tengah keraguan. Pada setiap kalimatmu yang sederhana, ada hangat yang tak bisa dijelaskan oleh logika. Untuk **Arline Ike Tantri** serta **Danu Fatrialis Erlambang**, dua adikku yang tak pernah gagal menghadirkan tawa, bahkan saat aku kehilangan arah kalian adalah pengingat bahwa dunia tak selalu seberat yang kupikirkan.

Kepada sahabat-sahabat sejiwa, yang hadir tanpa harus diminta, dan tetap tinggal bahkan saat aku nyaris hilang arah. Keluarga Hamba Allah, keluarga MIL 2023, Keluarga Besar Pramuka Unila,

Keluarga Besar HIMAGRHO, dan seluruh pejuang Beasiswa Unila 2023, kalian adalah potongan pelangi yang membuat langitku tidak pernah benar-benar gelap. Terima kasih telah membuat langkah ini terasa penuh warna, penuh makna.

Kepada para dosen, penjaga ilmu, penjaga adab. Terima kasih telah mengajarkan bahwa belajar bukan soal hafalan, tapi soal penghayatan; bukan hanya tentang memahami, tapi juga tentang menjadi bijak.

Dan kepada **Almamater tercinta**, Universitas Lampung, tempat di mana aku belajar bahwa menjadi “pandai” tak selalu tentang angka, tapi tentang cara memahami manusia, memahami diri, dan memahami semesta.

**Tesis** ini hanyalah hasil kecil dari badai panjang. Tapi dalam setiap kata, ada bagian dari diriku yang utuh. Maka biarlah ia menjadi persembahan sederhana untuk semua yang kucinta.

.

## MOTTO

*"“Ihdināṣ-ṣirāṭal-mustaqīm”*

*"Tunjukilah kami jalan yang lurus."(QS. Al-Fatihah: 6)*

*“Keberhasilan bukanlah milik orang pintar, keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha” (BJ Habibie)*

*”Hanya karena tidak secepat yang lain, bukan berarti kamu gagal sebagai manusia” (Minato)*

*“Kamu harus berhasil dulu baru bisa dihargai, terkesan kejam tapi dunia ini butuh pembuktian” (Naruto)*

*“Hatimu boleh patah matamu boleh basah tapi ingat kamu jangan pernah menyerah” (Naruto X Iruka)*

*“Jika saya menyerah sekarang, saya akan menyesalinya” ( Monkey D Luffy)*

*“ketika dunia ternyata jahat kepadamu, maka kamu harus menghadapinya karena tidak seorangpun yang akan menyelamatkanmu jika kamu tidak bisa” (Roronoa Zoro Eps:376)*

*“Ingatlah!!, Jika engkau mengalami kegagalan, tidak ada orang lain yang menyebabkannya. Karena kesulitanmu adalah dirimu sendiri. Berusahalah menguasai dirimu sendiri, sebelum engkau mengendalikan orang lain. Kalau engkau tidak bisa menjadi batang nyiur yang tegar, jadilah segumpal rumput tetapi mampu memperindah taman. Yakinkanlah pada hatimu, bahwa berbuat sedikit lebih baik dari hanya bicara” (Sandi Racana Putera Saburai)*

*“Aku Seng Menjalani, Wong Liyo seng Seng Berkomentar, Allah Seng Ngatur”. (Intan Safitri, S.P.)*

## SANWACANA

*Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.*

*Alhamdulillahirobbil'alamin* puji syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan tesis ini dengan ikhlas dan tekun. Shalawat beserta salam semoga tetap tercurah limpahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW, karena penulis mampu menyelesaikan tesis dengan Judul **“Keberlanjutan Sistem Agroforestri Berbasis Tanaman Pangan Di Lahan Kering: Temuan Di Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan”** yang merupakan syarat guna memperoleh gelar Magister Science di Jurusan Ilmu Lingkungan, Fakultas Multidisiplin Pascasarjana, Universitas Lampung.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat, karena telah memberikan bantuan, bimbingan, dukungan, dan motivasi dalam proses penyelesaian tesis ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung.
2. Bapak Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., Ph.D selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Fakultas Multidisiplin Pascasarjana, Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P selaku Pembimbing Utama atas ide penelitian dan kesediaan waktu, tenaga dan materi untuk memberikan bimbingan, ilmu, motivasi dan juga banyak memberikan dukungan-dukungan lainnya selama penulis menempuh Pendidikan di Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Fakultas Multisidiplin Pascasarjana, Universitas Lampung.
4. Bapak Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P., Ph.D selaku Pembimbing Kedua atas ketersediaannya untuk memberikan bimbingan, ilmu, gagasan, kritik, saran dan rela membagi waktunya untuk bimbingan, bapak dengan penuh kesabaran menuntun penulis hingga menyelesaikan proses tesis ini.

5. Bapak Prof. Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si, selaku Pembimbing ketiga atas ketersediaanya dalam membimbing, mengarahkan, mendukung dan rela membagi waktunya hingga penulis menyelesaikan tesis ini dengan baik.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Purnomo, M.S selaku Pembahas Pertama atas semua dukungan, kritik, saran, dan nasihat, kesabaran serta tuntunan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
7. Bapak Dr. Ir. Muhammad Syamsoel Hadi.,M.Sc, selaku Pembahas Kedua atas semua dukungan, saran dan masukan, serta arahan yang telah diberikan kepada penulis hingga dapat menyelesaikan tesis ini.
8. Bapak Prof. Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si, selaku Pembimbing Akademik yang telah mencurahkan waktu, pikiran dan memberikan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan tesis ini dengan baik.
9. Bapak dan ibu Dosen Jurusan Magister Ilmu Lingkungan yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan dan pengalaman selama penulis menuntut ilmu di Program Studi Magister Ilmu Lingkungan (MIL) Fakultas Multidisiplin Pascasarjana, Universitas Lampung.
10. Bapak dan ibu tenaga kependidikan Jurusan Ilmu Lingkungan maupun Fakultas Multidisiplin Pascasarjana yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proses administrasi.
11. Ayah Sukartono dan Ibu Misrawati yang selalu memberikan do'a, kasih sayang dan cinta yang tak pernah putus kepada penulis, yang selalu sabar dan selalu memberikan dukungan penuh dari segi material maupun non material serta semangat yang tiada hentinya sampai penulis menyelesaikan tesis ini dengan sangat baik.
12. Kakek Abas dan Nenek Nurhayati yang selalu memberikan kasih sayang dan do'a yang tiada hentinya hingga penulis mampu menyelesaikan tesis ini dengan baik.
13. Almarhum Kakek Nur Salim dan Almarhumah Nenek Surhumah yang telah memberikan kasih sayang dan do'a yang selalu mengalir hingga penulis mampu menyelesaikan tesis ini dengan baik.

14. Kakak Yoga Handi Sukma, Adik Arline Ike Tantri dan Adik Danu Fatrialis Erlambang yang selalu memberikan kegembiraan dikala penulis merasakan kejenuhan dalam proses mengerjakan tesis.
15. Keluarga Besar penulis yang selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis hingga penulis menyelesaikan tesis ini dengan baik.
16. Keluarga Hamba Allah Papi Rhezandy Gunawan Sohe Ar, S.Hut., M.Hut, Mami Annisa Ghina Istighfarany, S.IKom.,M.Ikom, Abang Mbah Wahyudi, S.P., M.P, Yunda Metari Arsitalia, S.si, M.Si, dan Mbak Diah Rahayu Pangastuti, S.TP., M.TP sebagai sahabat seperjuangan penulis yang selalu mendampingi, berbagi keluh, mewarnai hari-hari penulis dan memberikan semangat tiada henti hingga penulis menyelesaikan tesis ini.
17. Bella Rustiyani, S.P selaku Sahabat dekat sudah sangat seperti saudara penulis dalam kehidupan sehari-hari yang selalu mendampingi bahkan ikut dalam proses pengambilan data, berbagi segala keluh kesah dan memotivasi serta Do'a kepada penulis sehingga penulis menyelesaikan tesis ini dengan baik.
18. Keluarga Besar Racana Raden Intan Puteri Silamaya Pramuka Universitas Lampung yang selalu memberikan dukungan, wadah berproses dan motivasi kepada penulis selama menyelesaikan tesis.
19. Seluruh mahasiswa Jurusan Magister Ilmu Lingkungan angkatan 2023 yang telah memberikan warna, ruang rindu, keluarga baru, pengalaman baru yang selalu terlukis indah dalam ingatan penulis dan semangatnya kepada penulis.
20. Adik-adik Jurusan Agronomi dan Hortikultura Angkatan 2022, terima kasih atas dukungan, motivasi dan kegembiraan yang diberikan pada saat penulis melaksanakan perkuliahan.
21. Siti Savinatuz Zuhro adik di rumah kostan yang selalu menjadi tempat pulang penulis, menemani saat penulis begadang menyelesaikan tesis ini hingga pagi hari dan semangat dalam murojaah Alqur'an hingga menyelesaikan tesis ini.
22. Kepada Adik Pramuka, Siti Marda Sela, S. Pd, yang kerap ku sapa SULE. terima kasih karena selalu ada dan siap, tiap kali ku meminta bantuanmu. Ada dikala suka maupun duka. Berawal dari hanya sekadar partner di sebuah UKM pramuka. Namun silaturahmi tetap terjalin hingga sampai kapanpun.

23. Kepada keluarga kecil tercinta di tempat kerja, tim Humas/PPPIP RSUD Dr. H. Abdul Moeloek Provinsi Lampung, terima kasih atas kebersamaan, kerja sama, dan dukungan yang tak ternilai selama ini. Di tengah padatnya aktivitas, tenggat yang tak pernah berhenti, dan dinamika pekerjaan yang terus berubah, telah menjadi tempat pulang yang penuh pengertian dan semangat.terutama Mamak Nina, Ibu Desy, Pak Hasan, Pak Hadi, Pak Rolius, Mbak Aira, Mas Jeri, Mas Satria, dan Mas Ragas yang telah menjadi bagian penting dalam keseharian penulis. Kebersamaan yang terjalin, canda tawa di sela pekerjaan, dukungan dalam tekanan, hingga kekompakan dalam setiap tugas adalah energi yang tak tergantikan. Di balik semua dinamika kerja, telah menjadi rumah kedua yang penuh semangat, kekeluargaan, dan pengingat bahwa setiap langkah punya makna saat dijalani bersama orang-orang hebat.Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan ini, dalam diam yang saling menguatkan, dan dalam sibuk yang saling memahami.
24. Kepada seluruh kru Mugiwara terutama Kapten Monkey D Luffy yang kehadirannya memberikan kisah hidupnya telah menemani hari-hari penulis sehingga membangkitkan semangat dan motivasi bagi penulis untuk selalu bekerja keras dan berusaha semaksimal mungkin.
25. Kepada seluruh shinobi dari Desa Konoha, terutama Uzumaki Naruto yang dengan semangat pantang menyerah dan tekad "ninja sejati" telah menjadi inspirasi bagi penulis. Kisah perjuangannya menghadapi kesendirian, keraguan, dan kerasnya hidup, telah menemani hari-hari penulis dan membangkitkan motivasi untuk terus bangkit, berjuang, dan percaya pada impian, betapapun besar rintangannya.
26. Kepada seluruh pembasmi iblis dari Korps Pembasmi Iblis, terutama Nezuko & Kamado Tanjiro yang dengan hati penuh kasih, tekad tak tergoyahkan, dan keberanian luar biasa telah menginspirasi penulis. Perjalanan hidupnya yang penuh kehilangan, namun tetap teguh menjaga kebaikan hati dan semangat juang, telah menemani penulis melewati masa-masa sulit dan menjadi pengingat bahwa kebaikan dan usaha tak pernah sia-sia.
27. Kepada sahabat setia perjalanan ini, JUPEX, motor Jupiter MX kesayangan penulis yang telah menemani sejak tahun 2013 hingga hari ini. Di tengah

panas terik, hujan deras, jalanan rusak, dan malam-malam sepi, JUPEX selalu setia menjadi saksi bisu setiap langkah dan perjuangan penulis. Lebih dari sekadar kendaraan, JUPEX adalah teman seperjalanan yang tak pernah mengeluh, yang selalu ada saat semangat hampir padam, dan yang mengingatkan penulis bahwa setiap tujuan akan sampai, selama terus melaju tanpa menyerah.

28. Kepada Denny Caknan, terima kasih atas karya-karya musik yang telah menjadi teman setia dalam proses ini. Nada dan lirik yang penuh rasa, kadang jenaka, kadang menyayat, telah menemani hari-hari penuh perjuangan. Dalam tiap baitnya, penulis menemukan kekuatan untuk berdamai dengan penat, dan keberanian untuk tetap melangkah meski hati kadang tak sejalan dengan rencana. Terima kasih telah menjadi pengiring setia di tengah malam, di sela-sela revisi, dan di detik-detik hampir menyerah.
29. Untuk NDX A.K.A, terima kasih atas alunan musik yang begitu jujur dan membumi. Dalam gaya sederhana namun penuh makna, kalian telah menghadirkan semangat dan hiburan yang sangat berarti bagi penulis. Lewat irama yang merakyat dan lirik yang tak berpura-pura, penulis merasa ditemani oleh suara yang memahami: bahwa hidup itu keras, tapi selama masih bisa nyanyi dan ketawa, semua bisa dilalui. Terima kasih telah menjadi penyemangat dari balik headset di tengah keheningan perjuangan.
30. Untuk Alma Esbeye, terima kasih atas karya-karya yang penuh perasaan, yang seringkali hadir bukan sekadar sebagai lagu, tapi sebagai pelukan sunyi di tengah lelahnya perjalanan. Lewat suara yang tenang tapi dalam, penulis merasa dimengerti bahwa diam pun bisa bercerita, dan tangis tak selalu perlu air mata. Di tengah malam yang hening, ketika semangat mulai redup dan kata-kata tak lagi mengalir, suaramu jadi penyambung rasa: menguatkan, menemani, dan mengingatkan bahwa semua luka akan sembuh pada waktunya. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan ini, dengan cara yang mungkin tak terlihat, tapi sangat terasa.
31. Untuk TikTok, terima kasih telah menjadi ruang ekspresi, pelarian, dan penguat semangat di tengah proses yang panjang ini. Di antara tumpukan revisi dan malam-malam tanpa tidur. TikTok bukan hanya aplikasi hiburan

tapi teman yang selalu ada di genggaman, siap memberi tawa, semangat, bahkan pelipur lara. Melalui siaran live, aku belajar menyapa dunia dengan apa adanya. Belajar percaya diri, tetap tersenyum walau di balik layar ada lelah yang tak semua orang tahu. Di sana aku menemukan audiens, tapi juga menemukan diriku sendiri yang tetap bisa menghibur, berbagi, dan berjuang di waktu yang sama. Terima kasih telah menjadi panggung kecil yang membantu aku berdamai dengan proses, dan tetap merasa hidup, meski sedang sibuk mengejar gelar.

32. Kepada Gunung Rinjani 3726 mdpl, terima kasih telah menjadi saksi sunyi dari perjalanan batin yang tak semua orang pahami. Pendakianmu bukan sekadar langkah menapak tanah, tapi juga langkah menapak keyakinan diri. Setelah seminar proposal yang melelahkan, aku memilih mendekat padamu mencari jeda, mencari napas, dan pada akhirnya menemukan diriku sendiri. Di dingin puncakmu aku belajar diam, di tanjakan panjang aku belajar sabar, dan di setiap napas yang tertahan aku mengerti bahwa tidak semua perjuangan harus disuarakan ada yang cukup dirasakan dan disyukuri. Rinjani, terima kasih telah memberiku ruang untuk kembali percaya: bahwa setelah badai, ada langit cerah. Dan setelah revisi, ada puncak yang menanti.
33. Untuk diriku sendiri, Intan Safitri, anak kedua dari empat bersaudara, si *extrovert* yang tumbuh dengan rasa ingin tahu yang besar dan hati yang kadang terlalu jujur, terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih sudah melewati hari-hari panjang, malam-malam begadang yang tak terhitung, dan rasa sepi yang kadang hadir diam-diam. Terima kasih sudah terus bergerak, meski tak selalu tahu harus ke mana, dan sudah terus percaya, bahkan saat semuanya terasa samar. Terima kasih juga sudah tetap jadi diri sendiri yang suka semua makanan, semua olahraga, semua tantangan, dan semua hal yang membuat hidup lebih seru meski penuh drama. Untuk setiap gelas **kopi hitam pahit** yang menemani, untuk suara karaoke yang sumbang tapi tulus, untuk tawa keras di tengah ramai dan tangis diam di kamar, untuk semua luka yang tak selalu sempat sembuh tapi tetap disembunyikan rapi, terima kasih telah menjadikan semuanya bagian dari versi terbaik dari dirimu hari ini. Meski katanya dulu kamu cengeng,

nyatanya kamu tumbuh jadi kuat. Tetaplah jadi kamu, Tan. Yang berani. Yang hangat. Yang hidup dengan hati penuh warna. Karena menjadi dirimu, adalah pencapaian yang paling indah dari semua ini.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka dan semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 21 Juli 2025

Penulis,

Intan Safitri

## DAFTAR ISI

|                                              | Halaman       |
|----------------------------------------------|---------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                   | <b>i</b>      |
| <b>ABSTRACT .....</b>                        | <b>ii</b>     |
| <b>ABSTRAK .....</b>                         | <b>iii</b>    |
| <b>HALAMAN JUDUL DALAM .....</b>             | <b>iv</b>     |
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>              | <b>v</b>      |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>               | <b>vi</b>     |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>               | <b>vii</b>    |
| <b>RIWAYAT HIDUP .....</b>                   | <b>viii</b>   |
| <b>PERSEMBAHAN .....</b>                     | <b>ix</b>     |
| <b>MOTO .....</b>                            | <b>xi</b>     |
| <b>SANWACANA .....</b>                       | <b>xii</b>    |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                       | <b>xix</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                    | <b>xxi</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                    | <b>xxii</b>   |
| <br><b>I. PENDAHULUAN .....</b>              | <br><b>1</b>  |
| 1.1 Latar Belakang dan Rumusan Masalah ..... | 1             |
| 1.2 Tujuan Penelitian .....                  | 10            |
| 1.3 Kerangka Pemikiran .....                 | 10            |
| <br><b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>         | <br><b>14</b> |
| 2.1 Agroforestri.....                        | 14            |
| 2.2 Fungsi Agroforestri.....                 | 15            |
| 2.3 Perubahan Iklim.....                     | 17            |

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4 Tanaman Pangan.....                                                       | 22        |
| 2.5 Keberlanjutan.....                                                        | 23        |
| 2.6 Strategi Pengembangan Kinerja Lingkungan Berbasis<br>Model Rap Fish ..... | 23        |
| <b>III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>                                        | <b>38</b> |
| 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....                                         | 38        |
| 3.2 Alat dan Bahan.....                                                       | 40        |
| 3.3 Metode Pengumpulan Data.....                                              | 40        |
| 3.4 Analisis Data.....                                                        | 44        |
| <b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                                          | <b>50</b> |
| 4.1 Hasil Penelitian .....                                                    | 50        |
| 4.2 Pembahasan .....                                                          | 54        |
| 4.2.1. Dimensi Ekologi .....                                                  | 54        |
| 4.2.2. Dimensi Ekonomi .....                                                  | 59        |
| 4.2.3. Dimensi Sosial .....                                                   | 64        |
| 4.2.4. Dimensi Teknologi Infrastruktur .....                                  | 70        |
| 4.2.5. Dimensi Kelembagaan.....                                               | 74        |
| 4.2.6. Analisis Nilai Indeks dan Status Keberlanjutan .....                   | 79        |
| 4.2.7. Strategi Pengembangan Sistem Agroforestri .....                        | 84        |
| <b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                                           | <b>88</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                          | 88        |
| 5.2 Saran .....                                                               | 89        |

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

| Tabel                                                                                                                                                                         | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Tabel 1. Data kuantitatif terkait kenaikan suhu udara dan perubahan iklim di Kabupaten Lampung Selatan (termasuk Kecamatan Natar) berdasarkan studi dan laporan resmi..... | 39      |
| 2. Matriks Lima Dimensi Beserta Atribut Keberlanjutan .....                                                                                                                   | 42      |
| 3. Nilai Indeks Keberlanjutan Berdasarkan analisis RAPFISH.....                                                                                                               | 49      |
| 4. Nilai Ordinasasi dan Status Keberlanjutan Sistem Agroforestri di Kecamatan Natar, Lampung Selatan .....                                                                    | 81      |
| 5. Matriks Urutan Prioritas Dimensi, Atribut, Upaya, Strategi dan Rekomendasi kebijakan .....                                                                                 | 86      |
| 6. Data Responden Penelitian Pada Dimensi Ekologi .....                                                                                                                       | 108     |
| 7. Statistik Deskriptif Dimensi Ekologi.....                                                                                                                                  | 108     |
| 8. Data Responden Penelitian Pada Dimensi Ekonomi .....                                                                                                                       | 109     |
| 9. Statistik Deskriptif Dimensi Ekonomi.....                                                                                                                                  | 110     |
| 10. Data Responden Penelitian Pada Dimensi Sosial .....                                                                                                                       | 111     |
| 11. Statistik Deskriptif Dimensi Sosial.....                                                                                                                                  | 112     |
| 12. Data Responden Penelitian Pada Dimensi Teknologi Infrastruktur .....                                                                                                      | 113     |
| 13. Statistik Deskriptif Dimensi Teknologi Infrastruktur.....                                                                                                                 | 114     |
| 14. Data Responden Penelitian Pada Dimensi Kelembagaan.....                                                                                                                   | 115     |
| 15. Statistik Deskriptif Dimensi Kelembagaan.....                                                                                                                             | 116     |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                                            | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Bagan Alir Kerangka Pemikiran .....                            | 13      |
| 2. Contoh <i>Levergae Of Atributtes</i> .....                     | 25      |
| 3. Contoh <i>Monte Carlo Analysis</i> .....                       | 26      |
| 4. Contoh Diagram Layang Semua Dimensi .....                      | 26      |
| 5. Contoh hasil Analisis Ordinasasi dan <i>Leverage</i> .....     | 31      |
| 6. Contoh Analisis <i>Monte Carlo</i> Dimensi .....               | 31      |
| 7. Peta Lokasi Penelitian.....                                    | 39      |
| 8. Tahapan Analisis Status Keberlanjutan .....                    | 46      |
| 9. Diagram Pie Kategori Umur Responden .....                      | 51      |
| 10. Diagram Pie Pendapatan Responden .....                        | 52      |
| 11. Ppresentase Jumlah Tanaman Pangan Responden.....              | 53      |
| 12. Ordinasasi Keberlanjutan Dimensi Ekologi.....                 | 54      |
| 13. <i>Monte Carlo</i> Dimensi Ekologi.....                       | 54      |
| 14. <i>Leverage</i> Dimensi Ekologi .....                         | 57      |
| 15. Ordinasasi Keberlanjutan Dimensi Ekonomi.....                 | 59      |
| 16. <i>Monte Carlo</i> Dimensi Ekonomi .....                      | 61      |
| 17. <i>Leverage</i> Dimensi Ekonomi .....                         | 61      |
| 18. Ordinasasi Keberlanjutan Dimensi Sosial.....                  | 64      |
| 19. <i>Monte Carlo</i> Dimensi Sosial.....                        | 65      |
| 20. <i>Leverage</i> Dimensi Sosial .....                          | 67      |
| 21. Ordinasasi Keberlanjutan Dimensi Teknologi Infrastruktur..... | 70      |
| 22. <i>Monte Carlo</i> Dimensi Teknologi Infrastruktur.....       | 70      |
| 23. <i>Leverage</i> Dimensi Teknologi Infrastruktur .....         | 71      |

|                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 24. Ordinasi Keberlanjutan Dimensi Kelembagaan .....                                                                                        | 75  |
| 25. <i>Monte Carlo</i> Dimensi Kelembagaan .....                                                                                            | 76  |
| 26. <i>Leverage</i> Dimensi Kelembagaan .....                                                                                               | 77  |
| 27. Diagram Layang Keberlanjutan Lima Dimensi.....                                                                                          | 80  |
| 28. Dokumentasi Wawancara Bersama Petani Rulung Sari .....                                                                                  | 104 |
| 29. Dokumentasi Wawancara Bersama Petani Rulung Mulya .....                                                                                 | 104 |
| 30. Dokumentasi Wawancara Bersama Petani Rulung Raya .....                                                                                  | 105 |
| 31. Dokumentasi Sistem Agroforestrasi Tanaman Pangan<br>Singkong dengan Tanaman MPTS<br>(Kelapa, Rambutan, Durian) .....                    | 105 |
| 32. Dokumentasi Sistem Agroforestri Tanaman Pangan Jagung<br>dengan Tanaman Kayu dan MPTS<br>(Jati, Jengkol, Durian, Kapuk, Rambutan) ..... | 106 |
| 33. Dokumentasi Tanaman Budidaya Cabai Berotasi<br>Dengan Tanaman Jagung.....                                                               | 106 |

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pertanian merupakan sektor utama yang menopang kehidupan ekonomi dan sosial masyarakat Indonesia, terutama di wilayah perdesaan. Sebagai negara agraris yang kaya akan keanekaragaman hayati, Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan berbagai sistem budidaya tanaman untuk memenuhi kebutuhan pangan nasional. Namun, dalam beberapa dekade terakhir, sektor pertanian menghadapi tantangan yang semakin kompleks akibat perubahan iklim global, degradasi lahan, dan tekanan terhadap sumber daya alam. Perubahan pola curah hujan, meningkatnya suhu udara, serta frekuensi kejadian cuaca ekstrem seperti kekeringan dan banjir, telah berdampak signifikan pada produktivitas pertanian dan ketahanan pangan (BMKG, 2022; FAO, 2021). Selain itu, deforestasi dan konversi lahan untuk berbagai kepentingan menyebabkan berkurangnya tutupan vegetasi alami, sehingga kemampuan tanah untuk menyimpan air dan menjaga kesuburan semakin menurun (Margono *et al.*, 2014).

Di tengah dinamika tersebut, petani di lahan kering menghadapi tantangan yang lebih berat karena keterbatasan sumber air dan rendahnya kesuburan tanah. Kondisi ini diperparah oleh praktik pertanian yang kurang adaptif terhadap perubahan lingkungan, seperti pembakaran sisa tanaman dan penggunaan input kimia secara berlebihan. Dampak dari praktik tersebut tidak hanya menurunkan kualitas tanah, tetapi juga mengganggu keseimbangan ekosistem dan meningkatkan kerentanan terhadap serangan hama serta penyakit tanaman (Bakri *et al.*, 2023; Malau *et al.*, 2023). Oleh karena itu, pengembangan sistem pertanian yang berkelanjutan, adaptif, dan ramah lingkungan menjadi sangat penting untuk menjaga produktivitas lahan

serta mendukung ketahanan pangan di masa depan. Salah satu praktik yang banyak diterapkan dalam upaya meningkatkan hasil pertanian adalah sistem monokultur, yang meskipun menawarkan produktivitas tinggi dalam jangka pendek, namun membawa sejumlah risiko terhadap keberlanjutan ekosistem pertanian.

Tanaman pangan monokultur adalah praktik pertanian di mana satu jenis tanaman ditanam secara tunggal di lahan tertentu selama periode tertentu. Strategi ini sering diterapkan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam produksi pangan. Meskipun metode monokultur dapat menghasilkan hasil panen yang melimpah dalam jangka pendek, praktik ini membawa berbagai risiko yang signifikan terhadap keberlanjutan ekosistem pertanian. Salah satu dampak utama dari sistem monokultur adalah penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan, yang sering dilakukan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman secara optimal.

Peningkatan dosis pupuk yang terus-menerus dapat menyebabkan *over fertilization*, di mana kandungan nutrisi dalam tanah menjadi tidak seimbang. Hal ini berimplikasi pada penurunan kualitas tanah, termasuk berkurangnya kadar bahan organik. Tanah yang kekurangan bahan organik cenderung menjadi lebih kering dan kehilangan daya dukung, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Selain itu, kelebihan penggunaan pupuk dan pestisida dapat merusak biota tanah yang memainkan peran vital dalam menjaga keseimbangan ekosistem tanah. Organisme seperti cacing tanah dan mikroorganisme berkontribusi pada proses dekomposisi bahan organik dan penyerapan nutrisi. Ketika populasi biota tanah terganggu, siklus nutrisi dalam tanah akan terputus, yang berujung pada permasalahan lebih lanjut seperti erosi, penurunan kesuburan tanah, dan peningkatan kerentanan terhadap hama dan penyakit. Keadaan ini juga diperburuk oleh praktik petani yang sering membakar sisa tanaman, yang didorong oleh keinginan untuk mempercepat siklus penanaman berikutnya. Akibatnya, kesuburan kimia dan biologis tanah menjadi sangat rendah. Selain itu, kondisi fisik tanah juga menjadi tandus dan buruk.

Menurut Bakri *et al.*, 2023, pada lahan-lahan pertanian pangan yang datar pun umumnya terjadi overdosis jenis hara tertentu seperti fosforus akibat aplikasi pengapuran maupun aplikasi berlebihan pupuk fosfat (seperti TSP, SP36, ataupun rock phosphate) yang menyebabkan beberapa hara mikro (seperti B, Mo, Cu, Zn, Fe, dan Mn) yang diendapkan oleh ligand atau anion ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ )- maupun oleh ligand karbonat ( $\text{HCO}_3$ )-1. Pengendapan ini menyebabkan sulit diserap oleh perakaran tanaman pangan yang sistem perakarannya dangkal seperti jagung, ubi kayu, ubi rambat, dan padi gogo.

Monokultur dapat meningkatkan hasil produksi secara signifikan dalam waktu singkat, namun dapat menyebabkan dampak negatif terhadap keberagaman hayati, kesehatan tanah, dan ketahanan pangan jangka panjang. Praktik pertanian monokultur yang membawa berbagai risiko, seperti penurunan kesuburan tanah dan kerusakan ekosistem, semakin diperburuk oleh adanya perubahan iklim. Perubahan ini mengakibatkan kondisi cuaca yang tidak menentu dan ekstrem, sehingga memperparah tantangan yang dihadapi oleh petani dan mengancam keberlanjutan produksi pangan (Yuan *et al.*, 2024).

Perubahan iklim dan peristiwa cuaca ekstrem berdampak besar pada produksi tanaman dan hama pertanian. Karena perubahan iklim memperburuk masalah hama, ada kebutuhan besar untuk strategi pengelolaan hama di masa depan. Demi ketahanan pangan, banyak penelitian yang merekomendasikan bahwa peningkatan hasil panen, daripada memperluas lahan untuk produksi tanaman, adalah pendekatan yang paling berkelanjutan (Skendzi *et al.*, 2021).

Mengingat iklim adalah unsur utama dalam sistem metabolisme, fisiologi tanaman dan ekosistem tanaman, maka perubahan iklim global akan berdampak buruk terhadap keberlanjutan pengembangan pertanian. Salah satu dampak perubahan iklim global adalah meningkatnya populasi hama pada tanaman pertanian. Pemanasan global akan menyebabkan peningkatan intensitas serangan hama pada tanaman (Cannon, 1998; Coley, 1998; Wilf dan Labandeira, 1999; Bale *et al.*, 2002). Kejadian anomali iklim seperti

perubahan intensitas dan pola curah hujan, kenaikan temperatur udara, kekeringan, banjir, dan peningkatan intensitas serangan hama dan penyakit merupakan gejala perubahan iklim yang dapat berdampak pada produktivitas tanaman pertanian khususnya tanaman pangan (Malau *et al.*, 2023).

Menurut Altieri dan Nicholls (2007), lahan yang dikelola dengan sistem monokultur cenderung lebih rentan terhadap serangan hama dan penyakit, karena kurangnya variasi tanaman yang dapat membantu mengendalikan populasi hama secara alami. Selain itu, penggunaan pestisida dan pupuk kimia yang berlebihan dalam sistem monokultur dapat mengakibatkan pencemaran tanah dan sumber air, serta penurunan kualitas tanah dari waktu ke waktu (Pimentel *et al.*, 1992). Oleh karena itu, penting untuk mengeksplorasi dan memahami implikasi dari praktik monokultur, baik dari segi ekonomi, lingkungan, maupun sosial. Pada proses budidaya tanaman, tak lepas dari adanya perubahan iklim atau cuaca.

Perubahan iklim merupakan fenomena anomali iklim yang kini menjadi isu strategis dan perlu perhatian serius karena diyakini mempunyai dampak besar bagi kehidupan di berbagai sektor, termasuk dalam sektor pertanian. Perubahan iklim merupakan tantangan besar yang dihadapi oleh Indonesia dalam beberapa tahun terakhir, dengan dampak yang signifikan terhadap kondisi lahan dan ketahanan pangan. Sebagai negara kepulauan yang memiliki keragaman hayati yang tinggi, Indonesia sangat rentan terhadap perubahan pola cuaca yang diakibatkan oleh pemanasan global. Fenomena ini telah menyebabkan kekeringan yang lebih sering dan berkepanjangan, yang mengakibatkan lahan pertanian menjadi kering dan berdampak pada pertanian. Salah satu penyebab utama kekeringan adalah perubahan pola curah hujan. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Indonesia mengalami fluktuasi curah hujan yang tidak menentu, di mana musim hujan menjadi lebih pendek dan intensitas hujan meningkat, diikuti oleh periode kering yang lebih panjang (BMKG, 2022). Hal ini menyebabkan ketidakstabilan dalam ketersediaan air yang sangat penting bagi pertanian.

Iklim merupakan faktor yang sangat berpengaruh pada sektor pertanian, namun pada kenyataannya, faktor iklim sangat sulit dikendalikan oleh manusia. Tahun 2050 diproyeksikan terjadi penurunan produksi padi sawah sebesar 20,3% dari produksi pada tahun 2006 sebesar 51.647.490 ton (Handoko, 2008). Penelitian oleh (Nurhayanti dan Nugroho, 2015) menunjukkan bahwa adanya kenaikan suhu dan curah hujan memberikan dampak terhadap produktivitas padi di Indonesia. Dampak iklim pada sektor pertanian menyebabkan penurunan produktivitas, penurunan tingkat kesuburan tanah, meningkatnya hama dan penyakit (Surmaini dan Runtunuwu, 2011).

Menurut Fanny Aditya *et al.* (2022), pengaruh unsur iklim terhadap OPT sangat bervariasi pada masing masing kabupaten di Kalimantan Barat. Perubahan iklim diyakini akan berdampak terhadap berbagai aspek kehidupan dan sektor pembangunan, terutama sektor pertanian, dan dikhawatirkan akan mendatangkan masalah baru bagi keberlanjutan produksi pertanian, terutama tanaman pangan (Irianto, 2009). Pengaruh kenaikan suhu terhadap perkembangan dan pertumbuhan serangga hama dalam kondisi lingkungan suhu optimum, adalah kecepatan proses metabolisme serangga hama akan meningkat berbanding lurus dengan kenaikan suhu lingkungan. Hal ini berarti bahwa apabila suhu naik, proses metabolisme serangga bertambah cepat.

Salah satu dampak perubahan iklim global adalah meningkatnya populasi hama pada tanaman pertanian. Tanaman kedelai di negara tropis termasuk Indonesia mempunyai kompleksitas hama yang beragam, dengan adanya peningkatan suhu di bumi akan berakibat juga meningkatnya populasi hama kutu kebul pada tanaman kedelai (Agastya *et,al*, 2020). Bahkan menurut Dyasti dan Amalia (2021), perubahan iklim akibat pemanasan global berperan dalam memicu eksistensi OPT di alam. Fluktuasi suhu dan kelembaban udara mampu menstimulasi pertumbuhan dan perkembangan OPT.

Perubahan ini dapat memengaruhi status OPT di lapangan dan munculnya hama baru. Hasil analisis Hidayatullah dan Aulia (2019), menemukan beberapa dampak terhadap sektor pertanian padi dari adanya perubahan iklim yang terjadi. Perubahan curah hujan menyebabkan berkurangnya areal sawah, perubahan debit air sungai dan air tanah, jebolnya tanggul sungai, peningkatan ancaman bencana banjir dan kekeringan, penurunan produktivitas, penurunan luas tanam dan luas panen, penurunan kualitas hasil, penurunan indeks pertanaman, dan peningkatan serangan hama penyakit. Perubahan suhu menyebabkan penurunan kualitas hasil dan peningkatan serangan hama penyakit. Sedangkan kenaikan muka air laut menyebabkan berkurangnya areal sawah dan penurunan produktivitas.

Deforestasi juga berkontribusi pada kondisi lahan yang kering. Penebangan hutan yang terus berlangsung untuk keperluan pertanian, perkebunan, dan pembangunan infrastruktur mengurangi kapasitas tanah untuk menyimpan air (Margono *et al.*, 2014). Hal ini menunjukkan bahwa hilangnya tutupan hutan dapat memperburuk dampak kekeringan dengan mengurangi kemampuan tanah untuk menyerap air, sehingga meningkatkan risiko erosi dan penurunan kualitas tanah. Kondisi ini berdampak langsung pada sektor pertanian, yang merupakan sumber utama kehidupan bagi sebagian besar masyarakat Indonesia. Kekeringan yang berkepanjangan mengancam ketahanan pangan dan mengurangi pendapatan petani, terutama di daerah yang sudah rentan (FAO, 2021). Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan strategi adaptasi yang efektif untuk menghadapi tantangan ini, salah satunya dengan menggunakan sistem wanatani atau agroforestri.

Seiring dengan meningkatnya risiko yang ditimbulkan oleh praktik pertanian monokultur dan dampaknya dari perubahan iklim, agroforestri sebagai sistem pertanian multistrata memberikan solusi yang berpotensi efektif. Agroforestri sebagai suatu bentuk sistem pertanian yang memenuhi kriteria pertanian berkelanjutan banyak dibahas dari berbagai studi seperti Jose dan Gordeon (2008), Nair (1993); Khumar (2006), Pell (1998) dan National Research Council(2010). Sistem ini menggabungkan tanaman pangan dengan pohon,

sehingga tidak hanya dapat meningkatkan kesuburan tanah dan menjaga keseimbangan ekosistem, tetapi juga berkontribusi dalam mengurangi dampak perubahan iklim, seperti kenaikan suhu dan erosi tanah. Pendekatan ini memiliki potensi untuk memperkuat ketahanan pangan dan keberlanjutan pertanian

Melalui sistem agroforestri risiko kegagalan panen dikurangi melalui manajemen penggunaan lahan yang mengkombinasikan tanaman tahunan, semusim, dan ternak (Khumar dan Nair, 2006). Mengalami perkembangan sesuai yang dikemukakan dalam Umrani dan Jain (2010); yakni suatu pendekatan yang terintegrasi dan kemanfaatan yang interaktif dari kombinasi tanaman hutan, perkebunan dan tanaman pertanian (pangan dan hortikultura) serta pemeliharaan ternak. Agroforestri juga dikenal sebagai bentuk usahatani campuran, *mix farming sistem*, untuk tercapainya optimalisasi penggunaan lahan (Fandeli, 1985). Pola pertanaman ganda yang berorientasi pada kelestarian (Nair, 1993; Caporali dan Campiglia, 2007; Gliessman, 2007; Rosemeyer, 2007) dan berfungsi menambah keragaman hayati (Montagnini, 2006).

Menurut Wahyudi dan Panjaitan (2013), sistem agroforestri menjadi pilihan terbaik dalam pembangunan hutan tanaman karena memberi hasil pertumbuhan tanaman sengon yang baik (tidak berbeda terlalu signifikan dengan pola monokultur intensif), sistem ini juga memberi hasil padi sebesar 2,98 ton/ha serta mampu menciptakan lapangan kerja, meningkatkan pendapatan masyarakat lokal, menumbuhkan rasa saling memiliki terhadap akses sumber daya alam, menciptakan persepsi positif terhadap pembangunan tanaman dan agroforestri, menjaga keamanan hutan dan mengurangi laju degradasi hutan.

Rendahnya produktivitas lahan agroforestri adalah selain adanya kompetisi sumberdaya, juga disebabkan oleh sistem pertanaman. Sistem pertanaman yang sering dilakukan dalam lahan agroforestri adalah sistem tanam

monokultur tanaman semusim. Hal ini tentunya membutuhkan input sumberdaya yang terus meningkat pada setiap musim tanam. Untuk mengurangi input sumberdaya maka perlu ada perubahan sistem pertanaman dalam areal pertanaman. Perubahan yang dimaksud adalah dengan menanam lebih dari satu tanaman semusim yang berbeda namun saling memberi keuntungan.

Contoh lain yang umum dijumpai di Jawa adalah mosaik-mosaik padat dari hamparan persawahan dan tegalan produktif yang diselang-selingi oleh rerumpunan pohon. Sebagian dari rerumpunan pohon tersebut mempunyai struktur yang mendekati hutan alam dengan beraneka-ragam spesies tanaman. Agroforestri merupakan salah satu model pertanian berkelanjutan yang tepat-guna, sesuai dengan keadaan petani. Pengembangan pertanian komersial khususnya tanaman semusim menuntut terjadinya perubahan sistem produksi secara total menjadi sistem monokultur dengan masukan energi, modal, dan tenaga kerja dari luar yang relatif besar yang tidak sesuai untuk kondisi petani. Selain itu, percobaan-percobaan yang dilakukan untuk meningkatkan produksi tanaman komersial selalu dilaksanakan dalam kondisi standar yang berbeda dari keadaan yang lazim dihadapi petani. Tidak mengherankan bila banyak hasil percobaan mengalami kegagalan pada tingkat petani.

Peran agroforestri dalam melindungi lingkungan dan menyediakan sejumlah layanan ekosistem merupakan manfaat utama dari pengintegrasian pohon ke dalam sistem pertanian. Manfaat lainnya termasuk pengaturan kualitas tanah, air, dan udara, peningkatan keanekaragaman hayati, pengendalian hama dan penyakit, serta mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Banyak proses penting di tanah dilakukan oleh mikroorganisme, jadi keberadaan komunitas mikroba yang banyak dan beragam sangat penting untuk menjaga produktivitas agroekosistem.

Dalam sistem agroforestri, perbedaan kualitas serasah dari pohon dan tanaman meningkatkan variasi dalam aktivitas enzim dan fungsi mikroba. Variasi ini juga dipengaruhi oleh cara pohon memengaruhi iklim mikro. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa di sistem pertanaman lorong agroforestri, keragaman mikroba lebih tinggi, aktivitas enzim meningkat, dan stabilitas tanah lebih baik. Ini disebabkan oleh perbedaan dalam kualitas dan jumlah serasah serta eksudat dari akar tanaman (Garrity, 2004; Cannel *et al.*, 1996). Oleh karena itu penelitian ini sangat penting dilakukan untuk mengevaluasi keberadaan pengembangan sistem agroforestri sebagai katalisator dibawah kultur teknis dengan mempertahankan pertanian tanaman pangan.

Konsep keberlanjutan sistem agroforestri berbasis tanaman pangan di lahan kering terhadap perubahan iklim meliputi dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi infrastruktur dan kelembagaan. Penelitian ini menganalisis 5 dimensi, karena dimensi satu dengan yang lainnya saling berkaitan satu sama lain dalam keberlanjutan terhadap pengembangan sistem agroforestri. Masing- masing dimensi terdapat atribut yang perlu sebagai kunci. Atribut yang diungkit merupakan atribut yang paling berpengaruh pada ordinasi keberlanjutan. Atribut yang dipertahankan dan diperbaiki akan mendukung keberadaan sistem agroforestri di Kecamatan Natar.

Teknik analisis data yang digunakan yaitu menggunakan *software* R versi R 4.4.1 yang merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengetahui status keberlanjutan pengembangan kawasan dengan menggunakan teknik MDS. Pemilihan *softwre* R ini dilakukan karena hasil yang diperoleh terbukti lebih stabil dari metode *multivariate analysis* yang lain. Hasil akhir dari analisis ini terdapat rekomendasi kebijakan dalam mendukung status keberlanjutan pengembangan sistem agroforestri pertanian tanaman pangan di lahan kering terhadap perubahan iklim.

Berdasarkan uraian, maka permasalahan yang dapat dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Belum banyak penelitian melakukan evaluasi keberlanjutan dengan lima dimensi pada sistem agroforestri berbasis tanaman pangan seperti di Kecamatan Natar.
2. Belum ditemukan penelitian yang merancang peningkatan sistem perlu mengetahui status keberlanjutan dengan penerapan sistem agroforestri berbasis *leverage* dari setiap dimensi.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengevaluasi status keberlanjutan praktik pertanian sistem agroforestri berbasis tanaman pangan di lahan kering dengan lima dimensi yaitu Dimensi Ekologi, Ekonomi, Sosial, Teknologi Infrastruktur dan Kelembagaan.
2. Untuk merumuskan peningkatan keberlanjutan pengembangan sistem agroforestri berbasis tanaman pangan di lahan kering berbasis faktor *leverage* di tiap dimensi di Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan.

## 1.3. Kerangka Pemikiran

Pengembangan sistem agroforestri sebagai upaya dalam menjaga kelestarian hutan telah mengacu pada konsep pembangunan berkelanjutan yang mengacu pada aspek ekonomi, ekologi dan sosial. Dilihat dari aspek ekologi (lingkungan) agroforestri mampu menjaga kelestarian hutan, dengan keberadaan hutan yang terjaga kelestariannya tentu saja memberikan dampak yang baik bagi lingkungan, misalnya mengurangi laju aliran permukaan, pencucian unsur hara, dan erosi karena keberadaan pohon-pohon, memperbaiki iklim makro, memperbaiki kesuburan tanah.

Berbagai contoh sistem pertanian yang mengintegrasikan tanaman tahunan dan tanaman pangan kemudian dikenal dengan istilah agroforestri, menyebar

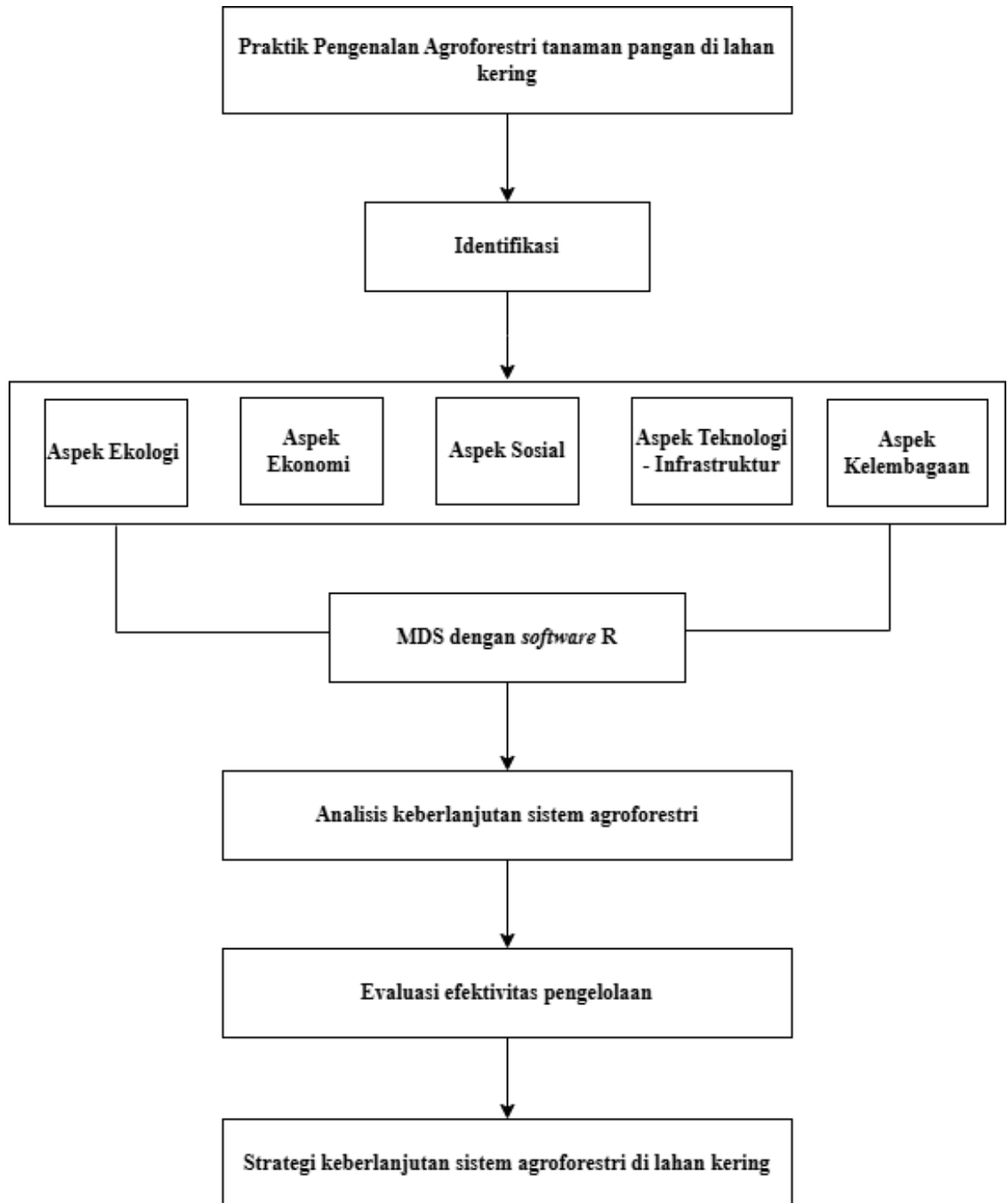
pada cakupan geografis yang luas. Suatu sistem pertanian, yang mana spesies pohon adalah bagian integral yang tidak terpisahkan. Adanya spesies pohon atas lahan pertanian untuk mendukung pertanian dengan tujuan utamanya bukan produksi jenis pohon, tetapi yang utama adalah produksi pangan. Merujuk pemahaman inilah muncul definisi pertama agroforestri yakni suatu sistem pengelolaan lahan berkelanjutan yang meningkatkan hasil panen, menggabungkan produksi tanaman (termasuk tanaman pohon) dan tanaman hutan dan/atau hewan secara bersamaan atau berurutan pada satuan lahan yang sesuai dengan praktik budaya penduduk lokal (King, 1987).

Menurut Rosemeyer dan Gliessman (2010), dikatakan bahwa tidak ada strategi lain yang dapat diandalkan untuk mengatasi masalah lingkungan dan sosial yang dihadapi sistem pangan kecuali mempromosikan proses konversi pertanian konvensional ke pertanian berkelanjutan. Menurut Suek dan Mella dalam penelitiannya tahun 2021, dikatakan bahwa keragaman pola agroforestri sangat signifikan antar lokasi dan wilayah, dan kontribusi perannya sangat luas. Keberagaman pola dapat dilihat dari jenis tanaman tahunan (tanaman kehutanan dan perkebunan), tanaman semusim (tanaman pangan, hortikultura dan biofarma), jenis ternak dan jenis ikan yang diintegrasikan. Keberagaman ini dipengaruhi oleh sosial budaya masyarakat pengelolanya. Sebagai suatu sistem pertanian berkelanjutan, agroforestry tradisional dalam perannya yang sangat luas dan bervariasi memenuhi tiga tujuan utama pertanian berkelanjutan yakni meliputi manfaat sosial, ekonomi dan manfaat ekologis.

Secara spesifik dari berbagai hasil kajian, manfaat-manfaat tersebut dirangkum sebagai berikut manfaat sosial, agroforestri dapat berkontribusi terhadap ketahanan pangan (produksi, kualitas, ragam dan akses), kebutuhan kayu bakar dan bangunan, tersedianya pakan ternak dan pupuk organik, meminimalkan kegagalan panen dan pemanfaatan tenaga kerja sepanjang tahun. Manfaat ekonomi, agroforestri dapat menjamin dan menstabilkan ketersediaan dana tunai sepanjang tahun dan mendukung terciptanya tabungan dan modal rumah tangga. Manfaat ekologis sistem pertanian agroforestri

merupakan sistem pertanian ramah lingkungan yang dapat meningkatkan kesuburan tanah, mengurangi erosi, memulihkan lahan kritis serta meningkatkan keragaman hayati.

Hipotesis utama dalam agroforestri adalah bahwa produktivitas sistem agroforestri lebih tinggi dibandingkan dengan sistem monokultur. Ini terjadi karena pohon dan tanaman saling melengkapi dalam memanfaatkan sumber daya. Pohon dapat mengakses sumber daya yang tidak bisa dijangkau oleh tanaman. Akar pohon biasanya tumbuh lebih dalam, sehingga dapat mengambil nutrisi dan air dari tanah yang tidak tersedia bagi tanaman. Apalagi nutrisi yang hilang dari tanaman dapat diambil kembali oleh pohon melalui daun yang gugur atau akar yang baru. Dengan cara ini, sistem pohon-tanaman pangan bisa menangkap lebih banyak nutrisi dan menghasilkan panen yang lebih baik dibandingkan dengan sistem monokultur. Kerangka pikir disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir kerangka pemikiran.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Agroforestri

Agroforestri adalah suatu sistem dalam pengelolaan lahan dengan mengkombinasikan antara produksi pertanian, termasuk pohon, buah-buahan atau peternakan dengan tanaman kehutanan. Sistem agroforestri merupakan sistem pengelolaan sumber daya alam secara dinamis dan berbasis ekologi, dengan mengkombinasikan berbagai jenis pohon pada tingkat lahan pertanian maupun pada suatu bentang lahan. Pengelolaan lahan dengan menggunakan sistem agroforestri bertujuan untuk mempertahankan fungsi lahan dan keanekaragaman produksi lahan sehingga berpotensi memberikan manfaat, baik manfaat sosial ekonomi dan lingkungan bagi para pengguna lahan (Senoaji, 2012).

Menurut (De Foresta dan Michon 1997; Sukmawati *et al.*, 2014; Wulandari *et al.*, 2021). Agroforestri dapat dikelompokkan menjadi dua sistem, yaitu sistem agroforestri sederhana dan sistem agroforestri kompleks.

1). Sistem agroforestri Sederhana adalah teknik pengelolaan hutan dengan cara menanam pepohonan secara tumpang sari dengan satu jenis tanaman semusim atau lebih dari satu (Fitri dan Ulfa, 2015), sistem agroforestri sederhana adalah suatu sistem pengelolaan pertanian dimana pepohonan ditanam secara tumpang sari dengan satu atau lebih jenis tanaman semusim. Pepohonan bisa ditanam sebagai pagar mengelilingi petak lahan tanaman pangan, ditanam secara acak dalam petak lahan, atau ditanam dengan pola lain misalnya berbaris dalam larikan sehingga membentuk lorong/pagar. Jenis-jenis pohon yang ditanam juga beranekaragam, dapat yang bernilai ekonomi tinggi misalnya kelapa, cengkeh, kopi, karet, coklat, dan mahoni atau yang bernilai ekonomi rendah seperti dadap, lamtoro dan kaliandra. Pemilihan tanaman kehutanan dilakukan berdasarkan berbagai faktor, salah

satunya adalah faktor kesesuaian kondisi biofisik lahan (Salampessy *et al.* 2017).

Bentuk agroforestri sederhana yang paling banyak diterapkan di Jawa adalah tumpangsari ( Soemitro, 2001). Penerapan sistem diaplikasikan di areal hutan jati di Jawa dan dikembangkan dalam rangka program perhutanan sosial dari Perum Perhutani. Pada lahan perhutani petani diijinkan untuk menanam tanaman semusim di antara pohon-pohon jati muda. Dalam perkembangannya, sistem agroforestri sederhana juga merupakan campuran dari beberapa jenis pepohonan tanpa adanya tanaman semusim. Sebagai contoh, kebun kopi biasanya disisipi dengan tanaman dadap (*Erythrina*) atau kelorwono disebut juga gamal (*Gliricidia*) sebagai tanaman naungan dan penyubur tanah. Contoh tumpangsari lain yang umum dijumpai di daerah Ngantang, Malang adalah menanam kopi pada hutan pinus.

2). Sistem agroforestri Kompleks. Sistem agroforestri kompleks adalah suatu sistem pertanian menetap yang melibatkan banyak jenis tanaman pohon baik sengaja ditanam maupun yang dibiarkan tumbuh secara alami pada sebidang lahan dan dikelola petani mengikuti pola tanam dan ekosistem menyerupai hutan (Sumilia *et al.*, 2019). Di dalam sistem ini, selain terdapat beraneka jenis pohon, juga tanaman perdu, tanaman memanjat (liana), tanaman musiman dan rerumputan dalam jumlah banyak. Penciri utama dari sistem agroforestri kompleks ini adalah kenampakan fisik dan dinamika di dalamnya yang mirip dengan ekosistem hutan alam baik hutan primer maupun hutan sekunder, oleh karena itu sistem ini dapat pula disebut sebagai agroforestri.

## **2.2. Fungsi Agroforestri**

Dijelaskan oleh King (1979), sistem agroforestri adalah suatu sistem pengelolaan lahan secara berkelanjutan yang mampu meningkatkan hasil lahan, melalui cara mengkombinasikan produksi jenis-jenis tanaman, termasuk jenis-jenis pepohonan dan tumbuhan hutan atau jenis ternak secara simultan maupun sekuensial pada satu unit lahan yang sama, dan

penggunaan praktek pengelolaan yang sesuai dengan praktek kebudayaan penduduk lokal. Pada umumnya sistem agroforestri ditanami oleh keanekaragaman jenis tanaman yang tinggi, sehingga struktur vegetasinya menyerupai hutan alam. Karena itu sistem agroforestri mempunyai fungsi ganda yaitu fungsi ekologi dan fungsi social ekonomi budaya bagi masyarakat lokal. Sumber daya hutan sesungguhnya telah memberikan manfaat secara ekonomi kepada masyarakat. Dengan melalui penerapan kegiatan- kegiatan kehutanan yang baik, hasil sumber daya hutan mampu memberikan manfaat langsung dalam meningkatkan pendapatan masyarakat. Hasil hutan adalah sumberdaya ekonomi potensial yang beranekaragam yang menghasilkan hasil hutan baik hasil hutan kayu dan non kayu maupun hasil-hasil hutan yang tidak kentara (Wirakusumah, 2003). Secara ekonomis, agroforestri memberikan keuntungan yang cukup berarti bagi petani, masyarakat, daerah atau negara.

Keuntungan-keuntungan ini dapat meliputi : (1) peningkatan kesinambungan hasil-hasil pangan, pakan ternak, kayu bakar, pupuk dan kayu pertukangan, (2) mengurangi terjadinya kegagalan total tanaman pertanian yang biasanya terjadi pada tanaman jenis tunggal atau sistem monokultur, (3) membantu dalam peningkatan jumlah pendapatan pertanian karena peningkatan produktifitas dan kesinambungan produksi (Mahendra, 2009). Dalam sistem agroforestri pohon-pohonan memberikan penutup secara permanen, dengan demikian dapat lebih banyak menggunakan energi matahari. Pohon-pohonan dapat memperkaya tanah dengan serasah yang gugur di atasnya, dan dapat juga merubah iklim mikro. Keuntungan-keuntungan lainnya yang bisa didapat dengan penanaman pohon-pohonan: 1). Memberikan diversifikasi hasil. Disamping buah dapat juga dimanfaatkan kayunya. 2). Memberikan jaminan terhadap kegagalan hasil, kerana pohon-pohonan merupakan "modal berdiri' 3). Berpengaruh baik terhadap tata air. 4). Mengurangi terjadinya suhu-suhu ekstrim, baik di udara, dalam tanah, dan dalam batang dan daun, sehingga meningkatkan produktivitas tanaman pertanian. 5). Dapat mengurangi kerusakan-kerusakan terhadap tanaman pertanian yang

disebabkan oleh hujan yang deras (Irwanto *et al.*, 2024).

Dalam sistem agroforestri terdapat interaksi ekologis dan ekonomis antara komponen komponen yang berbeda. Agroforestri ditujukan untuk memaksimalkan penggunaan energi matahari, meminimalkan hilangnya unsur hara di dalam sistem, mengoptimalkan efisiensi penggunaan air dan meminimalkan *run off* serta erosi. Dengan demikian mempertahankan manfaat-manfaat yang dapat diberikan oleh tumbuhan berkayu tahunan (perennial) setara dengan tanaman pertanian konvensional dan juga memaksimalkan keuntungan keseluruhan yang dihasilkan dari lahan sekaligus mengkonservasi dan menjaganya.

Empat keuntungan terhadap tanah yang diperoleh melalui penerapan agroforestri (Liu, Liang, Zhang, Hua, & Duan, 2024; Sollen-Norrlin, Ghaley, & Rintoul, 2020) antara lain adalah: (1) memperbaiki kesuburan tanah, (2) menekan terjadinya erosi (3) mencegah perkembangan hama dan penyakit, (4) menekan populasi gulma. Jenis tanaman pada lahan agroforestri lebih beragam sehingga dapat menyumbangkan penutupan tajuk yang lebih rapat dan kondisi permukaan tanah yang lebih lembab karena banyak jatuhnya serasah (Irwanto *et al.*, 2024). Tujuan akhir dengan pengembangan sistem agroforestri adalah meningkatkan kesejahteraan masyarakat petani dengan memprioritaskan partisipasi aktif masyarakat dalam memperbaiki keadaan lingkungan yang rusak kemudian memeliharanya. Dengan meningkatnya produktivitas lahan diharapkan masyarakat dapat mencapai diversifikasi produk dan resiliensi produksi pangan.

### **2.3. Perubahan Iklim**

Perubahan iklim adalah tantangan besar di abad ke-21, disebabkan oleh peningkatan suhu global akibat gas rumah kaca (GRK) dari aktivitas seperti pembakaran bahan fosil dan deforestasi (Kunte dan Bhat, 2024). Perubahan iklim merupakan salah satu isu global yang saat ini menjadi perhatian dunia.

Sebagaimana dinyatakan oleh Boateng (2015) bahwa perubahan iklim adalah masalah kebijakan publik terbesar di saat ini. Mengenai perubahan iklim, sedangkan melalui *United States Global Climate Change Programme* (Okoli & Ifeakor, 2014) perubahan iklim didefinisikan sebagai reaksi ekstrem fenomena cuaca yang menciptakan dampak negatif pada sumber daya pertanian, sumber daya air, kesehatan manusia, penipisan lapisan ozon, vegetasi dan tanah, yang menyebabkan dua kali lipat dari konsentrasi karbon dioksida dalam ekosistem. Ekosistem mengatur iklim bumi dengan menambahkan dan menghapus gas rumah kaca seperti CO<sub>2</sub> dari atmosfer, hutan, padang rumput, rawa gambut, dan ekosistem darat lainnya kolektif menyimpan lebih banyak karbon daripada atmosfer (Lal, 2004). Dengan menyimpan karbon ini dalam kayu,biomassa lainnya, dan tanah, ekosistem tetap CO<sub>2</sub> dari udara, di mana akan berkontribusi terhadap perubahan iklim (Watson *et al.*, 2000).

Pemanasan global disebabkan oleh meningkatnya emisi gas rumah kaca yang menyebabkan pemantulan energi panas dari bumi (Rizki *et al.*, 2016). Salah satu faktor yang berkontribusi pada kenaikan suhu bumi adalah kerusakan sumberdaya dan lingkungan akibat deforestasi dan pembakaran hutan, yang berdampak pada perubahan keseimbangan ekosistem (Arifin, 2015; Bhaskara, 2017; Partiw, 2019). Kontribusi agroforestri terhadap ekonomi lokal telah terbukti di sebagian besar artikel yang disajikan dalam edisi khusus ini, tetapi perspektif yang berbeda dari tema ini disajikan dalam karya Singh *et al.*,(2021). Mereka menampilkan biomassa kayu sebagai sumber energi terbarukan dan netral CO<sub>2</sub> , yang, jika digunakan secara berkelanjutan dan efisien, dapat berkontribusi pada lingkungan yang lebih bersih. Agroforestri dapat meningkatkan jumlah karbon yang diserap dibandingkan dengan monokultur tanaman pangan atau padang rumput karena melibatkan pohon dan semak. Tanaman tahunan berkayu menyimpan sejumlah besar karbon dalam biomassa di atas tanah dan juga berkontribusi terhadap penyerapan karbon di bawah tanah (Jose, 2009).

Watson (1997), percaya bahwa karena studi yang tersedia belum

dipekerjakan seperangkat skenario iklim dan metode, dan karena ketidakpastian mengenai kepekaan dan kemampuan beradaptasi dari sistem alam dan sosial, penilaian kerentanan daerah adalah kualitatif. Hal ini terutama berlaku untuk negara-negara berkembang. Masalah ini diperparah oleh harapan bahwa mereka yang paling memiliki sumber kapasitas setidaknya untuk beradaptasi dan yang paling rentan terhadap perubahan iklim di masa depan. Konferensi GEF ke-6, *Global Environment Facility* (GEF) dan *Green Climate Fund* (GCF) adalah salah satu pendanaan internasional terkait isu perkotaan. *Climate Compatible Development* (CCD) adalah sebuah pembangunan yang berusaha untuk meminimalkan dampak negatif dari perubahan iklim, dan rendah emisi. *Global Environment Facility* (GEF) fokus kepada *sustainable city*, sedangkan *Green Climate Fund* (GCF) pada desain perencanaan kota yang mendukung upaya mitigasi dan adaptasi. Sumber pendanaan perubahan iklim selain dari dana internasional juga ada dari peran swasta, CSR, APBN, LSM dalam skala kecil sampai besar berdasarkan GEF Ke-7 (KLHK, 2018).

Elemen adaptasi yang diidentifikasi, seperti investasi dalam kemampuan masyarakat untuk membentuk, membuat, dan menanggapi, mengubah dengan membangun kapasitas adaptasi dimulai di tingkat masyarakat yang mirip dengan dan memotivasi penyediaan sumber daya tambahan baik domestik maupun internasional, mendidik orang tentang risiko dan pilihan respon untuk meningkatkan akseptabilitas tindakan asing dan mengidentifikasi kendala bagi pelaksanaan langkah-langkah yang efektif dan menyarankan pilihan untuk mengatasinya (Sterrett, 2011). Kerentanan perubahan iklim di Asia Tenggara sebagian besar terjadi di wilayah yang memiliki penghasilan rendah sampai menengah (Yusuf dan Fancisco, 2010). Analisis dampak perubahan iklim jangka panjang dilakukan dengan menggunakan data panel (Dell *et al.*, 2008). Daripada hanya fokus pada penilaian dan komunikasi kerentanan terhadap perubahan iklim, dan mengevaluasi manfaat tambahan adaptasi, (Fussel dan Klein, 2004) telah menyarankan beberapa prasyarat untuk adaptasi terencana yang efektif dengan memicu penelitian yang dapat menyebabkan pengembangan pilihan adaptasi baru. Menurut Katzfey *et al.*(

2010) juga memprediksi kenaikan curah hujan disebabkan oleh perubahan iklim pada konteks Australasia, karena itu dengan scenario perubahan iklim desa dapat menghadapi dan mengatasi banjir kedepannya.

Pamungkas (2017) mendefinisikan “Perubahan Iklim” sebagai perubahan unsur-unsur iklim dalam jangka yang panjang (50 tahun s.d. 100 tahun) yang dipengaruhi oleh kegiatan manusia yang menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK). Skenario perubahan iklim menurut Pamungkas *et al* (2017) dengan reboisasi efektif dalam jangka pendek meminimal kerentanan masyarakat terhadap banjir, sedangkan pembangunan kembali infrastruktur banjir kurang efektif untuk adaptasi di masa depan tapi baik untuk kondisi sekarang. Menurut kajian Widiyanti dan Dittmann (2014) adaptasi iklim perlu untuk melindungi sumber air mereka dalam rangka untuk melestarikan air untuk musim kemarau panjang, dan perlunya menanam tanaman berjenis kultivar yang tahan terhadap kekeringan (singkong, jagung, kedelai, dan kacang tanah) atau melakukan sistem tumpangsari pada kultivar tersebut.

Berdasarkan pendapat Francis (2014) perubahan iklim adalah perubahan sifat statistik dari sistem iklim berupa perubahan cuaca bumi termasuk perubahan suhu, angin. Perubahan iklim secara langsung berdampak negatif bagi manusia dan lingkungan sekitarnya, sehingga perubahan iklim menjadi fokus semua pihak untuk mengatasinya. *United Nation Convention on Environmet and Development* (UNCED KTT Bumi, 1992) menyatakan kerusakan lingkungan global semakin parah, penipisan ozon berakibat semakin meningkatnya penitrasi sinar ultra violet ke bumi merugikan manusia, dan semakin banyak flora fauna yang punah karena pemanasan global dan perubahan iklim. Gas rumah kaca (GRK) adalah salah satu jenis emisi yang berdampak secara langsung pada lingkungan. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer memicu efek gas rumah kaca yaitu peningkatan suhu bumi global (*global warming*) dan mendorong fenomena perubahan iklim (*climate change*). Untuk menghadapi persoalan perubahan iklim ini, kemudian dibuatlah suatu perjanjian internasional di bidang lingkungan.

Perjanjian internasional ini adalah Perjanjian Protokol Kyoto. Ditandatangani:

11 Desember 1997 di Kyoto, Jepang. Mulai berlaku: 16 Februari 2005. Tujuan utama: Mengurangi emisi gas rumah kaca global untuk memerangi perubahan iklim. Bunyi dari perjanjian Kyoto Protokol adalah “Para Pihak yang termasuk dalam Lampiran I (negara maju) berkomitmen secara individual atau bersama untuk memastikan bahwa emisi agregat dari gas rumah kaca mereka dikurangi paling tidak 5% di bawah tingkat tahun 1990 pada periode komitmen 2008-2012”. Negara-negara maju wajib menurunkan emisi enam jenis gas rumah kaca: Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), Metana ( $\text{CH}_4$ ), Dinitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), Hidrofluorokarbon (HFCs), Perfluorokarbon (PFCs), Sulfur heksafluorida ( $\text{SF}_6$ ). Target kolektif: pengurangan emisi global sebesar 5,2% dari tingkat emisi tahun 1990. Tiga mekanisme untuk membantu negara maju memenuhi target: Perdagangan Emisi (Emissions Trading), Mekanisme Pembangunan Bersih (Clean Development Mechanism – CDM), implementasi Bersama (Joint Implementation – JI). Negara berkembang (termasuk Indonesia) tidak diwajibkan menurunkan emisi dalam periode awal, tetapi didorong untuk ikut serta secara sukarela dalam CDM. Negara-negara peserta harus menyampaikan laporan emisi dan progresnya secara berkala kepada UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) dan menjalani mekanisme pemantauan.

Protokol Kyoto merupakan refleksi dari keinginan masyarakat dunia untuk mengurangi gas rumah kaca yang terjadi di atmosfer yang di setiap harinya yang semakin meningkat. Protokol Kyoto ini bertujuan untuk memastikan agar para peserta perjanjian ini mengatur emisi agar dapat berkurang sedikitnya 5% dalam jangka waktu 2008-2012 (Supriadi, 2010). Dampak masif dan luas, diantaranya adalah : peningkatan suhu, perubahan musim yang sukar diduga, kegagalan panen, kemunculan jenis penyakit baru, penurunan biodiversitas, kenaikan muka air laut dan lain sebagainya. Konklusinya adalah, ERK sebagai dampak peningkatan GRK secara signifikan berdampak negatif atau merugikan bahkan membahayakan bagi kehidupan manusia dan kelangsungan bumi (DLH Surakarta, 2018).

## 2.4. Tanaman Pangan

Pangan merupakan kebutuhan yang paling dasar yang harus dimiliki oleh setiap manusia. Oleh karena itu, terpenuhinya pangan merupakan suatu hak asasi manusia yang paling dasar dimana pemenuhannya merupakan tanggung jawab pemerintah kepada rakyatnya (Hariyadi, 2010). Hal tersebut juga disebutkan dalam UU No. 18 tahun 2012 Pasal 1 bahwa pangan merupakan bagian dari hak asasi manusia yang ketersediaan, keterjangkauan dan pemenuhan konsumsi pangan harus cukup, bermutu, aman dan bergizi seimbang dimana hal tersebut harus diwujudkan oleh negara. Pengertian pangan menurut UU No.18 tahun 2012 Pasal 1 yaitu segala sesuatu yang berasal dari sumber hayati produk pertanian, perkebunan, kehutanan, perikanan, peternakan, perairan dan air, baik yang diolah maupun tidak diolah yang diperuntukkan sebagai makanan atau minuman bagi konsumsi manusia, termasuk bahan tambahan pangan, bahan baku pangan, dan bahan lainnya yang digunakan dalam proses penyiapan, pengolahan, dan/atau pembuatan makanan atau minuman.

Pangan merupakan sumber energi bagi tubuh maka dari itu pangan yang dikonsumsi harus dijaga kualitasnya agar gizi yang terkandung dapat digunakan oleh tubuh dengan maksimal dan tidak memberikan dampak negatif dalam tubuh. Pangan yang aman merupakan pangan yang terbebas dari cemaran biologis, fisik maupun kimia yang dapat mengganggu, merugikan dan membahayakan kesehatan fisik maupun psikologis dari manusia (Hariyadi, 2017). Kadar air yang erat kaitannya dengan aktivitas air akan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam bahan pangan sehingga akan berpengaruh pada kualitas bahan pangan (Herawati, 2018). Oleh karena itu, terpenuhinya pangan di masyarakat bukan hanya sebatas cukup dan nikmat melainkan harus memperhatikan dari aspek kesehatan dan juga keamanan. Menurut undang- undang No. 8 Tahun 2012, pangan adalah sesuatu yang berasal dari sumber hayati dan air, baik yang diolah maupun yang tidak diolah sebagai makanan atau minuman untuk di konsumsi manusia. Sumber hayati pangan terdiri atas sumber hewani dan nabati.

Pangan nabati berasal dari tanaman yang dibudidayakan yang biasa dikenal dengan tanaman agronomi. Sebagian jenis tanaman pangan di beberapa negara maju lebih banyak digunakan untuk bahan pakan dan penghasil minyak seperti tanaman jagung dan kedelai. Jenis sumber bahan pangan dari tanaman budi daya sangat beragam. Untuk kepentingan manusia, pangan harus memenuhi tiga kebutuhan gizi utama yaitu karbohidrat, protein dan lemak. Konsep tanaman pangan terdahulu membagi tanaman pangan menjadi padi dan palawija. Padi dianggap sebagai tanaman pangan utama dan tanaman selain padi yang biasanya ditanam setelah padi disebut dengan palawija atau dalam kata lain tanaman sekunder. Contoh tanaman palawija adalah jagung, kedelai dan umbi-umbian.

## **2.5. Keberlanjutan**

Keberlanjutan adalah konsep yang memastikan bahwa kita dapat memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka. Ini mencakup berbagai aspek, termasuk ekologi, ekonomi, politik, dan budaya. Dalam ekologi, keberlanjutan berarti menjaga keseimbangan ekosistem agar tetap produktif dan mendukung kehidupan. Dalam ekonomi, keberlanjutan berfokus pada praktik bisnis yang bertanggung jawab dan penggunaan sumber daya yang efisien. Secara sosial, keberlanjutan mencakup keadilan sosial dan kesejahteraan manusia. Untuk mewujudkan keberlanjutan, kita bisa melakukan berbagai langkah, seperti mengurangi limbah, menggunakan energi terbarukan, dan menerapkan pola konsumsi yang lebih bijak (Parmila *et al.*, 2022).

## **2.6. Strategi Pengembangan Kinerja Lingkungan Berbasis Model Rap-Fish**

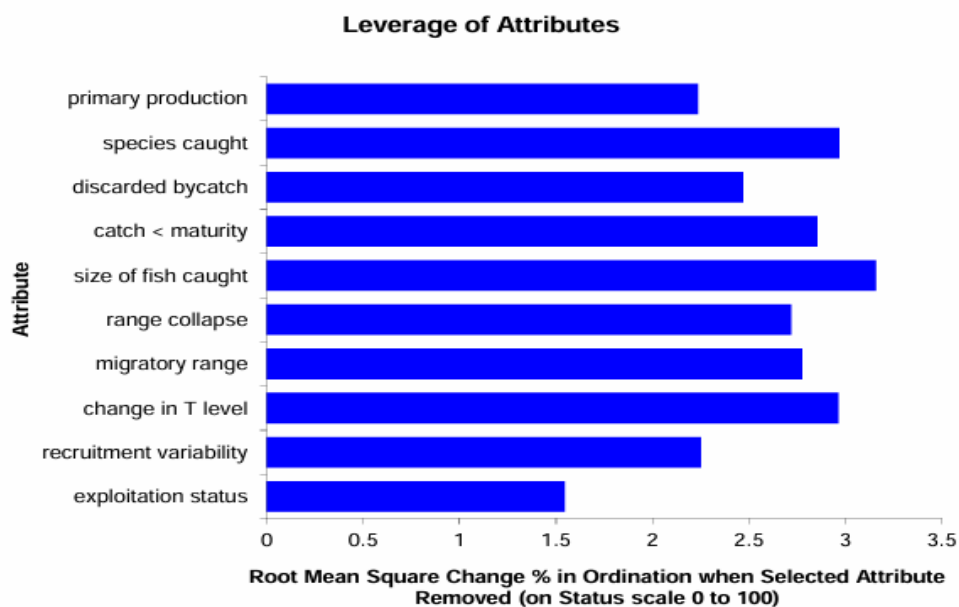
Dalam menghadapi perubahan iklim, penting bagi kita untuk mengembangkan kinerja lingkungan, terutama dalam sistem agroforestri yang mengandalkan tanaman pangan di lahan kering. Untuk mencapai keberlanjutan, kita perlu menerapkan strategi yang efektif yang dapat

meningkatkan ketahanan dan produktivitas, sambil melindungi ekosistem. Salah satu pendekatan yang menarik adalah model RAPFISH, yang membantu kita mengevaluasi kinerja lingkungan secara menyeluruh. Mengapa harus dengan Rapfish?. Karena Rapfish merupakan tool yang sudah di uji coba dengan berbagai kasus yang kompleks dan memerlukan aspek *sustainability*. Dapat menentukan status keberlanjutan dalam skala 0-100. Bersifat deskripsi dan multisi disiplin (ekologi, ekonomi, sosial, teknologi, kelembagaan dan lainnya). Skor input dan output dibuat secara sederhana. Output bersifat *robust* dan *replicable*. Mampu meng-handle ketidakpastian dengan “Monte Carlo” *Analisis* (Fauzi, 2019).

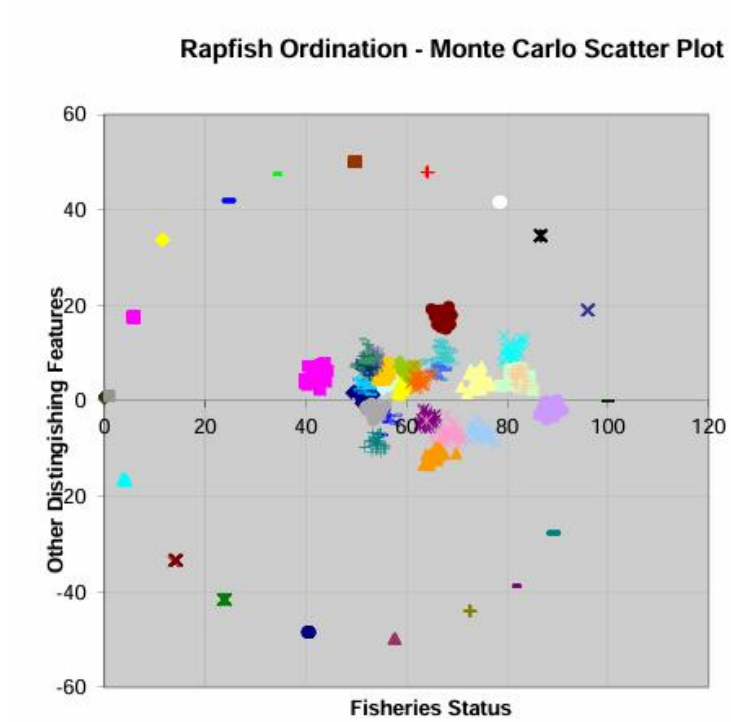
Menurut Fauzi (2019), mengatakan prinsip Rapfish atau *Multi Dimensional Scalling* (MDS) yaitu dengan menggunakan metode *Multi Criteria Analysis* (MCA). Teknik ordinasasi melalui persepsi dengan MDS. Bersifat non-parametrik. Memasukan *anchor point* yaitu ‘*bad* dan *good*’. Dengan *good* adalah skor maksimum dari atribut, sedangkan *bad* adalah skor minimum dari atribut. Penentuan atribut sesuai dengan dimensi. Indikator *Goddness of Fit* (GoF) dilakukan melalui stress indicator ( skor *stress* < 0,25 kredibel ). Selanjutnya ada *Leverage* (Gambar 1) untuk menentukan atribut mana yang sensitif mengubah ordinasasi. Rapfish melakukan algoritma dengan men-drop setiap atribut pada setiap analisis. Pada setiap atribut Rapfish menghitung *sum squares* perbedaan atribut setelah dikurangi dengan full atribut.

Teknik *stepwise* ini menghasilkan standar *error* dalam bentuk *root mean square*. Hasil analisis *leverage* menunjukkan atribut mana yang cukup sensitif (paling berpengaruh dengan cepat ketika ada sedikit perubahan) terhadap skor keberlanjutan. Kemudian, dilanjutkan dengan *Monte carlo Analysis* (Gambar 2), analisis Monte carlo dalam Rapfish dapat digunakan untuk menentukan dampak gangguan terhadap skor keberlanjutan. Dampak gangguan bisa berasal dari perbedaan *assessment* oleh setiap orang. *Incomplete covergence (high stress)*. *Data entry error (missing data)*. Hasil Monte carlo ditampilkan dalam *Scatter* antara *reference*, *simulated* dan

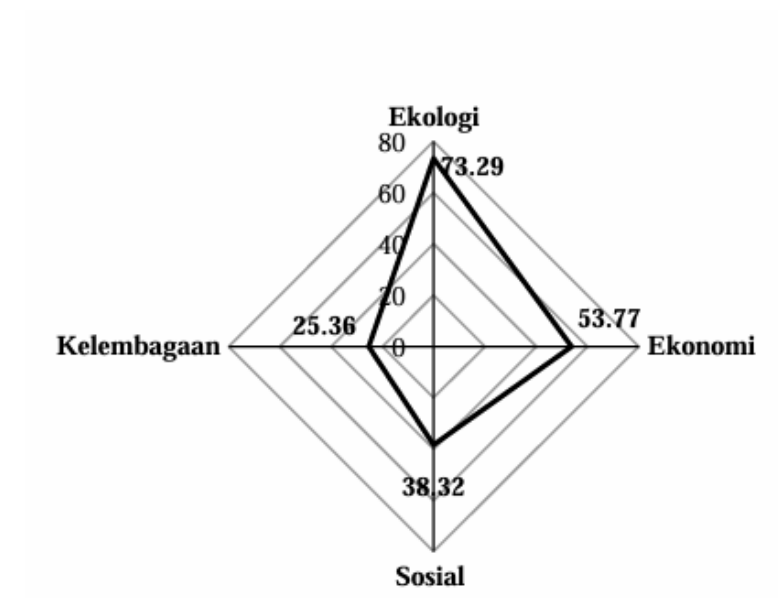
*perturbed unit*. Setelah itu dilanjutkan dengan diagram layang yang menggambarkan status keberlanjutan secara terintegrasi antar dimensi (Gambar 3). Semakin dekat jarak hasil analisis dengan titik nol maka semakin menunjukkan rendahnya tingkat keberlanjutan (Rusdi dan damar, 2020). Status keberlanjutan sistem agroforestri berbasis tanaman pangan di lahan kering terhadap perubahan iklim di kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan mengukur 5 dimensi yaitu dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi-infrastruktur dan kelembagaan.



Gambar 2. Contoh *Leverage of Attributes*



Gambar 3. Contoh *Monte Carlo Analysis*



Gambar 4. Contoh Diagram Layang Semua Dimensi

Model Rapfish diatas telah banyak digunakan di berbagai kasus dan penelitian, yang dapat merancang strategis keberlanjutan dari setiap objeknya. Melalui beberapa studi kasus, kita bisa melihat bagaimana model ini diterapkan dalam agroforestri dan dampaknya terhadap keberlanjutan serta adaptasi terhadap perubahan iklim. Dengan memahami hal ini, kita bisa menemukan cara-cara baru untuk mengintegrasikan strategi yang mendukung pertanian berkelanjutan.

Studi kasus di Kecamatan Linge Kabupaten Aceh Tengah pada tahun 2023, menurut Izwar,*et.al*, terdapat penjelasan mengenai analisis keberlanjutan usaha tani berbasis agroforestri yang menghasilkan pada dimensi ekologi diketahui diperoleh 77,5 persen ditemukan bahwa penerapan pertanian sistem agroforestri dapat membantu ketersediaan air, kesuburan tanah, serta mengurangi penggunaan bahan kimia dan pembakaran, selain itu agroforestri juga berdampak positif terhadap erosi lahan dan interaksi mutualisme tanaman yang terjadi di dalam lahan. Pada dimensi ekonomi diperoleh 87,5 persen penerapan sistem agroforestri berdampak positif terhadap alokasi hasil panen, stabilitas harga produk pertanian dan mengurangi biaya perawatan, dalam dimensi kelembagaan diperoleh 72 persen, ditemukan penerapan sistem Agroforestri berdampak positif terhadap kelangsungan kelompok tani Agroforestri, walaupun masih perlu penguatan dalam hal pembinaan dan pendampingan kelompok, serta memfasilitasi modal usaha pengembangan usaha tani kelompok.

Menurut Wulandari *et al.*, (2018), hasil penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan ruang terbuka hijau publik Kota Pekanbaru termasuk kurang berkelanjutan (49,57) persen. Dimensi sosial (52,24) persen dinilai cukup berkelanjutan. Hasil analisis leverage pada RTH publik menunjukkan bahwa pada dimensi sosial yang menjadi atribut sensitif adalah: (1) sosialisasi RTH publik; (2) tingkat pendidikan; (3) sarana pendidikan dan penelitian; (4) persepsi masyarakat; (5) komunikasi publik. Sementara dimensi ekologi (46,23) persen.

Atribut dimensi yang paling sensitif adalah potensi serapan CO<sub>2</sub> . Pada

dimensi ekonomi (49,91) persen. Hasil analisis leverage terhadap atribut yang memberikan pengaruh terhadap nilai indeks keberlanjutan RTH publik Kota Pekanbaru pada dimensi ekonomi yang menjadi atribut sensitif adalah: (1) nilai jasa lingkungan; (2) pendapatan usaha dan pada dimensi kelembagaan (49,93) persen tergolong kurang berkelanjutan. Secara umum disimpulkan bahwa pengelolaan RTH Kota Pekanbaru tergolong kurang berkelanjutan. Hasil analisis leverage (Gambar 9) terhadap atribut yang memberikan pengaruh terhadap nilai indeks keberlanjutan RTH publik menunjukkan bahwa pada dimensi kelembagaan yang menjadi atribut sensitif adalah (1) kerjasama antar stakeholders; (2) kebijakan pemerintah pusat dan daerah.

Menurut Ariandi dan Mukti (2023), tentang strategi keberlanjutan agroforestri di Desa Ulusaddang, Kabupaten Pinrang kategori keberlanjutan agroforestri di KTH Sipatuo, Desa Ulusaddang, tergolong kurang berkelanjutan, dengan indeks nilai sekitar 48,28 persen. Strategi utama untuk menjaga keberlanjutan agroforestri di Desa Ulusaddang adalah melalui kolaborasi dalam program Hutan IV, yang menjadi pilihan utama dengan proporsi 0,610 (61%), diikuti oleh strategi kedua, yaitu memberikan subsidi modal dengan bobot 0,390 (39%). Hasil analisis ordinasi MDS untuk dimensi ekologi masuk kategori kurang berkelanjutan dengan nilai indeks sebesar 48,73 persen pada KTH Sipatuo. Atribut yang paling sensitif terkait keberlanjutan Agroforestry pada dimensi ekologi di KTH Sipatuo adalah yang pertama adalah tindakan konservasi lahan pada KTH Sipatuo dengan nilai indeks 2,01.

Rendahnya tindakan konservasi lahan oleh KTH sangat dipengaruhi oleh tingkat pemahaman petani tentang konservasi tanah dan air yang juga merupakan salah satu atribut sensitif dengan nilai indeks 1,26. Hasil analisis ordinasi Multidimensional Scalling untuk dimensi ekonomi pada KTH Sipatuo berada pada kategori kurang berkelanjutan dengan nilai indeks sebesar 47,41 persen. Atribut yang paling sensitif pada KTH Sipatuo adalah Ketersediaan sarana input penunjang produksi dengan nilai leverage sebesar 1.61. Hasil analisis ordinasi MDS untuk dimensi Sosial di Desa Ulusaddang, untuk KTH

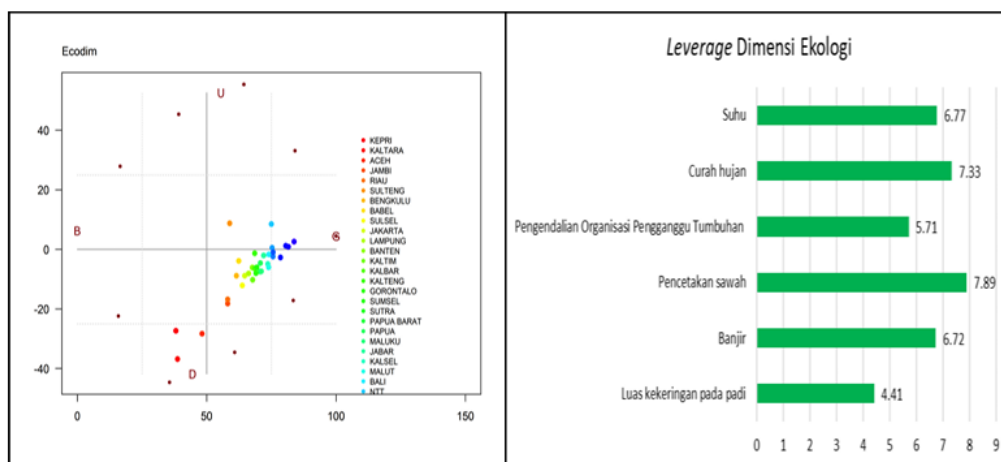
Sipatuo masuk kategori kurang berkelanjutan dengan nilai indeks sebesar 46,31 persen. Pada KTH Sipatuo, atribut yang paling sensitif adalah tingkat pengetahuan petani terhadap hutan lindung dan model agroforestry dengan nilai leverage sebesar 2,52.

Menurut Adetama, *et al.*,(2023), evaluasi pembangunan berkelanjutan dengan rendah karbon pada sektor pertanian padi, yaitu dengan pendekatan MDS Rapfish menunjukkan nilai tukar petani, konsumsi beras, produksi padi, penduduk buta huruf, persebaran penduduk, persentase penduduk miskin, percontakan sawah, curah hujan, suhu, teknologi informasi, pompa air, *Rice Milling Unit*, penggunaan pupuk organik, peraturan rendah karbon, dan emisi gas rumah kaca merupakan atribut yang sensitif terhadap pembangunan nasional berkelanjutan. Artinya jika atribut tersebut dihilangkan maka akan berdampak pada status keberlanjutan. Penelitian ini menunjukkan hasil evaluasi eksisting pembangunan konsep *business as usual* (BAU) dengan rendah karbon didominasi antara kurang (*less sustainable*) dan cukup (*quite sustainable*) di setiap provinsi sehingga pemerintah perlu menerapkan kebijakan transformasi pembangunan pertanian rendah karbon yang dapat menunjang produktivitas pertanian dan juga pembangunan nasional di Indonesia. Indeks keberlanjutan pembangunan nasional pada dimensi ekonomi menghasilkan adanya keragaman dengan nilai skor antara 37,21 – 73,73 persen. Atribut yang sensitif terhadap indeks keberlanjutan pembangunan dari hasil analisis leverage yaitu nilai tukar petani (NTP), konsumsi beras, dan produksi padi.

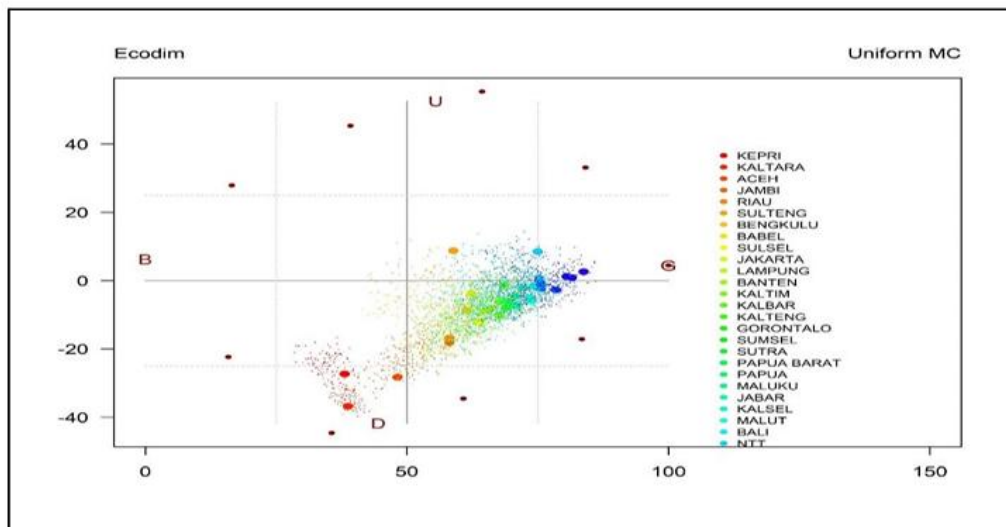
Hasil analisis menunjukkan tiga provinsi dengan nilai paling rendah berada pada Provinsi Papua Barat dengan nilai skor 36,81 persen dengan status *less sustainable*. Hasil analisis leverage menggambarkan bahwa persebaran penduduk dan persentase penduduk miskin merupakan atribut yang berpengaruh paling besar terhadap keberlanjutan pembangunan nasional mendukung ketahanan pangan dibandingkan dengan atribut yang lain. Analisis ordinasasi pada dimensi ekologi menunjukkan adanya status

keberlanjutan yang bervariasi setiap provinsi. Wilayah yang berada pada ordinasi kurang (*less sustainable*), yaitu Provinsi Kepulauan Riau (38,08), Provinsi Kalimantan Utara (38,73), dan Provinsi Aceh (48,19). Sedangkan hasil analisis yang menunjukkan nilai skor cukup dengan status quite sustainable terdapat pada 23 provinsi tersebar merata dengan rentang skor 58,08-74,98. Berdasarkan hasil analisis leverage dapat diperoleh informasi bahwa atribut yang berpengaruh adalah pencetakan sawah, curah hujan, dan suhu. Pada dimensi infrastruktur dan teknologi didominasi dengan provinsi yang mendapat nilai skor kurang (*less sustainable*), terdapat 25 provinsi dengan rentang skor 25,36 – 49,82 persen. Hasil analisis leverage dimensi infrastruktur dan teknologi, atribut teknologi informasi, pompa air, dan Rice Milling Unit (RMU) merupakan atribut yang berpengaruh paling besar dibandingkan dengan atribut yang lain.

Contoh hasil ordinasi *Leverage* dan *Monte carlo* pada dimensi ekologi yang dihasilkan dari Adetama, *et al.*, (2023) dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 5. Analisis Ordinasi dan *Leverage* Dimensi Ekologi (Adetama,*et al.*, 2023)



Gambar 6. Analisis *Monte Carlo* Dimensi Ekologi (Adetama,*et al.*, 2023)

Beberapa penelitian lainnya menganalisis dengan pendekatan Rapfish MDS, seperti penelitian Rendarpoetri, *et al.*, (2024), tentang penilaian keberlanjutan hulu Bengawan Solo daerah aliran sungai di Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia, mengatakan hasil penelitiannya menilai keberlanjutan DAS selama beberapa periode menggunakan analisis MDS (Multidimensional Scaling). Pada dimensi sosial, status keberlanjutan DAS Bengawan Solo Hulu adalah sebagai berikut: pada tahun 2007 terdapat 8 kecamatan berstatus cukup lestari dan 12 berstatus berkelanjutan; pada tahun 2019 terdapat 2 kecamatan berstatus cukup lestari dan 18 berstatus berkelanjutan; dan pada tahun 2021 terdapat 1 kecamatan berstatus cukup lestari. Kecamatan berstatus cukup lestari dan 19 berstatus berkelanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan nilai keberlanjutan dari tahun 2007 ke tahun 2021 mengarah ke kondisi berkelanjutan, yang secara visual digambarkan dengan pergerakan titik dari kiri ke kanan, yaitu dari buruk (B) tahun 2007 ke baik (G) tahun 2021. dan terdapat 19 berstatus berkelanjutan. Atribut yang paling sensitif dalam menentukan keberlanjutan pada dimensi sosial pada tahun 2007, 2019, dan 2021 adalah sarana kesehatan, sarana sanitasi, dan kepadatan penduduk.

Pada dimensi ekonomi, status keberlanjutan DAS Bengawan Solo Hulu adalah

sebagai berikut: pada tahun 2007 terdapat 5 kecamatan berstatus kurang lestari dan 15 kecamatan berstatus cukup lestari; pada tahun 2019 terdapat 14 kecamatan berstatus cukup lestari dan 6 kecamatan berstatus cukup lestari; dan pada tahun 2021 terdapat 3 kecamatan berstatus kurang lestari dan 17 kecamatan berstatus cukup lestari. Hal ini menunjukkan adanya perubahan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan nilai keberlanjutan dari tahun 2007 hingga tahun 2021 menghasilkan keberlanjutan. Atribut yang paling sensitif dalam menentukan keberlanjutan pada dimensi ekonomi pada tahun 2007, 2019, dan 2021 adalah fasilitas ekonomi, sektor pertanian, dan pemanfaatan sungai untuk irigasi. Pada dimensi lingkungan, status keberlanjutan DAS Bengawan Solo Hulu adalah sebagai berikut: pada tahun 2007 terdapat 4 kecamatan berstatus cukup lestari dan 16 kecamatan berstatus lestari; pada tahun 2019 terdapat 8 kecamatan berstatus cukup lestari dan 12 kecamatan berstatus lestari; dan pada tahun 2021 terdapat 11 kecamatan berstatus cukup lestari dan 9 kecamatan berstatus lestari. Hasil analisis leverage menunjukkan bahwa atribut yang paling sensitif dalam menentukan nilai keberlanjutan pada dimensi lingkungan adalah keberadaan mata air, sistem mitigasi bencana, dan program normalisasi sungai.

Penelitian yang ditulis oleh Putri *et al.*, (2015) tentang evaluasi keberlanjutan kawasan rumah pangan lestari (krpl) di desa Girimoyo, kecamatan Karangploso, Malang dengan status cukup berlanjut dengan indeks keberlanjutan 63,8 persen. Program KRPL atau Kawasan Rumah Pangan Lestari bertujuan untuk mencapai kemandirian pangan di tingkat rumah tangga. Desa Girimoyo menjadi contoh daerah di Malang untuk program ini. Namun, pelaksanaannya menghadapi beberapa hambatan yang menyebabkan program ini terhenti, sehingga perlu diidentifikasi potensi, keberlanjutan, dan masalah yang dihadapi dalam pelaksanaan program tersebut berdasarkan beberapa aspek. Pada aspek ekologi diketahui nilai indeks keberlanjutan Kawasan Rumah Pangan Lestari desa Girimoyo, Karangploso berdasarkan aspek ekologi yaitu sebesar 77,37 persen. Hasil analisis Laverage didapatkan beberapa atribut sensitif yang berpengaruh pada indeks keberlanjutan suatu aspek. Atribut sensitif yang dapat berpengaruh ada 2 yaitu: Cara budidaya yang diterapkan dan pemanfaatan limbah rumah

tangga. Adapun nilai indeks keberlanjutan dan atribut sensitif hasil analisis MDS dan Lverage yang berpengaruh pada status keberlanjutan aspek ekologi. Pada aspek sosial diketahui nilai indeks keberlanjutan Kawasan Rumah Pangan Lestari desa Girimoyo, Karangploso berdasarkan aspek sosial yaitu sebesar 79,65 persen.

Hasil analisis Lverage didapatkan beberapa atribut sensitif yang berpengaruh pada indeks keberlanjutan suatu aspek. Atribut sensitif yang dapat berpengaruh akan nilai indeks keberlanjutan ada 2 yaitu: manfaat dari kebun bibit desa untuk masyarakat dan pendampingan masyarakat oleh perangkat desa setiap bulan. Pada aspek ekonomi diketahui nilai indeks keberlanjutan Kawasan Rumah Pangan Lestari desa Girimoyo, Karangploso berdasarkan aspek ekonomi yaitu sebesar 34,54 persen. Hasil analisis *Lverage* didapatkan beberapa atribut sensitif yang berpengaruh pada indeks keberlanjutan suatu aspek. Atribut sensitif yang dapat berpengaruh akan nilai indeks keberlanjutan aspek ekonomi terdapat 3 atribut yaitu: penjualan produk hasil berkebun, penyerapan tenaga kerja dan pembukaan bidang usaha baru.

Penelitian Noktasari dan farid (2021) juga dengan menggunakan model Rapfish MDS yang membahas tentang evaluasi berkelanjutan ekosistem mangrove menggunakan Rapfish di Desa Ujung piring, Kecamatan Bangkalan, Kabupaten Bangkalan dengan tujuan untuk mengetahui status keberlanjutan ekosistem mangrove di Desa Ujung Piring Kecamatan Bangkalan Kabupaten Bangkalan dan menentukan rekomendasi strategi pengelolaan ekosistem mangrove di Desa Ujung Piring Kecamatan Bangkalan Kabupaten Bangkalan. Nilai indeks keberlanjutan dimensi ekonomi sebesar 34,61 persen dan termasuk kategori kurang berkelanjutan. Pada dimensi ekonomi terdapat dua atribut yang memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan atribut lainnya, yaitu rerata penghasilan masyarakat dan keterlibatan stakeholder. Nilai indeks keberlanjutan dimensi sosial sebesar 86,44 persen. dan termasuk kategori berkelanjutan. Berdasarkan hasil analisis leverage ada dua atribut yang mempengaruhi besarnya nilai indeks keberlanjutan dimensi sosial budaya yaitu dampak sosial keberadaan

mangrove dan pengetahuan masyarakat. Nilai indeks keberlanjutan dimensi Kelembagaan sebesar 80,63 persen dan termasuk kategori berkelanjutan. Ada dua atribut yang mempengaruhi besarnya nilai indeks keberlanjutan dimensi kelembagaan yaitu komitmen pemda untuk konservasi, dan keterlibatan lembaga masyarakat.

Muhsimin *et al.*, (2018), hasil analisis multidimensi (MDS) menunjukkan bahwa status keberlanjutan pengelolaan ekosistem mangrove di Desa Akuni adalah sebesar 44.79 persen dengan kategori kurang berkelanjutan. Besaran nilai tersebut diperoleh berdasarkan penilaian terhadap 30 indikator (atribut) dari empat dimensi dengan nilai dan status keberlanjutan yang berbeda-beda pada setiap dimensi, yaitu; dimensi ekologi 73.29 persen (cukup berkelanjutan). Analisis leverage (sensivitas) menunjukkan bahwa terdapat empat indikator yang sensitif (dominan) terhadap nilai indeks keberlanjutan dimensi ekologi, yaitu; (1) Keanekaragaman mangrove, (2) Tutupan mangrove, (3) Rehabilitasi ekosistem mangrove dan (4) Keragaman fauna mangrove. Pada dimensi ekonomi 53.77 persen (cukup berkelanjutan). Hasil analisis leverage pada dimensi ekonomi menunjukkan bahwa terdapat tiga indikator yang sensitif terhadap nilai indeks keberlanjutan dari dimensi tersebut, yaitu: (1) Hasil inventarisasi pemanfaatan hutan mangrove, (2) Pendapatan lain dan (3) pemanfaatan mangrove oleh masyarakat. Sedangkan pada dimensi sosial 38.32 persen (kurang berkelanjutan). Hasil analisis leverage menunjukkan bahwa terdapat lima indikator yang sensitif terhadap nilai indeks keberlanjutan dimensi sosial, yaitu; (1) Akses masyarakat lokal terhadap ekosistem mangrove, (2) Kesadaran masyarakat terhadap pentingnya sumberdaya mangrove, (3) Kerusakan ekosistem mangrove oleh masyarakat, (4) Tingkat pendidikan masyarakat dan (5) Peran serta masyarakat dalam pengelolaan ekosistem mangrove. Pada dimensi kelembagaan 25.36 persen (kurang berkelanjutan). Hasil analisis leverage pada dimensi kelembagaan, dimana terdapat lima indikator yang sensitif dan berkontribusi terhadap nilai indeks keberlanjutan dimensi kelembagaan, yaitu; (1) Keterlibatan lembaga masyarakat, (2) Ketersediaan aturan dan peran lembaga non-formal, (3) Pemberian sanksi bagi

pelanggar, (4) Koordinasi antar lembaga/stekeholders dan (5) Ketersediaan penyuluh/petugas lapangan.

Pada penelitian Mucharam *et al.*,(2020), tentang *Assessment of Rice Farming Sustainability: Evidence from Indonesia Provincial Data*. Pada dimensi ekonomimenunjukkan bahwa Jawa Timur, Bali, dan Sumatera Barat merupakan provinsi dengan keberlanjutan ekonomi tertinggi dibandingkan provinsi lainnya. Kondisi ini erat kaitannya dengan peningkatan infrastruktur pertanian di ketiga provinsi tersebut yang relatif lebih baik dibandingkan provinsi lainnya. Indikator yang menjadi leverage bagi dimensi ekonomi adalah tenaga kerja pertanian dan infrastruktur. Pada dimensi ekologi menunjukkan bahwa tidak ada provinsi yang memperoleh skor di atas 70 persen. Skor yang rendah juga menunjukkan bahwa tidak ada provinsi yang memiliki keberlanjutan ekologis yang baik. Indikator lain yang menjadi daya ungkit dimensi ekologi adalah Indeks Pertanaman dan penggunaan pupuk kimia. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa dimensi keberlanjutan sosial memiliki skor yang baik. Tidak ada provinsi yang memperoleh skor di bawah 50 persen. Hasil analisis leverage pada dimensi sosial menunjukkan bahwa aksesibilitas desa merupakan atribut terpenting dalam penahanan budidaya padi berkelanjutan di tingkat provinsi. Dimensi teknologi menunjukkan kondisi yang tidak berkelanjutan, di mana hanya satu provinsi (Jawa Barat) dari 15 provinsi yang memperoleh skor di atas 50 persen, sementara provinsi lainnya memperoleh skor di bawah 50. Tiga provinsi (Jawa Barat, Jawa Timur, dan Sulawesi Selatan) yang memperoleh skor tertinggi pada dimensi teknologi memiliki produksi beras nasional yang paling signifikan. Hasil peraturan perundang-undangan tentang dimensi keberlanjutan kelembagaan yang menggambarkan kondisi yang bervariasi di setiap provinsi. Atribut yang berpengaruh dalam penertiban pertanian berkelanjutan adalah “Kelembagaan Ekonomi Petani”. Hal ini sejalan dengan kebijakan pemerintah yang mendorong petani untuk berbisnis secara korporat. Selanjutnya, nilai leverage “Kelembagaan penyuluhan pertanian” merupakan atribut yang paling penting dalam penertiban pertanian berkelanjutan.

Setelah memaparkan berbagai studi kasus dengan penerapan model Rapfish dan MDS sebagai tinjauan pustaka, maka penelitian ini juga akan menggunakan metode yang sama untuk mengeksplorasi keberlanjutan sistem agroforestri berbasis tanaman pangan di lahan kering di Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan. Dalam penelitian ini, kami berusaha untuk lebih memahami bagaimana agroforestri bisa menjadi solusi menghadapi tantangan perubahan iklim, terutama di lahan kering. Dengan menggunakan metode yang telah terbukti efektif dalam studi sebelumnya, kami berharap dapat memberikan analisis yang lebih mendalam dan baru tentang keberlanjutan agroforestri di daerah ini.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian**

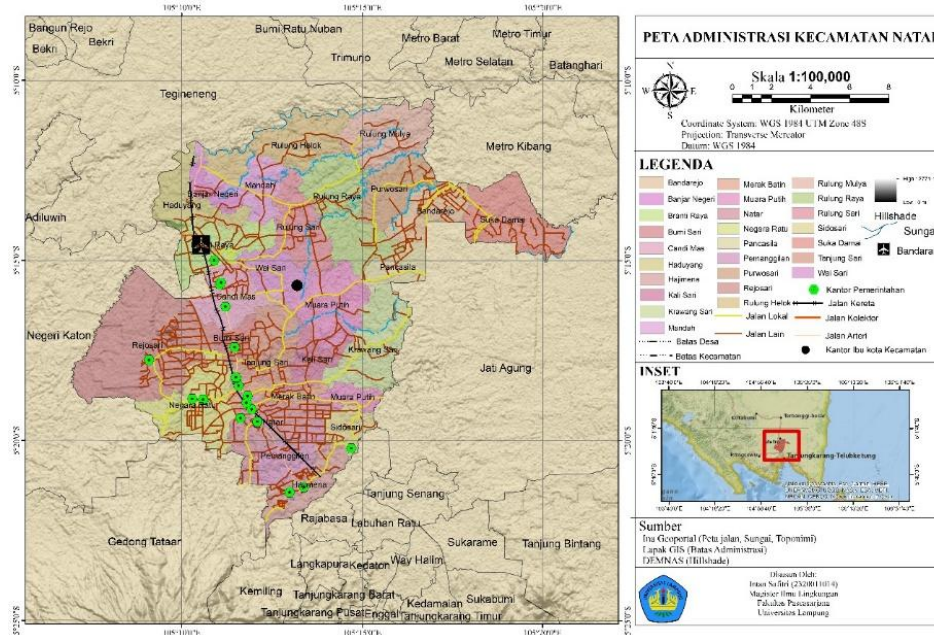
Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Kecamatan Natar merupakan salah satu bagian dari wilayah Kabupaten Lampung Selatan dengan membawahi 26 Desa yaitu Muara Putih, Pemanggilan, Branti Raya, Haduyang, Banjar Negeri, Rulung Helok, Bandarejo, Purwosari, Pancasila, Rejosari, Rulung Raya, Wai Sari, Rulung Sari, Tanjung Sari, Negara Ratu, Hajimena, Sidosari, Natar, Merak Batin, Bumi Sari, Candi Mas, Mandah, Suka Damai, Krawang Sari, Kali Sari, Rulung Mulya, dengan total luas wilayah 250,88 Km<sup>2</sup>. Kecamatan Natar secara administratif berbatasan dengan:

- a. Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Pesawaran
- b. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kota Bandar Lampung
- c. Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Pesawaran
- d. Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Jati Agung.

Kecamatan Natar dikenal sebagai wilayah pertanian yang memiliki potensi besar, namun kondisi lahan kering yang dihadapi sering kali menjadi kendala utama.

Menurut data Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Lampung Selatan, curah hujan di Kabupaten Lampung Selatan mengalami fluktuasi yang signifikan, dengan musim hujan yang semakin tidak menentu dan periode kekeringan yang semakin panjang (BMKG, 2023) (Tabel 1). Hal ini mengakibatkan lahan pertanian menjadi kering dan produktivitas tanaman pangan menurun. Oleh karena itu, perlu adanya strategi keberlanjutan pengembangan sistem agroforestri dengan memadukan kemampuan lingkungan, sumber daya alam

serta teknologi sebagai upaya untuk ketahanan pangan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Maret Tahun 2025. Lokasi penelitian dapat dilihat pada peta Gambar 6.



Gambar 7. Peta lokasi penelitian.

Tabel 1. Data kuantitatif terkait kenaikan suhu udara dan perubahan iklim di Kabupaten Lampung Selatan (termasuk Kecamatan Natar) berdasarkan studi dan laporan resmi:

| Periode /<br>Jangka<br>Waktu    | Suhu Rata-rata (°C)                                                 | Indikator Perubahan Iklim                                                                  | Sumber                                                     |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1976–1985                       | 24,5 – 27,0                                                         | Suhu rata-rata per dekade berkisar di rentang ini                                          | BMKG Stasiun Radin Inten II ( <a href="#">Ekuatorial</a> ) |
| 2006–2016<br>(sekitar)          | 25,5 – 28,0                                                         | Kenaikan suhu rata-rata sekitar +1,0°C dekade ke dekade sebelumnya                         | BMKG Stasiun Radin Inten II (2024)                         |
| Kurun 1991–<br>2020             | Tren peningkatan bulanan; naik ~0,5–1,0 °C secara umum              | Analisis trend suhu bulanan menunjukkan kenaikan, bersamaan dengan pergeseran pola musim   | Jurnal Fisika Unand (Hidayat & Haryanto, 2023)             |
| 2024<br>(nasional &<br>Lampung) | Anomali suhu Indonesia mencapai +0,8 °C terhadap baseline 1991–2020 | Suhu rata-rata nasional tercatat tertinggi sejak 1981; sama dirasakan di Lampung (+0,5 °C) | BMKG nasional & catatan tahun 2024; Provinsi Lampung       |

Berdasarkan Tabel 1, pada kurun 1976–1985, suhu rata-rata berkisar 24,5–27 °C. Pada dekade 2006–2016 meningkat menjadi sekitar 25,5–28 °C menandakan kenaikan sekitar +1 °C per dekade. Tren jangka panjang (1991–2020) menunjukkan kenaikan suhu bulanan sekitar +0,5 hingga +1 °C, yakni pola pemanasan gradual yang konsisten. Anomali 2024: BMKG melaporkan suhu nasional naik +0,8 °C dibanding baseline 1991–2020; Provinsi Lampung tercatat mengikuti tren serupa dengan peningkatan sekitar +0,5 °C terhadap periode sebelumnya. Dampak kenaikan suhu 0,5–1,0 °C dalam kurun waktu beberapa dekade menyebabkan pergeseran musim, musim hujan memendek menjadi kira-kira November–Februari (4 bulan), bukan Oktober–Maret (6 bulan). Pergeseran musim dan curah hujan signifikan membuat musim hujan lebih pendek, memicu tantangan di sektor pertanian, produksi pangan, dan manajemen sumber air.

### 3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk menganalisis sistem agroforestri meliputi *software Google Earth*, *software R*, kamera, alat tulis, *kuesioner*, dan laptop. Objek dalam penelitian ini adalah praktik pertanian pada tanaman pangan di lahan kering. Responden yang dipilih adalah petani yang masih mempertahankan praktik pertanian dengan sistem agroforestri atau agroforestri *like* (seperti agroforestri) berbasis tanaman pangan di lahan kering Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.

### 3.3. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian strategi keberlanjutan sistem agroforestri berbasis tanaman pangan di lahan kering terhadap perubahan iklim, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung, meliputi data primer dan sekunder. Data yang akan diambil ialah data yang mendukung penelitian ini seperti gambaran umum lokasi penelitian, data statistik identitas penduduk, data dimensi berkelanjutan

terkait dengan praktik pertanian tanaman pangan yang terdiri dari 5 (lima) aspek atau dimensi yaitu dimensi ekologi, ekonomi, sosial, teknologi infrastruktur dan kelembagaan. Pengumpulan data primer menggunakan metode observasi dan pengukuran secara langsung dilapangan seperti data aspek ekologi dan infrastruktur-teknologi, sementara untuk aspek sosial, ekonomi, dan kelembagaan data diperoleh langsung dari responden melalui wawancara mendalam dengan menggunakan daftar pertanyaan melalui kuesioner yang telah disusun.

Jumlah responden dalam penelitian ini berjumlah 30 petani yang masih menerapkan sistem pertanian agroforestri sederhana ataupun kompleks.

Responden yang dipilih dalam penelitian ini ditentukan dengan teknik *purposive sampling*. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui wawancara mendalam. Kuesioner ini ditujukan kepada responden yang dipilih secara sengaja, yaitu petani yang secara aktif menerapkan dan mempertahankan sistem agroforestri atau memiliki pendekatan agroforestri-like (seperti agroforestri). Dengan pendekatan ini, diharapkan data yang diperoleh dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam dan relevan mengenai keberlanjutan sistem agroforestri di Kecamatan Natar. Sedangkan data sekunder merupakan data penunjang penelitian. Data sekunder diperoleh melalui studi pustaka/literatur yaitu dengan cara membaca dan mengutip teori-teori yang relevan dari berbagai sumber, serta data-data yang didapat dari lembaga- lembaga/instansi-instansi yang terkait dengan penelitian ini. Pengumpulan data penelitian dilakukan dengan menggunakan metode penelusuran informasi terdokumentasi. Adapun matriks untuk mendeteksi keberlanjutan dari Lima dimensi beserta atributnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks Lima Dimensi Beserta Atribut Keberlanjutan.

| No               | Dimensi dan Atribut                                                                                            | Penilaian (Good dan Bad) | Sumber Data yang diperoleh | Skor               | Kriteria Nilai                                                                                                                             |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A Ekologi</b> |                                                                                                                |                          |                            |                    |                                                                                                                                            |
| 1                | Keragaman Jumlah Tanaman Pohon/MPTS ( <i>Multiple Purpose Trees Species</i> ) (Widiaarta <i>et al.</i> , 2023) | Good                     | Kuisisioner                | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Rendah (Kurang dari 1)<br>Sedang (Ada dua )<br>Tinggi (Lebih dari 2)                                                                       |
| 2                | Pergiliran Tanaman Pangan (Rotasi Tanaman) (Putri <i>et al.</i> , 2015)                                        | Good                     | Kuisisioner                | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Kurang dari 1x per musim tanam<br>Sama dengan 1x per musim tanam<br>Lebih dari 1x per musim tanam                                          |
| 3                | Diversifikasi Tanaman Budidaya Pertanian (Widiarta, <i>et al.</i> , 2023)                                      | Good                     | Kuisisioner                | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Jenis tanaman kurang dari 2 (< 2 jenis )<br>Jenis tanaman sama dengan 2 (= 2 Jenis )<br>Jenis tanaman lebih dari 2 jenis (> 2 jenis)       |
| 4                | Penggunaan Pestisida (Putri <i>et al.</i> , 2015)                                                              | Bad                      | Kuisisioner                | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Lebih dari 3x aplikasi dalam 1x tanam (>3x)<br>Sama dengan 3x aplikasi dalam 1x tanam (=1x)<br>Kurang dari 3x aplikasi pada 1x tanam (<3x) |
| 5                | Keragaman Jenis Pupuk Kimia (Aruandi <i>et al.</i> , 2023)                                                     | Bad                      | Kuisisioner                | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Jenis pupuk kurang dari 2 (< 2 jenis )<br>Jenis pupuk sama dengan 2 (= 2 Jenis )<br>Jenis pupuk lebih dari 2 jenis (> 2 jenis)             |
| <b>B Ekonomi</b> |                                                                                                                |                          |                            |                    |                                                                                                                                            |
| 1                | Rata-rata penghasilan petani terhadap UMR (Santoso, 2012)                                                      | Good                     | Kuisisioner                | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Dibawah UMK (<Rp 2.889.193)<br>Sama dengan UMK (Rp 2.889.193)<br>Diatas UMK (>Rp 2.889.193)                                                |
| 2                | Besarnya Ratio Biaya Pupuk Non Subsidi (Widiarta, <i>et al.</i> , 2023)                                        | Bad                      | Kuisisioner                | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Tidak ada subsidi, sangat memberatkan<br>Ada subsidi, tapi belum efektif<br>Ada subsidi dan sangat membantu                                |
| 3                | Informasi Pasar (Santoso, 2012)                                                                                | Good                     | Kuisisioner                | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Tidak stabil (Harga selalu berubah )<br>Cukup Stabil (perubahan minor atau kecil)<br>Stabil ( harga konsisten)                             |

|                                  |                                                                |      |                           |                    |                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|------|---------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4                                | Sumber Pendanaan<br>(Widiarta, <i>et al.</i> , 2023)           | Good | Kuisisioner               | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Sulit (Akses terbatas dan banyak hambatan )<br>Cukup Sulit (Akses ada, dengan beberapa hambatan)<br>Baik ( Akses ada dan efektif)                                                                     |
| 5                                | Ketersediaan Sarana Produksi (widiarta, <i>et.</i> , al, 2023) | Good | Kuisisioner               | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Tidak Tersedia (sangat terbatas)<br>Cukup tersedia (sarana ada, tetapi belum optimal)<br>Baik (Sarana sangat mendukung produksi)                                                                      |
| <b>C Sosial</b>                  |                                                                |      |                           |                    |                                                                                                                                                                                                       |
| 1                                | Sosial Kesetiakawanan<br>(Widiarta, <i>et al.</i> , 2023)      | Good | Kuisisioner               | 1-<br>5-8<br>9-10  | Rendah ( Hanya 1 suku yang mendominasi, dan tidak ada interaksi dengan suku lain)<br>Sedang (Beberapa suku ada, interaksi terbatas)<br>Tinggi (Keberagaman suku tinggi dan berkolaborasi dengan baik) |
| 2                                | Keadilan (Ariandi <i>et al.</i> , 2023)                        | Good | Kuisisioner               | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Rendah ( Hanya Sedikit Memahami )<br>Sedang (Pemahaman dasar ada, tetapi belum menerapkan )<br>Tinggi (Sudah memahami dan menerapkan)                                                                 |
| 3                                | Karakter Selfisme (Egois) (Adetama <i>et al.</i> , 2023)       | Bad  | Kuisisioner               | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Rendah (Tidak punya lahan)<br>Sedang (Sewa dan Paruh )<br>Tinggi (Punya lahan dan berkelanjutan)                                                                                                      |
| 4                                | Tanggungjawab<br>(Widiarta <i>et al.</i> , 2023)               | good | Kuisisioner               | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Rendah ( Akses informasi sangat sulit)<br>Sedang (Akses ada dan cukup memadai)<br>Tinggi (Akses informasi mudah dan memadai)                                                                          |
| 5                                | Komitmen (Widiarta <i>et al.</i> , 2023)                       | Good | Kuisisioner               | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Rendah ( Tidak sekolah – SD)<br>Sedang ( SMP – SMA )<br>Tinggi ( Perguruan Tinggi)                                                                                                                    |
| <b>D Teknologi Infrastruktur</b> |                                                                |      |                           |                    |                                                                                                                                                                                                       |
| 1                                | Aksesibilitas ke pasar<br>(Noktasattria <i>et al.</i> , 2021)  | Bad  | Observasi dan kuisisioner | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Rendah ( Sulit diakses )<br>Sedang (Dapat diakses dengan prasarana yang belum memadai)<br>Tinggi (Akses ada dan memadai)                                                                              |
| 2                                | Penggunaan Bibit Unggul (widiarta, <i>et.</i> , al, 2023)      | Good | Kuisisioner               | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Rendah ( Tidak menggunakan bibit unggul )<br>Sedang (Pernah menggunakan bibit unggul )<br>Tinggi (Selalu menggunakan bibit unggul )                                                                   |

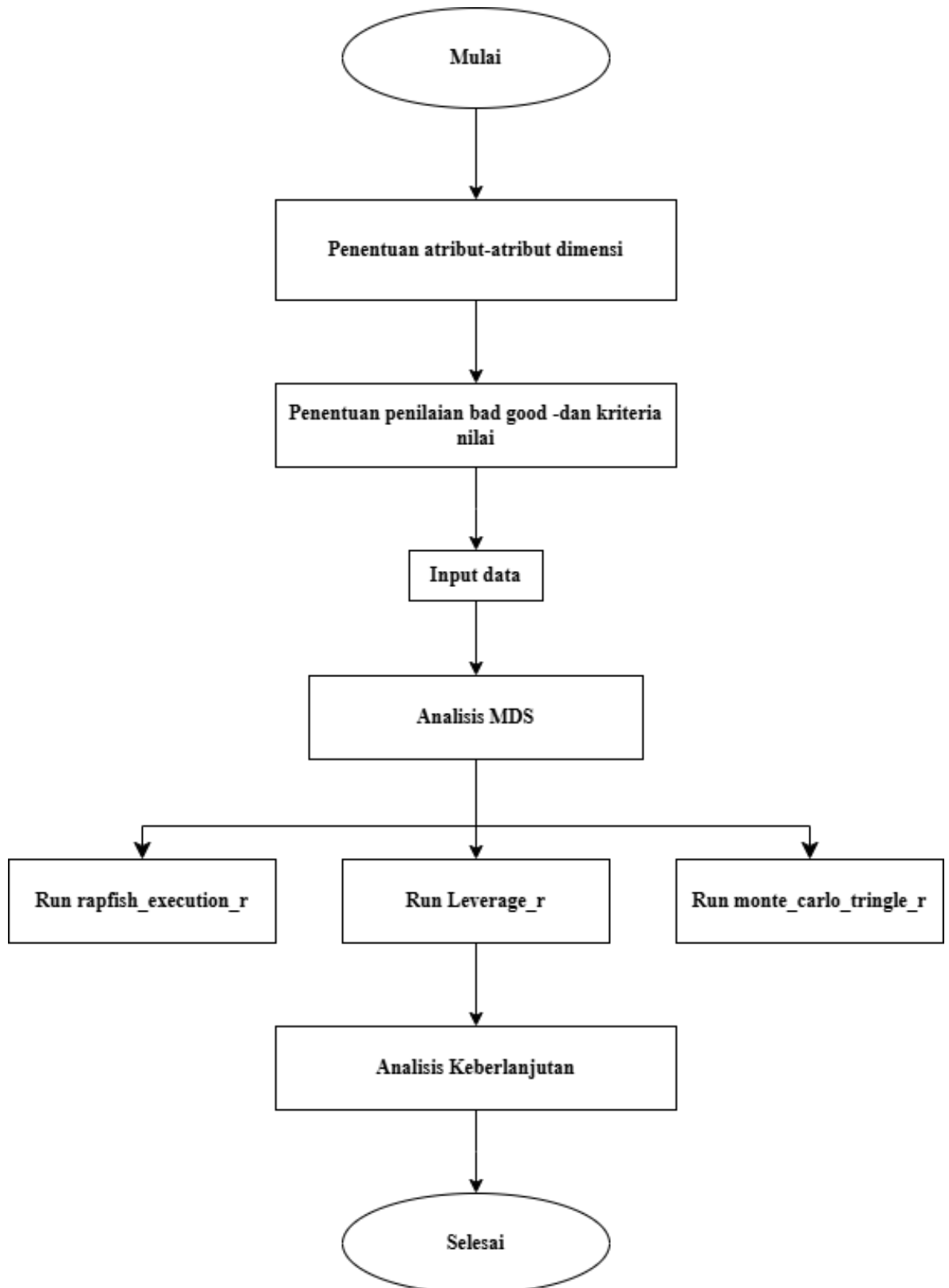
|                      |                                                                                                                 |      |             |                    |                                                                                                                                                                                                |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3                    | Penggunaan Telepon atau Handphone (Primer)                                                                      | Good | Kuisisioner | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Rendah ( 0-30%)<br>Sedang (31-70%)<br>Tinggi (>71%)                                                                                                                                            |
| 4                    | Perlakuan Pasca Panen ( Adetama <i>et al.</i> , 2023)                                                           | Bad  | Kuisisioner | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Rendah (Sangat terjangkau )<br>Sedang (Beberapa petani merasa keberatan)<br>Tinggi (Biaya teknologi baru cukup memberatkan petani)                                                             |
| 5                    | Jenis Pupuk Organik (Widiarta <i>et al.</i> , 2023)                                                             | Good | Observasi   | 1-4<br>5-8<br>9-10 | (Tidak tersedia atau tidak digunakan)<br>(Tersedia, tapi kualitas atau aplikasinya terbatas)<br>Tinggi ((Jarak tanaman sesuai untuk pertumbuhan                                                |
| <b>E Kelembagaan</b> |                                                                                                                 |      |             |                    |                                                                                                                                                                                                |
| 1                    | Ketersediaan Aturan Non Formal (Siregar <i>et al.</i> , 2021)                                                   | Good | Kuisisioner | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Rendah (Tidak ada )<br>Sedang ( ada, tetapi tidak efektif)<br>Tinggi ( Ada dan berjalan efektif)                                                                                               |
| 2                    | Status Penguasaan Lahan (Muhsimin <i>et al.</i> , 2018))                                                        | Bad  | Kuisisioner | 1-4<br>5-8<br>9-10 | (Tidak jelas atau tidak legal)<br>(Legal tapi tidak diakui luas)<br>(Legal dan diakui dengan kepemilikan jelas)                                                                                |
| 3                    | Ketersediaan peraturan formal (Santoso, 2012)                                                                   | Good | Kuisisioner | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Rendah (Tidak tersedia peraturan pengelolaan lingkungan)<br>Sedang (Tersedia, tetapi tidak dipahami masyarakat)<br>Tinggi (Ada peraturan, tersosialisasi dengan baik, dan dipahami masyarakat) |
| 4                    | Analisis Jaringan Organisasi/ <i>Network</i> Masyarakat (Siregar <i>et al.</i> , 2021)                          | Good | Kuisisioner | 1-4<br>5-8<br>9-10 | Rendah (Tidak ada)<br>Sedang (Ada, tetapi partisipasi rendah dan tidak terorganisir)<br>Tinggi ( ada dan terorganisir)                                                                         |
| 5                    | Tingkat Kepercayaan/Trust Antar Masyarakat serta Masyarakat Terhadap Pemerintah (Muhsimin <i>et al.</i> , 2018) | Good | Kuisisioner | 1-4<br>5-8<br>9-10 | (Tidak percaya pada lembaga/pemerintah)<br>Sedang (Mulai percaya tapi belum stabil)<br>(Tingkat kepercayaan tinggi dan kolaboratif)                                                            |

### 3.4. Analisis Data

Analisis data aspek sosial, ekonomi, dan kelembagaan dianalisis dengan analisis deskriptif. Data yang telah diperoleh diklasifikasikan atau dikelompokkan berdasarkan aspek-aspeknya yang sudah diteliti sehingga

dapat memberikan gambaran tentang kondisi sosial, ekonomi, dan kelembagaan yang ada di Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Analisis data aspek infrastruktur-teknologi dianalisis dengan analisis deskriptif kualitatif. Analisis deskriptif kualitatif merupakan suatu analisis yang dilakukan dengan menggambarkan fakta yang terjadi di lapangan.

Teknik analisis data yang digunakan yaitu menggunakan *software* R versi R 4.4.1 yang merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengetahui status keberlanjutan pengembangan kawasan dengan menggunakan teknik MDS. MDS adalah suatu teknik *multidisciplinary rapid appraisal* untuk mengetahui tingkat keberlanjutan dari pengelolaan, berdasarkan sejumlah atribut yang mudah diskoring. Atribut dari setiap dimensi tersebut, yaitu: ekologi, ekonomi, sosial, kelembagaan, dan teknologi infrastruktur yang akan dievaluasi dapat dipilih untuk merefleksikan keberlanjutan. Ordinal dari setiap atribut digambarkan dengan menggunakan MDS. Analisis status keberlanjutan menggunakan *software* R dilakukan melalui beberapa tahapan, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 8. Tahapan Analisis Status Keberlanjutan

Tahap-tahap yang dilakukan untuk menganalisis keberlanjutan sistem agroforestri berbasis tanaman pangan di lahan kering terhadap perubahan iklim adalah sebagai berikut.

1. Penentuan atribut-atribut dimensi : ekologi, ekonomi, sosial, kelembagaan, dan infrastruktur-teknologi. Penentuan atribut-atribut pada setiap dimensi diperoleh melalui berbagai sumber, survei lapangan, dan wawancara.
2. Penentuan atribut *bad*, *good* dan kriteria nilai. Syarat dalam me-run masing- masing program adalah penentuan “*bad*” dan “*good*” pada setiap masing- masing atribut, setidaknya ada satu atribut dengan kriteria “*bad*”, tujuannya ialah agar tidak terjadi eror pada saat run data. Penilaian setiap atribut ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keberlanjutan setiap dimensi. Penilaian terhadap setiap atribut yang telah disusun dari masing-masing dimensi dengan skor 1-10, dimana skor bersifat non-*monotonic* (skor 1-4 bisa buruk tapi juga bisa menjadi skor baik pada indikator lain).
3. Melakukan Analisis MDS. Pemilihan MDS menggunakan *software* R ini dilakukan berhubung hasil yang diperoleh terbukti lebih stabil dari metode *multivariate analysis* yang lain, seperti *factor analysis* dan *multi-attribute utility theory* (Pitcher dan Preikshot, 2001). Tahap awal melakukan analisis MDS ialah menginput skor atribut pada masing-masing dimensi kedalam file excel yang sudah disediakan, kemudian menginput data “*lower*” dan “*upper*”. Dimana terdapat ketentuan sebelum menginput data.
4. Point 1 : score *lower* dan *upper* boleh sama namun; Point 2 : score pada *lower* tidak boleh > data real; Point 3 : score *upper* < data real; Point 4 : pada score bagian *lower* dan *upper* minimal score yang tertera ialah “0” dan maksimal “10”.
5. Melakukan *run software* R versi R i386 4.4.1. Run software R, terdapat 3 file yang sudah disediakan yaitu *run rapfish\_execution.r*, *run Leverage.r*, *run monte\_carlo\_tringle.r* (Pitcher, 1998). Penentuan faktor pengungkit (*leverage factors*) yang merupakan faktor-faktor strategis

keberlanjutan dimasa depan menggunakan analisis *leverage*. *Leverage* merupakan analisis yang menggambarkan sensitivitas/kepekaan setiap atribut terhadap nilai keberlanjutan dan digunakan untuk mengetahui atribut-atribut yang sensitif (Supardi *et al.*, 2017). Besaran nilai *leverage* menjadi dasar untuk menetapkan atribut faktor pengungkit atau faktor kunci di setiap dimensi. Selanjutnya ialah simulasi *Monte-Carlo* menggunakan pengambilan sampel acak berulang. Simulasi ini didasarkan pada menghasilkan titik-titik acak di dalam persegi satuan dan melihat berapa banyak titik yang berada dalam lingkaran yang dikelilingi oleh persegi satuan (ditandai dengan warna merah dan biru). Semakin tinggi jumlah titik sampel, semakin dekat hasilnya dengan hasil sebenarnya.

6. Membuat diagram layang (*kite diagram*). Tahap awal dalam membuat diagram layang (*kite diagram*) yaitu dari dimensi-dimensi sistem agroforestri tanaman pangan di lahan kering. Diagram layang ini berguna sebagai *trade-off* keberlanjutan sistem agroforestri pada tanaman pangan di lahan kering. Hasil penentuan keberlanjutan dari masing-masing dimensi, selanjutnya dibuat dalam diagram layang-layang (*kite diagram*) sehingga dapat terlihat keberlanjutan setiap masing-masing dimensi Indeks Keberlanjutan, penyusunan nilai indeks dan status keberlanjutan sistem agroforestri berbasis tanaman pangan di lahan kering terhadap perubahan iklim dari masing-masing dimensi beserta atributnya, mengikuti konsep yang dikembangkan oleh Thamrin *et al.*, (2007); Laras *et al.*, (2011). Nilai indeks keberlanjutan terdiri dari 4 penilaian, nilai indeks  $0 \pm 25,00$  dapat dikategorikan buruk (tidak berkelanjutan). Nilai indeks  $25,01 \pm 50,00$  dikategorikan kurang (kurang berkelanjutan). Nilai indeks  $50,01 \pm 75,00$  dikategorikan cukup (cukup berkelanjutan). Nilai indeks  $75,01 \pm 100,00$  dikategorikan baik (sangat berkelanjutan).

Nilai indeks keberlanjutan berdasarkan analisis RAPFISH dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai indeks keberlanjutan berdasarkan analisis RAPFISH

| Nilai Indeks       | Kategori                      |
|--------------------|-------------------------------|
| $0 \pm 25,00$      | Buruk (tidak berkelanjutan)   |
| $25,01 \pm 50,00$  | Kurang (kurang berkelanjutan) |
| $50,01 \pm 75,00$  | Cukup (cukup berkelanjutan)   |
| $75,01 \pm 100,00$ | Baik (sangat berkelanjutan)   |

Sumber: Thamrin *et al.*, (2007); Laras *et al.*, (2011).

Selanjutnya, merancang strategi pengembangan berkelanjutan sistem agroforestri berbasis tanaman pangan di lahan kering terhadap perubahan iklim di Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung dengan menggunakan Lima dimensi yaitu aspek ekologi, ekonomi, sosial, teknologi infrastruktur dan kelembagaan. Hasil dari kelima dimensi tersebut, kemudian ditentukan dimensi mana yang paling berpengaruh berdasarkan hasil analisis keberlanjutan. Selanjutnya menentukan rancangan strategi keberlanjutan sistem agroforestri berbasis tanaman pangan di lahan kering terhadap perubahan iklim di Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Urutan prioritas dimensi, urutan prioritas atribut, upaya, strategi, rekomendasi kebijakan dan pihak yang terkait.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis Multidimensional Scaling (MDS) dan leverage, diketahui bahwa dimensi kelembagaan memperoleh nilai indeks keberlanjutan tertinggi yaitu 86,43, dikategorikan sebagai sangat berkelanjutan. Dimensi sosial memiliki indeks keberlanjutan sebesar 81,00, juga termasuk dalam kategori sangat berkelanjutan. Selanjutnya, dimensi teknologi dan infrastruktur menunjukkan nilai 80,60, disusul oleh dimensi ekologi sebesar 78,20, yang keduanya juga berada dalam kategori sangat berkelanjutan. Sementara itu, dimensi ekonomi memperoleh nilai 73,53, sehingga masuk dalam kategori cukup berkelanjutan. Adapun atribut-atribut paling sensitif yang mempengaruhi indeks keberlanjutan pada dimensi kelembagaan, atribut ketersediaan peraturan formal menunjukkan nilai *leverage* tertinggi yaitu 5,17, pada dimensi sosial, atribut komitmen dan keadilan sosial memiliki nilai *leverage* sebesar 4,43, dimensi teknologi dan infrastruktur, atribut perlakuan pascapanen dan pemanfaatan HP/smartphone memiliki *leverage* sebesar 4,01, dimensi ekologi, atribut penggunaan pestisida menunjukkan pengaruh besar dengan nilai *leverage* 4,12, sedangkan pada dimensi ekonomi, atribut yang paling sensitif adalah informasi pasar dan rasio biaya pupuk non-subsidi, dengan nilai *leverage* 3,87.
2. Penelitian merumuskan strategi pengembangan yang mencakup: penguatan kelembagaan lokal, peningkatan kapasitas sosial masyarakat,

optimalisasi teknologi tepat guna, konservasi ekologi berbasis komunitas, dan penguatan ekonomi petani melalui akses pasar. Strategi ini disusun secara integratif berdasarkan masukan dari pemerintah, LSM, akademisi, dan masyarakat petani setempat. Kebijakan yang mendukung pengembangan sistem agroforestri harus bersifat lintas sektoral, berorientasi jangka panjang, serta memperhatikan aspek partisipatif. Pemerintah daerah diharapkan mampu merancang kebijakan berbasis data untuk mendukung ketahanan pangan dan adaptasi perubahan iklim melalui pendekatan agroforestri.

## 5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan dari penelitian tersebut, maka sarannya adalah sebagai berikut:

### 1. Pendalaman Analisis Perubahan Iklim Lokal

Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi data iklim jangka panjang di Kecamatan Natar secara lebih detail untuk memperkuat hubungan antara perubahan iklim dan produktivitas agroforestri. Pendekatan spasial-temporal seperti pemetaan GIS dan analisis tren iklim akan sangat membantu.

### 2. Integrasi Budidaya Ternak atau Perikanan

Untuk mencapai sistem agroforestri yang lebih kompleks dan resilient, penelitian lanjutan dapat mengintegrasikan budidaya ternak atau perikanan darat dalam model agroforestri guna mendukung diversifikasi pendapatan petani dan efisiensi sumber daya.

### 3. Pengaruh Sosial Budaya dan Gender

Analisis mendalam tentang peran sosial budaya, termasuk peran perempuan dalam pengelolaan lahan agroforestri, perlu dikaji lebih lanjut karena aspek sosial ini memiliki potensi besar dalam mendukung keberlanjutan jangka panjang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adetama, D, S, fauzi, A, Jaunda, B, dan Hakim, D, B. 2023. Evaluation of Sustainable Developments with Low Carbon in Paddy Agricultural Sector. *TATA LOKA*. VOLUME 25 NOMOR 1(50-69). DOI: 10.14710/tataloka.25(1):50-69.
- Aditya,F, Zukhruffiana,F, Prihantoro,A, A dan Sari, D, P. 2022. Pengaruh Keragaman Iklim Terhadap Serangan Hama Padi Di Kalimantan Barat. *BULETIN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA*. 2(3):14-23.
- Agastya, I, M, I, Julianto, R, P, D, dan Marwoto. 2020. Pengaruh Pemanasan Global Terhadap Intensitas Serangan Kutu Kebul (Bemisia Tabaci Genn ) Dan Cara Pengendaliannya Pada Tanaman Kedelai. *Buana Sains*. Vol 20 No 1: 99 – 110.
- Akhmad Fauzi. 2019. *Teknik Analisis Keberlanjutan*. Gramedia Pustaka Utama. ISBN 6020630250, 9786020630250. 310 Halaman.
- Altieri, M.A. and Nicholls, C. I. 2007. *Ecologically based pest management in agroforestry systems*. In:Daizy, R.B., Ravinder, K. K., Shibu. J. and Harminder, P. S. (eds) *Ecological Basis of Agroforestry*.CRC Press, Boca Raton, London and New York. pp. 95-107.
- Ariandi, R dan Mukti, J. 2023. Strategi Keberlanjutan Agroforestry Di Desa Ulusaddang Kabupaten Pinrang. *Journal Of Forestry Research*. Gorontalo. Volume 6 Nomor 2.
- Arifin, S. 2015. Peranan dan fungsi hukum lingkungan mengantisipasi dampak perubahan iklim pada sumberdaya pesisir Sumatera Utara. *Jurnal hukum samudra keadilan*, 10(2):168-176.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). 2022. *Laporan Perubahan Iklim dan Dampaknya di Indonesia*. Jakarta: BMKG.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. 2024. *Catatan Iklim dan Kualitas Udara 2024*. Diakses dari <https://iklim.bmkg.go.id>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2023. *Provinsi Lampung dalam Angka 2023*. Bandar Lampung: BPS Provinsi Lampung. Diakses dari

<https://lampung.bps.go.id>

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Selatan. 2023. *Kabupaten Lampung Selatan dalam Angka 2023*. Kalianda: BPS Lampung Selatan. Diakses dari <https://lampungselatankab.bps.go.id>
- Bale, C. S. E., & Stimson, R. J. 2003. Measuring community sustainability: The place-based approach. *Australian Geographer*, 34(3), 281–295.
- Bakri, S. Yuwono, S., D. 2023. Benefit transfer kearifan dalam praktek wanatani ke zona lahan pertanian pangan dan perkebunan: Strategi percepatan adopsi di level tapak kebijakan pengurangan kebergantungan petani pada pupuk kimia pabrikan. Laporan Penelitian Skema Hibah Multidisplin. Tidak dipublikasi.
- Bhaskara, D. R. 2017. Karbon Tersimpan pada Repong Damar Pekon Pahlungan Kecamatan Pesisir Tengah Kabupaten Pesisir Barat. *Skripsi*: Universitas Lampung. Lampung.
- Bellotti, A.C. 1990. A review of control strategies for four important cassava pests in the Americas. Dalam Hahn, S.K., F.E. Caveness (Eds). *Integrated pest management for tropical root and tuber crops. IITA*. p.58-65.
- Boateng, A., & Ampadu, T. 2015. *The impact of agricultural practices on environmental sustainability in Ghana: A review. Journal of Sustainable Development*, 8(8), 70–81. <https://doi.org/10.5539/jsd.v8n8p70>
- Cannon, T. 2002. Vulnerability analysis and the explanation of ‘natural’ disasters. In A. Varley (Ed.), *Disaster Development and Environment* (pp. 13–30). New York: John Wiley & Sons.
- Corney, S. P., Katzfey, J. J., McGregor, J. L., Grose, M. R., White, C. J., Bennett, J. C., Holz, G. K., Bindoff, N. L., & Gaynor, S. M. 2010. *Climate futures for Tasmania: Impacts on agriculture technical report*. Antarctic Climate & Ecosystems Cooperative Research Centre, Hobart, Tasmania.
- Caporali., F and Enio Campiglia., 2007. Increasing Sustainability in Mediterranean Cropping System With Self-Restoring Annual Legumes. In *Agroecosystem Sustainability. Developing Practical*. Gliessman Stephen.
- Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. 2008. *Climate change and economic growth: Evidence from the last half century*. NBER Working Paper No. 14132. National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w14132>.
- De Foresta, H. and G. Michon. 1997. The agroforest alternative to Imperata grasslands: when smallholder agriculture and forestry reach sustainability.

- Agroforestry Systems*. 36:105-120.
- Coley, D. A. 2008. *Energy and climate change: Creating a sustainable future*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- Dyasti, F dan Amalia, A, W. 2021. Peran Perubahan Iklim Terhadap Kemunculan Opt Baru. *AGROSCRIPT*. Jakarta. Vol. 3 No.1: 57-69.
- E. Surmaini and E. Runtunuwu, "Upaya sektor Pertanian dalam Menghadapi Perubahan Iklim," *J. Litbang Pertan*. 30(1):1-7.
- Ekuatorial. 2021. Sadar Perubahan Iklim, Warga Lampung Bergerak Mengolah Sampah dan Berkebun. Diakses dari <https://www.ekuatorial.com/2021/10/sadar-perubahan-iklim-warga-lampung-bergerak-mengolah-sampah-dan-berkebun>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2021. "The State of Food Security and Nutrition in the World 2021.
- Fahrudin, A. dan Krisanti, M. 2021. Keberlanjutan pengelolaan wisata bahari di Pulau Pari, Kabupaten Kepulauan Seribu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 26(2): 284-291.
- Fandeli C. 1985. *Agroforestry*. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Fauzi, A. 2019. *Teknik Analisis Keberlanjutan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Fitri, A., Ulfa, A. 2015. Perencanaan Penerapan Konsep Zero Run-Off dan Agroforestri Berdasarkan Kajian Debit Sungai di Sub DAS Belik, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*. 26(3).
- Füssel, H.-M., & Klein, R. J. T. 2004. Conceptual frameworks of adaptation to climate change and their applicability to human health. *PIK Report No. 91*. Potsdam: Potsdam Institute for Climate Impact Research.
- Francis, C. 2014. *Crop production and future food systems*. Bab 11 dalam *Food Systems and Public Health* (hlm. 263–287). Jossey-Bass Publishers.
- Garrity, D. P. 2004. Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. *Agroforestry Systems*, 61–62(1–3), 5–17. <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000028986.37502.7c>
- Gliessman Stephen R. 2007. The Ecological Foundation of Agroecosystem Sustainability. *In Agroecosystem Sustainability*. Developing Practical.
- Gliessman S.R., and M. Rosemeyer, 2010. *The Conversion to Sustainable Agriculture Principles, Processes, and Practices*. CRC Press Taylor & Francis

Group 6000 Broken Sound Parkway NW.

- Handoko. 2008. *Keterkaitan Perubahan Iklim dan Produksi Pangan Strategis: Telaah kebijakan Independen Dalam Bidang Perdagangan dan Pembangunan*. Wisconsin: SEAMEO BIOTROP for Partnership for Governance Reform in Indonesia.
- Haris, M., Soekmadi, R. dan Arifin, H., S. 2017. Potensi daya tarik ekowisata suakamargasatwa bukit batu Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 14 (1) : 39- 56.
- Hariyadi, P. 2010. *Beyond Food Security*. Dalam buku *Penguatan Industri Penghasil Nilai Tambah Berbasis Potensi Lokal*, Jurnal Pangan, 19(4), 295–301. <https://doi.org/10.33964/jp.v19i4.154>
- Hariyadi, T., Witono, J. R., & Santoso, H. 2017. *Pengaruh kondisi operasi dan foaming agent terhadap kualitas serbuk tomat pada pengeringan menggunakan tray dryer*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017, TK-024, pp. 1–10.
- Hidayat, D., & Haryanto, A. 2023. Analisis Variabilitas Iklim di Kabupaten Lampung Selatan Berdasarkan Data Suhu dan Curah Hujan Periode 1991–2020. *Jurnal Fisika Unand*, 12(2), 55–66. Diakses dari <https://jfu.fmipa.unand.ac.id>
- Handoko, I., Sugiarto, Y., & Syaikat, Y. 2008. *Keterkaitan perubahan iklim dan produksi pangan strategis: Telaah kebijakan independen dalam bidang perdagangan dan pembangunan*. Bogor: SEAMEO BIOTROP for Partnership for Governance Reform in Indonesia.
- Hidayatullah, M, L dan Aulia,B,U.2019. Identifikasi Dampak Perubahan Iklim Terhadap Pertanian Tanaman Padi di Kabupaten Jember. *JURNAL TEKNIK ITS* Vol. 8, No. 2 : 2337-3539.
- Ibrahim, H., Gani, S. A. D. S. dan TIP, N. P. 2013. Analisis keberlanjutan usaha pengrajin ekonomi kreatif kerajinan sutera di provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 23(3): 210-219.
- Irianto, H., Mujiyo, M., Qonita, A., Sulisty, A. dan Riptanti, E.W. 2021. The development of jarak towo cassava as a high economical raw material in sustainability-based food processing industry. *AIMS Agriculture & Food*. 6(1): 125-141.
- Irwanto,I, Sahupala,A, Wattimenna, C, M, A, Lelloltery, H, Talaohu, M, Iskar, I, Seipalla, B, dan Louhenapessy, F, H. 2024. Socialization Of The Agroforestry System To Increase Soil Fertility And Income Of The Community Of Waai

- Village, Salahutu District, Central Maluku. *Bakira: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. Vol 5:1. <https://doi.org/10.30598/bakira.2024.5.1.40-53>.
- Izwar, Maulidil Fajri, Iwandika Syah Putra, Jekki Irawan, & Abdul Latif. 2023. *Analisis keberlanjutan usahatani berbasis agroforestri – Kecamatan Linge, Kabupaten Aceh Tengah*. *Bionatural*, 10(2), 151–165. e-ISSN: 2579-4655; Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Teuku Umar.
- Jose, S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*. 76: p. 1-10.
- Jose.S and A. M. Gordon. 2008. Ecological Knowledge and Agroforestry Design: An Introduction. *In Toward Agroforestry Design. An Ecological Approach*. Jose Sand A.M. Gordon [Editors] Volume 4. ISBN 978-1-4020-6571-2 e-ISBN 978.
- Khumar B. M. 2006. Agroforestry: the new old paradigm for Asian food security Department of Silviculture and Agroforestry. *College of Forestry*, Kerala.
- Khumar. B. M. dan P. K. R Nair. 2006. Introduction. Chapter 1. *In Tropical Homegardens A Time- Tested Example of Sustainable Agroforestry*. Edited by.Kumar B. M and. Nair P. K. R. Published by Springer.
- King., K. f. S., 1987. The Historu of Agroforestry. In Agroforestry a Decade of Developmen. H.A. Steppler and P.K.R.bair (Editors). *ICRAF*, Nairobi.
- Kunte, G., & Bhat, V. 2024. *Deforestation, Climate Change and the Sustainability of Agriculture: A Review*. *Journal of Resources and Ecology*, 15(1), 140–150. <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2024.01.012>
- Laras B. K, Marimin, Nurjaya IW. dan Budiharsono S. 2011. Dimensi keberlanjutan pengelolaan kota tepian pantai (studi kasus Kota Semarang). *Forum Pascasarjana*. 34(2): 89-105.
- Lal, R. 2004. *Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security*. *Science*, 304(5677), 1623–1627. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>.
- Liu, C.-A., Liang, M.-Y., Zhang, J.-L., Hua, S., & Duan, Z.-B. 2024. Improved soil moisture, nutrients, and economic benefits using plastic mulchs in balsa-based agroforestry systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-13.
- Mahendra, F. 2009. *Sistem agroforestri dan aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu. ISBN 978-979-756-504-6.
- Mahida, M. dan Handayani, W. 2019. Penilaian status keberlanjutan e-ticketing bus trans semarang mendukung Kota Pintar dengan Pendekatan

- Multidimensional Scaling. *Warta Penelitian Perhubungan*. 31(1): 15-24.
- Malau, L. R. E., Rambe, K. R., Ulya, N. A., & Purba, A. G. 2023. *The Impact of Climate Change on Food Crop Production in Indonesia*. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 23(1), 34–46.  
<https://jurnal.polinela.ac.id/jppt/article/view/2418.com>
- Margono, B.A., Potapov, P.V., Turubanova, S., Stolle, F. and Hansen, M. C. 2014 Primary Forest Cover Loss in Indonesia over 2000-2012. *Nature Climate Change*, 4, 730-735. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2277>.
- Medialampung Disway. 2023. Dampak El Nino, Berikut Wilayah Lampung dengan Titik Suhu Tertinggi Selama Agustus 2023. Diakses dari <https://medialampung.disway.id>
- Mindawati, N, Kosasih, A, S, Bustomi, S, Sitompul, SM, dan Tyasmoro, S, Y. 2013. Pola Agroforestri Untuk Meningkatkan Fungsi Ekologi Dan Agroekonomi Hutan Rakyat. Pusat Litbang Peningkatan Produktivitas Hutan. Hal 189-196.
- Montagnini, F., 2006. Homegarden of Mesoamerica: Biodiversity, Food Security and Nutrien Management. . *In Tropical Homegardens A Time- Tested Example of Sustainable Agroforestry*. Edited by. Kumar B.M and. Nair P.K.R. Published b Springer.
- Mucharam, I, Rustiadi, E, Fauzi, A, and Harianto. 2020. Assessment of Rice Farming Sustainability: Evidence from Indonesia Provincial Data. *International Journal of Sustainable Development and Planning* Vol. 15, No. 8, pp. 1323-1332 Journal homepage: <http://ijeta.org/journals/ijstdp>.
- Muhsimin, Santoso, N, dan Hariyadi. 2018. Status Keberlanjutan Pengelolaan Ekosistem Mangrove Di Wilayah Pesisir Desa Akuni Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan. *Jurnal Silvikultur Tropika*. Vol. 09 No. 1, Hal 44-52 ISSN: 2086-8227.
- Nababan, B.O., Sari, Y.D. dan Hermawan, M. 2017. Analisis keberlanjutan perikanan tangkap skala kecil di Kabupaten Tegal Jawa Tengah (teknik pendekatan RAPFISH). *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*. 2(2): 137-158.
- Nair., P. K R., 1993. An introduction to agroforestry. ISBN 0-7923-2134-0 Published by Kluwer Academic Publishers, Kluwer Academic Publishers Dordrecht / Boston / London in corporation with International Centerfor.
- Nane, L., 2019. Studi keberlanjutan perikanan landak laut berdasarkan dimensi biologi, ekologi, dan teknologi di Sekitar Pulau Tolandono dan Pulau Sawa Kawasan Konservasi Wakatobi. Skripsi. Universitas Hasanuddin Makassar.

55 hlm.

- Nastiti, T.S., Geria, I. M., Winaya, A., Juliawati, N. P. E., Sofian, H. O., Handini, R., Suarbhawa, I. G. M., Wibowo, U. dan Windia, I. W. 2022. Pengelolaan sumber daya air berkelanjutan di Bali Bagian Selatan. *Amerta Journal*. 40(1): 25-40.
- National Research Council. 2010. *Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century*. Washington, DC: The National Academies Press.  
<https://doi.org/10.17226/12832>
- Nurhayanti, Y., & Nugroho, M. 2015. Sensitivitas produksi padi terhadap perubahan iklim di Indonesia tahun 1974–2015. *Agro Ekonomi*, 27(2), 183–196. <https://doi.org/10.22146/jae.23038>
- Okoli, A. S., & Ifeakor, F. C. 2014. Climate change and food security challenges in Nigeria: Understanding institutional vulnerabilities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 61–67.  
<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.10.014>.
- Noktasatria, A, Y dan Farid, A. 2021. Evaluasi Berkelanjutan Ekosistem Mangrove Menggunakan Rapfish Di Desa Ujung Piring Kecamatan Bangkalan Kabupaten Bangkalan. *Juvenil*, 2(2), 146-156.  
<https://journal.trunojoyo.ac.id/juvenil>.
- Pamungkas, A., Rahmawati, D., Larasati, K. D., Rahadyan, G. A., & Dito, A. H. 2017. Making a low-risk kampung to urban fire. *Asian Journal of Applied Sciences*, 5(2), 367–375.
- Pamungkas, A., Tucunan, K. P., Navastara, A., Idajati, H., & Pratomoatmojo, N. A. 2017. A conceptual model for water sensitive city in Surabaya. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 79, Article 012345.
- Pasal 1 UU No. 18 Tahun 2012 tentang Pangan.
- Parmila, I, P, Suardike, P, dan Prabawa, P, S. 2022. Kajian Pertanian Organik Dalam Upaya Menyusun Kebijakan Pembangunan Pertanian Yang Berkelanjutan Di Kabupaten Buleleng. *Jurnal Pertanian Agros* 24(3): 1156-1169.
- Partiwi, A. 2019. Pengenalan pemicu pemanasan global menggunakan teknologi augmented reality berbasis desktop. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 24(100), 49–61.
- Pell A. N., 1998. Animal and Agroforestry in the Tropics. In *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems*. Buck L.E, J.M.Lassaoe, E.C.M. Fernandes (Editors).CRC Press LCC. London.

- PIMENTEL, D. 1992: *Environmental and Economic Costs of Pesticide Use*. An assessment based on currently available US data, although incomplete, tallies \$8 billion in annual costs. *BioScience* 42(10):750-760.
- Pitcher, T. J. dan Preikshot, D. 2001. RAPFISH: A rapid appraisal technique to evaluate the sustainability status of fisheries. *Fisheries Research Journal*. 49 (3): 255-270.
- Pitcher, T.J., 1998. *Rapfish: A Rapid Appraisal Technique fo Fisheries and Its Application to the Code of Conduct for Responsible Fisheries*. FAO UN, Rome.
- Putri,N,P,A, Aini,N dan Heddy, Y,B,S. 2021. Evaluasi Keberlanjutan Kawasan Rumah Pangan Lestari (Krpl) Di Desa Girimoyo, Kecamatan Karangploso, Malang. *Jurnal Produksi Tanaman*. Volume 3, Nomor 4 (278-285).
- Radar Lampung. 2023. Suhu Lampung Capai 38 Derajat Celsius. Diakses dari <https://radarlampung.co.id>
- Research in Agroforestry (ICRAF). National Research Council of National Academy. 2010. *Toward Sustainable Agricultural System in the 21st Century*. Committee on Twenty-First Century Systems Agriculture. Board on Agriculture and Natural Resource. Division on Earth and Life Study. The National Academies Press. Washington D.C. [www.nap.edu](http://www.nap.edu).
- Riswakhyuningsih, T. 2015. Pengembangan Suplemen Bahan Ajar Pemanasan Global Berwawasan Konservasi. *Tesis*: Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Rizki, G. M., Bintoro, A., Hilmanto, R. 2016. Perbandingan emisi karbon dengan karbon tersimpan di hutan rakyat Desa Buana Sakti Kecamatan Batanghari Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*, 4(1), 89–96.
- Rosemeyer Martha E., 2010. Improving Agroecosystem Sustainability Using Organic [Plan based] Mulch. In *Agroecosystem Sustainability*. Developing Practical.
- Rusdi, R., Setyobudiandi, I. dan Damar, A. 2020. Kajian potensi dan pengelolaan berkelanjutan ekosistem mangrove Pulau Pannikiang, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(1): 119-133.
- Rendrarpoetri, B.L.; Rustiadi, E.; Fauzi, A.; Pravitasari, A.E. Sustainability Assessment of the Upstream Bengawan Solo Watershed in Wonogiri Regency, Central Java Province, Indonesia. *Sustainability* 2024, 16, 1982. <https://doi.org/10.3390/su16051982>.

- Salampessy, M. L., Febryano, I.G., Bone, I. 2017. Pengetahuan ekologi masyarakat lokal dalam pemilihan pohon pelindung pada sistem agroforestri tradisional "Dusung" Pala di Ambon. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 14(2), 135-142.
- Santoso, N. 2012. Arah kebijakan dan strategi pengelolaan kawasan mangrove berkelanjutan di Muara Angke Daerah Khusus Ibukota Jakarta. *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor.
- Satpol PP Provinsi Lampung. 2023. Cuaca Panas Ekstrem yang Kini Melanda Asia Masih Berlangsung. Diakses dari <https://satpolpp.lampungprov.go.id>
- Schaduw, J.N.W. 2015. Keberlanjutan pengelolaan ekosistem mangrove Pulau Mantehage, Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa Utara Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal LPPM Bidang Sains dan Teknologi*. 2(2): 60-70.
- Senoaji, G. 2012. *Pengelolaan Lahan dengan Sistem Agroforestri Oleh Masyarakat Baduy di Banten Selatan*. Bumi Lestari.
- Singh M, Babanna SK, Kumar D, Dwivedi RP, Dev I, Kumar A, Tewari RK, Chaturvedi OM, Dagar JC. 2021. Valuation of fuelwood from agroforestry systems: a methodological perspective. *Agroforest Syst*. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00580-9>.
- Siregar, O. M., Siregar, A. M., & Andriansyah, A. 2022. Literature Review: Identification Of Sustainable Ecotourism In Tangkahan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1115(1), 012068. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1115/1/012068>
- Skendzic, D., Marton, K., & Halek, J. 2021. Sustainability Assessment of Smallholder Agroforestry Indigenous Farming in the Amazon: A Case Study of Ecuadorian Kichwas. *Agroforestry Systems*, 10(12), 1973. doi:10.3390/agronomy10121973.
- Soemitro, P. W. 2001. Peranan Hijauan – Legume dan Ternak dan Pertanian Berkelanjutan. Pidato Pengukuhan Sebagai Guru Besar Fakultas Perternakan Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Sollen-Norrlin, M., Ghaley, B. B., & Rintoul, N. L. J. 2020. Agroforestry benefits and challenges for adoption in Europe and beyond. *Sustainability*, 12(17), 7001.
- Suek, J & Mella, W, I, I. 2021. AGROFORESTRI TRADISIONAL SEBAGAI SISTEM PERTANIAN LAHAN KERING BERKELANJUTAN. *Jurnal EXCELLENTIA* (p-ISSN:2301-6019) hal (118-131).
- Sukmawati, W., Arkeman, Y., Maarif, S. 2014. Inovasi sistem agroforestry dalam

- meningkatkan produktivitas kardkkam. *Jurnal Teknik Industri*, 4(1),58–64. doi: 10.25105/jti.v4i1.1563.
- Sulaksono, S., Badarina, I. dan Putranto, H .D. 2021. Kajian keberlanjutan usaha ternak sapi potong di Kecamatan Air Napal Dan Kecamatan Batiknau Kabupaten Bengkulu Utara. *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. 10(2): 426-439.
- Sumilia., Akhir, N. Syarif, Z. 2019. Plant diversity in various agroforestry system based on cocoa in Pasaman, West Sumatra. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, 4(2), 402-406. doi: 10.22161/ijeab/4.2.22.
- Supardi, S., Hariyadi, S. dan Fahrudin, A. 2017. Analisis keberlanjutan pembangunan Kota Tepian Pantai (Studi Kasus: Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara). *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*. 5(3): 188-204.
- Surmaini, E., & Runtunuwu, E. (2011). Upaya sektor pertanian dalam menghadapi perubahan iklim. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 30(1), 1–7. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Syafri L, M. 2022. Pengembangan infrastruktur wisata kuliner pantai galesong berdasarkan aspek keberlanjutan development of galesong beach culinary tourism infrastructure based on sustainability aspects (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin). Disertasi. Universitas Hasanuddin.
- United Nations. 1992. *Report of the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), Rio de Janeiro, 3–14 June 1992: Volume I – Resolutions Adopted by the Conference*. United Nations. <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>
- Thamrin S.H, Sutjahjo C, Herinson, Biham S. 2007. Analisis keberlanjutan wilayah perbatasan Kalimantan Barat-Malaysia untuk pengembangan kawasan agropolitan (studi kasus Kecamatan. Bengkayang dekat perbatasan KabupatenBengkayang). *Jurnal Agro Ekonomi*. 25(2): 103-124.
- Umrani R. & C.K. Jain., 2010, *Agroforestry System and Practice*, ISBN: 978-93-80179-17-9, Edition 2010, Oxford Book Company, 267, 10-B-Scheme, Opp, Narayan Niwas, Gopalpura By Pass Road, Jaipur-India, Typeset by: Shivangi Computers.
- Watson, R. T., Noble, I. R., Bolin, B., Ravindranath, N. H., Verardo, D. J., & Dokken, D. J. (Eds.). 2000. *Land Use, Land-Use Change, and Forestry (Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change)*. Cambridge University Press for the IPCC.
- Watson, R. T., Zinyowera, M. C., & Moss, R. H. (Eds.). 1997. *The regional*

*impacts of climate change: An assessment of vulnerability Summary for policymakers* (Special Report of IPCC Working Group II). United Nations Environment Programme & World Meteorological Organization.

- Wahyudi dan Panjaitan,S. 2013. Perbandingan Sistem Agroforestry, Monokultur Intensif, Dan Monokultur Konvensional Dalam Pembangunan Hutan Tanaman Sengon. *Agroforestri*. 168-179.
- Wibowo, A.B., Anggoro, S. dan Yulianto, B. 2015. Status keberlanjutan dimensi ekologi dalam pengembangan kawasan minapolitan berkelanjutan berbasis perikanan budidaya air tawar di Kabupaten Magelang. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*. 10(2): 107-113.
- Wulandari,S, Rifardi, Rasyad,A, Yusmarini. 2018. Status Keberlanjutan Ruang Terbuka Hijau Sebagai Cadangan Karbon Di Kota Pekanbaru. *J. MANUSIA & LINGKUNGAN*. 25(2):73-80, DOI: 10.22146/jml.23817.
- Wulandari,C, Harianto,S,P, Novasari,D. 2021. Pendugaan Stok Karbon Pada Pola Tanam Agroforestri Sederhana Dan Agroforestri Kompleks Di Kph Batutegei, Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Belantara* Vol. 4, No. 2, (113-126) DOI: 10.29303/jbl.v4i2.632.
- Widiarta, I. K. A., Darmawan, D. P., & Susrusa, K. B. 2023. Keberlanjutan sistem agroforestri berbasis kopi di Hutan Kemasyarakatan Desa Wanagiri, Kabupaten Buleleng. *Jurnal Manajemen Agribisnis*, 11(1), 88–101. <https://doi.org/10.24843/JMA.2023.v11.i01.p08>
- Widiyanti, W., & Dittmann, A. 2014. Climate change and water scarcity adaptation strategies in the area of Pacitan, Java Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 20, 693–702. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.03.083>.
- Wilf, P., & Labandeira, C. C. 1999. Response of plant-insect associations to Paleocene–Eocene warming. *Science*, 284(5423), 2153–2156. <https://doi.org/10.1126/science.284.5423>
- Wirakusumah, W. 2003. *Jenis-jenis hasil hutan dan nilai ekonomi yang berasal dari praktik agroforestri*. Dalam tinjauan pustaka mengenai pengelolaan hutan berbasis masyarakat. *Forum Punaliput Flotim*. Diakses dari catatan Universitas Sumatera Utara [forumpunaliputflotim.wordpress.com123dok.com](http://forumpunaliputflotim.wordpress.com123dok.com).
- Y. Nurhayanti and M. Nugroho. 2024. Sensitivitas Produksi Padi Terhadap Perubahan Iklim Di Indonesia Tahun 1974-2015. *Agro Ekon.*, vol. 27, no. 2, pp. 183–196.
- Yusuf, A. A., & Francisco, H. A. 2009. *Climate Change Vulnerability Mapping*

*for Southeast Asia*. Singapore: Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA). Diakses dari referensi teknis yang dikutip dalam literatur adaptasi iklim di Asia Tenggara.

Yuan, X., Li, S., Chen, J., Yu, H., Yang, T., Wang, C., Huang, S., Chen, H., & Ao, X. 2024. *Impacts of Global Climate Change on Agricultural Production: A Comprehensive Review*. *Agronomy*, 14(7), 1360.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy14071360>