

Penerapan Teknologi Budidaya Berbasis Mikroba (BBM): Strategi Keberlanjutan Usahatani Padi Sawah

Wan Abbas Zakaria¹, Dwi Haryono², Maula Arifatuzzakiyah³

¹²³Jurusan Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Indonesia

*Alamat email penulis koresponden: wanabas.zakaria@fp.unila.ac.id

Abstrak

Pertanian berkelanjutan saat ini menjadi perhatian utama untuk mendukung ketahanan pangan dan keberlanjutan lingkungan. Usahatani padi dengan teknologi budidaya berbasis mikroba (BBM) menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi permasalahan degradasi tanah akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keberlanjutan usahatani padi dengan teknologi BBM di Provinsi Lampung. Metode yang digunakan yaitu pendekatan Multi-Aspect Sustainability Analysis (MSA) yang menilai dimensi ekologi, ekonomi, dan teknologi. Penerapan teknologi BBM berpotensi meningkatkan produktivitas dan kualitas padi, mengurangi ketergantungan pada input kimia, serta memperbaiki kesehatan tanah. Namun, keberlanjutan sistem ini masih menghadapi kendala, seperti rendahnya adopsi teknologi oleh petani, akses input organik terbatas, serta keterbatasan pasar untuk produk padi organik. Penelitian ini memberikan dasar penting bagi pengembangan agribisnis padi organik yang lebih berkelanjutan di Indonesia.

Kata Kunci: keberlanjutan, mikroba, MSA, padi organik

1. PENDAHULUAN

Pembangunan pertanian berkelanjutan menjadi salah satu prioritas utama dalam menghadapi tantangan global seperti degradasi lingkungan, keterbatasan lahan, dan peningkatan kebutuhan pangan. Dalam konteks ini, sistem pertanian yang mengintegrasikan efisiensi produksi dengan kelestarian sumber daya alam semakin diperlukan. Salah satu inovasi yang kini berkembang dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan adalah penerapan teknologi budidaya berbasis mikroba (BBM). Teknologi ini menggunakan mikroorganisme tanah untuk memperbaiki kesuburan tanah secara alami, meningkatkan efisiensi serapan hara tanaman, serta mengurangi ketergantungan terhadap pupuk dan pestisida sintetis (Gulo et al., 2024).

Seiring meningkatnya kesadaran konsumen akan pentingnya pola konsumsi sehat dan ramah lingkungan, produk-produk pertanian yang dihasilkan dari sistem berkelanjutan seperti padi sehat berbasis mikroba menjadi semakin diminati. Produk ini memiliki karakteristik tanpa residu kimia, rendah gula, tinggi protein, aman dikonsumsi, serta mendukung konservasi lingkungan. Beras sehat, misalnya, dikenal memiliki cita rasa yang lebih baik, aroma khas, dan daya simpan yang lebih tinggi, yang menjadikannya semakin relevan dengan tren konsumsi saat ini (Dadas et al., 2022).

Namun demikian, pengembangan agribisnis padi sehat dengan teknologi BBM belum sepenuhnya optimal. Tantangan seperti rendahnya adopsi teknologi oleh petani, keterbatasan akses terhadap input organik berkualitas, serta kurangnya pemahaman jangka panjang mengenai manfaat keberlanjutan menjadi hambatan signifikan (Bappenas, 2025). Di sisi lain, meningkatnya kesadaran konsumen terhadap kesehatan dan preferensi terhadap produk bebas residu seperti beras sehat, menjadi peluang yang dapat mendorong sistem ini berkembang lebih luas (Dadas et al., 2022). Tingkat adopsi teknologi yang rendah, keterbatasan pengetahuan petani, dan kurangnya pembuktian langsung di lapangan menjadi penghambat utama. Oleh karena itu, pendekatan demplot atau demonstration plot menjadi penting sebagai media pembelajaran dan diseminasi teknologi secara partisipatif. Demplot memungkinkan pengujian dan elaborasi teknologi di kondisi nyata usahatani, sekaligus menjadi sarana edukasi dan validasi manfaatnya secara langsung di tingkat petani.

Penelitian ini dilakukan untuk mengelaborasi secara komprehensif implementasi teknologi budidaya berbasis mikroba dalam usahatani padi sehat melalui pendekatan demplot, serta mengevaluasi potensi keberlanjutannya dari berbagai aspek meliputi aspek ekonomi, lingkungan, dan teknologi. Dengan kombinasi pendekatan praktis dan analitis, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang aplikatif dan berkelanjutan untuk pengembangan agribisnis padi di Provinsi Lampung dan wilayah lainnya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif secara simultan dengan desain studi lapangan berbasis demplot (*demonstration plot*). Pendekatan ini bertujuan untuk mengeksplorasi serta mengevaluasi implementasi teknologi budidaya berbasis mikroba (BBM) dalam usahatani padi secara langsung di tingkat petani. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian elaboratif, yang tidak hanya bertujuan untuk mengukur efektivitas penerapan teknologi BBM, tetapi juga menggali secara mendalam potensi keberlanjutan dari sistem agribisnis yang dikembangkan melalui interaksi langsung di lokasi penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung pada 2 lahan yaitu lahan berukuran 0,33 ha dan 0,66 ha sehingga total lahan yang digunakan yaitu 1 ha. Penelitian ini dilakukan pada musim kemarau yaitu pada bulan Juni sampai September 2024. Objek penelitian adalah sistem agribisnis usahatani padi sehat dengan penerapan teknologi BBM. Teknologi BBM belum memperoleh lisensi tanam sehingga masih dalam tahap uji coba. Keunggulan teknologi ini yaitu bersifat dinamis karena dapat terus menerus menutrisi tanah, berbeda dengan pupuk kimia yang sifatnya statis. Kelemahan dari teknologi ini yaitu penanaman yang harus dilakukan secara rapat dengan jarak tanam 9×28 cm yang masih sulit diaplikasikan oleh petani. Berikut *Standard Operating Procedure* (SOP) yang harus diterapkan dalam usahatani padi dengan teknologi BBM:

1. Bakar batang padi sisa panen sebelum tanah diolah,
2. Semprot 3L/ha bio ghaly cair ke-1 pada lahan yang belum diolah,
3. Bajak dan garu lahan yang sudah disemprot bio ghaly cair ke-1,
4. Ratakan lahan yang sudah dibajak,
5. Pada saat proses blebeg (rendam air), lakukan pemusnahan hama keong dengan bahan kimia (bila ada keong di lahan),
6. Tabur 1 ton/ha ghaly organik padat setelah lahan diblebeg dan disemprot bio ghaly cair secukupnya,
7. Menanam padi dengan jarak 9×28 cm dengan jumlah bibit 5 bibit per lubang,
8. Penyemprotan bio ghaly cair ke-2 dengan dosis 3L/ha saat umur padi 7 HST,
9. Gosrok gulma sata umur padi 15 HST,
10. Penyemprotan bio ghaly cair ke-3 dengan dosis 3L/ha saat umur padi 15 HST,
11. Penyemprotan bio ghaly cair ke-4 dengan dosis 3L/ha saat umur padi 30 HST,
12. Penyemprotan bio ghaly cair ke-5 dengan dosis 3L/ha saat umur padi 40 HST,
13. Penyemprotan bio ghaly cair ke-6 dengan dosis 3L/ha saat umur padi 60 HST,
14. Penyemprotan bio ghaly cair ke-7 dengan dosis 3L/ha saat umur padi 80 HST,
15. Panen

Selanjutnya dilakukan analisis keberlanjutan dengan pendekatan *Multi-Aspect Sustainability Analysis* (MSA) untuk mengevaluasi keberlanjutan usahatani padi dengan teknologi BBM secara menyeluruh, dengan mempertimbangkan tiga dimensi utama: lingkungan, ekonomi, dan teknologi. Masing-masing dimensi mencakup sejumlah indikator atau faktor yang mewakili karakteristik keberlanjutan, yang diharapkan menunjukkan peningkatan serta perbedaan berdasarkan variasi luasan lahan. Proses analisis keberlanjutan untuk padi dengan teknologi BBM dilakukan menggunakan perangkat lunak MSA dan melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Penyusunan instrumen kuesioner MSA
2. Proses penilaian oleh para ahli
3. Evaluasi keberlanjutan oleh responden yang telah ditentukan
4. Pengolahan data melalui *platform* digital MSA
5. Identifikasi status keberlanjutan dan faktor-faktor yang berpengaruh

6. Analisis skenario keberlanjutan
7. Perumusan kebijakan berdasarkan hasil skenario
8. Pelaksanaan kebijakan yang direkomendasikan (Pusat Sains, 2023; Sukwika, 2020).

Setiap indikator dalam dimensi yang dianalisis dikelompokkan ke dalam kategori "baik" atau "buruk". Nilai akhir ditentukan berdasarkan nilai modus dari hasil penilaian, yang kemudian dianalisis menggunakan teknik ordination statistik multidimensi untuk menentukan posisi relatif keberlanjutan dalam klasifikasi tersebut (Mawarsari & Noor, 2000; Widiatmaka et al., 2013, 2014).

3. HASIL dan PEMBAHASAN

3.1 Faktor keberlanjutan

Proses validasi dan penilaian status keberlanjutan dilakukan dengan mempertimbangkan tiga dimensi utama, yaitu aspek lingkungan, ekonomi, serta sosial dan manajerial. Setiap dimensi memiliki indikator-indikator spesifik yang digunakan untuk menilai sejauh mana masing-masing faktor mendukung atau justru menjadi hambatan bagi tercapainya keberlanjutan. Untuk memperjelas kondisi aktual dari setiap faktor dalam masing-masing dimensi, tabel di bawah ini menyajikan pengelompokan indikator ke dalam dua kategori penilaian, yaitu "baik" (*good*) dan "buruk" (*bad*).

Tabel 1. Klasifikasi faktor dari lingkungan, ekonomi, dan teknologi

No.	Faktor	Bad	Good
Aspek ekonomi			
	Share pendapatan usahatani	0	4
	Status kepemilikan lahan	0	2
	Tingkat produktivitas lahan	0	4
	Sumber modal usahatani	0	4
	R/C rasio	0	4
	Luas lahan	0	5
	Biaya produksi	0	4
	Akses pasar	0	3
	Harga jual	0	4
Aspek lingkungan			
	Penurunan produksi	0	5
	Jumlah penggunaan pupuk organik	0	3
	Pemakaian pestisida nabati	0	4
	Rotasi tanaman	0	3
	Pemanfaatan pestisida kimia	0	2
Aspek teknologi			
	Penerapan teknologi pengolahan lahan	0	2
	Teknologi penanaman	0	1
	Teknologi penanganan saat panen	0	2
	Penggunaan benih unggul	0	4
	Teknologi pengendalian HPT	0	2
	Rotasi penanaman dalam setahun	0	5

Penilaian setiap dimensi didasarkan pada indikator yang telah ditentukan, dengan menggunakan skala keberlanjutan sebagai berikut:

1. 0 - 25: *Unsustainable* (tidak berkelanjutan).
2. 25 - 50: *Low Sustainable* (berkelanjutan rendah).
3. > 50 - 75: *Sustainable* (berkelanjutan).
4. > 75 - 100: *Very Sustainable* (sangat berkelanjutan).

Proses validasi dilakukan guna memastikan bahwa indikator-indikator yang digunakan memiliki relevansi dan mampu merepresentasikan kondisi keberlanjutan secara tepat pada masing-masing dimensi. Tabel di bawah ini menyajikan ringkasan hasil validasi serta status keberlanjutan dari ketiga dimensi yang dianalisis.

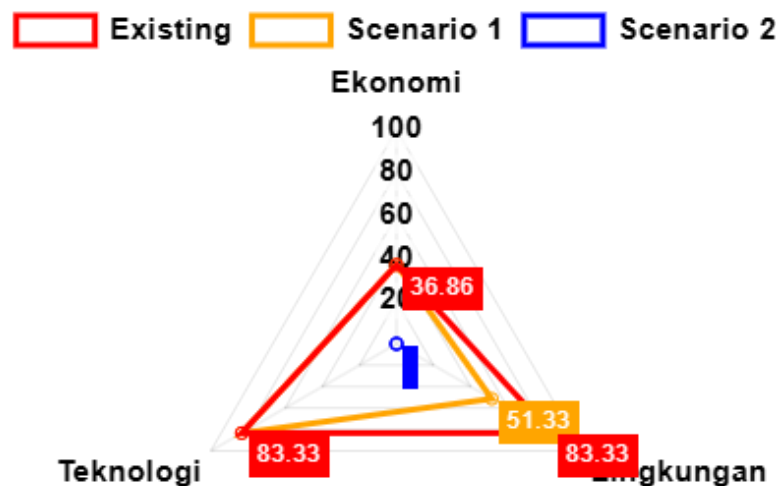
Tabel 2. Status Validasi dan Keberlanjutan

Dimensi	Status validasi	Status keberlanjutan
Ekonomi	36,86	<i>Low Sustainable</i>
Lingkungan	83,33	<i>Very Sustainable</i>
Teknologi	83,33	<i>Very Sustainable</i>
Rata-rata	67,84	<i>Sustainable</i>

Berdasarkan data dalam tabel sebelumnya, rata-rata skor validasi dari ketiga dimensi mencapai 62,27, yang menempatkan sistem secara keseluruhan dalam kategori *Sustainable*. Dimensi ekonomi menunjukkan skor terendah sebesar 36,86 dan diklasifikasikan sebagai *Sustainable*. Temuan ini menunjukkan bahwa aspek ekonomi masih memerlukan perhatian serius, khususnya dalam hal pembentukan pasar. Modal yang digunakan cukup tinggi karena menggunakan pupuk organik yang dari segi harga lebih tinggi dari pupuk kimia subsidi. Oleh karena itu diperlukan pasar khusus bagi produk padi organik.

Di sisi lain, dimensi lingkungan memperoleh skor validasi sebesar 83,33 yang juga tergolong *Very Sustainable*. Ini terjadi karena penggunaan teknologi BBM yang bisa memperbaiki struktur tanah dengan memanfaatkan mikroba tanah dan tanpa penggunaan bahan kimia. Sementara itu, dimensi teknologi mencatat skor validasi tertinggi, yaitu 83,33 tergolong pada kategori *Very Sustainable*. Ini menunjukkan bahwa petani dengan teknologi BBM sudah mulai menggunakan teknologi berupa mesin pertanian pada kegiatan usahatani.

3.3 Faktor sensitif yang mempengaruhi status keberlanjutan



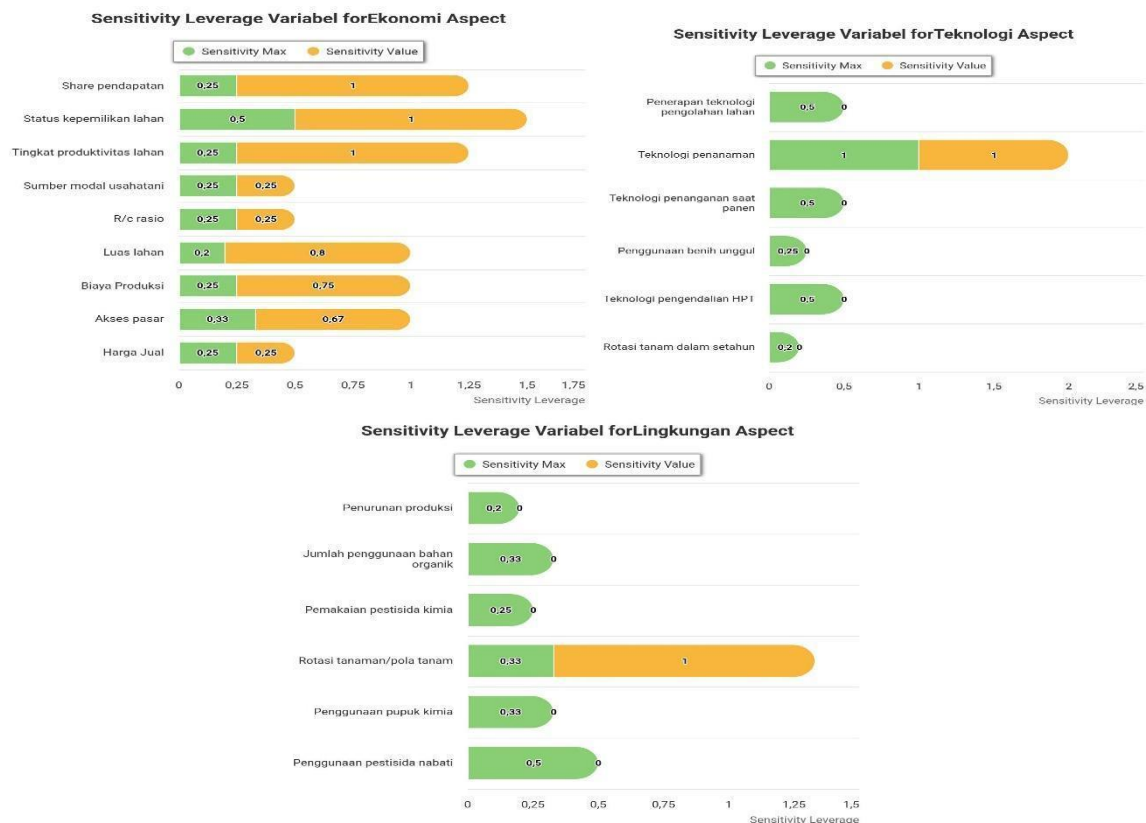
Gambar 1. Diagram kutub dan terbang pada lingkungan, ekonomi, sosial dan manajemen usahatani

Kondisi ini mengindikasikan bahwa mekanisme transmisi harga dari pasar belum sepenuhnya menjangkau petani padi organik teknologi BBM secara optimal. Hasil evaluasi keberlanjutan menggunakan pendekatan *Multi-Aspect Sustainability Analysis (MSA)* ditampilkan dalam bentuk diagram radar dan diagram polar (lihat Gambar 1), yang menyoroti faktor-faktor utama yang diperoleh melalui analisis sensitivitas dari masing-masing dimensi keberlanjutan.

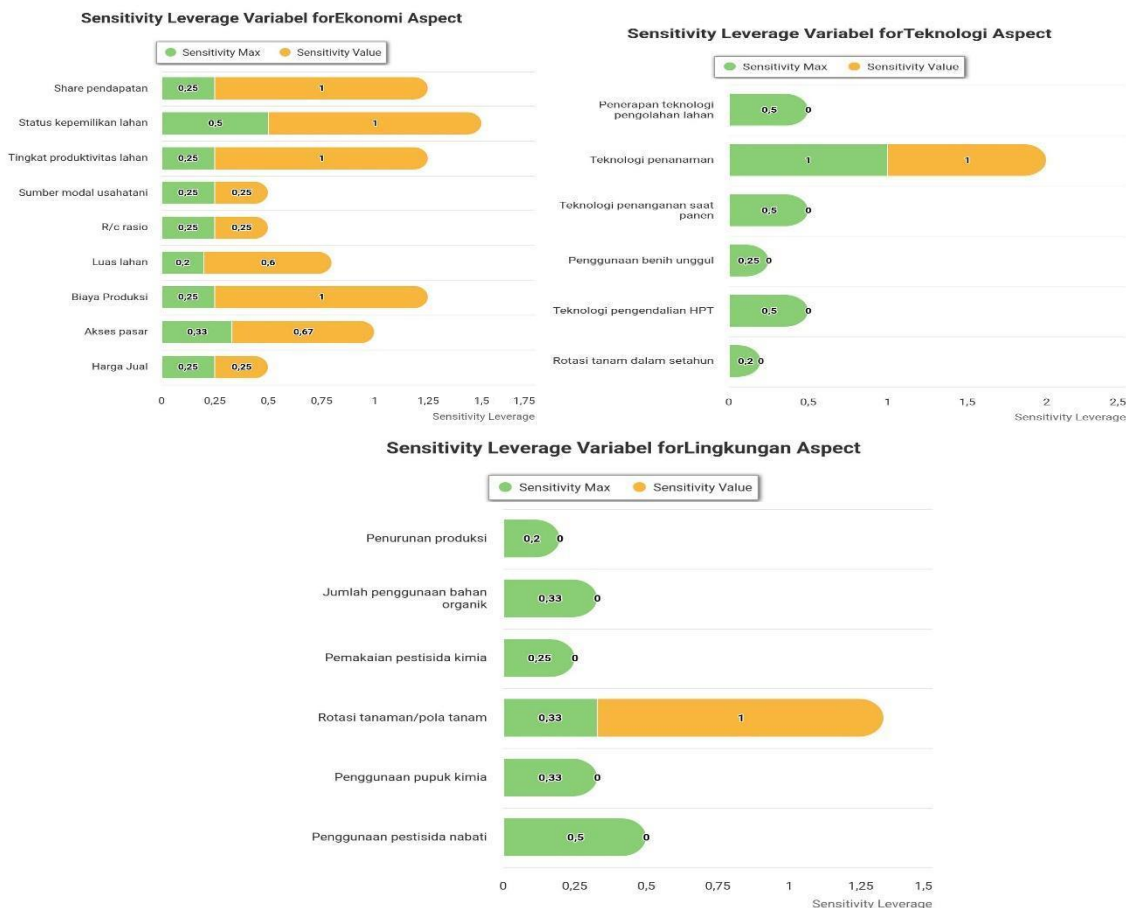
Secara keseluruhan, sektor pertanian, khususnya dalam hal penyediaan pangan, dituntut untuk menerapkan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan. Konsep ini mengacu pada upaya pemenuhan kebutuhan generasi sekarang tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya sendiri. Oleh sebab itu, pembangunan berkelanjutan menuntut integrasi dari tiga dimensi utama—lingkungan, sosial, dan ekonomi—yang harus dijalankan secara sinergis dan saling menguatkan.

Memenuhi ketiga dimensi tersebut tidak hanya ditujukan untuk menghindari konflik atau pertentangan kepentingan (*trade-off*), tetapi juga untuk menciptakan keseimbangan yang mendukung keberlanjutan sistem pertanian dan menjaga ketahanan pangan dalam jangka panjang. Analisis sensitivitas dalam hal ini berfungsi untuk mengidentifikasi faktor-faktor paling berpengaruh terhadap keberlanjutan dari masing-masing aspek, sehingga evaluasi dapat difokuskan pada area yang paling membutuhkan perhatian dan tindakan prioritas.

Sebagaimana dijelaskan oleh Firmansyah et al. (2016) dan Widiatmaka (2015), penerapan prinsip pembangunan berkelanjutan dalam sektor pertanian sangat strategis dalam menjamin ketersediaan pangan yang mencukupi, berkualitas, dan berkelanjutan, baik bagi generasi masa kini maupun generasi mendatang. Melalui analisis sensitivitas, pendekatan berbasis data dan bukti dapat digunakan untuk merancang kebijakan serta strategi pembangunan yang lebih tepat sasaran dan berorientasi pada keberlanjutan jangka panjang.



Gambar 2. Analisis Sensitiv Dimensi Keberlanjutan Ekonomi, Lingkungan, dan Teknologi pada Lahan <0,5 ha



Gambar 3. Analisis Sensitiv Dimensi Keberlanjutan Ekonomi, Lingkungan, dan Teknologi pada Lahan >0,5 ha

Analisis sensitivitas yang ditampilkan dalam Gambar 2 dan Gambar 3 mengungkap faktor-faktor kunci yang paling memengaruhi tingkat keberlanjutan usahatani padi dengan teknologi budidaya berbasis mikroba (BBM), baik pada lahan berukuran kurang dari 0,5 hektar maupun lebih dari 0,5 hektar. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada dimensi ekonomi, faktor seperti akses pasar dan harga jual merupakan aspek yang paling sensitif dan berpengaruh terhadap keberlanjutan. Hal ini mencerminkan belum optimalnya transmisi harga dari pasar ke tingkat petani, sehingga pendapatan yang diperoleh belum mencerminkan nilai pasar yang sebenarnya. Khususnya pada petani dengan lahan kecil (< 0,5 ha), tingkat produktivitas dan rasio R/C juga menjadi faktor kritis yang perlu diperhatikan karena berkaitan langsung dengan efisiensi dan kelayakan usaha tani.

Pada dimensi lingkungan, mengungkapkan bahwa rotasi tanaman atau pola tanam memberikan dampak positif yang cukup besar dengan nilai sensitivitas aktual mencapai angka 1 dari batas maksimum 0,33. Sementara itu, beberapa variabel lain seperti penurunan produksi, penggunaan bahan organik, pemakaian pestisida kimia, penggunaan pupuk kimia, serta pemanfaatan pestisida nabati masih menunjukkan nilai aktual nol meskipun memiliki nilai sensitivitas maksimum yang bervariasi antara 0,2 hingga 0,5. Hal ini menunjukkan bahwa praktik rotasi tanaman telah berjalan optimal, sedangkan penerapan variabel-variabel lain belum memberikan kontribusi berarti terhadap keberlanjutan lingkungan. Sementara itu, pada dimensi teknologi, penggunaan benih unggul, teknologi pengolahan lahan, dan pengendalian hama terpadu (HPT) menjadi indikator yang paling berpengaruh. Petani yang mengadopsi BBM telah mulai menggunakan mesin pertanian dan teknik tanam yang lebih efisien, seperti pola tanam rapat 9×28 cm, meskipun penerapannya masih menghadapi kendala teknis.

Secara keseluruhan, analisis sensitivitas ini menunjukkan bahwa keberlanjutan usahatani padi BBM dapat ditingkatkan secara signifikan melalui intervensi yang terfokus pada faktor-faktor paling

berpengaruh di setiap dimensi. Identifikasi faktor sensitif ini menjadi dasar penting dalam merumuskan strategi pengembangan yang lebih efektif dan terarah, khususnya dalam mendukung petani skala kecil dan memperkuat sistem agribisnis yang berkelanjutan secara ekonomi, lingkungan, dan teknologi.

Berdasarkan hasil analisis *Multi-aspect Sustainability Analysis* (MSA), ditemukan bahwa faktor-faktor dengan tingkat sensitivitas tinggi terhadap kondisi saat ini berperan sebagai faktor kunci atau *leverage* yang dapat dijelaskan dan diterapkan untuk mencegah terus menurunnya tingkat keberlanjutan. Analisis ini mengidentifikasi bahwa beberapa atribut bertindak sebagai faktor pengungkit utama yang berperan dalam masing-masing dimensi secara parsial (Gambar 2). Ketiga dimensi utama yang sensitif terhadap perubahan mencakup aspek ekonomi, lingkungan, dan teknologi (Figliana, et al., 2021; Gairhe, et al., 2021). Untuk meningkatkan keberlanjutan usahatani padi teknologi BBM diperlukan intervensi strategis yang difokuskan pada faktor kunci yang telah diidentifikasi. Intervensi ini diharapkan dapat memperkuat status keberlanjutan secara menyeluruh pada seluruh dimensi yang dianalisis.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan teknologi budidaya berbasis mikroba (BBM) pada usahatani padi di Provinsi Lampung memiliki potensi mendukung pertanian berkelanjutan. Berdasarkan analisis *Multi-Aspect Sustainability Analysis* (MSA), sistem secara keseluruhan tergolong *Sustainable*, dengan dimensi teknologi paling unggul (*Very Sustainable*), diikuti dimensi lingkungan (*Sustainable*), dan ekonomi yang masih lemah (*Low Sustainable*).

Faktor-faktor kunci seperti harga jual, akses pasar, dan penggunaan pupuk organik menjadi penentu utama keberlanjutan. Oleh karena itu, peningkatan keberlanjutan usahatani padi BBM memerlukan dukungan teknologi, penguatan pasar, serta kebijakan dan petani yang terintegrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2022). *Rata-rata harga gabah bulanan menurut kualitas, komponen mutu dan HPP di tingkat petani 2021*. BPS-Statistics Indonesia.
- Bappenas. (2025). *Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2025–2045*. Kementerian PPN/Bappenas.
- Dadas, H., Andriani, E., & Wahyuni, S. (2022). Strategi pengembangan agribisnis beras sehat berbasis komunitas. *Jurnal Pengembangan Agribisnis*, 14(2), 112–124.
- Firmansyah, R., Widiatmaka, W., & Sitorus, S. R. P. (2016). Model integrasi penggunaan lahan berkelanjutan berbasis sistem informasi geografi (SIG). *Jurnal Tanah dan Iklim*, 40(1), 1–8.
- Gairhe, S., Paudel, B., & Bhatta, B. (2021). Enhancing sustainability in rice farming through integrated approaches: Lessons from South Asia. *Sustainability*, 13(4), 1885. <https://doi.org/10.3390/su13041885>
- Gulo, A., Siregar, M., & Lestari, R. (2024). Efektivitas mikroba tanah dalam meningkatkan hasil dan kualitas padi organik. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika*, 9(1), 22–31.
- Mawarsari, V. D., & Noor, T. (2000). Multivariate statistical approach for sustainable agriculture assessment. *Agricultural Systems*, 65(3), 235–245.
- Pusat Sains. (2023). *Panduan aplikasi perangkat lunak MSA untuk analisis keberlanjutan sektor pertanian*. Jakarta: Pusat Sains dan Teknologi Pertanian Berkelanjutan.
- Sukwika, A. (2020). *Pendekatan multi aspek dalam evaluasi keberlanjutan sistem pertanian*. Yogyakarta: Penerbit Agroindustri Nusantara.
- Vista, A. D., Prakoso, Y. A., & Handayani, T. (2021). Potensi pasar beras sehat dan strategi distribusinya di perkotaan. *Jurnal Ekonomi dan Agribisnis*, 5(3), 175–183.
- Widiatmaka, W. (2015). Perencanaan penggunaan lahan berkelanjutan: Konsep dan aplikasi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9(2), 67–76.
- Widiatmaka, W., Suharto, R., & Tandi, J. (2013). Evaluasi keberlanjutan usahatani padi berbasis lahan kering dengan pendekatan multiaspek. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 15(2), 45–52.
- Widiatmaka, W., Kustiawan, A., & Subiksa, I. G. M. (2014). Pengembangan sistem informasi geospasial untuk penilaian keberlanjutan pertanian. *Agro Ekonomi*, 32(1), 25–36.