

INTEGRASI PENGELOLAAN AIR, PUPUK, DAN HAMA SEBAGAI STRATEGI PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN SEMI ARID

Melinda R.S. Moata^{1)*} dan Jacqualine A. Bunga¹⁾

¹⁾Politeknik Pertanian Negeri Kupang,
Jl. Prof. Dr. Herman Yohanes Lasiana Kupang-NTT

*e-mail korespondensi: rosita.moata@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis produktivitas tanaman pangan dan hortikultura berdasarkan faktor lingkungan, pengendalian hama, serta adaptasi terhadap bencana pertanian di wilayah semi arid Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini mengambil lokasi sampel 25 kelompok tani di Kabupaten Kupang. Data lapangan mencakup variabel luas lahan, hasil panen, sumber air, penggunaan pupuk, serta jenis hama dan strategi pengendaliannya. Analisis dilakukan secara deskriptif, korelatif, dan visual menggunakan grafik produktivitas (ton/ha) serta frekuensi kejadian lingkungan. Hasil menunjukkan bahwa luas lahan berhubungan positif kuat dengan hasil panen ($r = 0,95$), dengan rata-rata produktivitas padi 4-5 ton/ha dan tomat 36 ton/ha. Faktor dominan yang mempengaruhi produktivitas meliputi kekeringan (33%), hama (33%), dan perubahan iklim (50%). Pengendalian hama dilakukan melalui kombinasi metode tradisional (57,1%) dan kimia (42,9%) yang menunjukkan pola adaptasi menuju sistem Pengendalian Hama Terpadu. Hasil menegaskan bahwa pengelolaan air, pupuk, serta pengendalian biotik menjadi kunci efisiensi lahan dan keberlanjutan produksi di tengah perubahan iklim.

Kata kunci: Faktor Lingkungan, Pengendalian Hama, Perubahan Iklim, Pertanian Berkelanjutan, Produktivitas

ABSTRACT

This study analyzes the productivity of food and horticultural crops in dryland areas of East Nusa Tenggara, Indonesia, considering environmental factors, pest management, and disaster adaptation strategies. Twenty-five farmer groups from Kupang district were surveyed. Data included land area, crop yield, water sources, fertilizer use, pest types, and control methods. Analyses used descriptive, correlative, and visual approaches with productivity graphs (tons/ha) and environmental frequency. Results showed a strong positive correlation between land area and yield ($r = 0.95$), with average productivity of 0.157 tons/ha for rice and 0.167 tons/ha for tomato. Key limiting factors were drought (33%), pest attacks (33%), and climate variability (50%). Pest control combined traditional (57.1%) and chemical (42.9%) methods, indicating gradual adoption of Integrated Pest Management (IPM). Efficient water, fertilizer, and biotic stress management are essential for sustainable production. Further research with larger samples is needed to improve predictive models integrating ecological and socio-economic factors.

Keywords: Productivity, Environmental Factors, Pest Management, Climate Change, Sustainable Agriculture

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global telah menimbulkan dampak nyata terhadap sistem produksi pertanian, terutama di wilayah kering Indonesia bagian timur seperti Nusa Tenggara Timur (NTT). Fluktuasi curah hujan (BMKG, 2023), meningkatnya suhu udara, serta frekuensi kekeringan yang tinggi menyebabkan penurunan produktivitas lahan dan efisiensi penggunaan input pertanian. Kondisi agroklimat semi-arid di kawasan ini menjadikan sektor pertanian sangat bergantung pada pengelolaan sumber daya alam yang adaptif, seperti ketersediaan air irigasi, kesuburan tanah, dan keberlanjutan praktik budidaya. Hal ini juga dipengaruhi oleh dampak perubahan iklim bagi ketahanan bidang pertanian (FAO, 2021; World Bank. 2022).

Berbagai komoditas pangan dan hortikultura, seperti padi, jagung, dan bawang merah, menghadapi tantangan produksi yang kompleks, baik dari faktor abiotik (kekeringan, angin, dan curah hujan rendah) (Malau, et al, 2023) maupun biotik (serangan hama dan penyakit). Data lapangan menunjukkan bahwa 50% gangguan produksi disebabkan oleh faktor iklim, sedangkan 33% lainnya oleh hama tanaman utama seperti wereng, keong mas, dan layu Fusarium. Ketergantungan terhadap input kimia sintesis (pestisida, fungisida, dan pupuk anorganik) masih tinggi, sementara kemampuan petani dalam memanfaatkan sumber daya lokal seperti pestisida nabati dan pupuk organik belum optimal.

Penerapan Pengendalian Hama Terpadu dan manajemen input berkelanjutan menjadi solusi untuk meningkatkan produktivitas lahan serta menjaga kesehatan ekosistem pertanian. Selain itu, penguatan kapasitas adaptasi petani melalui inovasi teknologi sederhana, diversifikasi sumber air (sumur bor dan agroforestry), serta penggunaan varietas tahan hama perlu terus dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis hubungan antara faktor lingkungan dan hasil produksi tanaman pangan dan hortikultura, (2) mengidentifikasi dampak bencana iklim dan hama terhadap produktivitas lahan, dan (3) mengevaluasi strategi pengendalian hama yang diterapkan petani, baik secara tradisional maupun kimia sistensis. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan model pertanian adaptif dan berkelanjutan yang sesuai dengan kondisi ekologi wilayah kering Indonesia timur.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di beberapa sentra budidaya pertanian wilayah kering di Kabupaten Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang memiliki karakteristik agroekologi semi-arid dengan curah hujan tahunan antara 800–1200 mm/tahun. Kondisi iklim yang kering dan fluktuatif menjadikan wilayah ini representatif untuk menilai pengaruh faktor lingkungan terhadap produktivitas pertanian. Kegiatan pengumpulan data lapangan dilakukan pada bulan Maret hingga September 2024, yang bertepatan dengan periode utama musim tanam dan panen komoditas pangan serta hortikultura.

Desain Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode survei dengan pendekatan campuran (mixed-method), yang menggabungkan analisis kuantitatif dan kualitatif. Sebanyak 25 kelompok tani responden petani dipilih secara purposive sampling, dengan kriteria memiliki kegiatan budidaya aktif pada komoditas padi, jagung, tomat, dan bawang merah.

Data yang dikumpulkan meliputi: 1) Karakteristik lahan: luas lahan (dalam hektar setelah konversi dari acre), 2) Input produksi: sumber air (sungai, pompa, sumur bor), jenis pupuk (anorganik/organik), dan metode pengendalian hama (tradisional atau kimia sintesis), 3) Data hasil panen: total hasil (ton) dan produktivitas (ton/ha). 4) Faktor lingkungan: kejadian kekeringan, serangan hama, angin kencang, dan kenaikan biaya produksi. Data sekunder diperoleh dari Dinas Pertanian setempat dan catatan iklim BMKG wilayah NTT untuk memvalidasi pola curah hujan dan data bencana pertanian.

Variabel dan Pengukuran

Variabel kuantitatif yang digunakan antara lain:

- a. Luas lahan (ha), diukur berdasarkan estimasi dan pemetaan lahan petani.
- b. Hasil panen (ton/ha), dihitung dari bobot panen aktual dibagi luas lahan.
- c. Sumber air dan jenis pupuk, diklasifikasikan dalam bentuk dummy.
- d. Kejadian hama dan kekeringan, dicatat berdasarkan observasi petani.

Sedangkan variabel kualitatif seperti jenis strategi adaptasi, metode pengendalian tradisional, dan kendala budidaya dianalisis melalui kategorisasi tematik.

Analisis Data

Data dianalisis dengan statistik deskriptif untuk menggambarkan karakteristik umum sistem budidaya dan faktor lingkungan. Selanjutnya dilakukan analisis korelasi dan regresi linear berganda (Ordinary Least Squares/OLS) untuk mengukur hubungan antara hasil panen (Y) dengan faktor-faktor penentu, meliputi luas lahan, jenis pengairan, pupuk, dan metode pengendalian hama.

Model umum yang digunakan adalah:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \varepsilon$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \varepsilon$$

dengan:

Y = hasil panen (ton/ha),

$X_1 X_1$ = luas lahan, $X_2 X_2$ sumber air,

$X_3 X_3$ = metode pengendalian hama, $X_4 X_4$ = jenis pupuk,

ε = error acak.

Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak Python (pandas, matplotlib, dan statsmodels) serta validasi silang melalui Microsoft Excel. Hasil divisualisasikan dalam bentuk diagram batang, lingkaran, sebar (scatter plot), serta infografis ilmiah untuk mendukung interpretasi hasil penelitian.

Etika Penelitian

Seluruh responden diberikan penjelasan tentang tujuan penelitian dan menyetujui penggunaan data untuk publikasi ilmiah. Tidak ada data pribadi yang dikumpulkan, dan seluruh informasi dijaga kerahasiaannya sesuai prinsip etika penelitian sosial-lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Umum Sistem Budidaya di wilayah semi arid

Hasil survei terhadap 25 kelompok tani responden menunjukkan bahwa sistem budidaya di wilayah semi arid Nusa Tenggara Timur didominasi oleh komoditas padi, jagung, tomat, dan bawang merah. Sebagian besar petani mengusahakan lahan dengan luas rata-rata 0,4–2,0 hektar, bergantung pada akses air dan kepemilikan lahan. Sumber air utama yang digunakan adalah irigasi pompa dan sungai, sementara sebagian kecil petani mengandalkan air hujan dan sumur bor. Jenis pupuk yang paling umum digunakan adalah pupuk kimia sintesis (Urea, NPK, ZA), namun mulai muncul adopsi pupuk organik seperti kompos dan pupuk kandang di beberapa lokasi.

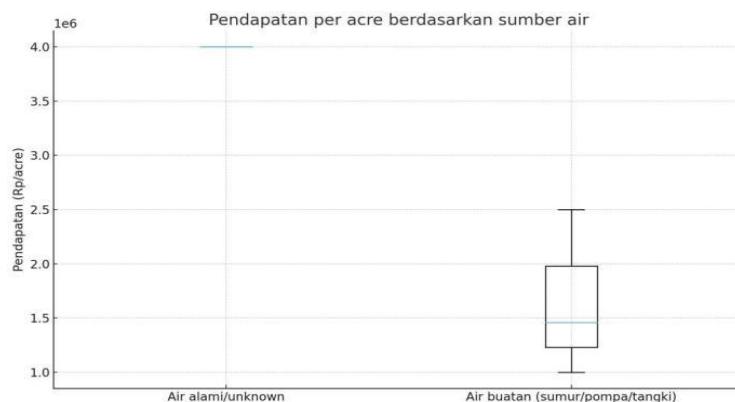
Kondisi agroklimat yang kering dengan intensitas hujan rendah berdampak langsung terhadap produktivitas lahan. Meskipun demikian, sebagian petani telah menerapkan teknik adaptasi sederhana, seperti penggunaan mulsa, rotasi tanaman, dan pemilihan varietas tahan kering.

Hubungan antara Luas Lahan dan Produktivitas

Analisis korelasi menunjukkan bahwa luas lahan berhubungan positif sangat kuat dengan hasil panen ($r = 0,95$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin luas lahan yang diusahakan, semakin besar pula hasil panen yang diperoleh. Hasil regresi linear berganda memperkuat temuan ini, di mana variabel luas lahan memberikan kontribusi paling besar terhadap peningkatan hasil dibandingkan variabel lain.

Efisiensi penggunaan lahan dan pengelolaan input menjadi faktor utama peningkatan produktivitas pertanian lahan marginal di timur (Fahmi et al., 2022). Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa produktivitas pertanian di wilayah kering sangat dipengaruhi oleh luas lahan, sumber air, dan tekanan biotik. Peningkatan hasil dapat dicapai melalui optimalisasi efisiensi lahan dan adaptasi teknologi berbasis lokal. Perubahan iklim yang menyebabkan kekeringan dan ledakan hama memerlukan pendekatan integratif melalui: diversifikasi sumber air, penguatan PHT, dan edukasi petani mengenai manajemen input ekologis. Secara

ilmiah, penelitian ini mendukung teori pertanian adaptif terhadap perubahan iklim (climate-resilient agriculture), di mana kombinasi strategi sosial-ekonomi dan ekologis mampu meningkatkan ketahanan produksi.



Gambar 1. Pendapatan per acre bedasarkan sumber air

Sistem pertanian di semi arid sangat bergantung pada ketersediaan air. Ketergantungan pada air buatan mencapai 62%. Rata-rata produktifitas tanaman 4-5 ton/ha untuk petani padi sawah yang menggunakan tambahan air sumur bor. Pendapatan petani rata-rata Rp 5.598.958/Ha dan biaya rata-rata Rp 1.754.165/Ha. Sementara petani tomat produktifitasnya 36 ton/Ha dan mendapat margin positif keuntungan 50%. Dilain pihak produktifitas Jagung di NTT antara 0,46-3,7 ton/ ha dengan pendapatan rata-rata Rp 7.602.172/Ha (Adar & Bano, 2020). Namun, petani bawang merah mendapat margin negatif dimana biaya terbanyak untuk pengendalian hama dan penyakit tanaman juga biaya air atau pompa dan traktor menjadi komponen dominan di musim kering. Indikasi kerentanan biaya input dan kehilangan panen sekitar \pm 2%. Ada beberapa dampak perubahan iklim dan resiko antara lain: 1) ketergantungan air buatan (sumur/pompa/tangki) sekitar \geq 50% menandakan adaptasi terhadap kekeringan; 2) kendala iklim yang eksplisit: lahan basah/terendam, lahan kering/kurang dosis, dan tanah liat rawan terendam. Ini konsisten dengan fluktuasi hujan & drainase buruk; 3) Hama/penyakit: tercatat Walang sangit (padi), penggunaan pestisida kimia sintesis (tomat), serta kerusakan umbi (~2%) pada bawang. Korelasi pendapatan/ha dan produktivitas (ton/ha) menunjukkan arah positif (sejalan secara ekonomi). Variabel indikator air buatan dan kendala iklim

cenderung berasosiasi negatif dengan pendapatan/ha. Biaya irigasi/risiko panen cenderung menekan pendapatan.

Terdapat variasi produktivitas antar komoditi dimana padi cenderung berada antara 4-5 t/ha, di bawah standar yang mengindikasi inefisiensi penggunaan (dosis pupuk/air) atau stres iklim. Biasanya hasil yang tinggi akan mempengaruhi pendapatan yang tinggi, namun dapat terganggu jika dipengaruhi oleh faktor biaya dan kehilangan panen. Adanya pendapatan medium jika menggunakan tambahan sumber air buatan, dimana > 50% bergantung air buatan. Hal ini menunjukkan beban biaya energi/ air serta lemahnya sistem irigasi saat musim ekstrim.

Faktor Lingkungan dan Kejadian Bencana Pertanian

Berdasarkan hasil survei dan verifikasi lapangan, tercatat empat jenis bencana utama yang berdampak pada sistem produksi, yaitu kekeringan (33%), serangan hama (33%), angin kencang (17%), dan biaya produksi tinggi (17%). Dampak langsung bencana berupa penurunan hasil panen, gagal tanam sebagian, dan kerusakan tanaman muda. Namun, sebagian petani telah melakukan langkah adaptif seperti: pembuatan sumur bor dan penampungan air hujan, pengaturan pola tanam berdasarkan prakiraan cuaca, penerapan agroforestry untuk menekan efek kekeringan dan angin. Visualisasi frekuensi bencana dalam diagram batang memperlihatkan bahwa kekeringan dan hama merupakan ancaman paling dominan bagi petani lahan kering.

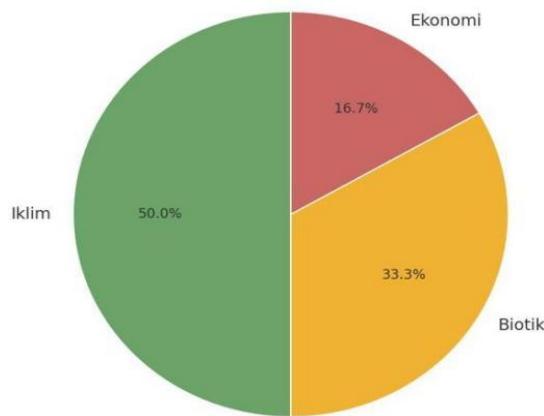


Gambar. 2. Tantangan Usaha Tani di wilayah semi arid NTT

Tabel 1. Analisis *Theory of change* (masalah, penyebab, akibat, dan solusi)

Bencana	Penyebab	Akibat	Penanganan
Angin	Perubahan iklim (skilon)	Tanaman Ternak mati	& Agroforestry (pohon penahan angin)
Hama Keong mas	Transport hama melalui air	Tanaman mati	Kimia sintesis (menyebabkan kematian biota lain), Mekanik (mengambil & membuang)
Hama Wereng	Tidak tuntas penanganan	Penurunan produksi	IPM (Pestisida nabati + kimia + lingkungan), benih tahan wereng
Kekeringan	Curah hujan rendah	Tidak dapat menanam	Sumur bor
Kekeringan	Curah hujan rendah	Penurunan produksi	Altermatif sumber air
Harga produksi tinggi	Kelangkaan puouk, benih baru, dan mahal	Populasi tanaman berkurang	Alternatif benih lokal, pupuk organik dari limbah

Proporsi Penyebab Utama Bencana Pertanian



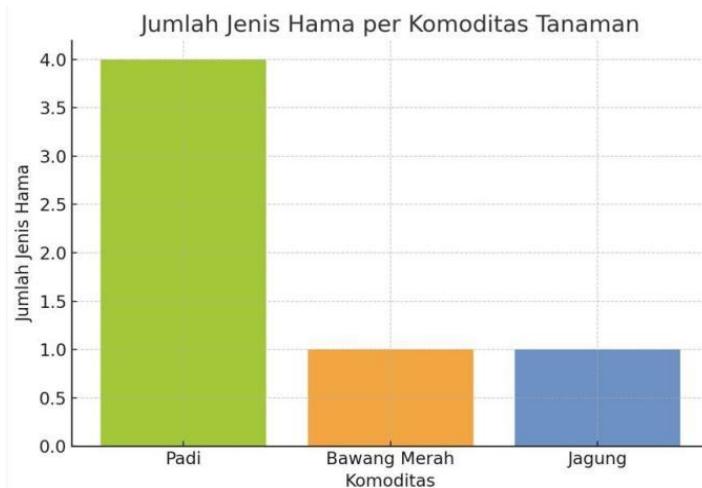
Gambar 3. Tiga faktor utama penyebab masalah pertanian

Gambar 3 menunjukkan proporsi penyebab utama bencana (masalah) pertanian di NTT secara umum. Faktor iklim (perubahan cuaca, curah hujan rendah) (Malau, et al, 2023) mendominasi sebesar 50%, faktor biotik (hama & penyakit tanaman) sebesar 33%, faktor ekonomi (Estiningtyas, et al., 2024). kelangkaan input produksi, modal) sebesar 17%. Pola ini menegaskan bahwa perubahan iklim dan tekanan biotik adalah penyebab dominan gangguan produksi pertanian. Dampak perubahan iklim telah nyata mempengaruhi produksi tanaman dimana setiap komoditi memiliki nilai ambang dan dampak

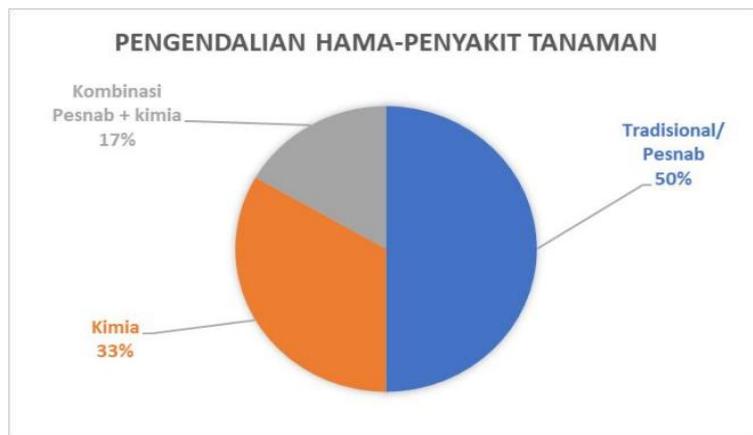
yang berbeda (Strategi adaptasi seperti agroforestry, IPM terpadu, dan diversifikasi sumber air menjadi kunci peningkatan ketahanan sistem pertanian.

Pengendalian Hama dan Strategi Adaptasi

Jenis hama yang paling sering muncul adalah wereng, ulat tanah, walang sangit, dan keong mas pada tanaman padi, serta layu fusarium pada bawang merah dan bulai cendawan pada jagung. Strategi pengendalian yang dilakukan petani terbagi menjadi tiga pendekatan: metode tradisional (50%): penggunaan bahan alami seperti daun *Kaliandra*, buah lontar, dan campuran cuka-air; Metode kimia (33%): penggunaan pestisida sintetik seperti *Furadan*, *Afatar*, dan fungisida semprot mingguan; dan kombinasi metode tradisional dan kimia (17%). Gabungan kedua pendekatan ini mencerminkan pola Pengendalian Hama Terpadu (PHT) yang mulai diterapkan di tingkat petani. Meskipun demikian, masih ditemukan keterbatasan dalam pengetahuan formulasi dosis dan standarisasi waktu aplikasi pestisida nabati. Analisis visual pie chart menunjukkan bahwa petani mulai beralih dari dominasi bahan kimia sintesis menuju kombinasi ramah lingkungan, yang menandakan transisi menuju sistem pertanian berkelanjutan.



Gambar 4. Jumlah jenis hama & penyakit per komoditi tanaman



Gambar 5. Metode pengendalian hama & penyakit tanaman

Namun, tantangan penggunaan bahan lokal untuk pengendalian hama penyakit tanaman, yaitu kesulitan membuat pestisida nabati sendiri, akses lebih mudah ke bahan kimia sehingga ketergantungan input eksternal, dan tidak ada standarisasi dosis & jadwal penyemprotan, sehingga petani cenderung mengombinasikan kedua metode secara adaptif. Pengendalian hama terpadu menjadi pendekatan yang tepat untuk memastikan dampak ekonomi, ekologi, dan sosiologi (Asril, M., et. al., 2022). Penelitian ini mendukung teori pertanian adaptif terhadap perubahan iklim (*climate-resilient agriculture*) (FAO, 2021, World Bank. 2022), di mana kombinasi strategi sosial-ekonomi dan ekologis mampu meningkatkan ketahanan produksi. Faktor iklim dan hama merupakan penyebab utama penurunan produktivitas. Petani telah mengadopsi pola Pengendalian Hama Terpadu (PHT) berbasis lokal. Efisiensi input dan diversifikasi sumber air menjadi kunci adaptasi keberlanjutan. Strategi ini juga diusulkan oleh Harini, et al (2022) yang melakukan penelitian di Jawa bahwa adaptasi ketahanan pangan terhadap perubahan iklim meliputi pengembangan irigasi, pengendalian hama-penyakit, dan alternatif penghasilan lain.

SIMPULAN

Penelitian ini menegaskan bahwa produktivitas tanaman pangan dan hortikultura di wilayah kering Kabupaten Kupang, NTT sangat dipengaruhi oleh kombinasi faktor lingkungan, pengelolaan input, serta strategi pengendalian hama yang diterapkan petani. Hasil analisis menunjukkan bahwa luas lahan

memiliki korelasi positif sangat kuat terhadap hasil panen ($r = 0,95$), menandakan bahwa efisiensi skala usaha berperan penting dalam peningkatan produksi. Komoditas padi dan tomat menunjukkan produktivitas rata-rata masing-masing sebesar 4-5 ton/ha dan 36 ton/ha, dengan variasi dipengaruhi oleh ketersediaan air, intensitas hama, serta penggunaan pupuk.

Dalam rangka peningkatan produksi pertanian di wilayah semi arid NTT maka perlu diperhatikan peningkatan Kapasitas Petani, diversifikasi dan Pengelolaan Air, inovasi teknologi pertanian, dan pendekatan ekologis berbasis lokal. Diperlukan penguatan riset terkait pemanfaatan sumber daya lokal (tanaman penolak hama, bahan organik, dan mikroba tanah) sebagai alternatif input kimia. Untuk penelitian berikutnya akan melibatkan sampel lebih besar antar kecamatan dan menggunakan pendekatan model spasial dan temporal untuk membangun model prediksi produktivitas yang lebih komprehensif berbasis faktor iklim dan sosial ekonomi. Hasil penelitian ini mendukung arah kebijakan pertanian berkelanjutan berbasis adaptasi iklim di Indonesia bagian timur. Pengintegrasian program PHT, konservasi air, dan penggunaan input ramah lingkungan dapat meningkatkan daya saing pertanian daerah semi arid sekaligus memperkuat ketahanan pangan nasional.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih untuk dukungan pendanaan riset ini dari dana DIPA Politani Kupang tahun 2024, juga dukungan fasilitas dan staff lapangan dalam pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Adar, D. dan Bano, M. 2020. Faktor-Faktor Penentu Efisiensi Teknis Usahatani Jagung Lahan Kering: Studi Kasus Di Kabupaten Kupang Provinsi Nusa Tenggara Timur, Indonesia. Jurnal Excellentia (P-ISSN:2301-6019) Hal (93-104). Volume Ix No 2, Desember 2020.
- Asril, M., Lismaini, Ginting, MS., Suryanti, E., Wahidah, Aksan, CWM., Joeniarti, E., 2022. Pengelolaan Hama Terpadu. Yayasan Kita Menulis. ISBN: 978-623-342-684-8.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2023. Laporan tahunan

- iklim Indonesia 2023. Jakarta: BMKG Press.
- Estiningtyas, W., Dariah A., Apriyana, Y. Dewi, E. R., 2024. Kajian dampak perubahan iklim pada sektor pertanian: Upaya strategis adaptasi untuk mendukung ketahanan pangan. Dalam D. E. Nuryanto & I. Fathrio (Ed.), Prediksi iklim untuk ketahanan pangan (15–58). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.1244.c1386. E-ISBN: 978-602-6303-49-3.
- Food and Agriculture Organization., 2021. The State of Food and Agriculture: Making agri-food systems more resilient to shocks and stresses. Rome: FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4476en>.
- Harini, T., Ariani, R.D., Yulianda, Y., dan Widayantari, R., 2022. Strategi adaptasi ketahanan pangan terhadap perubahan iklim di pinggiran Kota Yogyakarta, ISSN 0125 - 1790 (print), ISSN 2540-945X (online). Majalah Geografi Indonesia Vol. 35, No. 1, Maret 2022 (1– 9). DOI: 10.22146/mgi.60245.
- Malau, L. R. E, Rambe, K. R, Ulya, N. A., Purba, A. G. 2023. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Produksi Tanaman Pangan di Indonesia. Jurnal Penelitian Pertanian Terapan Vol. 23 (1): 34-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.25181/jppt.v23i1.2418>
Website:<http://www.jurnal.polinela.ac.id/JPPT>
- World Bank. 2022. Climate-smart agriculture in Indonesia: Building resilience for sustainable growth. Washington, DC: World Bank Publications.