

TELAAH LITERATUR: PENDEKATAN ADAPTASI, MITIGASI, DAN SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN TERHADAP DAMPAK PERUBAHAN IKLIM DI NTT

Welresna Juliatri Putri Rupiasa¹, Diana Tri Astuti², Imelda Sussanti Nailius³, Kartika
Ariaswara⁴, Yohanes Patrik Adventus Banda⁵

Bidang Riset dan Inovasi Daerah, Badan Perencanaan Pembangunan, Riset dan Inovasi
Daerah Provinsi Nusa Tenggara Timur

dhian.astuti@gmail.com,

ucinailius@gmail.com

kariaswara96@gmail.com

patrikbanda26@gmail.com

*korespondensi: welresnarupiasa07@gmail.com

Abstrak

Pertanian secara langsung menjadi salah satu sektor terdampak akibat perubahan iklim yang akan mempengaruhi kerentanan pangan daerah, khususnya di wilayah Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Kekeringan berkepanjangan, perubahan pada curah hujan dan pola cuaca ekstrem merupakan dampak perubahan iklim yang nyata dan menjadi tantangan di NTT. Hal ini tentunya mempengaruhi produktivitas pertanian yang akan menurun. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengidentifikasi dan memetakan dampak perubahan iklim terhadap kerentanan pangan di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) dengan fokus pada sektor pertanian lahan kering, mengidentifikasi *research gap* guna menentukan aspek yang memerlukan kajian lebih lanjut, Menelaah efektivitas pendekatan pertanian berkelanjutan dalam memperkuat ketahanan pangan dan menurunkan risiko iklim di tingkat lokal, merumuskan kerangka konseptual integratif yang menggabungkan adaptasi, mitigasi, dan penguatan sistem pangan sebagai landasan pengembangan kebijakan iklim dan pertanian berkelanjutan di NTT. Literatur ilmiah, laporan kebijakan serta studi lapangan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa metode adaptasi seperti penggunaan varietas yang tahan kekeringan, sistem agroforestri, integrasi kearifan lokal dan konservasi air menjadi sangat penting dalam meningkatkan ketahanan pangan masyarakat. Penggunaan pupuk organik dan pengurangan bahan kimia pertanian juga menjadi langkah yang diambil untuk mitigasi perubahan iklim. Adapun hasil penelitian ini menunjukkan bahwa partisipasi komunitas aktif, dukungan kebijakan lintas sektor serta penguatan kelembagaan penting dilakukan untuk keberhasilan strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Saran dari penelitian ini yaitu penggunaan pendekatan holistik dan terintegrasi untuk menciptakan sistem pangan yang tahan terhadap perubahan iklim di NTT.

Kata kunci: dampak perubahan iklim, kerentanan pangan, adaptasi, mitigasi, pertanian berkelanjutan

LITERATURE REVIEW: ADAPTATION, MITIGATION, AND THE SUSTAINABLE AGRICULTURAL APPROACH TO CLIMATE CHANGE IMPACT IN NTT

Welresna Juliatri Putri Rupiasa¹, Diana Tri Astuti², Imelda Sussanti Nailius³, Kartika Ariaswara⁴, Yohanes Patrik Adventus Banda⁵

Regional Research and Innovation Department, Regional Development Planning, Research, and Innovation Agency of East Nusa Tenggara Province

dhian.astuti@gmail.com,

ucinailius@gmail.com

kariaswara96@gmail.com

patrikbanda26@gmail.com

*korespondensi: welresnarupiasa07@gmail.com

Abstract

Agriculture is directly one of the sectors most affected by climate change, which influences regional food vulnerability, particularly in East Nusa Tenggara (NTT). Prolonged droughts, changes in rainfall, and extreme weather patterns are evident impacts of climate change and pose serious challenges in NTT. These conditions have decreased agricultural productivity. The aim of this study is to identify and map the impacts of climate change on food vulnerability in NTT with a focus on dryland agriculture, identify research gaps to determine aspects that require further study, examine the effectiveness of sustainable agricultural approaches in strengthening food security and reducing climate risks at the local level, and formulate an integrative conceptual framework that combines adaptation, mitigation, and food system strengthening as the foundation for developing climate and sustainable agriculture policies in NTT. Scientific literature, policy reports, and field studies indicate that adaptation methods such as the use of drought-resistant varieties, agroforestry systems, integration of local wisdom, and water conservation are crucial for improving community food security. The use of organic fertilizers and reducing chemical inputs are also steps taken to mitigate climate change. The findings show that active community participation, cross-sectoral policy support, and institutional strengthening are important for the success of adaptation and mitigation strategies. This study suggests the use of a holistic and integrated approach to build a climate-resilient food system in NTT.

Keywords: climate impact, food vulnerability, adaptation, mitigation, sustainable agriculture

Pendahuluan

Latar Belakang

Perubahan iklim menimbulkan ancaman nyata dan berkelanjutan terhadap pembangunan di seluruh dunia, terutama di sektor pertanian, yang sangat bergantung pada kondisi iklim. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007) mendefinisikan perubahan iklim sebagai setiap perubahan iklim dari waktu ke waktu, terlepas dari apakah perubahan tersebut disebabkan oleh variabilitas alami atau aktivitas manusia. Laporan IPCC terbaru (2023) menegaskan bahwa dampak perubahan iklim semakin kompleks dan sistemik, yang mempengaruhi berbagai sektor, termasuk ketahanan pangan, ketersediaan air, dan kesehatan masyarakat. Negara-negara berkembang dan wilayah tropis, seperti Indonesia, yang mengandalkan sistem pertanian berbasis lahan kering, adalah yang paling rentan.

Salah satu wilayah di Indonesia yang sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim adalah Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Wilayah ini dikenal dengan curah hujan yang rendah, iklim semi-kering, dan ketergantungan yang tinggi pada pertanian lahan kering sebagai

sumber utama pangan dan mata pencaharian. Musim tanam yang tidak stabil, kekeringan yang lebih sering, dan meningkatnya suhu permukaan secara langsung menyebabkan penurunan produktivitas pertanian, gagal panen, dan penurunan pendapatan rumah tangga petani (Putri Sinaga dkk., 2024). Kondisi ini secara langsung memperburuk kerawanan pangan di beberapa kabupaten, seperti Sumba, Timor Tengah Selatan, dan Belu—wilayah yang juga mengalami tingkat stunting dan kerawanan pangan yang tinggi setiap tahunnya.

Data Badan Pangan Nasional (2023) menunjukkan bahwa 13 dari 22 kabupaten/kota di wilayah NTT tergolong daerah rawan pangan, dan beberapa di antaranya, seperti Kupang dan Belu, tergolong sangat rentan menurut Indeks Ketahanan Pangan dan Perubahan Iklim. Tingkat kerentanan ini tidak hanya disebabkan oleh kondisi biofisik dan geografis, tetapi juga diperparah oleh terbatasnya akses terhadap infrastruktur pertanian, kurangnya inovasi teknologi ramah iklim, serta lemahnya dukungan kelembagaan dan keuangan bagi petani kecil.

Situasi ini menyoroti kebutuhan mendesak akan penelitian yang secara sistematis mengkaji strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam konteks ketahanan pangan di wilayah rentan seperti NTT. Strategi adaptasi, seperti diversifikasi varietas tahan iklim, penyesuaian kalender tanam, dan pengelolaan air lokal, harus dikombinasikan dengan metode mitigasi seperti pertanian konservasi, reklamasi lahan, dan penggunaan pupuk organik (Malau dkk., 2025). Lebih lanjut, pendekatan agroforestri yang berhasil diterapkan di Sumba menunjukkan potensi besar sebagai model yang mampu menjawab kebutuhan adaptasi sekaligus berkontribusi pada penyerapan karbon (Praseyo, 2016). Penggunaan teknologi spasial seperti Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menggambarkan zona-zona sensitif iklim juga membuka peluang untuk mengembangkan strategi adaptasi yang lebih tepat dan berbasis bukti. Penelitian oleh Malau dkk. (2025) menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam merancang kebijakan adaptasi yang peka terhadap konteks dan responsif terhadap kondisi biofisik setempat.

Oleh karena itu, studi ini krusial untuk mengidentifikasi, membandingkan, dan mengevaluasi berbagai strategi adaptasi dan mitigasi yang diterapkan di wilayah semi-kering seperti NTT, khususnya dalam mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan sebagai fondasi ketahanan pangan regional. Tanpa pendekatan adaptasi yang terarah dan terintegrasi, perubahan iklim berpotensi memperburuk ketimpangan regional dan kerawanan pangan struktural. Studi ini bertujuan untuk mengkaji sejauh mana strategi-strategi ini berkontribusi terhadap upaya mitigasi perubahan iklim dan merumuskan pendekatan yang paling tepat untuk diterapkan di wilayah semi-kering seperti NTT.

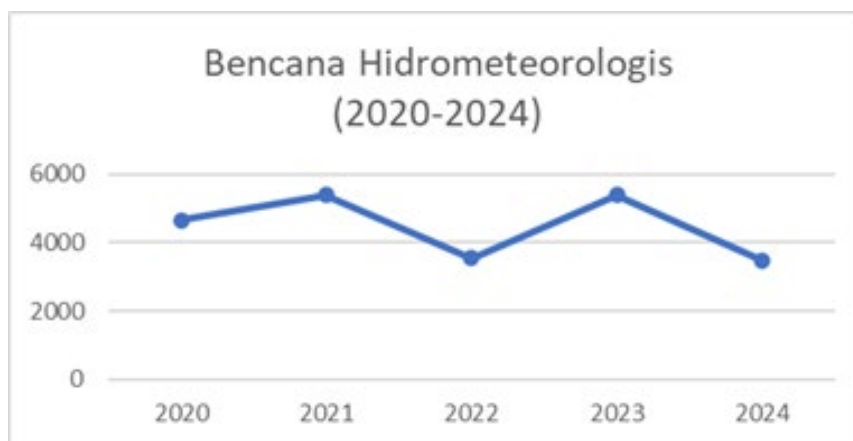
Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi dan memetakan dampak perubahan iklim terhadap kerentanan pangan di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT), dengan fokus pada sektor pertanian lahan kering.
2. Mengidentifikasi *research gap* guna menentukan aspek yang memerlukan kajian lebih lanjut.
3. Menelaah efektivitas pendekatan pertanian berkelanjutan dalam memperkuat ketahanan pangan dan menurunkan risiko iklim di tingkat lokal.
4. Merumuskan kerangka konseptual integratif yang menggabungkan adaptasi, mitigasi, dan penguatan sistem pangan sebagai landasan pengembangan kebijakan iklim dan pertanian berkelanjutan di NTT.

Perubahan Iklim dan Ketahanan Pangan: Konsep Global hingga Lokal

Perubahan iklim merupakan fenomena global yang berdampak sistemik terhadap keberlanjutan sistem pangan, terutama di negara berkembang. Menurut IPCC (2007), perubahan iklim didefinisikan sebagai pergeseran kondisi iklim akibat variasi alami maupun aktivitas manusia, yang ditandai oleh peningkatan suhu rata-rata global, naiknya permukaan laut, perubahan pola curah hujan, dan meningkatnya kejadian cuaca ekstrem. Emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen oksida (N₂O)—yang mayoritas berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, praktik pertanian, serta perubahan penggunaan lahan—merupakan penyebab utama perubahan iklim (IPCC, 2023).



Sumber: BNPB, 2024

Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), sepanjang tahun 2020–2024, bencana hidrometeorologis mengalami peningkatan dan fluktuasi tajam dari tahun ke tahun. Jenis bencana yang dominan meliputi banjir, kekeringan, angin puting beliung, kebakaran hutan dan lahan, serta gelombang ekstrem. BNPB menegaskan bahwa sebagian besar kejadian ini dipicu oleh perubahan iklim dan cuaca ekstrem, yang kini menjadi ancaman sistemik terhadap masyarakat, khususnya di wilayah rentan seperti Nusa Tenggara Timur (BNPB, 2024).

Wilayah tropis dan semi-arid seperti Indonesia, khususnya Asia Tenggara, sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim karena tingginya ketergantungan pada sektor pertanian tradisional, terbatasnya kapasitas adaptasi, serta lemahnya sistem perlindungan sosial (IPCC, 2007). Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2022) menunjukkan bahwa suhu rata-rata di Indonesia meningkat sebesar 0,3–0,8°C dalam tiga dekade terakhir. Musim kemarau cenderung lebih panjang, sementara musim hujan berlangsung lebih pendek namun lebih ekstrem (KLHK, 2022).

Di NTT, dampak perubahan iklim terasa semakin parah dalam bentuk kekeringan berkepanjangan akibat El Niño. Musim kemarau yang lebih panjang serta curah hujan yang menurun menyebabkan banyak wilayah, seperti Sumba Timur, mengalami krisis air dan gagal panen. Kekeringan ini memaksa keluarga membeli air bersih dengan harga tinggi, dan petani mengalami penurunan produksi pangan yang signifikan (Karuniasa & Pambudi, 2022; Kuswanto et al., 2019). Masalah lain juga adanya risiko banjir rob di Kota Kupang yang meningkat akibat naiknya permukaan laut. Kawasan pesisir seperti Oesapa dan Kelapa Lima menjadi langganan banjir pasang, yang pada Februari 2014 merendam rumah warga hingga 70 cm. Infrastruktur pesisir yang belum adaptif memperburuk dampak terhadap permukiman dan

kesehatan masyarakat (Saraswati et al., 2021). Selain itu, urbanisasi yang tidak diiringi pembangunan infrastruktur dasar membuat masyarakat perkotaan di Kupang semakin rentan terhadap krisis air, cuaca ekstrem, dan ancaman terhadap ketahanan pangan. Sementara itu, petani dan nelayan di pedesaan menghadapi ketidakpastian musim tanam dan hasil tangkapan ikan akibat perubahan pola iklim (Taylor et al., 2015).

Konsep dan Dimensi Kerentanan Pangan

Kerentanan pangan terjadi ketika individu atau kelompok tidak mampu memperoleh pangan yang cukup dalam aspek jumlah, mutu, dan keberlanjutan. FAO mengklasifikasikan kerentanan pangan berdasarkan tiga dimensi utama: *exposure* (tingkat paparan terhadap risiko), *sensitivity* (kerentanan sistem terhadap dampak), dan *adaptive capacity* (kemampuan untuk beradaptasi). Dalam konteks perubahan iklim, kerentanan pangan diperburuk oleh perubahan musim tanam, suhu tinggi, dan bencana alam seperti kekeringan atau banjir. Studi Juliannisa et al. (2025) serta Sihombing et al. (2023) menunjukkan bahwa fenomena El Niño dan La Niña secara langsung mengganggu sistem pertanian dan memperbesar risiko gagal panen

Kerentanan Pangan di NTT: Gambaran Regional

Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan salah satu wilayah paling rentan terhadap kerawanan pangan di Indonesia. Kondisi geografis yang khas seperti curah hujan rendah (800–1500 mm/tahun), topografi berbukit, tanah dengan kandungan unsur hara rendah, dan dominasi sistem pertanian lahan kering menjadikan NTT sangat tergantung pada iklim untuk memenuhi kebutuhan pangan. Badan Pangan Nasional (2023) mengklasifikasikan 13 dari 22 kabupaten/kota di NTT sebagai daerah rawan pangan, termasuk Kabupaten Belu, Malaka, Sumba Timur, Timor Tengah Selatan, dan Alor. Kerentanan ini diperburuk oleh beberapa faktor, yaitu ketergantungan pada satu komoditas utama (jagung), rendahnya cadangan pangan di tingkat rumah tangga, tingginya prevalensi stunting yang mencapai 35,3% pada tahun 2022, serta kasus gizi buruk yang terus meningkat terutama di wilayah pedesaan (Badan Pangan Nasional, 2023)

Data dari BPS (2022) menunjukkan bahwa lebih dari 50% rumah tangga petani di NTT bergantung pada pertanian tadah hujan, yang sangat rentan terhadap pergeseran pola musim. Sebagian besar petani juga memiliki lahan kurang dari 0,5 hektar, sehingga kapasitas produksi sangat terbatas. Selain itu, sistem irigasi teknis hanya menjangkau sekitar 15% dari lahan pertanian yang ada di wilayah ini. Dalam situasi El Niño atau kekeringan berkepanjangan, produksi jagung dan padi bisa turun hingga 40%, sebagaimana tercatat pada musim tanam 2019/2020 (Sinaga, P., et al, 2024).

Faktor Sosial dan Struktural dalam Kerentanan Pangan NTT

Analisis oleh Tono et al. (2016) menyebutkan bahwa sekitar 44,9% desa di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) tergolong sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim, terutama disebabkan oleh rendahnya akses terhadap air bersih, listrik, sanitasi, serta fasilitas kesehatan dasar. Kerentanan ini diperburuk oleh minimnya diversifikasi ekonomi di tingkat desa dan ketergantungan tinggi pada pertanian musiman yang berbasis tadah hujan. Dalam situasi ini, masyarakat sulit melakukan adaptasi terhadap perubahan pola cuaca dan gagal panen.

Laporan CLEAR+ (2024) juga menyoroti bahwa ketimpangan infrastruktur dasar dan terbatasnya akses terhadap layanan publik, seperti pendidikan dan pasar, merupakan hambatan utama dalam membangun ketahanan pangan lokal yang tangguh di wilayah semi-arid seperti

NTT. Indeks Ketahanan Sosial Ekonomi (IKSE) dari Bappenas tahun 2023 menunjukkan bahwa 10 dari 22 kabupaten/kota di NTT memiliki skor IKSE di bawah rata-rata nasional, yang mencerminkan tingginya kerentanan sosial dan ekonomi rumah tangga terhadap guncangan iklim. Hal ini berimplikasi langsung terhadap stabilitas produksi pangan, daya beli, serta kapasitas adaptif masyarakat desa.

Sebagai contoh, pada tahun 2022, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat lebih dari 350 desa di NTT mengalami krisis air bersih saat musim kemarau, yang berdampak langsung pada aktivitas pertanian, ketersediaan pangan lokal, dan kesehatan masyarakat. Tanpa intervensi yang terencana dan terpadu, risiko berulangnya kerentanan pangan di NTT akan semakin tinggi, terutama dalam konteks perubahan iklim yang makin tidak menentu.

Dampak Iklim terhadap Ketahanan Pangan di NTT

Risiko Iklim dan Krisis Pangan

Dampak perubahan iklim di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) meliputi degradasi ekosistem, gangguan terhadap sistem pangan lokal, dan tekanan signifikan terhadap sumber daya air. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2023) menggarisbawahi bahwa peningkatan suhu global lebih dari 2°C akan memberikan dampak permanen dan tidak dapat dibalik terhadap sistem alam dan kehidupan manusia, terutama di wilayah tropis dan semi-arid seperti Indonesia timur. Di NTT, tren peningkatan suhu dan pergeseran musim telah memicu kekeringan yang lebih panjang, curah hujan tidak merata, dan peningkatan kejadian gagal panen (Karuniasa & Pambudi, 2022).

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS, 2022), sekitar 62% lahan pertanian di NTT bergantung pada curah hujan, dan 85% penduduk desa bekerja di sektor pertanian dan perikanan yang sangat rentan terhadap variabilitas iklim. Kekeringan pada musim tanam 2019 dan 2021 menyebabkan produksi jagung—komoditas utama pangan lokal—menurun hingga 38% di Kabupaten Belu dan Timor Tengah Selatan (BPS NTT, 2021). Sementara itu, tekanan terhadap ketersediaan air bersih semakin meningkat; data Dinas PUPR NTT menunjukkan bahwa hanya 29% desa memiliki akses terhadap sumber air permukaan yang layak pakai sepanjang tahun (PUPR NTT, 2022).

Kondisi tersebut juga berdampak pada kerusakan ekosistem penyangga, seperti hutan sekunder dan kawasan mangrove, yang mengalami degradasi akibat tekanan iklim dan konversi lahan (Saraswati et al., 2021). Ketahanan pangan masyarakat pun terganggu, tidak hanya dari sisi ketersediaan tetapi juga dari segi aksesibilitas dan stabilitas harga. Perubahan iklim juga mempercepat siklus kelaparan musiman, memperburuk status gizi, serta meningkatkan beban kesehatan masyarakat di wilayah-wilayah terpencil yang sulit dijangkau layanan dasar.

Kekeringan sebagai Pemicu Krisis

Studi Latifa et al. (2023) menunjukkan bahwa kekeringan ekstrem yang melanda Kabupaten Timor Tengah Selatan berdampak langsung pada lebih dari 20 ribu petani, dengan penurunan produksi jagung mencapai 45% dan padi sawah hingga 37% dibandingkan musim sebelumnya (Latifa, Yustiani, & Da Costa, 2023). Penurunan curah hujan lebih dari 50% dari rata-rata klimatologis turut menyebabkan keterlambatan masa tanam hingga lebih dari dua bulan. Indeks Vegetasi Kesehatan (Vegetation Health Index/VHI) selama periode Mei–Agustus 2023 mencatat nilai di bawah ambang batas 35, yang mengindikasikan tekanan vegetatif parah

dan risiko tinggi terhadap krisis pangan (Pusat Pemantauan Sumber Daya Lahan Kementerian Pertanian, 2023).

Data dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Nusa Tenggara II menyatakan bahwa debit Sungai Benain dan Noemuti—dua sumber air utama irigasi teknis—mengalami penurunan hingga 60% dari kapasitas normal selama musim kemarau 2023 (BWS Nusa Tenggara II, 2023). Kondisi ini berdampak langsung pada kegagalan panen lahan tadah hujan dan gangguan sistem irigasi yang memasok sentra produksi pangan di TTS, TTU, dan Belu. Laporan Bank Dunia (2024) menambahkan bahwa kerentanan terhadap kekeringan di NTT tidak hanya berdampak pada produksi pangan, tetapi juga menurunkan daya beli petani akibat lonjakan harga input pertanian dan distribusi pangan (World Bank, 2024).

Kebijakan dan Strategi Penanggulangan Dampak Iklim

Indonesia telah menyusun berbagai regulasi sebagai tindak lanjut dari komitmen internasional dalam mengurangi dampak perubahan iklim, antara lain UNFCCC, Protokol Kyoto, dan Paris Agreement. Regulasi nasional seperti Perpres 98/2021 dan dokumen NDC menjadi pedoman utama dalam aksi mitigasi. Pemerintah Provinsi NTT juga menerapkan strategi adaptasi berbasis sembilan pilar pembangunan yang meliputi infrastruktur, penguatan SDM, dan pemanfaatan energi baru terbarukan (Yayasan PIKUL, 2024).

Strategi Adaptasi dan Mitigasi dalam Pertanian Berkelanjutan

Pendekatan pertanian berkelanjutan menjadi strategi kunci dalam menghadapi risiko iklim sekaligus memperkuat ketahanan pangan rumah tangga, terutama di wilayah rentan seperti Nusa Tenggara Timur. Praktik adaptasi berbasis ekosistem seperti konservasi tanah, rotasi tanaman, penggunaan varietas lokal tahan kekeringan, pemanfaatan pupuk organik, dan sistem agroforestri telah terbukti mampu meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga fungsi ekologis lahan (FAO, 2017). Model agroforestri di Desa Kaliwu, Sumba Timur, misalnya, memadukan tanaman keras seperti jati dan mente dengan tanaman pangan dan pakan ternak secara bergiliran, sehingga menciptakan diversifikasi pendapatan dan ketahanan terhadap variabilitas iklim tahunan (Trigutomo, 2017).

Selain itu, pengetahuan lokal seperti penggunaan kalender musim tradisional (“warata”) di Sumba berperan penting dalam menentukan waktu tanam dan panen yang adaptif terhadap pola cuaca yang berubah (Berek, 2018). Praktik ini menunjukkan bahwa integrasi antara kearifan lokal dan teknologi adaptasi modern dapat memperkuat ketahanan sistem pangan pada tingkat tapak. Studi oleh Andarias & Sombolinggi (2022) mencatat bahwa program konservasi air melalui embung mikro dan irigasi tetes di Pulau Rote dan Alor berhasil memperpanjang masa tanam hingga 20–30 hari lebih lama dibanding lahan tanpa intervensi, sekaligus menurunkan ketergantungan terhadap hujan secara langsung.

Lebih lanjut, hasil kajian CIFOR (2023) di wilayah Lembata dan Flores Timur menyoroti pentingnya pendekatan lanskap dalam pengelolaan pertanian berkelanjutan. Pendekatan ini tidak hanya fokus pada lahan pertanian, tetapi juga mempertimbangkan keterkaitan antara hutan, air, dan praktik pertanian masyarakat, untuk menjaga keseimbangan ekosistem jangka panjang sekaligus meningkatkan hasil pertanian lokal.

Metodologi Penelitian

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan studi kualitatif berbasis kajian pustaka (*literature review*) dengan pendekatan sistematis dan tematik. Fokus kajian diarahkan pada dampak perubahan iklim terhadap kerentanan pangan di NTT, menemukan *research gap* yang memerlukan kajian

lebih lanjut, menelaah efektivitas pertanian berkelanjutan, serta merumuskan kerangka konseptual integratif untuk penguatan kebijakan iklim dan ketahanan pangan.

Sumber dan Kriteria Literatur

Sumber literatur yang digunakan berasal dari:

- Artikel jurnal ilmiah nasional dan internasional,
- Laporan kebijakan dari lembaga pemerintah (Bappenas, Kementerian Pertanian, KLHK, BNPB),
- Laporan lembaga internasional (FAO, IPCC, WFP),
- Dokumen lembaga swadaya masyarakat seperti Yayasan Kota Kita dan Yayasan Cendana Sumba,
- Buku ilmiah dan prosiding seminar terkait isu perubahan iklim dan ketahanan pangan

Kriteria inklusi:

- Diterbitkan antara tahun 2014–2024,
- Relevan dengan topik perubahan iklim, adaptasi, mitigasi, dan ketahanan pangan,
- Studi berbasis Indonesia, khususnya yang mencakup wilayah NTT,
- Memiliki metode dan sumber data yang jelas.

Kriteria eksklusi:

- Artikel dengan cakupan wilayah atau konteks yang tidak relevan,
- Literatur opini tanpa basis data atau metode ilmiah yang kuat

Teknik Pengumpulan Data Pustaka

Proses pengumpulan literatur dilakukan secara sistematis menggunakan kata kunci: "*climate change adaptation*", "*food security*", "*NTT*", "*dryland farming*", "*mitigasi perubahan iklim*", dan "*pertanian berkelanjutan di wilayah semi-arid*".

Pencarian dilakukan melalui:

- Basis data akademik: Google Scholar, ScienceDirect, JSTOR, EBSCOhost
- Repositori kebijakan dan laporan riset: FAO, IPCC, WFP, Bappenas, dan BPS
- Portal nasional: Perpustakaan, jurnal Sinta, dan Garuda Ristekbrin

Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif tematik, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Koding awal terhadap topik kunci dari setiap sumber (misalnya: *kekeringan*, *kalender tanam*, *agroforestri*, *konservasi tanah*, *stunting*, dll)
2. Pengelompokan tema: dokumen diklasifikasikan ke dalam tema besar seperti adaptasi teknis, adaptasi kelembagaan, mitigasi pertanian, dan intervensi kebijakan
3. Sintesis temuan: Menyusun narasi integratif berdasarkan hasil pembacaan kritis
4. Evaluasi kontekstual: Mengkaji sejauh mana pendekatan-pendekatan tersebut sesuai atau dapat direplikasi di wilayah semi-arid seperti NTT

Validitas dan Kredibilitas Data

Untuk menjaga validitas data, hanya literatur dengan *peer-reviewed*, laporan resmi institusi, atau yang dipublikasikan oleh lembaga terpercaya yang digunakan. Proses telaah dilakukan oleh penulis secara berulang untuk meminimalkan bias interpretasi dan memastikan keterhubungan antara temuan dan konteks wilayah NTT.

Dampak Perubahan Iklim terhadap Kerentanan Pangan di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) dengan fokus pada sektor pertanian lahan kering

Wilayah Nusa Tenggara Timur (NTT) yang berada pada zona semi-arid menghadapi tantangan iklim yang semakin kompleks. Variabilitas curah hujan yang tidak menentu dan peningkatan suhu permukaan tanah secara signifikan memengaruhi sistem produksi pangan

lokal. Kekeringan ekstrem yang kian sering terjadi telah menurunkan produktivitas lahan pertanian, terutama jagung sebagai komoditas utama. Studi Juliannisa dkk. (2025) menunjukkan bahwa di Timor Tengah Selatan dan Belu, produktivitas jagung menurun hingga 40 persen akibat frekuensi kekeringan ekstrem yang meningkat. Fenomena El Niño sebagaimana dicatat Karuniasa dan Pambudi (2022) juga memperpanjang musim kemarau di Sumba Timur, memicu kegagalan panen luas. Di sisi lain, kawasan pesisir Kota Kupang seperti Kelapa Lima dan Oesapa mengalami banjir rob berulang akibat kenaikan muka air laut (Saraswati dkk., 2021), yang tidak hanya merusak infrastruktur permukiman tetapi juga menambah beban ekonomi rumah tangga miskin.

Dampak iklim ini membawa implikasi serius bagi ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat. Penurunan produktivitas jagung berkontribusi pada berkurangnya cadangan pangan rumah tangga, sehingga memperbesar ketergantungan masyarakat terhadap bantuan pangan pemerintah. Laporan CLEAR+ (2024) bahkan mencatat bahwa hampir 45 persen desa di NTT tergolong sangat rentan terhadap kerawanan pangan, terutama akibat keterbatasan akses air bersih, kurangnya diversifikasi komoditas pertanian, serta lemahnya infrastruktur penyimpanan dan distribusi pangan. Kondisi ini semakin memperburuk kerentanan gizi, sebagaimana ditegaskan oleh Putri Sinaga dkk. (2024), yang menemukan prevalensi stunting dan gizi buruk tinggi di kalangan anak usia dini akibat kombinasi cuaca ekstrem dan distribusi pangan yang timpang.

Berbagai strategi adaptasi dan mitigasi telah diterapkan untuk menanggulangi tantangan ini, baik melalui pendekatan teknis, sosial, maupun kelembagaan. Pertanian konservasi yang mencakup teknik tanpa olah tanah, penggunaan mulsa, dan rotasi tanaman, sebagaimana direkomendasikan FAO (2020), terbukti mampu menjaga kelembapan tanah, menekan erosi, dan mempertahankan kesuburan lahan kering. Model agroforestri lokal seperti sistem Kaliwu yang dikembangkan Yayasan Cendana Sumba menunjukkan efektivitas dalam menstabilkan iklim mikro, menyediakan pakan ternak, dan menyerap karbon. Selain itu, pendidikan vokasional pertanian dan pendidikan iklim, sebagaimana ditunjukkan Trigutomo (2017) di SMK-PP Kupang, berperan penting dalam meningkatkan kapasitas adaptif generasi muda terhadap risiko iklim. Upaya lain yang menonjol adalah pengembangan varietas unggul tahan kekeringan (Sinaga dkk., 2024) yang memberikan peluang mitigasi produksi di tengah pola hujan yang tidak menentu.

Secara keseluruhan, telaah ini memperlihatkan bahwa dampak perubahan iklim di NTT terutama tercermin dalam kekeringan, El Niño, dan banjir rob yang memengaruhi wilayah berbeda dengan implikasi serius pada pangan, gizi, dan ekonomi masyarakat. Namun, penerapan strategi adaptasi dan mitigasi berbasis pertanian berkelanjutan menunjukkan hasil positif dalam meningkatkan produktivitas, memperkuat ketahanan pangan, dan menekan kerentanan iklim di tingkat lokal. Keterpaduan antara inovasi teknis, praktik berbasis ekosistem, kearifan lokal, dan dukungan kelembagaan menjadi kunci efektivitas adaptasi di wilayah pertanian lahan kering NTT.

Research Gap dalam Kajian Perubahan Iklim dan Ketahanan Pangan

Hasil identifikasi terhadap berbagai studi mengenai perubahan iklim dan ketahanan pangan di Nusa Tenggara Timur (NTT) menunjukkan bahwa penelitian yang ada telah menyoroti beragam aspek, mulai dari adaptasi pertanian, kerentanan pangan, fenomena iklim ekstrem, hingga kebijakan dan tata kelola. Namun demikian, sejumlah keterbatasan juga

teridentifikasi yang sekaligus membuka ruang penelitian lebih lanjut. Ringkasan hasil telaah dan kesenjangan penelitian ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Telaah sistematis dan research gap penelitian terkait perubahan iklim dan ketahanan pangan di NTT

Tema Utama	Fokus Penelitian yang Ada	Keterbatasan / Research Gap	Referensi Utama
Adaptasi Pertanian	Strategi konservasi air skala mikro; peran pendidikan vokasional; pemanfaatan kearifan lokal (kalender musim, agroforestri).	Belum ada integrasi komprehensif antara kearifan lokal dan teknologi modern untuk meningkatkan produktivitas lahan kering.	Andarias & Sombolinggi (2022); Berek (2018); Trigutomo (2017); Praseyo (2016)
Kerentanan Pangan	Analisis kerentanan lahan kering NTT dan kerentanan pangan regional.	Kajian masih dominan pada dimensi biofisik dan ekonomi; keterkaitan data iklim jangka panjang dengan kerentanan sosial-ekonomi kelompok rentan masih terbatas.	Sinaga et al. (2024); Putri Sinaga & Yuliana (2024); Juliannisa & Ramadhan (2025)
Fenomena Iklim Ekstrem	Studi El Niño, kekeringan, dan banjir rob pesisir.	Penelitian lebih banyak terpisah; kajian simultan dampak multi-fenomena terhadap ketahanan pangan, migrasi, dan sosial-ekonomi belum banyak dilakukan.	Karuniasa & Pambudi (2022); Kuswanto et al. (2019); Dipo (2024); Saraswati et al. (2021)
Adaptasi & Mitigasi	Studi pada tingkat rumah tangga, komunitas, perkotaan; literatur global bahas transformasi mitigasi.	Minim evaluasi efektivitas kebijakan adaptasi/mitigasi di level lokal NTT dan sinkronisasinya dengan kebijakan nasional-internasional.	Malau & Lestari (2025); Naharuddin et al. (2023); Harini et al. (2022); Moore et al. (2021)
Tata Kelola & Pendanaan	Analisis green finance, governance, dan kebijakan mitigasi karbon.	Belum ada kajian spesifik akses masyarakat NTT terhadap skema pendanaan hijau dan efektivitasnya bagi adaptasi lokal.	Basyith et al. (2024); Haseeb et al. (2021); Hidayatno et al. (2021); Setyowati (2019)

Metodologi & Data	Pemanfaatan data iklim jangka panjang dan teknologi penginderaan jauh.	Terbatas pada integrasi data iklim–satelit–sosial-ekonomi untuk model prediktif kerentanan dan strategi adaptasi akurat.	Firjatullah et al. (2023); Dipo (2024)
-------------------	--	--	--

Secara keseluruhan, hasil *systematic review* ini mengidentifikasi sejumlah *research gap* yang perlu ditindaklanjuti dalam penelitian mendatang, yaitu:

1. Integrasi kearifan lokal dengan teknologi modern dalam sistem pertanian lahan kering NTT untuk meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga keberlanjutan ekologi.
2. Analisis kerentanan sosial-ekonomi kelompok rentan (perempuan, petani subsisten, nelayan kecil) dengan memanfaatkan data iklim jangka panjang sebagai dasar kebijakan berbasis bukti.
3. Kajian dampak simultan fenomena iklim ekstrem (El Niño, kekeringan, banjir rob) terhadap ketahanan pangan, migrasi penduduk, dan dinamika sosial-ekonomi
4. Evaluasi efektivitas kebijakan adaptasi dan mitigasi di tingkat lokal, termasuk sinkronisasinya dengan kebijakan nasional serta komitmen internasional.
5. Aksesibilitas dan efektivitas pendanaan hijau bagi masyarakat NTT dalam mendukung keberlanjutan adaptasi lokal dan mengurangi kesenjangan sosial-ekonomi
6. Pengembangan model prediktif lintas-sektor yang mengintegrasikan data iklim, penginderaan jauh, dan informasi sosial-ekonomi untuk meningkatkan akurasi pemetaan kerentanan serta efektivitas intervensi adaptasi.

Identifikasi aspek-aspek tersebut menunjukkan bahwa upaya memperkuat ketahanan pangan dan pembangunan berkelanjutan di NTT memerlukan pendekatan lintas-sektor, berbasis bukti, serta kolaboratif antara pemerintah, akademisi, masyarakat lokal, dan mitra internasional.

Efektivitas Pertanian Berkelanjutan bagi Ketahanan Pangan dan Resiliensi Iklim

Hasil telaah sistematis menunjukkan bahwa pendekatan pertanian berkelanjutan memainkan peran strategis dalam memperkuat ketahanan pangan sekaligus menurunkan risiko iklim, khususnya pada wilayah yang rentan seperti Nusa Tenggara Timur (NTT). Pendekatan ini meliputi konservasi sumber daya, pemanfaatan kearifan lokal, diversifikasi produksi, serta penerapan praktik adaptif berbasis komunitas.

Pada skala teknis, praktik konservasi air dan manajemen lahan terbukti efektif dalam mengurangi kerentanan pertanian lahan kering. Andarias & Sombolinggi (2022) menekankan pentingnya strategi konservasi air mikro yang mampu mempertahankan produktivitas lahan saat musim kemarau panjang. Demikian pula, diversifikasi tanaman dan agroforestri (Berek, 2018; Praseyo, 2016) tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga menjaga keseimbangan ekologi, sehingga mampu mengurangi dampak fluktuasi iklim ekstrem terhadap ketersediaan pangan.

Evaluasi di lapangan oleh Malau dkk. (2025) menunjukkan bahwa penerapan pendekatan pertanian berkelanjutan berbasis agroekologi dan teknologi konservasi tanah di TTS dan Sumba Barat Daya berhasil meningkatkan produktivitas jagung sebesar 47 persen. Pendapatan petani meningkat 50 persen seiring dengan menurunnya kerugian akibat musim kering. Program ini juga meningkatkan adopsi teknologi ramah lingkungan seperti pembuatan pupuk organik sendiri, pemanfaatan air hujan, dan penguatan koperasi tani berbasis desa. Partisipasi perempuan dalam pengelolaan sumber daya air menjadi indikator kunci dari ketahanan sosial-

ekologis yang berhasil ditumbuhkan. Namun, hambatan utama masih terletak pada terbatasnya akses petani terhadap input pertanian organik dan pasar hasil panen yang stabil.

Kearifan lokal juga berperan signifikan dalam mendukung praktik berkelanjutan. Kalender musim tradisional yang digunakan masyarakat terbukti membantu petani menentukan pola tanam sesuai siklus iklim lokal (Berek, 2018). Walaupun berbasis pengalaman empiris, kearifan ini memperlihatkan relevansi dalam menjaga stabilitas produksi pangan di tengah ketidakpastian iklim. Jika dipadukan dengan pendidikan vokasional pertanian (Trigutomo, 2017), kearifan lokal dapat ditransformasikan menjadi basis inovasi yang meningkatkan kapasitas adaptasi masyarakat.

Dari perspektif risiko iklim, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pertanian berkelanjutan mampu mengurangi dampak negatif fenomena iklim ekstrem. Karuniasa & Pambudi (2022) menyoroti peran strategi adaptasi lokal dalam menghadapi El Niño, sementara Kuswanto et al. (2019) dan Saraswati et al. (2021) menunjukkan bahwa praktik adaptif berbasis komunitas dapat menekan kerugian akibat kekeringan maupun banjir rob di kawasan pesisir. Hal ini memperlihatkan bahwa pertanian berkelanjutan tidak hanya berkontribusi pada ketahanan pangan tetapi juga memperkuat resiliensi sosial-ekonomi masyarakat terhadap guncangan iklim.

Selain itu, penelitian dalam ranah kebijakan dan tata kelola menegaskan pentingnya dukungan institusional untuk meningkatkan efektivitas pertanian berkelanjutan. Harini et al. (2022) menunjukkan bahwa urban farming berbasis keberlanjutan di perkotaan mampu mendukung ketahanan pangan rumah tangga, sedangkan studi lain menekankan peran tata kelola lingkungan dan mekanisme pendanaan berkelanjutan (Hidayatno et al., 2021; Basyith et al., 2024) dalam memperluas implementasi praktik adaptif di tingkat lokal. Hal ini menegaskan bahwa keberhasilan pertanian berkelanjutan tidak hanya ditentukan oleh praktik di lapangan, tetapi juga oleh kerangka kebijakan, regulasi, serta akses pada sumber daya pendukung.

Secara keseluruhan, telaah literatur ini memperlihatkan bahwa pertanian berkelanjutan memiliki efektivitas yang nyata dalam memperkuat ketahanan pangan, menjaga stabilitas ekologi, dan menurunkan risiko iklim di tingkat lokal. Efektivitas ini terutama terlihat pada keterpaduan antara praktik teknis, kearifan lokal, serta dukungan kelembagaan yang saling melengkapi. Dengan demikian, pertanian berkelanjutan dapat dipandang sebagai salah satu strategi kunci dalam menghadapi perubahan iklim dan memastikan keberlanjutan pangan di wilayah rentan seperti NTT.

Kerangka konseptual integratif sebagai landasan pengembangan kebijakan iklim dan pertanian berkelanjutan di NTT

Strategi Holistik Adaptasi dan Mitigasi Pertanian Berkelanjutan

Pembangunan sistem pangan berketahanan iklim di NTT membutuhkan pendekatan holistik yang mencakup:

- Adaptasi agronomi: pelatihan teknik konservatif seperti terasering dan pemupukan organik, serta pemilihan varietas lokal tahan kering.
- Mitigasi berbasis ekosistem: penerapan agroforestri multistrata dan diversifikasi lahan.
- Mitigasi berbasis produksi: pengurangan input kimia dan peningkatan penggunaan bahan organik.
- Penguatan kelembagaan pangan: pengembangan lumbung desa, penyediaan data iklim lokal berbasis komunitas, dan mendorong integrasi sektor pangan, pendidikan, dan teknologi.

FAO dalam publikasinya tahun 2021 merekomendasikan pengembangan sistem peringatan dini berbasis komunitas sebagai alat bantu pengambilan keputusan adaptif yang cepat dan akurat.

Strategi adaptasi dan mitigasi di NTT tidak bisa dilepaskan dari pendekatan lintas-sektor dan berbasis komunitas. Misalnya, adaptasi agronomi melalui pelatihan petani dalam teknik konservatif seperti pembuatan guludan dan pemupukan hayati telah terbukti meningkatkan produktivitas lahan dan efisiensi air, sebagaimana ditunjukkan oleh studi FAO dalam konteks wilayah pertanian NTT. Di sisi lain, agroforestri lokal yang dikembangkan oleh masyarakat Sumba dengan sistem Kaliwu telah menjadi contoh nyata mitigasi berbasis ekosistem yang mampu menurunkan suhu mikro dan meningkatkan penyerapan karbon, menurut laporan Yayasan Cendana Sumba tahun 2021.

Strategi berbasis produksi juga berperan dalam transisi menuju sistem pangan rendah emisi, seperti pemanfaatan pupuk organik dan biochar. Sementara itu, penguatan kelembagaan lokal seperti koperasi pangan desa dan sistem peringatan dini iklim berbasis komunitas terbukti memperkuat respons kolektif terhadap krisis iklim. Keempat pilar strategi ini membentuk dasar dari kerangka intervensi yang holistik, adaptif, dan berkelanjutan dalam konteks kerentanan pangan akibat perubahan iklim di NTT.

Tabel 2. Strategi Adaptasi dan Mitigasi Pertanian Berkelanjutan di Wilayah Pertanian NTT

Jenis Strategi	Deskripsi	Contoh Praktik di NTT
Adaptasi Agromoni	Penyesuaian teknik budidaya tanaman terhadap kondisi iklim lokal	Varietas tahan kekeringan, teknik olah tanah konservatif, pemupukan organik
Mitigasi Berbasis Ekosistem	Pemanfaatan sistem ekologis Untuk mengurangi emisi dan Meningkatkan resilien	Agroforestri lokal, penanaman pohon multistrata, pemulihan DAS
Mitigasi Berbasis Produksi	Upaya untuk mengurangi emisi Dari kegiatan produksi pertanian	Pengurangan input kimia, penggunaan pupuk organik, biochar
Penguatan Kelembagaan	Membangun kapasitas local Dalam pengelolaan pangan dan sumber daya alam	Lumbung pangan desa, koperasi tani, forum iklim komunitas

Integrasi Kebijakan Nasional dan Lokal

Secara nasional, ratifikasi Paris Agreement oleh Indonesia melalui UU No. 16 Tahun 2016 dan tindak lanjutnya melalui Peraturan Presiden No. 98 Tahun 2021 tentang Nilai Ekonomi Karbon menjadi landasan utama bagi integrasi kebijakan perubahan iklim ke dalam rencana pembangunan. Di tingkat daerah, RPJPD NTT 2025–2045 telah menetapkan mitigasi dan adaptasi iklim sebagai pilar strategis pembangunan berkelanjutan.

Yayasan PIKUL dan IRID (2024) dalam hasil diskusi terarah dengan OPD NTT menunjukkan bahwa prioritas kebijakan daerah telah meliputi pengembangan energi terbarukan (matahari dan angin), ekonomi sirkular, konservasi air melalui embung dan sumur bor, serta pembangunan infrastruktur rendah karbon. Kolaborasi antar sektor dan partisipasi masyarakat desa menjadi fondasi keberhasilan implementasi kebijakan ini.

Kesimpulan

Dari seluruh pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa perubahan iklim di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) berdampak serius terhadap sektor pertanian lahan kering melalui kekeringan ekstrem, fenomena El Niño, dan banjir rob yang menurunkan produktivitas jagung, memperpendek musim tanam, serta meningkatkan kerentanan pangan rumah tangga. Kondisi

ini tidak hanya mengancam ketersediaan pangan, tetapi juga memperburuk masalah gizi dan memperbesar ketergantungan masyarakat pada bantuan pemerintah.

Hasil telaah menunjukkan bahwa kerentanan pangan di NTT dipengaruhi oleh faktor sosial, kelembagaan, dan ekologi. Keterbatasan akses air, minimnya diversifikasi komoditas, serta lemahnya infrastruktur distribusi dan penyimpanan memperlihatkan bahwa persoalan pangan di wilayah semi-arid ini bersifat multidimensional dan menuntut pendekatan lintas sektor berbasis bukti. Strategi adaptasi dan mitigasi berbasis pertanian berkelanjutan terbukti efektif dalam meningkatkan produktivitas, menjaga stabilitas ekologi, serta memperkuat kapasitas adaptasi masyarakat. Praktik konservasi tanah, agroforestri lokal, penggunaan varietas tahan kering, serta pendidikan vokasional menunjukkan kontribusi nyata, terlebih ketika dipadukan dengan kearifan lokal yang memperkuat resiliensi sosial-ekonomi masyarakat terhadap risiko iklim.

Namun, efektivitas pendekatan tersebut hanya dapat optimal apabila ditopang oleh kebijakan responsif iklim, tata kelola kelembagaan yang kuat, dan akses adil terhadap pendanaan hijau. Oleh karena itu, pembangunan sistem pangan berketahanan iklim di NTT memerlukan kerangka konseptual integratif yang memadukan adaptasi teknis, mitigasi berbasis ekosistem, dan penguatan kelembagaan pangan, dengan menempatkan masyarakat lokal sebagai aktor utama dalam pengambilan keputusan dan implementasi kebijakan.

Daftar Pustaka

- Andarias, F., & Sombolinggi, J. (2022). Pengaruh konservasi air skala mikro terhadap adaptasi pertanian di daerah semi-kering NTT. *Jurnal Ketahanan Iklim Indonesia*, 6(1), 55–70.
- Badan Pangan Nasional. (2023). *Peta Ketahanan dan Kerentanan Pangan Indonesia*. Jakarta: Bapanas.
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Provinsi Nusa Tenggara Timur dalam Angka 2022*. Kupang: BPS Provinsi NTT.
- Bappenas. (2020). *Kajian Kerentanan Iklim Wilayah Lahan Kering NTT*. Jakarta: Kementerian PPN/Bappenas.
- Bappenas. (2022). *Panduan Integrasi Ketahanan Iklim dalam RPJMD*. Jakarta: Kementerian PPN/Bappenas.
- Bappenas. (2023). *Indeks Ketahanan Sosial Ekonomi (IKSE) 2023*. Jakarta: Kementerian PPN/Bappenas.
- Basyith, A., Fauzi, F., & Agusria, L. (2024). Green finance and governance: The effect of climate change. *Corporate & Business Strategy Review*, 5(1), 16–29. <https://doi.org/10.22495/cbsrv5i1art2>
- Berek, A. (2018). Pemanfaatan kearifan lokal dalam kalender musim tradisional untuk adaptasi iklim di Sumba. *Jurnal Ekologi Nusantara*, 5(2), 88–96.
- Berek, P. Y. (2018). Peran SMK-PP Kupang dalam Adaptasi Pertanian terhadap Perubahan Iklim di Lahan Kering NTT. *Jurnal Ketahanan Pangan Indonesia*, 5(1), 22–34.
- BNPB. (2020). Mengenal Bencana Hidrometeorologi pada Desember–Februari. <https://bpbdbogorkab.go.id/berita/Seputar-OPD/mengenal-bencana-hidrometeorologi-pada-desember-februari>
- BNPB. (2022). *Data Bencana Kekeringan Provinsi NTT Tahun 2022*. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Kebencanaan.
- BPS dan UNICEF. (2023). *Status Gizi dan Kerentanan Pangan Anak*.
- BPS NTT. (2023). *Kerentanan Pangan Tingkat Rumah Tangga*.

- BWS Nusa Tenggara II. (2023). *Laporan Tahunan Kinerja Sumber Daya Air Provinsi NTT*. Kupang: Kementerian PUPR.
- CIFOR. (2023). *Landscape Approach to Climate-Resilient Agriculture in Eastern Indonesia*. Bogor: Center for International Forestry Research.
- CLEAR+. (2024). *Kerentanan Pangan Tingkat Desa di NTT*. Laporan Konsorsium Pangan Lokal.
- CLEAR+. (2024). *Laporan Tahunan Ketahanan Wilayah Semi-Arid di Indonesia Timur*. Jakarta: Konsorsium CLEAR+.
- CLEAR+ WFP-NTT. (2024). *Climate Livelihood and Economic Assessment in NTT*.
- Dipo, D. K. (2024). Mapping and Estimating the Impact of Drought on Food Crop Farmers Using Remote Sensing in East Nusa Tenggara Province. *Journal of Climate Risk and Agriculture*, 12(2), 115–130.
- FAO. (2017). *Climate-Smart Agriculture Sourcebook*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2017). *Save and Grow: A Policy Maker's Guide to the Sustainable Intensification of Smallholder Crop Production*.
- FAO. (2020). *Integrated Agricultural Approaches for Dryland Regions*. FAO Regional Report.
- FAO. (2021). *Climate Resilience in Agriculture: Case Study in Eastern Indonesia*. Jakarta: FAO Indonesia.
- Fawzy, S., Osman, A. I., Doran, J., & Rooney, D. W. (2020). Strategies for mitigation of climate change: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 18(6), 2069–2094. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01059-w>
- Firjatullah, R., Hasibuan, M. A., Prapanca, A., & Veanti, D. P. O. (2023). Analisis Perubahan Suhu Udara di Provinsi Nusa Tenggara Timur: Dampak Perubahan Iklim Periode 1971–2020. *SEHATI*, 1(3), 283–289.
- Harini, R., Ariani, R. D., Yulianda, Y., & Widyantari, R. (2022). Strategi adaptasi ketahanan pangan terhadap perubahan iklim di pinggiran Kota Yogyakarta. *Majalah Geografi Indonesia*, 36(1), 1–9.
- Harvian, D., & Yuhan, M. (2019). Dampak perubahan iklim terhadap produktivitas pertanian dan harga pangan di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Lingkungan*, 5(2), 112–127.
- Haseeb, M., Staniewski, M., Mihardjo, L. W. W., & Awruk, K. (2021). Does forest disturbance matter for climate degradation? *Technological and Economic Development of Economy*, 27(3), 583–601.
- Hidayatno, A., Rahman, I., & Muliadi, R. (2021). Policy analysis of the Jakarta carbon mitigation plan using system dynamics. *System Engineering*, Universitas Indonesia.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC. (2023). *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- John Taylor, D., Fatimah, D., Dougherty, S., Hidayani, R., & Rauf, A. (2015). *Climate Change Vulnerability Assessment Kupang City* (Issue June). <http://kotakita.org/>
- Juliannisa, D., & Ramadhan, B. (2025). Regional Vulnerability to Food Insecurity: The Case of Indonesia. *Journal of Southeast Asian Development Studies*, 14(3), 221–240.

- Karuniasa, M., & Pambudi, P. A. (2022). The analysis of the El Niño phenomenon in the East Nusa Tenggara Province, Indonesia. *Journal of Water and Land Development*, 52, 180–185. <https://doi.org/10.24425/jwld.2022.140388>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2017). *Permen LHK No. P.70 Tahun 2017*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2022). *Status Lingkungan Hidup Indonesia 2022*. Jakarta: KLHK.
- Kuswanto, H., Hibatullah, F., & Soedjono, E. S. (2019). Perception of weather and seasonal drought forecasts and its impact on livelihood in East Nusa Tenggara, Indonesia. *Heliyon*, 5(8), e02360. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02360>
- Latifa, S., & Nugroho, H. (2023). The Impact of Climate Change on Productivity and Food Security in Indonesia. *Indonesian Journal of Environmental Policy*, 9(1), 67–89.
- Malau, A. M., & Lestari, W. (2025). Evaluating Local Agricultural Adaptation to Climate Change in NTT. *Journal of Sustainable Agriculture and Climate*, 7(2), 55–72.
- Moore, B., Verfuert, C., Minas, A. M., et al. (2021). Transformations for climate change mitigation: A systematic review. *WIREs Climate Change*, 12(6), e738.
- Naharuddin, N., Rahmawati, R., Ariyanti, A., & Erniwati, E. (2023). Pemberdayaan masyarakat melalui konservasi tanah dan air. *Agrokreatif*, 9(1), 26–32.
- PIKUL-IRID. (2024). *Laporan Riset: Peran Daerah dalam Pencapaian Target NDC Indonesia*.
- Praseyo, B. B. (2016). Agroforestry Kaliwu in Sumba: A Sociological Perspective. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 13(3), 189–199.
- Putri Sinaga, V., & Yuliana, M. (2024). Analisis Ketahanan Pangan Responsif Iklim di Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Ketahanan Pangan Nusantara*, 8(1), 33–48.
- Saraswati, S. A., Toruan, L. N. L., Suteja, Y., Karmen, D., & Wijaya, P. E. P. (2021). Rob Potential in the Coastal City of Kupang. *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 10(3), 304–311.
- Setyowati, A. B. (2019). Making territory and negotiating citizenship in a climate mitigation initiative. *Development and Change*, 51(1), 144–166.
- Sinaga, P., Susanto, M., & Alwan, R. (2024). Kerawanan pangan dan respons adaptasi petani lahan kering di Provinsi NTT. *Jurnal Ketahanan Pangan Nusantara*, 9(1), 14–28.
- Smith, P., et al. (2019). Land Use Change and Climate Mitigation. *IPCC Special Report*.
- Trigutomo, S. (2017). Peran Pendidikan Vokasional Pertanian dalam Ketahanan Pangan Daerah Kering. *Agritech Education Journal*, 6(2), 99–108.
- World Bank. (2021). *Groundswell Part II: Acting on Internal Climate Migration*. Washington, DC: World Bank Group.
- World Bank. (2024). *Indonesia Rural Risk Assessment: Climate Shocks and Food Systems in Eastern Indonesia*. Washington, DC: World Bank Group.
- Yayasan Cendana Sumba. (2021). *Model Agroforestri Kaliwu sebagai Adaptasi Masyarakat Sumba terhadap Kekeringan*. Laporan Proyek Adaptasi Iklim dan Komunitas.