

TIPOLOGI PERGESERAN KOMODITAS PETANI KECIL UNTUK AGRIBISNIS ADAPTIF

Syamsuri Yusup¹, Ikramina Yusti Amina²

¹⁾ Prodi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Kehutanan dan Perikanan, Universitas Palangka Raya,
Palangka Raya, Indonesia

²⁾ Pascasarjana Pendidikan Biologi, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia
e-mail: ¹⁾syamsuriyusup@agb.upr.ac.id

Diterima: 28 Juni 2026; Revisi: 26 Agustus 2026; Disetujui: 29 Agustus 2026

ABSTRACT

Climate change alters agricultural suitability and increases uncertainty in smallholder crop decisions. This study examined the provenance and eligibility of an open dataset, described crop adoption and abandonment, constructed a four-cell typology from Change and distribution status, and derived cautiously bounded implications for adaptive agribusiness. An exploratory secondary-data design was applied to all 294 crop-change records in DataClim.csv, covering 74 species and 14 countries/regions. Future Mean was calculated as the mean of 12 projected suitability scores across SSP3-7.0 and SSP5-8.5, two periods (2041–2070 and 2071–2100), and three climate models; Delta Future equaled Future Mean minus Current. Adoption comprised 168 records (57.14%) and abandonment 126 (42.86%). The largest cell was adoption–introduced ($n = 130$; 44.22%), but the association between Change and introduced/native status was not significant (Yates-corrected $\chi^2 = 2.627$; $p = 0.105$). Mann–Whitney tests identified exploratory differences in Current, Future Mean, MAR, and SAIN, but not Delta Future. Because records are clustered across species and locations and the dataset lacks household-economic variables, the typology is descriptive rather than causal. Its relevance for Indonesia, particularly Central Kalimantan, therefore requires validation using local agroecological and socioeconomic data.

Keywords: adaptive agribusiness, crop switching, open dataset, secondary data, smallholder farmers

ABSTRAK

Perubahan iklim mengubah kesesuaian pertanian dan meningkatkan ketidakpastian dalam keputusan komoditas petani kecil. Penelitian ini memeriksa provenans dan kelayakan dataset terbuka, mendeskripsikan pola *adoption* dan *abandon*, membangun tipologi empat sel dari *Change* dan status distribusi, serta merumuskan implikasi agribisnis adaptif secara terbatas. Desain analisis data sekunder eksploratif diterapkan pada seluruh 294 catatan perubahan komoditas dalam *DataClim.csv* yang mencakup 74 spesies dan 14 negara/wilayah. *Future Mean* dihitung sebagai rerata 12 skor proyeksi kesesuaian pada SSP3-7.0 dan SSP5-8.5, untuk dua periode (2041–2070 dan 2071–2100), serta tiga model iklim; *Delta Future* dihitung sebagai selisih *Future Mean* dan *Current*. *Adoption* mencakup 168 observasi (57,14%) dan *Abandon* 126 observasi (42,86%). Sel terbesar ialah *adoption–introduced* ($n = 130$; 44,22%), tetapi hubungan *Change* dengan status *introduced/native* tidak signifikan (χ^2 dengan koreksi Yates = 2,627; $p = 0,105$). Uji Mann–Whitney menunjukkan perbedaan yang signifikan pada *Current*, *Future Mean*, MAR, dan SAIN, tetapi tidak pada *Delta Future*. Karena observasi berkelompok berdasarkan spesies dan lokasi, serta dataset tidak memuat variabel ekonomi rumah tangga, tipologi bersifat deskriptif, bukan kausal. Relevansinya bagi Indonesia, khususnya Kalimantan Tengah, perlu divalidasi menggunakan data agroekologi dan sosial ekonomi lokal.

Kata kunci: agribisnis adaptif, data sekunder, dataset terbuka, pergeseran komoditas, petani kecil

PENDAHULUAN

Perubahan iklim menjadi tekanan penting bagi sektor pertanian karena memengaruhi stabilitas musim tanam, ketersediaan air, kesesuaian wilayah budidaya, risiko gagal panen, serta keberlanjutan sistem pangan (Ray et al., 2019). Perlambatan produktivitas pertanian global akibat perubahan iklim menunjukkan bahwa persoalan ini tidak hanya bersifat ekologis, tetapi juga berkaitan dengan kapasitas sistem pangan dalam memenuhi kebutuhan manusia (Ortiz-Bobea et al., 2021). Proyeksi model iklim-tanaman generasi terbaru menunjukkan bahwa dampak perubahan iklim terhadap pertanian dapat muncul lebih awal dari perkiraan sebelumnya, sehingga strategi adaptasi komoditas perlu dibaca sebagai bagian dari perencanaan pertanian jangka panjang (Jägermeyr et al., 2021).

Dalam situasi tersebut, petani kecil menjadi kelompok penting untuk diperhatikan karena mereka berkontribusi terhadap penyediaan pangan, tetapi sering menghadapi keterbatasan sumber daya, modal, teknologi, dan akses ke pasar (Ricciardi et al., 2018). Struktur pertanian global menunjukkan bahwa skala usaha tani, konsentrasi penguasaan lahan, dan ketimpangan akses terhadap sumber daya dapat memengaruhi kapasitas petani dalam merespons risiko produksi dan perubahan lingkungan (Lowder et al., 2021). Oleh karena itu, petani kecil cenderung memilih strategi adaptasi yang relatif lebih rendah biaya dan risikonya, seperti penyesuaian waktu tanam, pemilihan varietas, diversifikasi, atau perubahan pilihan komoditas secara bertahap (Chevuru et al., 2026).

Salah satu strategi adaptasi pertanian yang relevan adalah pergeseran komoditas atau *crop switching*, yaitu perubahan portofolio tanaman melalui adopsi tanaman baru dan/atau penghentian pembudidayaan tanaman sebelumnya ketika kondisi iklim, kesesuaian agroekologi, risiko produksi, dan peluang ekonomi berubah. Pada tingkat petani kecil, adopsi dan penelantaran tanaman tidak selalu dipengaruhi oleh faktor yang sama. Penelantaran tanaman dapat berkaitan dengan perubahan iklim, sedangkan adopsi tanaman baru dapat lebih dipengaruhi oleh perubahan harga dan peluang pasar, dengan pola yang berbeda menurut luas lahan dan kondisi agroekologi (Tessema et al., 2019). Pemodelan menunjukkan bahwa *crop switching* berpotensi mengurangi sebagian kerugian pertanian akibat perubahan iklim, tetapi manfaatnya dibatasi oleh ketersediaan lahan produktif, biaya peralihan, dan berbagai kondisi pada tingkat petani yang tidak seluruhnya tercakup dalam model (Rising & Devineni, 2020). Pilihan komoditas juga berkaitan dengan pengalaman bertani, informasi pasar, pelatihan, fasilitas kredit, penguasaan lahan, serta kondisi biofisik setempat (Iqbal & Aziz, 2022). Oleh karena itu, adopsi dan penelantaran tanaman perlu dipahami sebagai keputusan sosial-ekologis dan ekonomi, bukan semata-mata sebagai respons biofisik terhadap proyeksi iklim.

Kajian tentang *crop switching* telah berkembang dalam beberapa arah. Penelitian berbasis optimasi spasial menempatkan perubahan alokasi tanaman sebagai strategi untuk meningkatkan keberlanjutan lingkungan dan pendapatan petani, sekaligus menunjukkan adanya potensi pertukaran manfaat antardimensi dan antarwilayah apabila kebijakan tidak dikoordinasikan secara terintegrasi (Xie et al., 2023). Dalam cakupan yang lebih luas, diversifikasi pertanian diketahui dapat memperkuat keanekaragaman hayati dan berbagai jasa ekosistem tanpa selalu mengurangi hasil tanaman (Tamburini et al., 2020). Pengelolaan lahan pertanian sebagai *working landscapes* juga menegaskan pentingnya menghubungkan produksi, keanekaragaman hayati, ketahanan terhadap perubahan iklim, dan kebutuhan masyarakat dalam pengelolaan wilayah yang telah dimodifikasi oleh manusia (Kremen & Merenlender, 2018).

Meskipun memberikan landasan penting, kajian-kajian tersebut umumnya menilai perubahan komoditas sebagai persoalan optimasi alokasi tanaman, adaptasi iklim, diversifikasi produksi, atau pencapaian manfaat ekonomi dan lingkungan. Belum banyak penelitian yang secara bersamaan

mengintegrasikan dua dimensi perubahan, yaitu arah perubahan komoditas (adopsi atau penelantaran) dan status distribusi tanaman (introduksi atau asli). Tanpa pemisahan tersebut, adopsi tanaman introduksi, adopsi tanaman asli, penelantaran tanaman introduksi, dan penelantaran tanaman asli tercampur dalam satu kategori umum, yaitu *crop switching*. Akibatnya, variasi pola dan kebutuhan validasi agribisnis pada setiap kombinasi belum dapat dikenali secara memadai.

Kesenjangan tersebut menjadi dasar pembentukan tipologi deskriptif 2×2 yang menghubungkan kategori *Adoption* dan *Abandon* pada variabel *Change* dengan kategori *introduced* dan *native* pada variabel *distrib*. Kebaruan penelitian ini terletak pada pembentukan empat tipologi, yaitu *adoption-introduced*, *adoption-native*, *abandon-introduced*, dan *abandon-native*. Setiap tipologi menghasilkan fokus validasi yang berbeda: integrasi komoditas baru pada *adoption-introduced*; pemanfaatan komoditas asli pada *adoption-native*; keterbatasan keberlanjutan komoditas introduksi pada *abandon-introduced*; dan penyusutan komoditas asli dari portofolio pertanian pada *abandon-native*. Tipologi ini tidak dimaksudkan untuk membuktikan bahwa status distribusi tanaman menyebabkan adopsi atau penelantaran, melainkan sebagai perangkat untuk mengorganisasikan bukti, mengidentifikasi pola, dan menentukan kebutuhan data untuk penelitian agribisnis adaptif berikutnya.

Pengembangan kerangka tersebut relevan sebagai arah penelitian lanjutan di Indonesia, khususnya di Kalimantan Tengah. Pembangunan pertanian di Kalimantan Tengah menghadapi persoalan kesesuaian lahan, sistem pengairan, infrastruktur, akses terhadap faktor produksi, kapasitas sumber daya manusia, serta aspek kelembagaan. Petani setempat, karena itu perlu ditempatkan sebagai pelaku utama pembangunan agar kebijakan pangan tidak hanya berorientasi pada ekspansi agribisnis berskala besar (Mukti, 2020). Pada tingkat nasional, analisis data sekunder produksi dan konsumsi jagung menunjukkan bahwa data historis dapat digunakan untuk mengidentifikasi tren komoditas dan menyusun estimasi untuk perencanaan pertanian (Saputra et al., 2022). Pada tingkat rumah tangga di Palangka Raya, pendapatan dan pendidikan kepala keluarga ditemukan berhubungan secara signifikan dengan akses pangan, sehingga persoalan pangan tidak dapat direduksi menjadi ketersediaan produksi semata (Parwati et al., 2021).

Meskipun demikian, ketiga kajian tersebut tidak menyediakan bukti empiris mengenai empat tipologi yang dikembangkan dalam penelitian ini. Dataset lintas negara yang dianalisis juga tidak memuat observasi dari Indonesia. Oleh karena itu, Kalimantan Tengah ditempatkan sebagai konteks untuk memvalidasi tipologi menggunakan data lokal pada penelitian berikutnya, bukan sebagai wilayah yang dapat menerima generalisasi empiris dari hasil penelitian ini. Implikasi terhadap pendapatan, akses pangan, ketergantungan pada input, dan keberlanjutan agribisnis juga diposisikan sebagai implikasi konseptual yang memerlukan pengujian lebih lanjut.

Penggunaan data terbuka memungkinkan dilakukannya analisis sekunder dan penggunaan kembali data penelitian, tetapi kelayakannya bergantung pada keterlacakan sumber, dokumentasi, struktur data, prosedur pengelolaan, serta kejelasan batas interpretasi (Tenopir et al., 2020). Keterhubungan antara publikasi dan dataset yang tersimpan dalam repositori juga memperkuat keterlacakan bukti dan memungkinkan data untuk diperiksa, dikutip, dan digunakan kembali secara bertanggung jawab (Colavizza et al., 2020). Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini menggunakan dataset terbuka *Smallholder Farmers Shift Crops in the Face of Global Change*, yang disimpan dalam repositori Zenodo sebagai file *DataClim.csv* (Porcher, 2026). Dataset tersebut digunakan untuk membangun tipologi deskriptif berdasarkan kombinasi kategori *adoption-abandon* dan *introduced-native*, bukan untuk menguji hubungan kausal antara status distribusi tanaman dan keputusan petani.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menilai provenans, struktur, dan kelayakan analitis *DataClim.csv* sebagai sumber data sekunder; (2) mengidentifikasi pola *adoption* dan *abandon* komoditas tanaman

petani kecil; (3) menyusun tipologi *adoption-introduced*, *adoption-native*, *abandon-introduced*, dan *abandon-native*; serta (4) merumuskan implikasi konseptual tipologi tersebut bagi agribisnis adaptif dan menentukan kebutuhan validasinya dalam pengembangan penelitian lanjutan di Indonesia, khususnya di Kalimantan Tengah.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain analisis data sekunder secara eksploratif. Desain dipilih karena analisis memanfaatkan catatan perubahan komoditas yang telah dihimpun pada dataset terbuka dan tidak mengumpulkan data primer melalui survei, wawancara, atau observasi lapangan. Konsekuensinya, analisis diarahkan untuk menggambarkan struktur data, membandingkan kelompok secara eksploratif, dan membangun tipologi; desain ini tidak digunakan untuk menguji hubungan kausal. Pendekatan ini digunakan untuk menyusun tipologi pergeseran komoditas petani kecil dan merumuskan implikasinya bagi agribisnis adaptif berdasarkan pola yang terdapat dalam dataset.

Data bersumber dari *DataClim.csv* pada dataset *Smallholder farmers shift crops in the face of global change* yang dipublikasikan oleh Porcher (2026) melalui Zenodo (DOI 10.5281/zenodo.19136836) dengan lisensi CC BY 4.0. Kelayakan dataset dinilai menggunakan empat kriteria: (1) provenans dapat ditelusuri melalui pengunggah, repositori, DOI, tanggal publikasi, dan lisensi; (2) file dapat dibaca oleh mesin dalam format CSV; (3) unit observasi dan variabel utama relevan dengan tujuan analisis; serta (4) kelengkapan nilai pada variabel yang dianalisis. Dataset dinyatakan layak untuk analisis eksploratif apabila keempat kriteria terpenuhi, dengan tetap mencatat keterbatasan dokumentasi variabel serta cakupan geografisnya. Pemanfaatan dataset terbuka dalam penelitian ini sejalan dengan prinsip penggunaan ulang data ilmiah, yaitu data dapat dianalisis kembali sepanjang sumber, konteks, dan ruang lingkup interpretasinya dijelaskan secara transparan (Tenopir et al., 2020; Colavizza et al., 2020). Dalam penelitian ini, dataset Porcher (2026) diposisikan sebagai sumber data sekunder terbuka, sedangkan fokus analisis diarahkan pada pola *adoption*, *abandon*, status distribusi tanaman, serta implikasi agribisnis adaptif dari pergeseran komoditas.

Penelitian ini tidak memiliki lokasi pengumpulan data lapangan karena seluruh data diperoleh dari dataset yang tersedia secara terbuka. Lokasi analitis merujuk pada negara atau wilayah yang tercatat dalam dataset, sedangkan Indonesia dan Kalimantan Tengah digunakan sebagai konteks interpretasi konseptual, bukan sebagai lokasi empiris dalam dataset. Oleh karena itu, hasil penelitian tidak dimaksudkan untuk menggeneralisasi kondisi petani di Indonesia atau Kalimantan Tengah secara langsung, melainkan untuk menyusun kerangka awal yang dapat digunakan dalam pengembangan studi lanjutan berbasis data lokal.

Populasi data dalam penelitian ini adalah seluruh catatan perubahan komoditas tanaman yang tersedia dalam file *DataClim.csv*. Teknik penentuan data menggunakan pendekatan total *enumeration*, yaitu seluruh observasi yang memenuhi kelengkapan variabel utama dianalisis tanpa pengambilan sampel ulang. Berdasarkan pemeriksaan dataset, data yang dianalisis terdiri atas 294 observasi dan 26 variabel awal, tanpa nilai kosong pada variabel yang digunakan dalam analisis utama.

Dataset mencakup 294 catatan dari 74 spesies pada 14 negara/wilayah. Setiap observasi merupakan satu catatan perubahan tanaman yang mempunyai ID, nama ilmiah, kategori *Change*, status *distrib*, koordinat, negara/wilayah, kelompok *Indigenous Peoples and Local Communities* (IPLC), skor konsensus, skor kesesuaian iklim, MAR, dan SAIN. Observasi tidak sepenuhnya independen secara hierarkis karena spesies, koordinat/IPLC, dan negara dapat berulang. Pengelompokan ini dilaporkan

sebagai batas analisis; Indonesia tidak tercakup dalam dataset dan Kalimantan Tengah hanya digunakan sebagai arah validasi lokal.

Pendekatan *total enumeration* digunakan dengan memasukkan seluruh 294 observasi. Kriteria inklusi adalah catatan yang memiliki nilai pada *Change*, *distrib*, *Current*, 12 kolom proyeksi iklim, MAR, dan SAIN. Pemeriksaan menunjukkan tidak ada nilai hilang pada 26 variabel sumber. Tidak dilakukan penghapusan observasi atau imputasi. Distribusi catatan menurut negara/wilayah dan spesies diperiksa untuk menilai ketimpangan komposisi sebelum hasil gabungan ditafsirkan.

Unit analisis dalam penelitian ini adalah catatan perubahan komoditas tanaman petani kecil. Setiap observasi merepresentasikan informasi mengenai jenis tanaman, kategori perubahan komoditas, status distribusi tanaman, wilayah atau negara, serta indikator numerik yang tersedia dalam dataset. Variabel utama yang dianalisis meliputi *Change*, *Scientific_name*, *Country*, *distrib*, *Current*, *Future Mean*, *Delta Future*, MAR, dan SAIN. Variabel tersebut dipilih karena berkaitan dengan pola perubahan komoditas, status distribusi tanaman, serta indikator numerik pendukung dalam penyusunan tipologi. Definisi operasional diperlukan untuk memperjelas makna setiap variabel serta perannya dalam analisis pergeseran komoditas pada petani kecil.

Variabel kategorik utama ialah *Change* (*Adoption* atau *Abandon*) dan *distrib* (*introduced* atau *native*). *Scientific_name* dan *Country* digunakan untuk memeriksa struktur pengelompokan. *Current* serta 12 skor proyeksi iklim digunakan untuk membentuk *Future Mean* dan *Delta Future*. MAR dan SAIN dipertahankan sebagai indikator mutu gizi yang tersedia pada tingkat spesies. Pemilihan variabel mengikuti fungsi substantifnya: arah perubahan dan status distribusi membentuk tipologi, skor kesesuaian menggambarkan profil iklim, sedangkan MAR dan SAIN memberi konteks gizi yang harus ditafsirkan secara terbatas (Darmon et al., 2009; Trijsburg et al., 2019). Definisi dan pengolahannya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Definisi operasional variabel

Variabel	Makna substantif dan operasionalisasi	Skala/rentang	Sumber dan peran analisis
<i>Change</i>	Arah perubahan tanaman yang dilaporkan: <i>Adoption</i> atau <i>Abandon</i> .	Nominal; 2 kategori	Kolom sumber; pembentuk sumbu pertama tipologi dan sebagai variabel utama untuk mengidentifikasi arah perubahan komoditas
<i>Scientific_name</i>	Nama ilmiah spesies tanaman pada setiap catatan.	Nominal; 74 spesies	Kolom sumber; pemeriksaan pengelompokan menurut identitas spesies atau komoditas tanaman
<i>Country</i>	Negara atau wilayah tempat catatan perubahan tanaman berasal.	Nominal; 14 negara/wilayah	Kolom sumber; pemeriksaan komposisi geografis dan sebagai pemetaan variasi geografis
<i>Distrib</i>	Status distribusi spesies: <i>introduced</i> atau <i>native</i> .	Nominal; 2 kategori	Kolom sumber; pembentuk sumbu kedua tipologi, bersama kategori perubahan komoditas
<i>Current</i>	Skor kesesuaian iklim kondisi kini pada kombinasi spesies-lokasi; nilai yang lebih tinggi menunjukkan keluaran model yang lebih tinggi. Tidak memiliki satuan fisik pada file sumber.	Skor kontinu; teramati 0,000–0,857	Kolom sumber; profil kesesuaian kondisi kini dan sebagai indikator eksploratif kondisi awal
<i>Future Mean</i>	Rerata aritmetika 12 skor proyeksi: SSP3-7.0 dan SSP5-8.5 × 2041–2070 dan 2071–2100 × GFDL-ESM4, MPI-ESM1-2-HR, dan UKESM1-0-LL.	Skor kontinu; terhitung 0,000–0,861	Dihitung penulis dari 12 kolom proyeksi; profil kesesuaian masa depan dan sebagai indikator eksploratif kondisi proyeksi

Variabel	Makna substantif dan operasionalisasi	Skala/rentang	Sumber dan peran analisis
<i>Delta Future</i>	Perubahan skor proyeksi terhadap kondisi kini: <i>Future Mean</i> – <i>Current</i> ; nilai positif/negatif menunjukkan kenaikan/penurunan skor.	Skor kontinu; terhitung –0,276–0,269	Dihitung penulis; perubahan relatif terhadap <i>Current</i> dan sebagai indikator perubahan antara kondisi saat ini dan proyeksi masa depan
MAR	Mean Adequacy Ratio: ringkasan rata-rata rasio kecukupan nutrisi; nilai lebih tinggi merepresentasikan kecukupan rata-rata yang lebih tinggi.	Indeks tanpa satuan; teramati 0,020–0,516	Kolom sumber; indikator eksploratif mutu gizi dan merupakan indikator eksploratif tambahan. Rincian nutrisi dan rumus versi dataset tidak disertakan pada Zenodo (Trijsburg et al., 2019).
SAIN	Score of Nutritional Adequacy of Individual Foods: skor kepadatan nutrisi; nilai lebih tinggi merepresentasikan kepadatan nutrisi yang lebih tinggi.	Skor persentase-sepadan; teramati 3,099–87,542	Kolom sumber; indikator eksploratif mutu gizi dan merupakan eksploratif tambahan. Komponen dan rumus versi dataset tidak disertakan pada Zenodo (Darmon et al., 2009).

Sumber: Hasil interpretasi penulis, 2026; Darmon et al. (2009); Trijsburg et al. (2019).

Catatan dokumentasi: repositori Zenodo menyediakan file CSV, DOI, dan lisensi, tetapi tidak menyediakan codebook atau skrip untuk pembuatan *Current*, MAR, dan SAIN. Oleh karena itu, penelitian ini melaporkan rentang yang teramati dan makna konseptual indikator, tanpa mengklaim komponen nutrisi atau algoritme yang tidak dapat diverifikasi dari dokumentasi sumber.

Analisis data dilakukan dalam tiga tahap. *Pertama*, kelayakan dataset diperiksa melalui verifikasi provenans dan lisensi, struktur setiap observasi, kelengkapan data, duplikasi, frekuensi spesies, serta distribusi observasi berdasarkan negara/wilayah. *Kedua*, variabel turunan dibentuk dari indikator numerik yang tersedia dalam dataset. *Future Mean* dihitung sebagai rata-rata aritmetika dari 12 nilai proyeksi yang mencakup kombinasi skenario SSP3-7.0 dan SSP5-8.5, periode 2041–2070 dan 2071–2100, serta tiga model iklim global, sedangkan *Delta Future* dihitung menggunakan rumus *Future Mean* – *Current*. *Ketiga*, analisis empiris mencakup statistik deskriptif kategori *Change* dan *distrib*, tabulasi silang 2×2 , perbandingan indikator numerik antara kelompok *Adoption* dan *Abandon*, serta pembentukan tipologi.

Uji Mann-Whitney U dua sisi digunakan untuk membandingkan distribusi *Current*, *Future Mean*, *Delta Future*, MAR, dan SAIN antara dua kelompok independen, yaitu *Adoption* dan *Abandon*. Uji nonparametrik ini digunakan karena perbandingannya tidak mensyaratkan asumsi distribusi normal dan interpretasinya berfokus pada median serta arah perbedaan antarkelompok. Hubungan antara *Change* dan *distrib* diperiksa menggunakan uji *chi-square* Pearson pada tabel kontingensi 2×2 dengan koreksi kontinuitas Yates. Empat tipologi, yakni *adoption-introduced*, *adoption-native*, *abandon-introduced*, dan *abandon-native*, selanjutnya dibentuk secara deskriptif berdasarkan empat sel tabulasi silang, bukan melalui analisis kluster atau pemodelan kausal.

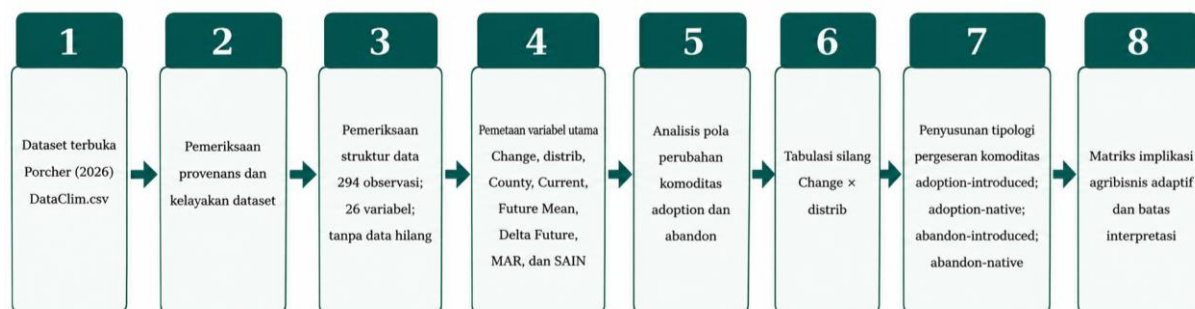
Seluruh pengolahan dan analisis dilakukan dalam lingkungan Python versi 3.12.13. Pandas versi 2.2.3 digunakan untuk mengimpor dan memeriksa dataset, mengelompokkan observasi, serta menghitung variabel turunan (McKinney, 2010), sedangkan SciPy versi 1.17.0 digunakan untuk menjalankan uji Mann-Whitney U dan uji *chi-square* (Virtanen et al., 2020). Pengujian inferensial menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Oleh karena tidak ditemukan nilai hilang maupun baris duplikat, tidak dilakukan imputasi atau penghapusan observasi. Hasil statistik diperlakukan sebagai temuan empiris dari dataset, sedangkan kemungkinan implikasinya terhadap agribisnis adaptif diposisikan sebagai interpretasi konseptual yang masih memerlukan validasi menggunakan data petani, rumah tangga, pasar, dan wilayah setempat.

Dasar konseptual pembentukan tipologi adalah dua dimensi klasifikasi yang berbeda. Variabel *Change* menunjukkan arah dinamika portofolio tanaman melalui kategori *Adoption* dan *Abandon*, sedangkan variabel *distrib* menunjukkan status distribusi biogeografis spesies relatif terhadap lokasi pencatatan melalui kategori *introduced* dan *native*. Kombinasi kedua dimensi tersebut menghasilkan empat tipologi, yaitu *adoption-introduced*, *adoption-native*, *abandon-introduced*, dan *abandon-native*. Pemisahan ini diperlukan karena studi sebelumnya menunjukkan bahwa adopsi dan penelantaran tanaman dapat mengubah komposisi portofolio tanaman serta ketersediaan kalori dan nutrisi bagi rumah tangga petani (Labeyrie et al., 2021). Namun, status *introduced* atau *native* dalam dataset hanya merupakan penanda distribusi spesies pada suatu lokasi dan tidak dengan sendirinya menjelaskan manfaat ekonomi, biaya peralihan, ketahanan pangan, maupun ketergantungan terhadap input. Oleh karena itu, keempat sel digunakan sebagai klasifikasi analitis untuk merumuskan pertanyaan dan hipotesis validasi pada penelitian berikutnya, bukan sebagai kategori kausal, normatif, atau penilaian bahwa satu status tanaman lebih baik daripada status lainnya.

Normalitas indikator numerik diperiksa menggunakan uji Shapiro-Wilk pada kelompok *Adoption* dan *Abandon*. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa sekurang-kurangnya satu kelompok tidak berdistribusi normal pada setiap indikator ($p < 0,05$), sedangkan kemencengan distribusi terutama ditemukan pada *MAR* dan *SAIN*. Oleh karena itu, uji Mann-Whitney U dua sisi digunakan untuk membandingkan distribusi *Current*, *Future Mean*, *Delta Future*, *MAR*, dan *SAIN* antara kedua kelompok. Median dan rentang interkuartil digunakan sebagai ukuran deskriptif utama untuk menunjukkan arah perbedaan, sedangkan rata-rata dan simpangan baku disajikan sebagai informasi pelengkap (Mishra et al., 2019). Uji *chi-square* dipilih karena *Change* dan *distrib* merupakan variabel nominal. Seluruh frekuensi harapan melebihi 5, dengan nilai terkecil 33,43, dan koreksi kontinuitas Yates diterapkan karena tabulasi membentuk tabel kontingensi 2×2 .

Meskipun persyaratan distribusional dan frekuensi harapan telah diperiksa, sejumlah observasi menggunakan spesies atau lokasi pencatatan yang sama. Struktur pengelompokan tersebut tidak dimodelkan secara khusus dalam uji Mann-Whitney U maupun *chi-square*. Oleh karena itu, kedua pengujian diposisikan sebagai analisis bivariat eksploratif pada tingkat catatan dan tidak digunakan untuk mendukung inferensi kausal atau generalisasi pada tingkat petani, spesies, maupun wilayah. Batas interpretasi ditetapkan sebelum pembahasan hasil. Dataset tidak mengukur pendapatan petani, biaya produksi dan peralihan, harga komoditas, luas lahan, kepemilikan aset, akses kredit, pasar, informasi, penyuluhan, ketahanan pangan rumah tangga, ketergantungan terhadap input, ataupun identitas sosial-budaya wilayah. Konsep-konsep tersebut hanya digunakan untuk merumuskan implikasi teoretis dan kebutuhan validasi, bukan dilaporkan sebagai temuan empiris penelitian.

Meskipun dataset menyediakan informasi negara dan koordinat lokasi, informasi tersebut tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan kondisi sosial ekonomi atau identitas wilayah. Hasil penelitian juga tidak digeneralisasikan ke Indonesia atau Kalimantan Tengah karena keduanya tidak tercakup sebagai lokasi empiris dalam dataset. Berikut alur analisis data sekunder berbasis tipologi agribisnis adaptif pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur analisis data sekunder berbasis tipologi agribisnis adaptif

Sumber: Hasil interpretasi penulis, 2026

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan kelayakan dan struktur dataset

Pemeriksaan menunjukkan bahwa dataset memenuhi empat kriteria kelayakan untuk analisis eksploratif: provenans dan lisensi dapat ditelusuri; file berbentuk CSV dan dapat dibaca oleh website *NotebookLM*; variabel utama relevan dengan arah perubahan dan status distribusi tanaman; serta tidak terdapat nilai hilang. Kelayakan tersebut tidak berarti bahwa semua indikator terdokumentasi secara lengkap atau observasi mewakili populasi petani global. Hasil pemeriksaan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan kelayakan dataset

Kriteria	Hasil pemeriksaan
Keterlacakan provenans	Terpenuhi: pengunggah, Zenodo, DOI, tanggal publikasi, dan versi dapat ditelusuri.
Hak penggunaan ulang	Terpenuhi: akses terbuka dengan lisensi CC BY 4.0.
Keterbacaan mesin	Terpenuhi: <i>DataClim.csv</i> berformat CSV; 294 baris data dan 26 variabel.
Relevansi unit dan variabel	Terpenuhi untuk analisis <i>Change</i> , <i>Distrib</i> , spesies, negara/wilayah, skor iklim, MAR, dan SAIN.
Kelengkapan nilai	Terpenuhi: 0 nilai hilang pada 26 variabel sumber.
Dokumentasi indikator	Terpenuhi sebagian: nama kolom dan skenario tersedia, tetapi codebook serta skrip MAR/SAIN tidak disediakan.
Cakupan inferensi	Terbatas: catatan tidak seimbang antarnegara/spesies dan tidak mencakup Indonesia.

Sumber: Hasil interpretasi penulis, 2026

Berdasarkan Tabel 2, dataset ini layak untuk menjawab tujuan deskriptif dan membentuk tipologi, tetapi tidak layak untuk mengestimasi dampak ekonomi rumah tangga maupun hubungan kausal. Keterbatasan codebook MAR dan SAIN juga menyebabkan kedua indikator diperlakukan sebagai indeks sumber, dengan makna yang dibatasi pada arah skor dan rentang yang teramati.

Karakteristik struktur data

Sebanyak 294 observasi tersebar tidak merata pada 14 negara/wilayah dan 74 spesies (Tabel 3). Bolivia menyumbang catatan terbanyak ($n = 41$), sedangkan Sri Lanka paling sedikit ($n = 3$). Frekuensi per spesies berkisar antara 1–20 catatan (median = 3); spesies yang paling sering muncul ialah *Zea mays* ($n = 20$), *Phaseolus vulgaris* ($n = 15$), *Ipomoea batatas* ($n = 12$), *Manihot esculenta* ($n = 10$), dan *Solanum tuberosum* ($n = 10$). Ketimpangan ini menunjukkan bahwa hasil agregat dapat dipengaruhi oleh

komposisi negara dan spesies, sehingga tidak boleh dibaca sebagai prevalensi global. Berikut Tabel 3, distribusi observasi menurut negara/wilayah.

Tabel 3. Distribusi observasi menurut negara/wilayah

Negara/wilayah	n	Spesies	<i>Adoption</i>	<i>Abandon</i>	<i>Introduced</i>	<i>Native</i>
Bolivia	41	28	25	16	24	17
Brazil	36	26	20	16	23	13
Chile	36	27	21	15	31	5
Paraguay	31	25	22	9	19	12
Argentina	27	19	15	12	21	6
Madagascar	25	19	10	15	25	0
Zimbabwe	21	14	12	9	15	6
Guatemala	20	16	12	8	13	7
Ghana	19	13	11	8	15	4
Fiji	12	7	7	5	8	4
Senegal	9	5	4	5	7	2
Tibet	8	7	2	6	6	2
Inner Mongolia	6	6	6	0	6	0
Sri Lanka	3	3	1	2	3	0
Total unik/agregat	294	74	168	126	216	78

Sumber: Hasil interpretasi penulis, 2026

Catatan: Jumlah spesies pada baris total adalah spesies unik dan bukan penjumlahan kolom antarnegara.

Pola perubahan komoditas petani kecil

Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa kategori *adoption* lebih banyak dibandingkan dengan kategori *abandon*. Dari 294 catatan, 168 (57,14%) berkategori *Adoption* dan 126 (42,86%) berkategori *Abandon*. Secara empiris, hasil ini hanya menunjukkan komposisi catatan dalam dataset; hasil tersebut tidak membuktikan bahwa seorang petani lebih cenderung mengadopsi daripada meninggalkan komoditas karena unit data ialah catatan perubahan, bukan sampel probabilitas rumah tangga petani.

Dominasi deskriptif *adoption* konsisten dengan literatur yang menempatkan perubahan pilihan tanaman sebagai respons adaptif yang dapat dipengaruhi oleh kesesuaian agroekologi, pengalaman, informasi, pelatihan, dan akses kredit (Tessema et al., 2019; Iqbal & Aziz, 2022). Namun, alasan spesifik dari setiap catatan tidak tersedia. Karena itu, faktor-faktor tersebut digunakan untuk membangun penjelasan teoretis yang perlu diuji, bukan untuk mengatribusikan motif pada observasi dalam dataset.

Kajian lintas konteks menunjukkan bahwa petani dapat mengadopsi tanaman hortikultura komersial sekaligus meninggalkan sebagian tanaman pangan, sehingga arah perubahan portofolio tidak identik dengan peningkatan kapasitas adaptasi atau kesejahteraan (Labeyrie et al., 2021). Dalam penelitian ini, pola *Adoption-Abandon* menjadi tahap deskriptif pertama sebelum status distribusi tanaman dihitung. Analisis awal terhadap pola perubahan komoditas dilakukan dengan mengelompokkan seluruh observasi berdasarkan kategori *adoption* dan *abandon*. Pengelompokan ini digunakan untuk membaca arah perubahan komoditas sebelum dikaitkan dengan status distribusi tanaman serta penyusunan tipologi. Distribusi kategori perubahan komoditas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi kategori perubahan komoditas

Kategori perubahan	Jumlah	Persentase (%)
Adoption	168	57,14
Abandon	126	42,86
Total	294	100,00

Sumber: Hasil interpretasi penulis, 2026

Tabel 4 menunjukkan selisih 42 catatan antara *Adoption* dan *Abandon*. Angka tersebut menjadi dasar penyusunan sumbu arah perubahan, tetapi tidak digunakan untuk menilai efektivitas adaptasi, keuntungan, atau biaya peralihan karena variabel-variabel itu tidak tersedia. Dari perspektif agribisnis, perubahan komoditas dapat dipengaruhi oleh biaya peralihan dan kelayakan biofisik (Rising & Devineni, 2020), risiko serta peluang pasar (Xie et al., 2023), serta kapasitas petani untuk memperoleh informasi atau pembiayaan (Iqbal & Aziz, 2022). Hubungan tersebut menjadi landasan konseptual untuk agenda validasi, bukan hasil yang diukur secara langsung oleh *DataClim.csv*.

Temuan ini sejalan dengan penggunaan data sekunder untuk memahami dinamika komoditas pertanian. Saputra et al. (2022) menunjukkan analisis berbasis data sekunder dapat digunakan untuk memahami pola produksi dan konsumsi komoditas, sehingga relevan sebagai dasar awal dalam perencanaan pertanian berbasis data. Pola *adoption* dan *abandon* diposisikan informasi awal untuk membaca arah perubahan komoditas sebelum dikembangkan ke dalam tipologi agribisnis adaptif.

Tipologi pergeseran komoditas berdasarkan status distribusi tanaman

Analisis selanjutnya mengaitkan kategori perubahan komoditas dengan status distribusi tanaman untuk melihat pola *adoption* dan *abandon* pada tanaman *introduced* maupun *native*. Tabulasi silang *Change* × *distrib* menghasilkan empat sel empiris. Tanaman *introduced* mencakup 216 catatan (73,47%) dan *native* 78 catatan (26,53%). *Adoption-introduced* merupakan sel terbesar ($n = 130$; 44,22%), diikuti *abandon-introduced* ($n = 86$; 29,25%), *abandon-native* ($n = 40$; 13,61%), dan *adoption-native* ($n = 38$; 12,93%). Hasil tabulasi silang tersebut disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Tabulasi silang kategori perubahan dan status distribusi tanaman

Kategori perubahan	Introduced	Native	Total
Adoption	130	38	168
Abandon	86	40	126
Total	216	78	294

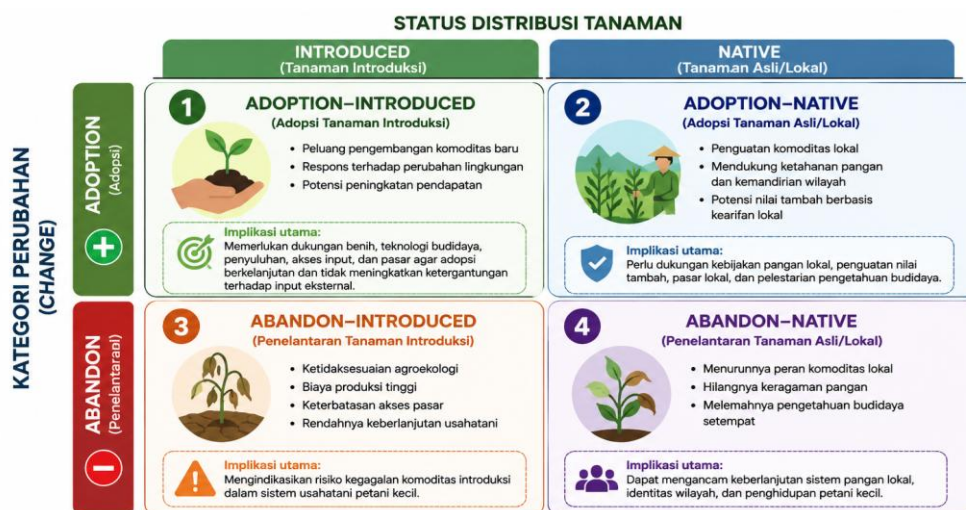
Sumber: Hasil interpretasi penulis, 2026

Berdasarkan Tabel 5, tanaman *introduced* mendominasi dataset dengan 216 observasi (73,47%), sedangkan tanaman *native* berjumlah 78 observasi (26,53%). Kombinasi terbesar terdapat pada kategori *adoption-introduced*, yaitu 130 observasi, yang menunjukkan bahwa perubahan komoditas dalam dataset lebih banyak berkaitan dengan penerimaan tanaman introduksi. Meskipun demikian, hasil uji chi-square menunjukkan bahwa asosiasi antara *Change* dan *distrib* tidak signifikan pada taraf 5% ($\chi^2 = 2,627$; $p = 0,105$), sehingga pola tersebut perlu dibaca secara deskriptif-eksploratif, bukan sebagai hubungan inferensial yang kuat.

Uji chi-square dengan koreksi Yates menghasilkan $\chi^2(1) = 2,627$ dan $p = 0,105$. Dengan demikian, tidak terdapat bukti asosiasi yang kuat antara *Change* dan *distrib* pada taraf signifikansi 5%. Besarnya sel *adoption-introduced* harus dipahami sebagai pola komposisi dataset, bukan sebagai hubungan inferensial bahwa tanaman *introduced* lebih mungkin diadopsi. Empat sel tetap dipertahankan sebagai tipologi deskriptif karena masing-masing mengidentifikasi kombinasi arah perubahan dan status distribusi yang berbeda. Nilai analitisnya terletak pada pemisahan kasus dan perumusan pertanyaan lanjutan, misalnya kesesuaian agroekologi, biaya peralihan, risiko pasar, atau fungsi pangan, bukan

pada klaim bahwa keempat tipe telah terbukti memiliki dampak agribisnis tertentu. Berikut tipologi pergeseran komoditas petani kecil disajikan pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan kerangka konseptual tipologi awal dan adanya pergeseran komoditas petani kecil, yang dapat dibaca sebagai proses adaptasi dengan dua sisi, yaitu peluang pengembangan komoditas dan risiko keberlanjutan sistem usahatani. Pola yang mengarah pada adopsi menunjukkan adanya ruang bagi diversifikasi dan penyesuaian komoditas, sedangkan pola yang mengarah pada penelantaran menunjukkan perlunya perhatian terhadap kesesuaian agroekologi, akses pasar, ketersediaan input, serta keberlanjutan komoditas lokal. Tipologi ini tidak hanya berfungsi sebagai klasifikasi, tetapi juga sebagai alat awal untuk membaca kebutuhan dukungan agribisnis adaptif pada tingkat komoditas.



Gambar 2. Tipologi Pergeseran Komoditas Petani Kecil Berdasarkan Kategori Perubahan dan Status Distribusi Tanaman

Sumber: Hasil interpretasi penulis, 2026

Tipologi awal menjadi pernyataan mengenai peluang pengembangan komoditas, pendapatan, ketergantungan input, ketahanan pangan, identitas wilayah, dan implikasi utama yang terdapat dalam gambar. Proposisi konseptual tersebut merupakan bagian dari *DataClim.csv* yang belum diukur. Bukti empiris penelitian ini terbatas pada nama tipe, frekuensi empat sel pada Tabel 5, indikator numerik pada Tabel 6, serta hasil chi-square yang tidak signifikan; pemisahan ini mencegah implikasi konseptual dibaca sebagai hasil pengukuran pada dataset.

Secara konseptual, *crop switching* dapat menciptakan peluang sekaligus menimbulkan biaya adaptasi. Rising dan Devineni (2020) menunjukkan bahwa manfaat peralihan tanaman dibatasi oleh hambatan dan biaya peralihan, sedangkan Xie et al. (2023) menunjukkan bahwa hasil lingkungan dan ekonomi bergantung pada rancangan alokasi tanaman. Oleh karena itu, status *introduced* tidak otomatis berarti ketergantungan pada input atau keuntungan, dan status *native* tidak otomatis berarti ketahanan pangan maupun kesesuaian yang lebih tinggi.

Literatur tentang perubahan portofolio tanaman juga menunjukkan bahwa kombinasi adopsi tanaman komersial dan penelantaran tanaman pangan dapat berimplikasi pada pasokan nutrisi, tetapi arah akibatnya bergantung pada konteks produksi dan konsumsi (Labeyrie et al., 2021). Dalam penelitian ini, implikasi semacam itu ditempatkan sebagai proposisi untuk pengujian lapangan, bukan sebagai konsekuensi yang telah terbukti pada 4 tipe. Temuan ini sejalan dengan argumen bahwa *crop switching* memiliki konsekuensi yang lebih luas daripada sekadar perubahan komposisi tanaman. Xie et al. (2023) menunjukkan bahwa *crop switching* dapat mendukung keberlanjutan dan pendapatan

apabila direncanakan dengan baik, sedangkan Rising dan Devineni (2020) menekankan bahwa manfaatnya tetap dibatasi oleh ketersediaan lahan, biaya peralihan, dan hambatan pada tingkat petani. Oleh karena itu, Gambar 2 diposisikan sebagai kerangka eksploratif untuk memilah peluang dan risiko agribisnis adaptif, bukan sebagai bukti kausal tentang keuntungan atau kerugian ekonomi petani.

Perbandingan indikator numerik kategori adoption dan abandon

Perbandingan indikator numerik dilakukan untuk menilai apakah distribusi skor berbeda antara *Adoption* dan *Abandon*. Karena Mann-Whitney membandingkan peringkat, arah perbedaan dibaca terutama melalui median; rata-rata tetap disajikan sebagai pelengkap deskriptif. Tabel 6 memuat *Current*, *Future Mean*, *Delta Future*, MAR, dan SAIN.

Tabel 6. Perbandingan indikator numerik berdasarkan kategori perubahan

Variabel	Rata-rata <i>Adoption</i>	Median <i>Adoption</i>	Rata-rata <i>Abandon</i>	Median <i>Abandon</i>	<i>p-value</i>
<i>Current</i>	0,370	0,314	0,435	0,436	0,023
<i>Future Mean</i>	0,363	0,353	0,429	0,448	0,018
<i>Delta Future</i>	-0,007	-0,006	-0,007	-0,011	0,795
MAR	0,130	0,111	0,161	0,119	0,011
SAIN	18,058	12,137	12,620	8,363	0,005

Sumber: Hasil interpretasi penulis, 2026

Catatan: Nilai *p-value* berasal dari uji Mann-Whitney dua sisi.

Arah median menunjukkan: *Current* lebih tinggi pada *Abandon* daripada *Adoption* ($0,436 > 0,314$; $p = 0,023$); *Future Mean* lebih tinggi pada *Abandon* ($0,448 > 0,353$; $p = 0,018$); *Delta Future* sedikit kurang negatif pada *Adoption* ($-0,006 > -0,011$), tetapi tidak berbeda signifikan ($p = 0,795$); MAR lebih tinggi pada *Abandon* ($0,119 > 0,111$; $p = 0,011$); dan SAIN lebih tinggi pada *Adoption* ($12,137 > 8,363$; $p = 0,005$). Dengan demikian, empat indikator berbeda secara statistik dalam analisis eksploratif, sedangkan perubahan skor masa depan relatif terhadap kondisi kini tidak membedakan kedua kategori tersebut.

Nilai *Current* dan *Future Mean* yang lebih tinggi pada kelompok *Abandon* tidak dapat ditafsirkan sebagai bukti bahwa kesesuaian iklim menyebabkan penelantaran; demikian pula, SAIN yang lebih tinggi pada kelompok *Adoption* tidak membuktikan bahwa mutu gizi mendorong adopsi. Dataset tidak mencatat alasan keputusan, dan observasi berulang menurut spesies maupun lokasi dapat mempersempit ketidakpastian semu. Hasil Mann-Whitney berfungsi untuk mendeskripsikan arah perbedaan skor dan membentuk hipotesis penelitian, bukan untuk menjelaskan mekanisme sosial-ekonomi.

Implikasi agribisnis adaptif

Implikasi agribisnis disusun dengan memisahkan tiga tingkat pernyataan: temuan empiris dari *DataClim.csv*, implikasi konseptual yang didukung oleh literatur, dan data lokal yang diperlukan untuk mengujinya. Struktur ini mencegah variabel yang tidak diukur diperlakukan sebagai hasil penelitian. Berikut matriksnya disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Matriks implikasi agribisnis adaptif berdasarkan hasil analisis

Temuan empiris	Implikasi konseptual (belum diukur)	Data yang diperlukan untuk validasi	Implikasi adaptif
<i>Adoption</i> lebih banyak daripada	Peralihan dapat berkaitan dengan kesesuaian, informasi, kredit, biaya,	Riwayat keputusan petani, biaya peralihan,	Untuk petani kecil diperlukan penyuluhan, informasi iklim,

Temuan empiris	Implikasi konseptual (belum diukur)	Data yang diperlukan untuk validasi	Implikasi adaptif
<i>Abandon</i> (57,14% vs 42,86%).	dan risiko pasar; motifnya tidak diketahui.	informasi/penyuluhan, kredit, harga, dan akses pasar.	dan pendampingan budidaya agar proses adopsi tidak meningkatkan risiko usahatani
<i>Introduced</i> mencakup 73,47% catatan.	Dominasi catatan <i>introduced</i> tidak otomatis menunjukkan ketergantungan input, keuntungan, atau ketidaksesuaian ekologis.	Asal dan sistem benih, kebutuhan input, performa budidaya, kesesuaian lahan, serta stabilitas pasar.	Perlu evaluasi kesesuaian agroekologi, ketersediaan benih, akses input, dan kesiapan pasar sebelum komoditas diperluas
<i>Adoption-introduced</i> ialah sel terbesar (44,22%).	Tipe ini dapat menjadi kandidat evaluasi diversifikasi, tetapi manfaat dan risikonya belum diketahui.	Produktivitas, biaya, pendapatan, risiko produksi, permintaan pasar, dan dukungan kelembagaan.	Diperlukan penguatan sistem benih, teknologi budidaya, akses pasar, dan kelembagaan pendukung
<i>Native</i> muncul pada sel <i>Adoption</i> dan <i>Abandon</i> (n = 38 dan 40).	Status <i>native</i> tidak otomatis membuktikan kontribusi pada ketahanan pangan, gizi, atau identitas wilayah.	Konsumsi rumah tangga, fungsi budaya, ketersediaan musiman, nilai tambah, dan preferensi pasar lokal.	Perlu penguatan nilai tambah, pasar lokal, dokumentasi pengetahuan budidaya, dan perlindungan komoditas lokal adaptif
<i>Current</i> , <i>Future Mean</i> , MAR, dan SAIN berbeda; <i>Delta Future</i> tidak.	Perbedaan skor tidak mengidentifikasi penyebab keputusan dan dapat dipengaruhi pengelompokan spesies/lokasi.	Model multilevel atau desain berkelompok, alasan keputusan, dan pengukuran sosial-ekonomi pada tingkat rumah tangga.	Diperlukan penelitian lanjutan dengan data pendapatan, biaya produksi, harga, luas lahan, akses kredit, pasar, dan kelembagaan

Sumber: Hasil interpretasi penulis, 2026

Catatan: Temuan empiris dari DataClim.csv; implikasi konseptual disusun berdasarkan Iqbal dan Aziz (2022), Labeyrie et al. (2021), Rising dan Devineni (2020), serta Xie et al. (2023).

Dalam pengembangan studi lanjutan di Indonesia, khususnya di Kalimantan Tengah, Tabel 7 dapat digunakan sebagai rancangan variabel untuk validasi. Penerapannya memerlukan data petani lokal, kesesuaian agroekologi, sistem benih, biaya dan pendapatan, pasar, konsumsi pangan, serta kelembagaan. Tanpa data tersebut, tipologi tidak dapat digunakan untuk menetapkan komoditas yang harus diperluas atau ditinggalkan.

Batas interpretasi hasil

Interpretasi hasil penelitian ini disajikan sesuai dengan karakteristik data yang digunakan. Dataset Porcher (2026) menyediakan informasi mengenai perubahan komoditas, status distribusi tanaman, wilayah, serta indikator numerik pendukung, sehingga sesuai untuk membangun pola dan tipologi pergeseran komoditas petani kecil. Kekuatan penelitian terletak pada transparansi penggunaan data terbuka dan pemisahan perubahan tanaman ke dalam dua dimensi. Keterbatasannya meliputi komposisi negara dan spesies yang tidak seimbang, pengelompokan observasi menurut spesies/lokasi/IPLC, tidak tersedianya codebook serta skrip MAR dan SAIN, serta tidak tersedianya variabel keputusan dan ekonomi rumah tangga. Uji Mann-Whitney dan chi-square tidak mengoreksi struktur berkelompok, sehingga *p-value* hanya bersifat deskriptif. Negara Indonesia, termasuk Kalimantan Tengah, tidak terdapat dalam dataset. Oleh sebab itu, pendapatan, ketergantungan input, ketahanan pangan, fungsi budaya, dan implikasi kebijakan yang dibahas merupakan proposisi konseptual. Validasi eksternal membutuhkan penelitian lokal dengan desain berkelompok atau multilevel dan pengukuran agroekologi serta sosial ekonomi yang relevan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan 294 catatan perubahan komoditas, *Adoption* lebih dominan daripada *Abandon* (168; 57,14% vs 126; 42,86%). Dataset memenuhi kriteria provenans, keterbacaan mesin, relevansi variabel, dan kelengkapan untuk analisis eksploratif, tetapi distribusinya tidak seimbang pada 74 spesies dan 14 negara/wilayah, serta mengandung pengelompokan berdasarkan spesies dan lokasi. Struktur *Change* × *distrib* menghasilkan empat tipologi: *adoption-introduced* (130; 44,22%), *adoption-native* (38; 12,93%), *abandon-introduced* (86; 29,25%), dan *abandon-native* (40; 13,61%). Meskipun *adoption-introduced* merupakan sel terbesar, asosiasi *Change* dengan status *introduced/native* tidak signifikan (χ^2 Yates = 2,627; $p = 0,105$); tipologi karena itu merupakan kerangka deskriptif-eksploratif. Median *Current*, *Future Mean*, dan MAR lebih tinggi pada *Abandon*, sedangkan SAIN lebih tinggi pada *Adoption*; *Delta Future* tidak berbeda. Perbedaan tersebut tidak membuktikan mekanisme penyebab.

Saran

Implikasi bagi agribisnis adaptif ialah perlunya menguji setiap tipe dengan data kesesuaian agroekologi, sistem benih, biaya peralihan, pendapatan, risiko pasar, informasi, kredit, konsumsi pangan, dan kelembagaan. Variabel tersebut tidak diukur dalam dataset, sehingga tidak boleh dianggap sebagai temuan empiris. Pengembangan studi lanjutan di Indonesia, khususnya di Kalimantan Tengah, perlu menggunakan data lokal dan analisis yang mengkomodasi pengelompokan observasi sebelum tipologi digunakan untuk keputusan komoditas.

DAFTAR PUSTAKA

- Chevuru, S., van Beek, R. L. P. H., van Vliet, M. T. H., & Bierkens, M. F. P. (2026). Global gridded climate-responsive crop selection: Sowing dates and crop varieties in a warming world. *Scientific Data*, 13(1), Article 795. <https://doi.org/10.1038/s41597-026-07164-9>
- Colavizza, G., Hrynaszkiewicz, I., Staden, I., Whitaker, K., & McGillivray, B. (2020). The citation advantage of linking publications to research data. *PLOS ONE*, 15(4), e0230416. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230416>
- Darmon, N., Vieux, F., Maillot, M., Volatier, J.-L., & Martin, A. (2009). Nutrient profiles discriminate between foods according to their contribution to nutritionally adequate diets: A validation study using linear programming and the SAIN,LIM system. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89(4), 1227–1236. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26465>
- Iqbal, M. H., & Aziz, A. (2022). Crop selection as climate change adaptation: A study on Koyra Upazila of Bangladesh. *Ecological Economics*, 199, 107488. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107488>
- Jägermeyr, J., Müller, C., Ruane, A. C., Elliott, J., Balkovič, J., Castillo, O., Faye, B., Foster, I., Folberth, C., Franke, J. A., Fuchs, K., Guarin, J. R., Heinke, J., Hoogenboom, G., Iizumi, T., Jain, A. K., Kelly, D., Khabarov, N., Lange, S., ... Rosenzweig, C. (2021). Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models. *Nature Food*, 2, 873–885. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00400-y>

- Kremen, C., & Merenlender, A. M. (2018). Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, 362(6412), eaau6020. <https://doi.org/10.1126/science.aau6020>
- Labeyrie, V., Renard, D., Aumeeruddy-Thomas, Y., Benyei, P. (2021). The role of crop diversity in climate change adaptation: Insights from local observations to inform decision making in agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 51, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.01.006>
- Lowder, S. K., Sánchez, M. V., & Bertini, R. (2021). Which farms feed the world and has farmland become more concentrated? *World Development*, 142, 105455. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105455>
- McKinney, W. (2010). Data structures for statistical computing in Python. *Proceedings of the 9th Python in Science Conference*, 56–61. <https://doi.org/10.25080/Majora-92bf1922-00a>
- Mishra, P., Pandey, C. M., Singh, U., Gupta, A., Sahu, C., & Keshri, A. (2019). Descriptive statistics and normality tests for statistical data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 22(1), 67–72. https://doi.org/10.4103/aca.ACA_157_18
- Mukti, A. (2020). Pemberdayaan pertanian lokal dalam menopang keberhasilan program food estate di Kalimantan Tengah. *J-SEA (Journal Socio Economic Agricultural)*, 15(2), 97–107. <https://doi.org/10.52850/jsea.v15i2.3375>
- Ortiz-Bobea, A., Ault, T. R., Carrillo, C. M., Chambers, R. G., & Lobell, D. B. (2021). Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. *Nature Climate Change*, 11, 306–312. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01000-1>
- Parwati, D., Maleha, M., & Sintha, T. Y. E. (2021). Faktor-faktor yang mempengaruhi akses pangan rumah tangga di Kelurahan Tumbang Rungan Kecamatan Pahandut Kota Palangka Raya. *J-SEA (Journal Socio Economic Agricultural)*, 16(2), 80–89. <https://doi.org/10.52850/jsea.v16i2.4015>
- Porcher, V. (2026). *Smallholder farmers shift crops in the face of global change* [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.19136836>
- Ray, D. K., West, P. C., Clark, M., Gerber, J. S., Prishchepov, A. V., & Chatterjee, S. (2019). Climate change has likely already affected global food production. *PLOS ONE*, 14(5), e0217148. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217148>
- Ricciardi, V., Ramankutty, N., Mehrabi, Z., Jarvis, L., & Chookolingo, B. (2018). How much of the world's food do smallholders produce? *Global Food Security*, 17, 64–72. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.05.002>
- Rising, J., & Devineni, N. (2020). Crop switching reduces agricultural losses from climate change in the United States by half under RCP 8.5. *Nature Communications*, 11, 4991. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18725-w>
- Saputra, D., Erlina, Y., & Barbara, B. (2022). Analisis trend produksi dan konsumsi jagung pipilan di Indonesia. *J-SEA (Journal Socio Economic Agricultural)*, 17(1), 30–46. <https://doi.org/10.52850/jsea.v17i1.4340>
- Tamburini, G., Bommarco, R., Wanger, T. C., Kremen, C., van der Heijden, M. G. A., Liebman, M., & Hallin, S. (2020). Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science Advances*, 6(45), eaba1715. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba1715>
- Tenopir, C., Rice, N. M., Allard, S., Baird, L., Borycz, J., Christian, L., Grant, B., Olendorf, R., & Sandusky, R. J. (2020). Data sharing, management, use, and reuse: Practices and perceptions of scientists worldwide. *PLOS ONE*, 15(3), e0229003. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229003>

- Tessema, Y. A., Joerin, J., & Patt, A. (2019). Crop switching as an adaptation strategy to climate change: The case of Semien Shewa Zone of Ethiopia. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 11(3), 358–371. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-05-2018-0043>
- Trijsburg, L., Talsma, E. F., de Vries, J. H. M., Kennedy, G., Kuijsten, A., & Brouwer, I. D. (2019). Diet quality indices for research in low- and middle-income countries: A systematic review. *Nutrition Reviews*, 77(8), 515–540. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuz017>
- Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., et al. (2020). SciPy 1.0: Fundamental algorithms for scientific computing in Python. *Nature Methods*, 17, 261–272. <https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>
- Xie, W., Zhu, A., Ali, T., Zhang, Z., Chen, X., Wu, F., Shahzad, I., & Davis, K. F. (2023). Crop switching can enhance environmental sustainability and farmer incomes in China. *Nature*, 616(7956), 300–305. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05799-x>