



PERTANIAN BERKELANJUTAN *sebagai Fondasi* **KETAHANAN PANGAN MASA DEPAN**



Oleh: Rudy C Tarumingkeng

Oleh:

[Prof Ir Rudy C Tarumingkeng, PhD](#)

Professor of Management NUP: 9903252922

Professor Emeritus, IPB-University

Rector, Universitas Cenderawasih, Papua (1978-1988, dan

Rector, Kampus AGRO Manokwari sekarang Universitas Papua Manokwari

Coordinator, CIDA/DIKTI SFU Burnaby BC Canada 1988-1991

Rector, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta (1991-2000)

Chairman. Board of Professors, IPB-University, Bogor (2005-2006)

AI - Data Analyst, dan Chairman, Academic Senate, IBM-ASMI, Jakarta 2024-

© RudyCT Academic Series

rudyc75@gmail.com

27 March 2026

PERTANIAN BERKELANJUTAN SEBAGAI FONDASI KETAHANAN PANGAN MASA DEPAN

Abstrak

Makalah ini membahas pertanian berkelanjutan sebagai fondasi utama ketahanan pangan masa depan dalam konteks perubahan iklim, degradasi lahan, tekanan demografis, volatilitas harga pangan, serta transformasi sistem pangan global. Pertanian berkelanjutan tidak lagi dapat dipahami semata-mata sebagai teknik budidaya yang ramah lingkungan, tetapi sebagai pendekatan sistemik yang mengintegrasikan produktivitas, keadilan sosial, efisiensi ekonomi, konservasi sumber daya, dan ketahanan jangka panjang. Dalam kerangka ini, ketahanan pangan dipahami melalui empat dimensi pokok, yaitu ketersediaan, akses, pemanfaatan, dan stabilitas. Makalah ini menunjukkan bahwa keberhasilan ketahanan pangan masa depan sangat bergantung pada kemampuan negara dan masyarakat membangun sistem pertanian yang sehat secara ekologis, layak secara ekonomi, dan inklusif secara sosial. Pembahasan menyoroti beberapa pendekatan penting, seperti agroekologi, pertanian konservasi, intensifikasi berkelanjutan, climate-smart agriculture, serta pertanian presisi berbasis data. Dalam konteks Indonesia, tantangan struktural seperti dominasi petani gurem, lemahnya regenerasi petani, keterbatasan pembiayaan, tekanan alih fungsi lahan, dan kesenjangan teknologi menuntut strategi transformasi yang lebih terintegrasi. Makalah ini menegaskan bahwa masa depan ketahanan pangan tidak dapat dijamin hanya dengan menaikkan produksi jangka pendek, melainkan harus dibangun melalui pembaruan cara berpikir tentang tanah, air, benih, petani, pasar, teknologi, dan tata kelola. Dengan demikian, pertanian berkelanjutan merupakan fondasi

strategis bagi kedaulatan pangan, stabilitas sosial, kualitas gizi, dan keberlanjutan pembangunan nasional. ([FAOHome](#))

Kata kunci: pertanian berkelanjutan, ketahanan pangan, agroekologi, climate-smart agriculture, pertanian presisi, Indonesia, sistem pangan, perubahan iklim

Pertanian Berkelanjutan sebagai Fondasi Ketahanan Pangan Masa Depan

1. Pendahuluan

Pada abad ke-21, isu pangan tidak lagi dapat diperlakukan sebagai persoalan produksi semata. Dunia menghadapi situasi yang lebih rumit: jumlah penduduk terus bertambah, perubahan iklim semakin terasa, degradasi lahan meluas, keanekaragaman hayati menurun, dan harga pangan di banyak negara menjadi rentan terhadap guncangan geopolitik maupun ekonomi. Laporan-laporan mutakhir FAO, IPCC, World Bank, dan UNEP menunjukkan bahwa sistem pangan global sedang berada di bawah tekanan yang bersifat simultan: tekanan ekologis, sosial, finansial, dan kelembagaan. Tekanan ini menjadikan ketahanan pangan masa depan tidak mungkin dipertahankan dengan paradigma pertanian yang eksploitatif, boros input, dan berorientasi sempit pada output jangka pendek. ([FAOHome](#))

FAO menegaskan bahwa pertanian yang berkelanjutan harus memenuhi kebutuhan generasi kini dan generasi mendatang, sambil tetap menjamin profitabilitas, kesehatan lingkungan, serta keadilan sosial-ekonomi. Dalam pengertian ini, pertanian berkelanjutan bukan sekadar “bertani hijau,” melainkan upaya menata ulang relasi antara produksi pangan, kesejahteraan petani, daya dukung ekologi, serta tata kelola pangan secara keseluruhan. Di sinilah pertanian berkelanjutan menjadi fondasi, bukan

aksesori, bagi ketahanan pangan. Ia menentukan apakah pangan tersedia, terjangkau, bergizi, dan stabil dari waktu ke waktu. ([FAOHome](#))

World Bank mengingatkan bahwa ketahanan pangan mencakup empat dimensi: ketersediaan pangan, akses ekonomi dan fisik terhadap pangan, pemanfaatan atau utilisasi gizi, dan stabilitas keempat unsur itu sepanjang waktu. Bila salah satu dimensi terganggu, ketahanan pangan melemah. Produksi yang tinggi pun belum tentu berarti masyarakat tahan pangan bila akses rumah tangga terganggu oleh harga, distribusi, atau pendapatan. Demikian pula stok yang cukup tidak otomatis menjamin gizi bila kualitas pangan buruk atau pola konsumsi sempit. Karena itu, pertanian berkelanjutan harus dibaca sebagai landasan bagi keseluruhan sistem, bukan hanya sektor budidaya di lahan. ([World Bank](#))

Dalam konteks global, urgensi transformasi pertanian semakin kuat karena perubahan iklim telah memengaruhi ketahanan pangan melalui dampaknya pada ketersediaan, akses, pemanfaatan, dan stabilitas. IPCC menegaskan bahwa risiko terhadap ketahanan pangan meningkat pada pemanasan global 1,5°C dan makin besar pada 2°C. Pada saat yang sama, sistem pangan juga merupakan kontributor penting emisi gas rumah kaca. Artinya, pertanian berada dalam posisi ganda: sebagai korban dari perubahan iklim, sekaligus sebagai bagian dari persoalan yang harus dibenahi. Pendekatan yang berkelanjutan diperlukan agar sektor ini mampu beradaptasi, sekaligus ikut menurunkan tekanan ekologis. ([IPCC](#))

Bagi Indonesia, isu ini memiliki bobot strategis yang sangat besar. Pertanian tetap menjadi basis kehidupan jutaan rumah tangga, penopang pangan nasional, dan sumber kerja di wilayah perdesaan. Data Sensus Pertanian 2023 menunjukkan bahwa jumlah rumah tangga usaha pertanian di Indonesia mencapai lebih dari 25 juta, sementara rumah tangga petani lebih dari 27 juta. Pada saat yang sama, struktur pertanian Indonesia ditandai oleh jumlah petani gurem yang sangat besar dan proporsi petani milenial yang masih terbatas. Hal ini menunjukkan bahwa masa depan

pangan Indonesia bergantung bukan hanya pada teknologi, tetapi juga pada pembenahan struktur agraria, regenerasi petani, kelembagaan pasar, dan ekosistem kebijakan. ([Sensus BPS](#))

Makalah ini berargumen bahwa pertanian berkelanjutan adalah fondasi ketahanan pangan masa depan karena ia menyatukan produktivitas, resiliensi, keadilan, dan efisiensi dalam satu kerangka yang sistemik. Untuk membuktikan argumen tersebut, pembahasan akan dimulai dari kerangka konseptual pertanian berkelanjutan dan ketahanan pangan, dilanjutkan dengan tekanan global yang membuat transformasi menjadi keharusan, kemudian menelaah pendekatan-pendekatan operasional yang relevan, dan akhirnya menawarkan arah strategis bagi Indonesia. Dengan cara itu, pertanian berkelanjutan diposisikan bukan sekadar sebagai pilihan normatif, melainkan sebagai kebutuhan strategis pembangunan nasional. ([FAOHome](#))

2. Pertanian Berkelanjutan dan Ketahanan Pangan: Kerangka Konseptual

Konsep pertanian berkelanjutan berangkat dari kesadaran bahwa sistem pertanian modern yang sangat intensif telah membawa hasil besar dalam produksi, tetapi sering disertai biaya tersembunyi: penurunan kualitas tanah, pencemaran air, ketergantungan pada input eksternal, hilangnya biodiversitas, serta kerentanan terhadap guncangan iklim dan pasar. Karena itu, keberlanjutan dalam pertanian harus dibangun di atas tiga dimensi utama yang saling terkait, yaitu dimensi ekologis, ekonomi, dan sosial. Dimensi ekologis menuntut perlindungan sumber daya alam dan fungsi ekosistem; dimensi ekonomi mengharuskan usaha tani tetap layak dan produktif; dan dimensi sosial menghendaki distribusi manfaat yang adil, pekerjaan yang bermartabat, dan penguatan komunitas perdesaan. FAO menempatkan ketiga dimensi ini sebagai bagian tak terpisahkan dari sistem pangan yang berkelanjutan. ([FAOHome](#))

FAO juga merumuskan lima prinsip utama keberlanjutan pangan dan pertanian, yakni meningkatkan produktivitas, pekerjaan, dan nilai tambah; melindungi dan memperbaiki sumber daya alam; meningkatkan penghidupan dan pertumbuhan inklusif; memperkuat resiliensi; serta menyesuaikan tata kelola terhadap tantangan baru. Prinsip-prinsip ini penting karena menunjukkan bahwa keberlanjutan bukan anti-produktivitas. Justru sebaliknya, produktivitas yang tahan lama hanya mungkin bila dibangun di atas ekologi yang sehat, petani yang berdaya, dan institusi yang adaptif. Pendekatan ini menggeser fokus dari "hasil panen maksimum sesaat" menjadi "kemampuan sistem menghasilkan pangan secara andal dari generasi ke generasi." ([FAOHome](#))

Dalam kerangka ketahanan pangan, keberlanjutan pertanian menjadi kunci karena empat dimensi ketahanan pangan semuanya bergantung pada cara pangan diproduksi dan dikelola. Ketersediaan pangan berkaitan dengan volume produksi, stok, dan perdagangan; akses pangan ditentukan oleh pendapatan, harga, infrastruktur, dan distribusi; pemanfaatan pangan terkait mutu gizi, keamanan pangan, dan pola konsumsi; sedangkan stabilitas mengacu pada kemampuan sistem menghadapi guncangan cuaca, konflik, inflasi, maupun gangguan pasar. Pertanian yang tidak berkelanjutan mungkin masih dapat menopang ketersediaan dalam jangka pendek, tetapi sering gagal menjaga stabilitas jangka panjang dan memperlebar risiko akses maupun pemanfaatan. ([World Bank](#))

Dengan demikian, pertanian berkelanjutan sesungguhnya adalah jembatan antara produksi dan ketahanan pangan. Ia bekerja bukan hanya pada tingkat lahan, melainkan juga pada tingkat rantai nilai, lembaga petani, pasar, keuangan, dan kebijakan publik. Pertanian berkelanjutan mendorong efisiensi air, kesehatan tanah, diversifikasi usaha tani, pengurangan kehilangan pascapanen, penguatan kapasitas petani, serta pemanfaatan teknologi yang tepat guna. Semua elemen ini tidak bekerja sendiri-sendiri, tetapi saling mengunci dalam sistem pangan yang lebih tahan terhadap krisis. ([FAOHome](#))

Di sinilah letak perbedaan antara pendekatan lama dan pendekatan baru. Pendekatan lama cenderung melihat lahan sebagai mesin produksi yang dapat dipaksa bekerja terus-menerus melalui pupuk, pestisida, dan air dalam jumlah besar. Pendekatan berkelanjutan melihat lahan sebagai ekosistem hidup yang memerlukan pemulihan, keseimbangan biologis, dan pengelolaan berbasis pengetahuan. Pendekatan lama memisahkan pertanian dari kesehatan, gizi, lingkungan, dan kemiskinan. Pendekatan baru menghubungkannya secara integral dalam perspektif sistem pangan. Inilah sebabnya pertanian berkelanjutan lebih tepat dipahami sebagai filosofi pembangunan daripada sekadar paket teknologi budidaya. ([UNEP - UN Environment Programme](#))

3. Mengapa Pertanian Berkelanjutan Menjadi Fondasi Ketahanan Pangan Masa Depan

Pertama, pertanian berkelanjutan penting karena ketahanan pangan masa depan akan sangat ditentukan oleh kemampuan manusia menjaga produktivitas lahan dalam kondisi iklim yang makin tidak menentu. FAO dalam *The State of Food and Agriculture 2025* menyoroti bahwa degradasi lahan akibat aktivitas manusia berimplikasi langsung terhadap produksi pertanian dan berkontribusi pada kesenjangan hasil panen. Bila tanah terus menurun kualitasnya, maka target peningkatan produksi akan makin mahal, makin tidak stabil, dan makin rentan terhadap gagal panen. Dengan kata lain, tanpa kesehatan tanah, ketahanan pangan hanya berdiri di atas fondasi yang rapuh. ([FAOHome](#))

Kedua, pertanian berkelanjutan penting karena perubahan iklim telah mengubah cara risiko pangan bekerja. Dulu ancaman terhadap pangan sering dipahami sebagai kekurangan produksi lokal. Kini ancamannya lebih kompleks: banjir mengganggu tanam, kekeringan menaikkan biaya air, gelombang panas memukul produktivitas, hama bergeser wilayah, harga beras dipengaruhi konflik di luar negeri, dan inflasi menurunkan kemampuan rumah tangga membeli pangan sehat. SOFI 2025 menegaskan

bahwa inflasi harga pangan yang tinggi telah menggerus daya beli dan akses terhadap diet sehat, terutama pada kelompok berpendapatan rendah. Ini berarti ketahanan pangan masa depan memerlukan sistem pertanian yang tahan guncangan sekaligus efisien menekan biaya.

([FAOHome](#))

Ketiga, pertanian berkelanjutan penting karena sistem pangan global tidak hanya rentan, tetapi juga memberi tekanan besar pada planet. UNEP menegaskan bahwa sistem pangan merupakan faktor kunci dalam krisis tiga planet—perubahan iklim, kehilangan biodiversitas, dan polusi—serta saat yang sama gagal memenuhi kebutuhan banyak orang karena masih ada kelaparan, ketimpangan, dan pemborosan pangan. World Bank menambahkan bahwa sistem agripangan menyumbang sekitar sepertiga emisi gas rumah kaca global, namun hanya menerima sekitar 4 persen pembiayaan iklim, dan hanya sebagian kecil dari aliran itu yang sampai ke petani kecil. Ini menunjukkan adanya paradoks besar: sektor yang sangat menentukan masa depan manusia justru sering kekurangan dukungan transformasi. ([UNEP - UN Environment Programme](#))

Keempat, pertanian berkelanjutan menjadi fondasi ketahanan pangan karena ia menghubungkan produksi dengan resiliensi rumah tangga petani. Petani bukan hanya produsen; mereka juga konsumen, pengelola risiko, pemelihara lanskap, dan penyangga ekonomi desa. Bila sistem pertanian menekan pendapatan petani, memperbesar utang, atau membuat mereka sangat tergantung pada input mahal, maka fondasi produksi pangan juga melemah. Sebaliknya, bila sistem budidaya meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pupuk, memperluas diversifikasi pendapatan, dan memperkuat kelembagaan petani, maka rumah tangga tani menjadi lebih tahan terhadap fluktuasi musim maupun harga. Ketahanan pangan nasional pada akhirnya sangat bergantung pada ketahanan pelaku utamanya. ([FAOHome](#))

Kelima, pertanian berkelanjutan relevan karena masa depan pangan tidak cukup dijawab oleh satu model pertanian tunggal. Tinjauan ilmiah menunjukkan bahwa pertanian organik memiliki keunggulan lingkungan dalam ukuran per satuan lahan, tetapi rata-rata menghadapi kesenjangan hasil per satuan output dan tidak dapat diposisikan sebagai satu-satunya paradigma. Karena itu, jalan ke depan justru terletak pada kombinasi cerdas antara prinsip-prinsip ekologis, inovasi teknologi, pengetahuan lokal, dan desain kebijakan yang memungkinkan konteks setempat menentukan bentuk praktik terbaiknya. Pertanian berkelanjutan, dalam arti ini, adalah pendekatan yang plural tetapi terarah. ([Annual Reviews](#))

4. Tekanan Utama terhadap Sistem Pangan dan Pertanian

Salah satu tekanan terbesar terhadap pertanian adalah perubahan iklim. IPCC menegaskan bahwa iklim memengaruhi ketahanan pangan melalui dampaknya pada ketersediaan, akses, utilisasi, dan stabilitas. Dalam laporan *Climate Change and Land*, IPCC juga menyebut bahwa banyak kelompok yang menggantungkan hidup pada lahan terdegradasi sangat rentan terhadap kombinasi perubahan iklim dan penurunan produktivitas lahan. Ini berarti masalah iklim tidak berdiri sendiri; ia berinteraksi dengan kemiskinan, keterbatasan adaptasi, dan ketimpangan akses sumber daya. Pada wilayah-wilayah yang sangat bergantung pada pertanian hujan, ancaman tersebut menjadi lebih akut. ([IPCC](#))

Tekanan kedua adalah degradasi lahan dan menurunnya kesuburan tanah. Selama beberapa dekade, peningkatan produksi banyak bergantung pada intensifikasi input, pembukaan lahan, dan eksploitasi sumber daya yang sering tidak diimbangi pemulihan. FAO 2025 menekankan bahwa degradasi lahan telah berkontribusi terhadap kesenjangan hasil panen dan memukul produsen pada berbagai skala. Bila tren ini berlanjut, pertanian akan semakin menghadapi *diminishing returns*: biaya naik, produktivitas stagnan, dan risiko lingkungan membesar. Di sinilah logika keberlanjutan

menjadi sangat rasional secara ekonomi, bukan hanya etis secara ekologis.
([FAOHome](#))

Tekanan ketiga adalah kehilangan dan pemborosan pangan. FAO mencatat bahwa secara global 13,2 persen pangan hilang setelah panen hingga sebelum retail, sementara 19 persen lainnya terbuang pada tingkat retail, jasa makanan, dan rumah tangga menurut statistik UNEP 2024. Artinya, memperkuat ketahanan pangan masa depan bukan hanya urusan menambah produksi, tetapi juga mengurangi kehilangan yang terjadi setelah pangan dipanen. Dalam banyak kasus, investasi pada penyimpanan, rantai dingin, pengolahan, transportasi, dan manajemen inventori bisa memberi dampak yang sama besar, bahkan lebih murah, dibanding ekspansi produksi. ([FAOHome](#))

Tekanan keempat adalah lemahnya pembiayaan transformasi pertanian. World Bank menunjukkan bahwa meskipun sistem agripangan memiliki peran besar dalam emisi dan adaptasi iklim, aliran pembiayaan iklim ke sektor ini masih sangat kecil, dan hanya sebagian kecil yang menjangkau petani kecil. Padahal transformasi menuju pertanian berkelanjutan memerlukan investasi awal: perbaikan irigasi, benih adaptif, mekanisasi tepat guna, pemulihan tanah, digitalisasi, asuransi pertanian, dan infrastruktur pascapanen. Tanpa pembiayaan yang tepat, keberlanjutan mudah berhenti pada slogan. ([World Bank](#))

Tekanan kelima adalah struktur sosial pertanian yang rapuh. Dalam konteks Indonesia, Sensus Pertanian 2023 menunjukkan besarnya jumlah petani gurem, yaitu petani pengguna lahan kurang dari 0,5 hektar. Pada saat yang sama, proporsi petani milenial masih sekitar 21,93 persen dari total petani. Data ini memberi isyarat kuat bahwa tantangan masa depan bukan hanya soal teknologi, tetapi juga skala usaha, regenerasi, dan kelayakan ekonomi profesi tani. Bila bertani tidak menjanjikan penghidupan yang layak, generasi muda akan semakin menjauh, dan fondasi ketahanan pangan melemah dari hulunya. ([Sensus BPS](#))

5. Pendekatan-Pendekatan Kunci dalam Pertanian Berkelanjutan

5.1 Agroekologi

Agroekologi merupakan salah satu pendekatan paling penting dalam transformasi pertanian berkelanjutan. FAO mendefinisikannya sebagai pendekatan yang menerapkan prinsip-prinsip ekologis dan sosial pada desain serta pengelolaan sistem pangan, dengan proses yang bersifat kontekstual, partisipatif, dan berbasis wilayah. FAO mengembangkan kerangka "10 Elements of Agroecology" untuk membantu negara dan pelaku lapangan menavigasi perubahan yang bersifat sistemik. Kerangka ini menegaskan bahwa transformasi pertanian tidak cukup dilakukan dengan mengganti input, tetapi harus menyentuh relasi sosial, keberagaman, efisiensi, resiliensi, nilai kemanusiaan, dan tata kelola.

([FAOHome](#))

Tinjauan ilmiah oleh Ewert, Baatz, dan Finger menunjukkan bahwa agroekologi dapat menjadi jalan menuju sistem pangan yang lebih tangguh, tetapi keberhasilannya memerlukan pendekatan multiskala yang menghubungkan level kebun, wilayah, hingga sistem global. Mereka menekankan bahwa agroekologi harus layak secara ekonomi bagi petani dan pelaku lain dalam sistem pangan. Ini penting, sebab terlalu sering keberlanjutan dibicarakan hanya dari sudut lingkungan, padahal adopsinya sangat dipengaruhi oleh insentif, pasar, teknologi, dan kebijakan. Dengan demikian, agroekologi bukan romantisme kembali ke masa lalu, melainkan desain transformasi yang membutuhkan kelembagaan modern. ([Annual](#)

[Reviews](#))

Dalam praktik, agroekologi dapat hadir dalam bentuk diversifikasi tanaman, rotasi, pemanfaatan bahan organik, integrasi tanaman-ternak, penggunaan musuh alami hama, konservasi air, dan penguatan kelompok tani. Bayangkan sebuah desa yang sebelumnya hanya menanam satu jenis komoditas dengan ketergantungan penuh pada pupuk kimia. Ketika desa itu mulai mengembangkan rotasi tanaman, bank kompos, pagar hidup,

embung kecil, dan koperasi pemasaran, yang berubah bukan hanya teknik tanam, tetapi juga struktur ketahanan sosial-ekologinya. Itulah logika agroekologi: memperkuat hubungan yang selama ini diputus oleh pertanian yang terlalu sempit dan seragam. Kerangka ini selaras dengan arah FAO untuk transisi menuju sistem pangan berkelanjutan. ([FAOHome](#))

5.2 Pertanian Konservasi

Pendekatan kedua adalah pertanian konservasi. FAO menjelaskan tiga prinsip pokoknya: gangguan mekanis minimum pada tanah, penutupan tanah permanen, dan diversifikasi spesies. Ketiga prinsip ini bertujuan menjaga struktur tanah, kelembapan, biota tanah, efisiensi air, dan produktivitas berkelanjutan. Dalam banyak lingkungan yang rentan erosi dan kehilangan bahan organik, pertanian konservasi menjadi fondasi penting bagi adaptasi iklim dan ketahanan hasil panen. ([FAOHome](#))

Keunggulan pertanian konservasi terletak pada kemampuannya menggeser logika pertanian dari “mengolah tanah sebanyak mungkin” menjadi “menjaga tanah agar tetap hidup.” Tanah bukan medium pasif, tetapi ruang biologis yang menentukan daya simpan air, ketersediaan hara, dan kesehatan tanaman. Ketika penutup tanah dipertahankan dan rotasi tanaman diterapkan, sistem menjadi lebih tahan terhadap kekeringan, hujan lebat, dan fluktuasi suhu. Dalam jangka panjang, pendekatan ini juga menekan biaya olah tanah dan mengurangi degradasi. Karena itu, ketahanan pangan masa depan tidak dapat dipisahkan dari politik kesehatan tanah. ([FAOHome](#))

5.3 Intensifikasi Berkelanjutan

Pendekatan ketiga adalah intensifikasi berkelanjutan. Konsep ini muncul dari kebutuhan meningkatkan produksi tanpa terus memperluas lahan dan tanpa memperparah kerusakan lingkungan. Tinjauan Annual Review oleh Jain dan kolega menunjukkan bahwa intensifikasi berkelanjutan sangat penting bagi sistem pertanian skala kecil. Mereka menemukan bahwa

beberapa strategi seperti varietas unggul yang lebih baik, *push-pull systems*, dan System of Rice Intensification (SRI) menunjukkan dampak positif yang relatif konsisten terhadap hasil dan pendapatan. Namun, hambatan adopsi tetap besar, sehingga perlu dukungan kelembagaan dan kebijakan yang tepat. ([Annual Reviews](#))

Makna penting intensifikasi berkelanjutan adalah bahwa peningkatan produksi masih diperlukan, tetapi caranya harus berubah. Dunia tidak sedang memilih antara produktivitas atau lingkungan. Yang dibutuhkan adalah produktivitas yang tidak merusak landasan biologisnya sendiri. Dalam konteks negara berkembang, intensifikasi berkelanjutan juga berarti menyasar celah hasil panen (*yield gap*) melalui benih lebih baik, manajemen air, perbaikan tanah, penyuluhan, dan pengendalian hama yang lebih cerdas. Dengan demikian, ia bukan agenda pertanian besar semata, tetapi sangat relevan untuk petani kecil. ([Annual Reviews](#))

5.4 Climate-Smart Agriculture

Pendekatan keempat adalah *climate-smart agriculture* (CSA). World Bank memosisikan CSA sebagai jalan untuk membangun sistem pangan yang lebih efisien, lebih tangguh terhadap iklim, dan lebih mampu menurunkan emisi. Pendekatan ini penting karena banyak negara kini harus mengejar tiga sasaran sekaligus: produktivitas, adaptasi, dan mitigasi. Tantangan terbesar bukan konsepnya, melainkan implementasinya—terutama pendanaan, kapasitas, dan akses petani kecil terhadap inovasi. ([World Bank](#))

CSA relevan bagi ketahanan pangan masa depan karena ancaman iklim tidak akan hilang. Yang realistis adalah membangun sistem yang lebih siap menghadapi kekeringan, banjir, perubahan musim, dan tekanan hama-penyakit. Itu dapat ditempuh melalui varietas tahan iklim, kalender tanam adaptif, asuransi indeks cuaca, irigasi hemat air, agroforestri, dan pemantauan berbasis data. Pada tingkat kebijakan, CSA menuntut integrasi antara kementerian pertanian, lingkungan, keuangan, riset, dan

infrastruktur. Ketahanan pangan di era iklim tidak bisa lagi dikelola secara sektoral sempit. ([World Bank](#))

5.5 Pertanian Presisi dan Digitalisasi

Pendekatan kelima adalah pertanian presisi dan digitalisasi. World Bank menilai bahwa akses terhadap data, analitik, dan teknologi digital dapat membantu menghubungkan sekitar 570 juta pertanian di dunia dengan 8 miliar konsumen. Kementerian Pertanian Indonesia juga memandang pertanian presisi sebagai model pertanian modern berbasis *smart farming* yang mengubah pola pengelolaan konvensional menjadi lebih produktif dan efisien melalui otomatisasi, Internet of Things, sistem informasi, dan integrasi data. Literatur akademik terbaru pun menunjukkan bahwa AI dapat mendukung prediksi hasil, deteksi penyakit tanaman, efisiensi rantai pasok, serta pengurangan kehilangan pascapanen. ([World Bank](#))

Namun, pertanian presisi tidak boleh dibayangkan sebagai “pertanian mewah” yang hanya cocok untuk korporasi besar. Dalam perspektif keberlanjutan, digitalisasi seharusnya dipakai untuk memperkecil ketidakpastian petani kecil: kapan menanam, berapa dosis pupuk yang tepat, bagaimana membaca kelembapan tanah, ke mana menjual hasil panen, dan bagaimana mengakses pembiayaan. Teknologi yang baik bukan yang paling canggih, melainkan yang paling membantu pengambilan keputusan. Bila dirancang inklusif, digitalisasi dapat menjadi alat demokratisasi pengetahuan pertanian. ([Pustaka BPPSDMP](#))

6. Konteks Indonesia: Tantangan dan Peluang

Indonesia memiliki basis sosial pertanian yang luas. Sensus Pertanian 2023 menunjukkan lebih dari 25 juta rumah tangga usaha pertanian dan lebih dari 27 juta rumah tangga petani. Mayoritas rumah tangga petani bergerak di subsektor tanaman pangan, disusul peternakan dan perkebunan. Di sisi lain, jumlah petani gurem sangat besar, yakni lebih dari 17 juta petani pengguna lahan pertanian. Secara analitis, angka ini menunjukkan bahwa

transformasi pertanian Indonesia tidak bisa bertumpu pada asumsi bahwa mayoritas petani memiliki skala usaha cukup besar untuk menyerap teknologi mahal atau menanggung risiko pasar yang tinggi. Jalan keberlanjutan Indonesia harus dirancang untuk skala kecil, berbasis kolektivitas, dan sangat peka pada biaya. ([Sensus BPS](#))

Masalah berikutnya adalah regenerasi. BPS mencatat bahwa petani milenial berusia 19–39 tahun sekitar 21,93 persen dari total petani. Angka ini belum tentu kecil bila dilihat secara absolut, tetapi cukup memberi sinyal bahwa profesi petani belum secara otomatis menjadi pilihan utama generasi muda. Ini problem strategis. Ketahanan pangan masa depan tidak mungkin dijaga oleh sistem yang kehilangan penerus. Regenerasi petani memerlukan perbaikan citra, pendapatan, akses lahan, akses teknologi, dan koneksi dengan ekosistem kewirausahaan. Bertani harus tampil sebagai profesi yang bermartabat, modern, dan layak secara ekonomi. ([Badan Pusat Statistik Indonesia](#))

Dari sisi peluang, Indonesia memiliki kekayaan agroekologi yang sangat besar: beragam zona iklim, biodiversitas tinggi, pengetahuan lokal yang kaya, dan basis komoditas pangan yang beragam. Kekayaan ini justru memberi ruang bagi model pertanian berkelanjutan yang tidak seragam. Di daerah sawah irigasi, misalnya, penguatan SRI, manajemen air hemat, dan integrasi padi-ikan dapat lebih relevan. Di wilayah lahan kering, strategi konservasi tanah, tanaman penutup, agroforestri, dan pengelolaan air mikro menjadi lebih penting. Di kawasan peri-urban, pertanian presisi, hidroponik, dan akuaponik dapat membantu memperpendek jarak pangan ke konsumen. Contoh-contoh ini menunjukkan bahwa keberlanjutan harus bersifat teritorial. ([PSP Pertanian](#))

Indonesia juga memiliki peluang pada modernisasi pertanian. Dokumen dan inisiatif Kementerian Pertanian menegaskan arah pengembangan pertanian presisi sebagai bagian dari *smart farming* untuk efisiensi dan produktivitas. Selain itu, BRIN mendorong pengembangan sistem minapadi

dan akuaponik sebagai pendekatan yang mampu menggabungkan keberlanjutan produksi dengan penambahan sumber protein dan efisiensi penggunaan lahan-air. Bagi ketahanan pangan masa depan, pendekatan seperti ini penting karena menyatukan dua agenda sekaligus: kecukupan pangan pokok dan peningkatan kualitas gizi. ([Repository Pertanian](#))

Namun peluang itu hanya akan nyata bila dibarengi reformasi tata kelola. Indonesia membutuhkan data pertanian yang lebih terintegrasi, penyuluhan yang lebih adaptif, perlindungan lahan pertanian yang konsisten, pembiayaan yang menjangkau petani kecil, serta sistem logistik yang mengurangi kehilangan pascapanen. Tanpa itu, inovasi akan berhenti sebagai proyek percontohan. Pertanian berkelanjutan bukan soal menemukan teknologi ajaib, melainkan kemampuan negara dan masyarakat menjadikan ribuan inovasi kecil itu bekerja secara serempak dalam lanskap yang luas. Di sinilah tata kelola menjadi variabel yang tak kalah penting dari bibit dan pupuk. ([FAOHome](#))

7. Agenda Strategis untuk Menjadikan Pertanian Berkelanjutan sebagai Fondasi Ketahanan Pangan Masa Depan

Agenda pertama adalah menempatkan kesehatan tanah sebagai prioritas nasional. Produktivitas tidak boleh lagi dikejar dengan logika ekstraksi tanpa pemulihan. Program pertanian masa depan perlu menekankan bahan organik, penutup tanah, rotasi tanaman, konservasi air, dan pengelolaan erosi. Tanah yang sehat meningkatkan kapasitas serap air, ketahanan terhadap kekeringan, dan efisiensi penggunaan nutrisi. Ini adalah investasi diam-diam yang hasilnya mungkin tidak selalu spektakuler dalam satu musim, tetapi sangat menentukan dalam satu generasi. ([FAOHome](#))

Agenda kedua adalah melindungi dan mengelola lahan pertanian secara lebih strategis. Ketahanan pangan masa depan tidak mungkin dibangun di atas laju alih fungsi lahan yang tidak terkendali. Indonesia perlu memperkuat sinkronisasi antara perencanaan tata ruang, perlindungan

sawah dan lahan pangan, serta kebijakan pembangunan wilayah. Setiap hektare lahan produktif yang hilang menambah beban kebutuhan intensifikasi di lahan yang tersisa. Dalam jangka panjang, biaya ekologis dan sosialnya bisa jauh lebih mahal daripada manfaat jangka pendek dari konversi lahan. ([FAOHome](#))

Agenda ketiga adalah memperkuat regenerasi petani. Generasi muda harus dilibatkan bukan hanya sebagai penerus tenaga kerja, tetapi sebagai inovator sistem pangan. Pendidikan vokasi, inkubasi agribisnis, akses pembiayaan pemula, sewa lahan kolaboratif, dan integrasi pertanian dengan teknologi digital dapat menjadikan sektor ini lebih menarik. Regenerasi tidak akan terjadi hanya dengan kampanye moral. Ia memerlukan reformasi insentif agar bertani terlihat sebagai masa depan, bukan simbol ketertinggalan. ([Badan Pusat Statistik Indonesia](#))

Agenda keempat adalah mengembangkan pendekatan pertanian yang beragam sesuai wilayah. Tidak semua daerah cocok untuk formula yang sama. Di sebagian tempat, agroekologi dan pertanian konservasi bisa menjadi prioritas. Di tempat lain, pertanian presisi dan otomasi lebih menjanjikan. Yang penting adalah prinsipnya sama: efisiensi sumber daya, resiliensi iklim, dan kelayakan ekonomi. Negara perlu berhenti mengejar keseragaman program, dan mulai membangun kerangka kebijakan yang memberi ruang adaptasi lokal. Prinsip ini sejalan dengan pendekatan FAO yang menempatkan solusi kontekstual di pusat transisi agroekologis. ([FAOHome](#))

Agenda kelima adalah memadukan produktivitas dengan gizi. Ketahanan pangan masa depan tidak boleh berhenti pada berapa ton pangan dihasilkan. Yang harus ditanya adalah: apakah sistem pertanian menghasilkan diet yang lebih sehat, lebih beragam, dan lebih terjangkau? Ini menuntut diversifikasi pangan, penguatan hortikultura, integrasi sumber protein, dan dukungan bagi komoditas lokal. Sistem seperti minapadi, akuaponik, kebun gizi keluarga, dan diversifikasi berbasis pangan lokal

dapat membantu menjembatani tujuan produksi dengan tujuan gizi.

([World Bank](#))

Agenda keenam adalah menurunkan kehilangan pascapanen dan pemborosan pangan. Dalam banyak kasus, pangan yang sudah ada tidak sampai menjadi gizi karena hilang dalam perjalanan dari lahan ke meja makan. Karena itu, investasi pada gudang, pengeringan, kemasan, pengolahan, rantai dingin, logistik, dan literasi konsumsi sama pentingnya dengan investasi pada produksi. Ketahanan pangan yang efisien adalah ketahanan pangan yang tidak membiarkan pangan terbuang sia-sia.

([FAOHome](#))

Agenda ketujuh adalah mendemokratisasi teknologi dan data. Digitalisasi harus dirancang agar menjangkau petani kecil, bukan hanya perusahaan besar. Aplikasi cuaca, sensor murah, pemetaan lahan, prediksi penyakit, pasar digital, dan sistem informasi harga dapat menjadi alat penguatan posisi petani. Namun keberhasilan digitalisasi menuntut pelatihan, literasi, dan dukungan kelembagaan. Tanpa itu, teknologi justru berisiko memperlebar kesenjangan antara petani yang terkoneksi dan yang tertinggal. ([World Bank](#))

Agenda kedelapan adalah memperbaiki pembiayaan dan manajemen risiko. Transformasi pertanian berkelanjutan memerlukan modal sabar, skema kredit yang sesuai musim dan risiko usaha tani, asuransi yang lebih efektif, serta insentif bagi praktik-praktik yang menurunkan kerusakan lingkungan. Fakta bahwa agrifood systems hanya menerima porsi kecil pembiayaan iklim menunjukkan perlunya reposisi sektor pertanian dalam kebijakan keuangan publik maupun swasta. Tanpa pembiayaan yang memadai, petani akan cenderung memilih keputusan jangka pendek yang tampak aman, meski merusak keberlanjutan jangka panjang. ([World Bank](#))

Agenda kesembilan adalah memperkuat kelembagaan petani dan tata kelola rantai nilai. Skala lahan yang kecil sering membuat petani lemah dalam pembelian input, akses teknologi, dan pemasaran hasil. Oleh sebab

itu, koperasi modern, kelembagaan ekonomi desa, kemitraan yang adil, dan platform pemasaran kolektif menjadi elemen penting dari pertanian berkelanjutan. Keberlanjutan tidak hanya diputuskan di sawah, tetapi juga dalam relasi dagang. Petani yang selalu berada pada posisi tawar lemah akan sulit berinvestasi pada praktik yang lebih baik. ([Sensus BPS](#))

Agenda kesepuluh adalah membangun tata kelola pangan yang lintas sektor. Ketahanan pangan masa depan tidak dapat dikelola hanya oleh kementerian pertanian. Ia menyangkut irigasi, perdagangan, kesehatan, pendidikan gizi, keuangan, riset, data, lingkungan, dan pemerintahan daerah. Pendekatan sistem pangan menuntut koordinasi yang lebih kuat, indikator yang lebih lengkap, dan kebijakan yang tidak saling bertentangan. Di sinilah pertanian berkelanjutan berfungsi sebagai bahasa bersama yang menghubungkan produksi, konsumsi, lingkungan, dan kesejahteraan. ([IPCC](#))

8. Penutup

Pertanian berkelanjutan adalah fondasi ketahanan pangan masa depan karena ia menjawab persoalan pangan pada akar terdalamnya. Ia tidak hanya menanyakan berapa banyak pangan yang dihasilkan, tetapi juga bagaimana pangan itu diproduksi, siapa yang diuntungkan, apakah sumber daya alam tetap terjaga, apakah petani tetap hidup layak, dan apakah masyarakat memperoleh pangan yang sehat secara stabil. Dalam zaman yang ditandai oleh perubahan iklim, tekanan harga, degradasi lahan, dan ketidakpastian global, pendekatan lama yang bertumpu pada ekspansi dan input berlebih tidak lagi memadai. Yang dibutuhkan adalah transformasi sistemik. ([FAOHome](#))

Makalah ini menunjukkan bahwa pertanian berkelanjutan memiliki perangkat konseptual dan operasional yang cukup kaya: agroekologi untuk mendesain ulang relasi sosial-ekologis, pertanian konservasi untuk menjaga tanah, intensifikasi berkelanjutan untuk menutup celah hasil, climate-smart agriculture untuk menjawab tantangan iklim, dan pertanian

presisi untuk meningkatkan efisiensi berbasis data. Tidak satu pun pendekatan ini merupakan resep tunggal. Namun bersama-sama, mereka membentuk arsitektur baru bagi ketahanan pangan yang lebih tahan, lebih adil, dan lebih cerdas. ([FAOHome](#))

Bagi Indonesia, arah ini sangat relevan. Besarnya basis rumah tangga tani, dominasi petani kecil, kebutuhan regenerasi, dan tekanan terhadap lahan menjadikan keberlanjutan bukan pilihan tambahan, melainkan syarat keberhasilan pembangunan pangan itu sendiri. Masa depan ketahanan pangan Indonesia akan sangat ditentukan oleh apakah negeri ini mampu menjaga tanahnya tetap subur, airnya tetap tersedia, petaninya tetap berdaya, teknologinya tetap inklusif, dan tata kelolanya tetap konsisten. Jika semua itu dapat dirangkai dalam satu visi kebijakan yang utuh, maka pertanian berkelanjutan bukan hanya akan menjaga kecukupan pangan, tetapi juga membentuk peradaban pembangunan yang lebih matang, lebih resilien, dan lebih berkeadilan. ([Sensus BPS](#))

Glosarium

Agroekologi

Pendekatan pertanian yang menerapkan prinsip ekologi dan sosial untuk merancang sistem pangan yang beragam, tangguh, inklusif, dan kontekstual.

Alih fungsi lahan

Perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi penggunaan nonpertanian, seperti permukiman, industri, atau infrastruktur.

Climate-smart agriculture (CSA)

Pendekatan pertanian yang berupaya meningkatkan produktivitas, memperkuat adaptasi terhadap perubahan iklim, dan bila mungkin menurunkan emisi.

Diversifikasi pangan

Upaya memperluas jenis pangan yang diproduksi dan dikonsumsi agar sistem pangan tidak terlalu bergantung pada satu komoditas saja.

Intensifikasi berkelanjutan

Peningkatan produksi pertanian melalui efisiensi, inovasi, dan perbaikan praktik tanpa memperluas kerusakan lingkungan.

Ketahanan pangan

Kondisi ketika semua orang, setiap saat, memiliki akses fisik dan ekonomi terhadap pangan yang cukup, aman, bergizi, dan sesuai preferensi untuk hidup aktif dan sehat.

Petani gurem

Petani pengguna lahan pertanian kurang dari 0,5 hektar.

Pertanian konservasi

Sistem pertanian yang menekankan gangguan minimum pada tanah, penutupan tanah permanen, dan diversifikasi tanaman.

Pertanian presisi

Pendekatan budidaya berbasis data, sensor, analitik, dan otomasi untuk meningkatkan efisiensi input dan produktivitas.

Resiliensi

Kemampuan individu, rumah tangga, usaha tani, atau sistem pangan untuk bertahan, beradaptasi, dan pulih dari guncangan.

Sistem pangan

Keseluruhan aktivitas dan pelaku yang terlibat dalam produksi, distribusi, pengolahan, konsumsi, kehilangan, dan pengelolaan limbah pangan.

SRI (System of Rice Intensification)

Metode budidaya padi yang menekankan efisiensi pengelolaan tanah, tanaman, dan air untuk meningkatkan produktivitas secara lebih ekologis.

Utilisasi pangan

Dimensi ketahanan pangan yang berkaitan dengan pemanfaatan biologis dan gizi dari pangan yang dikonsumsi.

Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik. (2023). *Hasil pencacahan lengkap Sensus Pertanian 2023 - Tahap I*. BPS-Statistics Indonesia.

Badan Pusat Statistik. (2025). *Statistik Nilai Tukar Petani 2024*. BPS-Statistics Indonesia.

Ewert, F., Baatz, R., & Finger, R. (2023). Agroecology for a sustainable agriculture and food system: From local solutions to large-scale adoption. *Annual Review of Resource Economics*, 15, 351–381.
<https://doi.org/10.1146/annurev-resource-102422-090105>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *Conservation agriculture*. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *Overview: Agroecology Knowledge Hub*. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *Sustainable food and agriculture*. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). *The State of Food and Agriculture 2025: Addressing land degradation across landholding scales*. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *Food loss and food waste*. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Fund for Agricultural Development, United Nations Children's Fund, World

Food Programme, & World Health Organization. (2025). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2025: Addressing high food price inflation for food security and nutrition*. FAO.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). *Climate change and land: An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. IPCC.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate Change 2023: AR6 synthesis report*. IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>

Jain, M., Barrett, C. B., Solomon, D., & Ghezzi-Kopel, K. (2023). Surveying the evidence on sustainable intensification strategies for smallholder agricultural systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 48, 347–369. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112320-093911>

Meemken, E.-M., & Qaim, M. (2018). Organic agriculture, food security, and the environment. *Annual Review of Resource Economics*, 10, 39–63. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100517-023252>

Pandey, D. K., & Mishra, R. (2024). Towards sustainable agriculture: Harnessing AI for global food security. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 12, 72–84. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2024.04.003>

United Nations Environment Programme. (2025). *Food systems*. UNEP.

World Bank. (n.d.). *Agriculture and food: What we do*. World Bank.

World Bank. (n.d.). *Climate-smart agriculture*. World Bank.

World Bank. (n.d.). *Food security update*. World Bank.

World Bank. (n.d.). *What is food security?* World Bank.

*Rudy C Tarumingkeng: Pertanian Berkelanjutan sebagai Fondasi
Ketahanan Pangan Masa Depan*

Copilot for this article: ChatGPT 5.4. Thinking (2026). Access date: 27 March 2026. Author's account ([Rudy C Tarumingkeng](#))

<https://chatgpt.com/c/69c687f4-c088-839c-b258-86d7b4ab292f>