



Rudy C Tarumingkeng: Ketahanan Pangan di Era Disrupsi - Peran Big Data, AI, dan Teknologi Digital dalam Monitoring dan Prediksi Krisis

Oleh:

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

Professor of Management NUP: 9903252922

Rektor, Universitas Cenderawasih, Papua (1978-1988, dan
Rektor, Kampus AGRO Manokwari sekarang Universitas Papua Manokwari)

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

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

Ketua Dewan Guru Besar, IPB-University, Bogor (2005-2006)

AI - Data Analyst, dan Ketua Senat Akademik, IBM-ASMI, Jakarta 2024-

© RudyCT Academic Series

rudyct75@gmail.com

6 Maret 2026

KETAHANAN PANGAN DI ERA DISRUPSI: PERAN BIG DATA, AI, DAN TEKNOLOGI DIGITAL DALAM MONITORING DAN PREDIKSI KRISIS

Pendahuluan

Ketahanan pangan pada abad ke-21 tidak lagi dapat dipahami hanya sebagai persoalan produksi pertanian. Ia kini merupakan isu sistemik yang dipengaruhi oleh perubahan iklim, konflik geopolitik, volatilitas harga energi, gangguan logistik, kerusakan ekosistem, perubahan pola konsumsi, serta ketidakpastian ekonomi global. Dalam konteks ini, krisis pangan bukan sekadar terjadi ketika panen turun, melainkan ketika sistem informasi gagal mendeteksi gejala dini, kebijakan terlambat merespons sinyal pasar, dan kelembagaan publik tidak mampu menghubungkan data dengan tindakan. Laporan *Global Report on Food Crises 2025* menunjukkan bahwa pada 2024 lebih dari 295 juta orang di 53 negara dan teritori mengalami kelaparan akut, naik 13,7 juta dibanding 2023. Pada saat yang sama, *SOFI 2025* melaporkan sekitar 673 juta orang mengalami kelaparan pada 2024, sementara inflasi pangan tinggi terus melemahkan daya beli dan keterjangkauan diet sehat, terutama bagi kelompok berpendapatan rendah. ([World Food Programme](#))

Era disrupsi membuat persoalan pangan semakin kompleks karena sumber gangguannya saling berinteraksi. Konflik dapat memutus distribusi dan menghancurkan produksi. Perubahan iklim dapat memicu banjir, kekeringan, atau serangan hama. Guncangan harga energi dapat menaikkan biaya pupuk, irigasi, transportasi, dan pengolahan. Informasi yang lambat atau parsial menyebabkan keputusan menjadi reaktif, bukan preventif. Di sinilah *big data*, kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), penginderaan jauh, *internet of things*, sistem informasi pasar, dan analitik prediktif menjadi sangat penting. Teknologi digital memungkinkan negara, lembaga kemanusiaan, dan pelaku agrifood memantau kondisi secara lebih cepat, menggabungkan berbagai sumber data, mendeteksi anomali, dan membangun sistem peringatan dini yang lebih akurat. FAO menegaskan bahwa sistem yang ditopang banyak data real-time dan beragam semakin berkembang untuk tujuan *early warning* dan identifikasi isu pangan yang muncul, sementara laporan FAO tentang *early warning tools* menyebut kemajuan besar telah dicapai dalam pemanfaatan *big data* dan AI untuk identifikasi risiko yang muncul. ([Open Knowledge FAO](#))

Bagi negara berkembang, termasuk Indonesia, urgensi ini sangat besar. Ketahanan pangan nasional tidak hanya ditentukan oleh total produksi, tetapi juga oleh kualitas data, kecepatan deteksi risiko, efisiensi distribusi, kemampuan memprediksi gejolak, dan ketepatan intervensi kebijakan. Bappenas menekankan bahwa digitalisasi data pangan merupakan langkah strategis untuk memperkuat ketahanan dan keberlanjutan pangan nasional. Di sisi lain, BPS menunjukkan bahwa produksi padi Indonesia pada awal 2025 meningkat cukup kuat, tetapi pengalaman 2025 juga memperlihatkan bahwa kenaikan produksi tidak otomatis menurunkan tekanan harga atau menyelesaikan persoalan distribusi. Ini menunjukkan perlunya sistem pangan yang tidak hanya kuat di sawah, tetapi juga cerdas dalam data dan kebijakan. ([Bappenas](#))

Tulisan ini membahas secara mendalam bagaimana *big data*, AI, dan teknologi digital berperan dalam *monitoring* dan prediksi krisis pangan. Pembahasan akan mencakup: perubahan makna ketahanan pangan di era disrupsi; definisi dan fungsi *big data* serta AI dalam sistem pangan; peran penginderaan jauh, data pasar, dan model prediktif; manfaat dan keterbatasannya; konteks Indonesia; serta implikasi kebijakan bagi pembangunan sistem pangan yang lebih tangguh.

Ketahanan Pangan di Era Disrupsi: Dari Produksi ke Inteligensi Sistem

Dalam paradigma klasik, ketahanan pangan sering diukur melalui ketersediaan komoditas utama, terutama beras atau sereal. Pendekatan ini masih penting, tetapi tidak lagi cukup. Krisis pangan modern sering bersumber dari kombinasi faktor: cuaca ekstrem, konflik, inflasi, gangguan perdagangan, kelangkaan input, dan disfungsi kelembagaan. *WFP Global Outlook* menjelang 2026 menegaskan bahwa ketidakamanan pangan tetap berada pada level mengkhawatirkan, dan bahwa "kelaparan tersembunyi" serta lemahnya akses diet sehat memperpanjang kemiskinan dan instabilitas. Dengan demikian, ketahanan pangan kini harus dipahami sebagai kemampuan sistem untuk tetap menyediakan pangan yang cukup, terjangkau, aman, dan bergizi di tengah guncangan yang berulang. ([World Food Programme](#))

Dalam situasi seperti ini, perbedaan utama antara sistem pangan yang rapuh dan sistem pangan yang tangguh sering terletak pada kualitas informasinya. Sistem yang rapuh biasanya memiliki empat ciri: data tersebar dan tidak terhubung, pemantauan lambat, analisis dilakukan setelah krisis membesar, dan respons kebijakan tidak berbasis bukti real-time. Sebaliknya, sistem yang tangguh membangun *situational awareness* secara terus-menerus: ia tahu apa yang terjadi di lahan, di gudang, di pasar, di jalur logistik, dan pada rumah tangga rentan. *Big data* dan AI menjadi penting justru karena keduanya memungkinkan

pembentukan “inteligensi sistem pangan”—yakni kemampuan untuk menangkap sinyal dini sebelum berubah menjadi bencana.

Laporan FAO tentang dampak bencana terhadap pertanian dan ketahanan pangan menyoroti bahwa solusi digital—mulai dari *AI-powered early warning systems* hingga asuransi berbasis ponsel—sudah menunjukkan potensi dalam mengurangi risiko dan kerugian bagi petani kecil. Artinya, teknologi bukan lagi sekadar pelengkap modernisasi pertanian, melainkan bagian dari strategi ketahanan pangan itu sendiri. ([Open Knowledge FAO](#))

Apa yang Dimaksud dengan *Big Data* dalam Sistem Pangan?

Big data dalam sistem pangan merujuk pada kumpulan data dalam volume besar, bergerak cepat, beragam format, dan terus diperbarui, yang bila diolah dapat memberi wawasan penting tentang kondisi produksi, distribusi, konsumsi, dan risiko pangan. Sumbernya dapat berupa citra satelit, data cuaca, sensor lahan, data harga pasar, catatan logistik, transaksi digital, data survei rumah tangga, media sosial, laporan lapangan, bahkan data ponsel. Nilai *big data* bukan hanya pada jumlahnya, melainkan pada kemampuannya menghubungkan potongan-potongan informasi yang sebelumnya terpisah.

Dalam konteks pangan, *big data* memiliki beberapa fungsi. Pertama, ia mempercepat pengamatan kondisi lapangan tanpa harus sepenuhnya bergantung pada survei manual yang mahal dan lambat. Kedua, ia memungkinkan integrasi lintas-sektor: data curah hujan dapat dihubungkan dengan prakiraan hasil panen; data harga pasar dengan kondisi jalan dan distribusi; data satelit dengan risiko kekeringan. Ketiga, ia membuka peluang deteksi dini. Ketika pola tertentu muncul—misalnya vegetasi menurun, harga melonjak di banyak pasar, atau akses jalan terganggu—sistem dapat memberi sinyal sebelum krisis membesar.

FAO dalam panduan tentang penggunaan AI generatif untuk *early warning* menyebut bahwa perkembangan cepat sistem yang diberi

banyak data real-time dan beragam telah meningkatkan kemampuan identifikasi isu pangan yang sedang berkembang. Ini berarti *big data* bukan lagi sekadar repositori, tetapi fondasi bagi prediksi dan keputusan. ([Open Knowledge FAO](#))

Peran AI: Dari Analisis Data ke Prediksi Krisis

Jika *big data* adalah bahan baku, maka AI adalah mesin analitik yang mampu mengekstraksi pola dari bahan baku tersebut. AI dalam sistem pangan mencakup beragam metode, mulai dari *machine learning* untuk prakiraan hasil panen, deteksi anomali harga, pemodelan risiko kekeringan, identifikasi penyakit tanaman, hingga estimasi tingkat kerawanan pangan rumah tangga. Keunggulan AI terletak pada kemampuannya menemukan pola nonlinier dan hubungan kompleks yang sulit ditangkap analisis statistik konvensional.

WFP melalui inisiatif di platform AI for Good menjelaskan bahwa model prediksi berbasis *reservoir computing* yang memanfaatkan data relevan untuk geografi tertentu ditujukan untuk memperkuat kapasitas WFP dan pemerintah nasional dalam memprediksi krisis, menyiapkan sumber daya, dan mencegah wabah krisis pangan sebelum terjadi. Ini adalah ilustrasi penting bahwa AI tidak hanya berguna pada tahap respons, tetapi justru pada tahap antisipasi. ([AI for Good](#))

Peran AI dalam ketahanan pangan dapat dibagi ke dalam empat lapisan. Pertama, **deskriptif**, yaitu menjelaskan apa yang sedang terjadi sekarang, seperti memetakan wilayah stres vegetasi atau pasar dengan lonjakan harga. Kedua, **diagnostik**, yaitu menjawab mengapa hal itu terjadi dengan menghubungkan banyak variabel. Ketiga, **prediktif**, yaitu memperkirakan apa yang kemungkinan akan terjadi dalam minggu atau bulan mendatang. Keempat, **preskriptif**, yaitu membantu menyarankan intervensi yang paling efektif, misalnya wilayah mana yang perlu diprioritaskan untuk bantuan pangan atau stabilisasi pasokan.

Laporan FAO tentang *early warning tools and systems* menegaskan bahwa *big data* dan AI dapat memperkuat identifikasi risiko yang sedang muncul dalam sistem pangan dan keamanan pangan. Sementara itu, laporan FAO lain tentang *human expertise and technology* menekankan bahwa AI sangat berguna untuk penyaringan data, ekstraksi, penataan, analisis, dan prediksi, tetapi tetap harus digabungkan dengan keahlian manusia. Pesan ini penting: AI bukan pengganti penilaian kebijakan, melainkan penguat kapasitas analitik. ([Open Knowledge FAO](#))

Teknologi Digital Kunci dalam *Monitoring* Krisis Pangan

1. Penginderaan Jauh dan Citra Satelit

Salah satu revolusi terbesar dalam *monitoring* pangan adalah penggunaan citra satelit. Melalui penginderaan jauh, analis dapat memantau kelembapan tanah, indeks vegetasi, suhu permukaan, luas area tanam, banjir, kekeringan, dan perubahan penggunaan lahan. Informasi ini sangat berguna untuk memprediksi produksi, mendeteksi stres tanaman, dan mengidentifikasi wilayah rawan gagal panen.

Kelebihan data satelit adalah cakupannya luas dan frekuensinya tinggi. Namun, ia perlu diinterpretasikan bersama data lapangan. Vegetasi yang terlihat sehat dari atas belum tentu berarti hasil panen akan baik jika ada masalah hama, pembiayaan, atau tenaga kerja. Karena itu, kombinasi citra satelit dengan AI dan data lokal jauh lebih kuat dibanding salah satu unsur saja.

2. Sistem Informasi Harga dan Pasar

Krisis pangan tidak selalu dimulai dari ladang. Sering kali gejala awal muncul di pasar: harga naik tidak biasa, disparitas antarwilayah melebar, atau stok barang berkurang. WFP masih memantau harga dan fungsi lebih dari 2.000 pasar pada 2025, bahkan ketika kapasitas survei rumah tangga menurun, karena data pasar sangat penting bagi *early warning*

systems. Ini menunjukkan bahwa data pasar adalah "sensor sosial" bagi sistem pangan. ([Center For Global Development](#))

Dengan *big data*, data harga pasar dapat dikumpulkan lebih sering dan dianalisis secara spasial. AI dapat mendeteksi pola anomali: apakah kenaikan harga dipicu gangguan produksi, distribusi, kebijakan, atau spekulasi. Dalam konteks Indonesia, pengalaman 2025 menunjukkan pentingnya ini. Meski produksi dan stok relatif kuat, harga beras tetap tinggi di sejumlah periode karena interaksi kebijakan pengadaan, mutu gabah, persaingan penggilingan, dan pelepasan stok. Ini menegaskan bahwa ketahanan pangan modern harus membaca bukan hanya produksi, tetapi juga dinamika pasar secara cerdas. ([Reuters](#))

3. Data Cuaca, Iklim, dan Hidrologi

Perubahan iklim membuat sistem pangan makin sensitif terhadap informasi meteorologis. Curah hujan, suhu, kelembapan, kekeringan, banjir, dan anomali musim harus dipantau terus-menerus. Ketika data ini dihubungkan dengan model AI, negara dapat memperoleh prediksi risiko panen jauh lebih awal. Dalam pendekatan *climate-smart agriculture*, informasi semacam ini menjadi fondasi keputusan mengenai waktu tanam, varietas, irigasi, dan mitigasi risiko.

4. Sensor Lapangan, IoT, dan Pertanian Presisi

Pada level mikro, sensor lahan dan perangkat IoT dapat memantau kelembapan tanah, suhu, kualitas air, kesehatan tanaman, dan penggunaan input. Data ini bermanfaat untuk efisiensi produksi sekaligus membangun basis data prediktif. Jika dikumpulkan secara agregat, sensor lokal dapat memberi gambaran yang lebih halus tentang kondisi pertanian suatu wilayah.

5. Survei Digital dan Data Ponsel

Ketika survei tatap muka sulit atau mahal, survei berbasis telepon atau aplikasi dapat membantu mengukur kondisi rumah tangga, konsumsi,

dan kerentanan. Namun, seperti dicatat dalam diskusi tentang “humanitarian data drought,” penurunan kapasitas pengumpulan data primer pada 2025 membuat banyak sistem berisiko kehilangan kedalaman informasi sosial. Ini mengingatkan bahwa digitalisasi tidak boleh membuat negara meninggalkan data lapangan. Justru keduanya perlu digabungkan. ([Center For Global Development](#))

AI untuk Prediksi: Dari Hasil Panen ke Krisis Kemanusiaan

Prediksi krisis pangan bukan pekerjaan sederhana, sebab ia melibatkan banyak variabel yang berubah cepat. Namun di sinilah kekuatan AI. Model *machine learning* dapat dilatih menggunakan data historis tentang cuaca, vegetasi, produksi, harga, konflik, perpindahan penduduk, dan kondisi ekonomi untuk memprakirakan wilayah mana yang kemungkinan akan mengalami tekanan pangan.

Dalam praktik, ada beberapa jenis prediksi yang dapat dibangun:

Pertama, **prediksi hasil panen**. Dengan citra satelit, data cuaca, dan sejarah budidaya, model AI dapat memperkirakan produksi sebelum panen berlangsung. Ini membantu pemerintah menyiapkan impor, distribusi antardaerah, atau kebijakan cadangan.

Kedua, **prediksi lonjakan harga**. Dengan data pasar, logistik, dan kebijakan, AI dapat mendeteksi kemungkinan kenaikan harga yang signifikan sehingga intervensi dilakukan lebih dini.

Ketiga, **prediksi kerentanan rumah tangga**. Menggabungkan data pendapatan, harga, iklim, dan akses pasar dapat membantu memetakan rumah tangga yang berisiko jatuh ke dalam kerawanan pangan.

Keempat, **prediksi krisis kemanusiaan**. Dalam konteks konflik atau bencana besar, AI dapat membantu lembaga seperti WFP dan pemerintah memprioritaskan lokasi intervensi.

Kekuatan besar AI ada pada kecepatannya, tetapi kelemahan besarnya ada pada kualitas data dan konteks. Model dapat salah jika data latihnya bias, tidak mutakhir, atau tidak mewakili kondisi lokal. Karena itu, peran pakar lapangan, penyuluh, analis kebijakan, dan komunitas tetap sangat penting.

Mengapa Teknologi Ini Semakin Penting di Era Disrupsi?

Ada lima alasan utama.

Pertama, **kecepatan krisis meningkat**. Dulu perubahan harga atau kegagalan panen mungkin baru terasa berbulan-bulan kemudian. Kini, gangguan logistik atau iklim dapat berdampak dalam hitungan hari atau minggu. Sistem manual tidak cukup cepat.

Kedua, **kompleksitas meningkat**. Krisis pangan sekarang sering merupakan hasil interaksi banyak faktor sekaligus. Analisis sederhana berbasis satu indikator tidak lagi memadai.

Ketiga, **skala data meningkat**. Negara dan lembaga kini memiliki jauh lebih banyak data, tetapi tanpa AI dan analitik digital, data itu sulit dipakai secara efektif.

Keempat, **kebutuhan akurasi kebijakan semakin tinggi**. Bantuan pangan, intervensi harga, dan distribusi stok perlu semakin tepat sasaran karena sumber daya fiskal terbatas.

Kelima, **perubahan iklim menuntut antisipasi**. Negara tidak bisa terus menunggu panen gagal baru bertindak. Prediksi dini menjadi keharusan.

FAO, WFP, dan Bank Dunia secara konsisten menunjukkan bahwa teknologi digital semakin dipandang sebagai infrastruktur ketahanan, bukan sekadar inovasi opsional. Laporan *Digital Progress and Trends 2025* Bank Dunia menegaskan bahwa AI dapat meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem pertanian, meski adopsinya di negara

berkembang masih terbatas oleh kesiapan fondasi digital. ([Open Knowledge Network](#))

Kelebihan Strategis Big Data dan AI dalam Ketahanan Pangan

Keunggulan pertama adalah **visibilitas real-time**. Sistem dapat melihat apa yang terjadi di banyak lokasi hampir serentak.

Kedua, **deteksi dini**. Perubahan kecil yang sebelumnya tak terlihat bisa teridentifikasi sebagai sinyal risiko.

Ketiga, **alokasi sumber daya yang lebih tepat**. Intervensi dapat diarahkan pada wilayah atau kelompok paling rentan.

Keempat, **efisiensi kebijakan**. Pemerintah dapat mengurangi pendekatan "sapu jagat" dan bergerak ke kebijakan yang lebih presisi.

Kelima, **integrasi lintas-sektor**. Data pangan dapat digabung dengan data energi, air, iklim, kemiskinan, dan logistik.

Keenam, **pembelajaran berkelanjutan**. Semakin banyak data yang terkumpul, model dapat diperbaiki, meski ini tetap memerlukan tata kelola yang baik.

Dalam kerangka pembangunan, manfaat ini berarti negara dapat beralih dari pola *fire-fighting* menuju tata kelola risiko berbasis antisipasi. Bagi petani, pelaku logistik, dan rumah tangga, manfaat akhirnya adalah penurunan ketidakpastian.

Keterbatasan dan Risiko: Mengapa Teknologi Bukan Solusi Ajaib

Meskipun menjanjikan, teknologi digital tidak boleh diperlakukan sebagai obat mujarab. Setidaknya ada tujuh keterbatasan.

Pertama, **kualitas data**. Data yang salah, tidak lengkap, atau terlambat akan menghasilkan prediksi yang buruk.

Kedua, **bias algoritmik**. Model yang dilatih pada wilayah tertentu bisa tidak akurat di wilayah lain.

Ketiga, **kesenjangan digital**. Banyak petani kecil dan daerah tertinggal belum memiliki akses memadai terhadap teknologi atau konektivitas.

Keempat, **kurangnya interoperabilitas**. Data dari kementerian, pasar, satelit, dan pemerintah daerah sering tidak kompatibel.

Kelima, **ketergantungan berlebihan pada model**. Prediksi AI tidak boleh menggantikan penilaian manusia dan pengetahuan lokal.

Keenam, **isu tata kelola data**. Privasi, keamanan, kepemilikan data, dan transparansi algoritma menjadi makin penting.

Ketujuh, **kemiskinan data primer**. Seperti ditunjukkan oleh menurunnya survei WFP pada 2025, pengurangan data lapangan dapat melemahkan sistem meski data digital tetap banyak. ([Center For Global Development](#))

Karena itu, desain sistem ketahanan pangan digital harus mengikuti prinsip "human in the loop": teknologi memperkuat manusia, bukan menggantikannya.

Konteks Indonesia: Peluang dan Tantangan

Indonesia memiliki alasan kuat untuk mempercepat penggunaan *big data* dan AI dalam sistem pangan. Sebagai negara kepulauan besar dengan keragaman agroekologi tinggi, Indonesia menghadapi tantangan pemantauan produksi, distribusi, harga, cuaca, dan kerentanan yang tidak sederhana. Di sisi lain, Indonesia juga memiliki peluang: infrastruktur data makin berkembang, lembaga statistik dan kebijakan cukup kuat, serta agenda transformasi digital semakin jelas.

Bappenas pada akhir 2024 menegaskan bahwa peningkatan produktivitas lahan, subsidi pupuk dan benih, serta digitalisasi data pangan merupakan langkah strategis untuk memperkuat ketahanan dan keberlanjutan pangan. Dalam RPJMN/RPJPN dan dokumen transformasi pangan, penguatan sistem pangan yang resilien, inklusif, dan berbasis keragaman ekoregion juga semakin ditekankan. ([Bappenas](#))

Dari sisi produksi, BPS melaporkan bahwa pada Maret 2025 luas panen padi mencapai 1,67 juta hektare dengan produksi 8,93 juta ton GKG dan produksi beras untuk konsumsi pangan 5,14 juta ton. BPS juga memperkirakan produksi Januari–April 2025 lebih tinggi daripada periode yang sama tahun sebelumnya. Data seperti ini sangat penting, tetapi nilainya akan jauh lebih besar bila dihubungkan secara real-time dengan harga, curah hujan, stok, konsumsi, dan logistik. ([Badan Pusat Statistik Indonesia](#))

Di tingkat inovasi, BRIN menekankan bahwa AI dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan ketahanan pangan melalui teknologi informatika dan pertanian cerdas. Pada 2025, BRIN juga menyoroti pentingnya inovasi proses pangan dan pertanian cerdas untuk menjamin keamanan dan ketahanan pangan berkelanjutan. Ini menunjukkan bahwa ekosistem riset Indonesia mulai bergerak ke arah integrasi AI dengan pertanian. ([BRIN - Badan Riset dan Inovasi Nasional](#))

Namun Indonesia juga menghadapi tantangan khas. Pertama, data pangan masih sering tersebar antarinstansi. Kedua, anomali harga beras pada 2025 menunjukkan bahwa kenaikan produksi atau stok tidak otomatis berarti pasar stabil; artinya analitik pasar dan kebijakan distribusi masih perlu diperkuat. Ketiga, kapasitas adopsi AI di tingkat daerah masih tidak merata. Keempat, wilayah kepulauan membuat integrasi logistik dan data menjadi lebih rumit. Karena itu, Indonesia memerlukan arsitektur data pangan nasional yang lebih terhubung.

Menuju Arsitektur Ketahanan Pangan Digital

Bila dirumuskan secara strategis, sistem ketahanan pangan digital yang kuat setidaknya memerlukan delapan elemen.

Pertama, **pusat data pangan terintegrasi** yang menghubungkan produksi, cuaca, harga, stok, konsumsi, gizi, dan logistik.

Kedua, **dashboard nasional dan daerah** untuk pemantauan real-time.

Ketiga, **model AI prediktif** untuk hasil panen, harga, dan kerentanan.

Keempat, **integrasi citra satelit dan data lapangan** agar prediksi tidak bias.

Kelima, **mekanisme peringatan dini** dengan protokol respons yang jelas.

Keenam, **konektivitas data hingga tingkat daerah dan desa**.

Ketujuh, **penguatan kapasitas SDM**: analis data, penyuluh digital, pengambil kebijakan, dan operator lapangan.

Kedelapan, **kerangka tata kelola data dan etika AI** agar sistem tetap akuntabel.

Bank Dunia dalam *Digital Agriculture Roadmap Playbook* menekankan bahwa pendekatan jalan-peta digital pertanian penting untuk membantu pemerintah, donor, dan sektor swasta memahami manfaat, metode, dan implementasi strategi digital agriculture secara sistematis. Ini relevan bagi Indonesia yang membutuhkan bukan hanya proyek percontohan, tetapi peta jalan nasional yang koheren. ([World Bank](#))

Implikasi Manajerial dan Kebijakan

Dari perspektif manajemen publik, *big data* dan AI mengubah logika pengambilan keputusan dari berbasis laporan berkala menuju berbasis intelijen berkelanjutan. Kementerian pertanian, badan pangan, statistik, meteorologi, perdagangan, logistik, dan pemerintah daerah tidak bisa lagi bekerja dalam silo data. Kolaborasi lintas-instansi adalah syarat dasar.

Dari perspektif manajemen risiko, teknologi digital membuat krisis pangan dapat dikelola seperti risiko strategis lainnya: ada indikator, ambang batas, skenario, dan tindakan preventif. Ini jauh lebih baik daripada pendekatan yang baru bereaksi ketika kelangkaan sudah terlihat di pasar.

Dari perspektif pembangunan manusia, sistem ini juga dapat meningkatkan ketepatan perlindungan sosial pangan. Rumah tangga paling rentan bisa diidentifikasi lebih cepat, sehingga bantuan lebih tepat sasaran.

Namun keberhasilan kebijakan tetap bergantung pada institusi. Teknologi tanpa reformasi tata kelola hanya akan menghasilkan dashboard yang indah tetapi lemah dalam dampak.

Penutup

Ketahanan pangan di era disrupsi menuntut perubahan besar dalam cara kita memahami risiko dan mengelola sistem pangan. Krisis pangan modern bukan hanya persoalan kurang produksi, melainkan juga persoalan lambatnya deteksi, lemahnya integrasi data, rapuhnya prediksi, dan tidak sinkronnya respons kebijakan. Dalam konteks itulah *big data*, AI, dan teknologi digital menjadi sangat penting.

Big data memberi mata yang lebih luas bagi sistem pangan. AI memberi kemampuan untuk membaca pola dan memproyeksikan risiko. Penginderaan jauh, data harga, sensor lahan, dan survei digital memberi bahan baku bagi sistem peringatan dini. Bila semuanya digabungkan dengan kelembagaan yang kuat, negara dapat berpindah dari respons pascakrisis ke antisipasi prarisiko.

Laporan-laporan mutakhir dari FAO, WFP, dan Bank Dunia menunjukkan bahwa dunia memang sedang bergerak ke arah ini. Krisis pangan global tetap tinggi, inflasi pangan masih menggerus daya beli, dan konflik serta iklim terus menekan sistem agrifood. Tetapi pada saat yang sama, teknologi digital memberi peluang nyata untuk memperkuat *monitoring*, prediksi, dan ketepatan kebijakan. ([World Food Programme](#))

Bagi Indonesia, tantangannya bukan apakah perlu memakai *big data* dan AI, melainkan bagaimana membangun arsitektur data pangan yang terintegrasi, etis, inklusif, dan operasional. Negara yang ingin berdaulat

pangan di abad digital harus mampu mengubah data menjadi pengetahuan, pengetahuan menjadi peringatan dini, dan peringatan dini menjadi tindakan kebijakan yang cepat dan tepat. Di situlah masa depan ketahanan pangan akan banyak ditentukan.

Berikut **Glosarium** dan **Daftar Pustaka** untuk makalah berjudul **“Ketahanan Pangan di Era Disrupsi: Peran Big Data, AI, dan Teknologi Digital dalam Monitoring dan Prediksi Krisis.”**

Glosarium

Artificial Intelligence (AI)

Kecerdasan buatan adalah sistem komputasi yang dirancang untuk melakukan tugas analitis atau pengambilan keputusan yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia, seperti pengenalan pola, klasifikasi, prediksi, dan rekomendasi. Dalam sistem pangan, AI dipakai untuk prakiraan hasil panen, deteksi anomali harga, identifikasi penyakit tanaman, dan prediksi risiko krisis. FAO menekankan bahwa AI dapat mendukung penyaringan data, ekstraksi informasi, analisis, dan prediksi, tetapi tetap perlu dikombinasikan dengan keahlian manusia. ([Open Knowledge FAO](#))

Big data

Big data adalah kumpulan data yang sangat besar, bergerak cepat, beragam format, dan terus diperbarui, sehingga memerlukan metode analitik canggih untuk mengolahnya. Dalam ketahanan pangan, sumber *big data* dapat berupa citra satelit, data cuaca, harga pasar, sensor lapangan, logistik, dan survei digital. FAO mencatat bahwa sistem

dengan banyak data real-time dan beragam kini semakin penting untuk *early warning*. ([Open Knowledge FAO](#))

Climate-smart agriculture (CSA)

Pendekatan pertanian yang bertujuan meningkatkan produktivitas secara berkelanjutan, memperkuat adaptasi dan resiliensi terhadap perubahan iklim, dan bila mungkin menurunkan emisi. World Bank menempatkan CSA sebagai pendekatan terpadu untuk mengelola pertanian, peternakan, kehutanan, dan perikanan dalam menghadapi tantangan pangan dan iklim yang saling terkait. ([World Bank](#))

Data pasar pangan

Informasi tentang harga, volume, stok, distribusi, dan fungsi pasar. Data ini penting karena gejala awal krisis pangan sering tampak di pasar sebelum terlihat dalam statistik produksi. WFP terus memantau ribuan pasar untuk mendukung analisis keamanan pangan dan *early warning*. ([World Food Programme](#))

Dashboard pangan

Tampilan digital yang menggabungkan berbagai indikator pangan—seperti produksi, harga, cuaca, stok, dan distribusi—dalam satu antarmuka untuk memudahkan pemantauan dan pengambilan keputusan. Dalam konteks kebijakan, *dashboard* berguna untuk mengubah data menjadi *situational awareness*.

Deteksi anomali

Proses identifikasi pola yang tidak biasa dalam data, misalnya kenaikan harga mendadak, penurunan vegetasi yang tidak normal, atau penyimpangan pola produksi. AI sering dipakai untuk mendeteksi anomali semacam ini lebih cepat daripada metode manual.

Digital agriculture

Pemanfaatan teknologi digital dalam seluruh rantai pertanian, mulai dari produksi, pemantauan, prediksi, pembiayaan, pemasaran, hingga

evaluasi kebijakan. World Bank menekankan perlunya *roadmap* yang sistematis untuk implementasi *digital agriculture* oleh pemerintah, donor, dan sektor swasta. ([World Bank](#))

Disrupsi

Gangguan besar yang mengubah pola kerja sistem pangan secara tiba-tiba atau mendalam. Disrupsi dapat berasal dari konflik, perubahan iklim, krisis energi, wabah penyakit, gangguan logistik, atau gejolak ekonomi. Laporan GRFC 2025 menegaskan bahwa konflik, guncangan ekonomi, cuaca ekstrem, dan perpindahan paksa terus menjadi pendorong utama krisis pangan akut. ([World Food Programme](#))

Early warning system (sistem peringatan dini)

Sistem yang dirancang untuk mendeteksi tanda-tanda awal risiko atau krisis agar tindakan dapat dilakukan sebelum dampaknya membesar. Dalam ketahanan pangan, sistem ini biasanya menggabungkan data produksi, cuaca, harga, pasar, dan kerentanan sosial. FAO menekankan bahwa pemanfaatan data real-time dan AI semakin penting dalam sistem peringatan dini. ([Open Knowledge FAO](#))

Food crisis (krisis pangan)

Situasi ketika sebagian masyarakat tidak mampu memperoleh pangan yang cukup, aman, dan bergizi akibat kombinasi gangguan produksi, distribusi, akses ekonomi, atau konflik. Menurut *Global Report on Food Crises 2025*, lebih dari 295 juta orang di 53 negara dan teritori mengalami kelaparan akut pada 2024. ([World Food Programme](#))

Food security (ketahanan pangan)

Kondisi ketika semua orang, setiap saat, memiliki akses fisik dan ekonomi terhadap pangan yang cukup, aman, dan bergizi untuk hidup sehat dan aktif. Dalam era disrupsi, konsep ini makin terkait dengan kecepatan deteksi risiko, kualitas data, dan kemampuan prediksi krisis. ([World Food Programme](#))

Generative AI

Jenis AI yang dapat menghasilkan teks, gambar, kode, atau ringkasan berdasarkan pola yang dipelajari dari data. FAO telah menerbitkan panduan praktis penggunaan *generative AI* untuk kegiatan resmi, termasuk untuk mendukung pengolahan informasi dan analisis. ([Open Knowledge FAO](#))

Interoperabilitas data

Kemampuan berbagai sistem data untuk saling terhubung, bertukar, dan menggunakan informasi secara konsisten. Dalam tata kelola pangan digital, interoperabilitas diperlukan agar data produksi, cuaca, harga, stok, dan logistik dapat dianalisis bersama.

Internet of Things (IoT)

Jaringan perangkat fisik yang terhubung ke internet dan mampu mengumpulkan serta mengirim data secara otomatis. Dalam pertanian, IoT dapat dipakai untuk memantau kelembapan tanah, suhu, kualitas air, atau penggunaan input.

Machine learning

Cabang AI yang memungkinkan komputer belajar dari data untuk membuat prediksi atau klasifikasi tanpa diprogram secara kaku untuk setiap aturan. Dalam pangan, *machine learning* digunakan untuk prediksi hasil panen, klasifikasi penyakit tanaman, dan prakiraan harga.

Monitoring pangan

Pemantauan berkelanjutan terhadap indikator produksi, harga, cuaca, stok, distribusi, dan konsumsi guna mengetahui kondisi sistem pangan secara real-time atau mendekati real-time.

Penginderaan jauh (*remote sensing*)

Teknik memperoleh informasi tentang permukaan bumi dari jarak jauh, biasanya melalui satelit, drone, atau sensor udara. Dalam sistem pangan,

penginderaan jauh digunakan untuk memantau vegetasi, kekeringan, banjir, luas tanam, dan kondisi lahan.

Prediksi krisis

Upaya memperkirakan kemungkinan terjadinya gangguan pangan di masa depan dengan memanfaatkan data historis dan data real-time. WFP menjelaskan bahwa model AI prediktif dipakai untuk membantu mempersiapkan sumber daya dan mencegah krisis sebelum memburuk. ([World Food Programme](#))

Resiliensi pangan

Kemampuan sistem pangan untuk menyerap guncangan, beradaptasi, dan pulih setelah mengalami gangguan. FAO menekankan pentingnya investasi dalam resiliensi untuk mengurangi dampak bencana terhadap pertanian dan ketahanan pangan. ([Open Knowledge FAO](#))

Sensor lapangan

Perangkat yang dipasang di lahan atau fasilitas produksi untuk mengukur kondisi secara langsung, seperti suhu, kelembapan, kadar air tanah, atau kualitas air. Data sensor dapat menjadi input penting bagi AI dan pertanian presisi.

Survei digital

Pengumpulan data melalui telepon seluler, aplikasi, formulir daring, atau kanal digital lainnya. Metode ini membantu memperoleh data rumah tangga atau pasar secara lebih cepat, walau tetap perlu dilengkapi verifikasi lapangan.

Transformasi pangan digital

Perubahan sistem pangan melalui pemanfaatan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, ketepatan kebijakan, dan kemampuan prediksi. Bappenas menyebut digitalisasi data pangan sebagai langkah strategis untuk memperkuat ketahanan dan keberlanjutan pangan nasional. ([Bappenas](#))

Volatilitas harga pangan

Perubahan harga pangan yang cepat dan sulit diprediksi. Volatilitas ini dapat dipicu oleh cuaca ekstrem, kebijakan perdagangan, gangguan distribusi, konflik, atau spekulasi pasar. Data harga menjadi salah satu indikator penting dalam *early warning* krisis pangan. ([World Food Programme](#))

Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik. (2025, 2 Mei). *In March 2025 paddy harvested area was 1.67 million hectares, producing 8.93 million tons of dry unhusked paddy (GKG) and rice production for food consumption was 5.14 million tons of rice*. BPS-Statistics Indonesia. ([Badan Pusat Statistik Indonesia](#))

Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2024). *Manfaatkan AI untuk bidang pertanian, periset BRIN dikukuhkan sebagai profesor riset*. BRIN. ([BRIN - Badan Riset dan Inovasi Nasional](#))

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). *Practical guidance on the use of Generative Artificial Intelligence for FAO official activities (Version 2.0)*. FAO. ([Open Knowledge FAO](#))

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). *The impact of disasters on agriculture and food security 2023: Avoiding and reducing losses through investment in resilience*. FAO. ([Open Knowledge FAO](#))

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). *The impact of disasters on agriculture and food security 2025*. FAO. ([Open Knowledge FAO](#))

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). *Digital agriculture in action*. FAO. ([Open Knowledge FAO](#))

Rudy C Tarumingkeng: *Ketahanan Pangan di Era Disrupsi - Peran Big Data, AI, dan Teknologi Digital dalam Monitoring dan Prediksi Krisis*

Kementerian PPN/Bappenas. (2024, 5 Desember). *Bappenas dorong transformasi pangan nasional untuk ketahanan dan keberlanjutan pangan*. Bappenas. ([Bappenas](#))

World Bank. (n.d.). *Climate-smart agriculture*. World Bank. Diakses 6 Maret 2026. ([World Bank](#))

World Bank. (2025). *Digital agriculture roadmap playbook*. World Bank. ([World Bank](#))

World Food Programme. (2025, 11 Juli). *Global Report on Food Crises 2025*. WFP. ([World Food Programme](#))

Copilot for this article - Chatgpt 5.2 Thinking. Access date: 6 Maret 2026
Prompting on Writer's account ([Rudy C Tarumingkeng](#))

<https://chatgpt.com/c/69aa40dd-9010-83a1-80e1-865dbf258862>