

Transformasi Sistem Kesehatan Melalui Integrasi Ketahanan Gizi Berbasis *Precision Public Health*

Bhakti Wiranti

Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

dr.bhaktiwiranti@gmail.com

Abstrak

Transformasi sistem kesehatan membutuhkan pendekatan yang tidak hanya berorientasi pada pelayanan kuratif, tetapi juga pada pencegahan, ketahanan gizi, dan pemanfaatan data secara presisi. Kajian ini bertujuan menganalisis integrasi ketahanan gizi berbasis *Precision Public Health* dalam memperkuat resiliensi sistem kesehatan. Dengan pendekatan *mixed methods sequential explanatory*, kajian mengombinasikan analisis kuantitatif dan kualitatif untuk menilai hubungan antara integrasi data gizi, stratifikasi risiko, tata kelola kesehatan, dan kapasitas adaptif sistem. Hasil kajian menunjukkan bahwa ketahanan gizi perlu diposisikan sebagai determinan strategis dalam transformasi sistem kesehatan, bukan sekadar luaran kebijakan pangan. Integrasi data gizi dengan data sosial, lingkungan, epidemiologi, dan spasial memungkinkan intervensi yang lebih tepat sasaran, pengembangan sistem peringatan dini, serta peningkatan kapasitas sistem menghadapi krisis global. Temuan ini memperluas kerangka *Precision Public Health* dan *Health System Resilience* dengan menempatkan ketahanan gizi sebagai penghubung antara sistem pangan, data, pencegahan penyakit, dan tata kelola kesehatan. Implikasinya adalah perlunya interoperabilitas data lintas sektor dan kebijakan kesehatan yang lebih prediktif, adaptif, berkeadilan, dan berkelanjutan.

Kata Kunci : Hidup Sehat, Kebijakan Pangan, Ketahanan Gizi, Precision Public Health, Sistem Kesehatan

Abstract

The transformation of the health system requires an approach that focuses not only on curative care, but also on prevention, nutritional resilience, and the precise use of data. This study aims to analyse the integration of nutritional resilience based on Precision Public Health in strengthening the resilience of the health system. Using a sequential explanatory mixed-methods approach, the study combines quantitative and qualitative analyses to assess the relationship between the integration of nutritional data, risk stratification, health governance, and the system's adaptive capacity. The study's findings indicate that nutritional resilience must be positioned as a strategic determinant in health system transformation, rather than merely an outcome of food policy. The integration of nutritional data with social, environmental, epidemiological, and spatial data enables more targeted interventions, the development of early warning systems, and an enhancement of the system's capacity to cope with global crises. These findings expand the frameworks of Precision Public Health and Health System Resilience by positioning nutritional resilience as a link between food systems, data, disease prevention, and health governance. The implications are the need for cross-sectoral data interoperability and health policies that are more predictive, adaptive, equitable, and sustainable.

Keywords : Healthy Living, Food Policy, Nutritional Security, Precision Public Health, Health System

PENDAHULUAN

Transformasi sistem kesehatan telah menjadi salah satu agenda strategis global dalam menghadapi perubahan pola penyakit, dinamika demografi, serta meningkatnya kompleksitas tantangan kesehatan masyarakat pada abad ke-21. Pergeseran beban penyakit dari penyakit infeksi menuju penyakit tidak menular, disertai dengan munculnya ancaman penyakit baru, perubahan iklim, urbanisasi, degradasi lingkungan, dan ketimpangan sosial-ekonomi telah menempatkan sistem kesehatan pada posisi yang semakin rentan terhadap berbagai bentuk guncangan (Sharma et al., 2025). Dalam konteks tersebut, sistem kesehatan tidak lagi hanya dituntut mampu memberikan pelayanan kuratif yang efektif, tetapi juga harus memiliki kapasitas preventif, promotif, adaptif, dan resilien dalam menjaga kesehatan populasi secara berkelanjutan.

Salah satu determinan fundamental yang selama ini belum memperoleh perhatian proporsional dalam kerangka transformasi sistem kesehatan adalah ketahanan gizi (Fortnam et al., 2024). Padahal, status gizi merupakan faktor biologis sekaligus sosial yang memengaruhi kerentanan individu terhadap penyakit, kualitas hidup, produktivitas ekonomi, hingga kemampuan suatu negara mempertahankan ketahanan kesehatan pada berbagai kondisi krisis. Ketahanan gizi dengan

demikian tidak dapat dipandang semata sebagai isu pangan atau kesehatan masyarakat, melainkan sebagai fondasi strategis dalam membangun sistem kesehatan yang tangguh, responsif, dan berorientasi pada pencegahan.

Perkembangan konsep *Precision Public Health* (PPH) menawarkan paradigma baru dalam penyelenggaraan kesehatan masyarakat melalui pemanfaatan data multidimensi untuk menghasilkan intervensi yang lebih tepat sasaran, tepat waktu, dan tepat populasi (Roberts et al., 2024). Berbeda dengan pendekatan kesehatan masyarakat konvensional yang cenderung menerapkan strategi seragam bagi seluruh kelompok masyarakat, *Precision Public Health* mengintegrasikan berbagai sumber data, seperti karakteristik genetik, faktor lingkungan, kondisi sosial-ekonomi, perilaku kesehatan, data spasial, hingga informasi digital secara real time untuk mengidentifikasi kelompok berisiko dan menentukan bentuk intervensi yang paling efektif.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, *machine learning*, *big data analytics*, *Internet of Things*, penginderaan jauh, dan sistem informasi kesehatan digital semakin memperluas kapasitas *Precision Public Health* dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti (Akhtar, 2025). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya kesehatan, tetapi juga memungkinkan sistem kesehatan bergerak dari model reaktif menuju model prediktif, preventif, dan personalisasi pada tingkat populasi. Dalam beberapa tahun terakhir, kajian mengenai *Precision Public Health* berkembang sangat pesat pada berbagai bidang kesehatan. Berbagai studi menunjukkan bahwa integrasi analitik data spasial, genomik, epidemiologi digital, dan kecerdasan buatan mampu meningkatkan akurasi surveilans penyakit menular, mempercepat deteksi dini wabah, mengoptimalkan distribusi layanan kesehatan, serta meningkatkan efektivitas program imunisasi dan pengendalian penyakit kronis (Velmovitsky et al., 2021; Weeramanthri et al., 2018).

Kajian lain memperlihatkan bahwa pemanfaatan data populasi beresolusi tinggi memungkinkan identifikasi determinan sosial kesehatan secara lebih presisi sehingga intervensi dapat diarahkan kepada kelompok masyarakat yang paling membutuhkan (Baccarelli et al., 2023). Pada sektor gizi, perkembangan kajian banyak diarahkan pada *precision nutrition* yang berfokus pada hubungan antara karakteristik biologis individu, metabolisme, mikrobioma usus, genomik, dan respons terhadap konsumsi makanan (Bianchetti et al., 2023). Kajian tersebut berhasil menunjukkan bahwa kebutuhan gizi setiap individu bersifat heterogen sehingga pendekatan nutrisi yang dipersonalisasi berpotensi meningkatkan efektivitas pencegahan penyakit metabolik maupun penyakit kronis.

Perkembangan berbagai literatur tersebut masih memperlihatkan fragmentasi konseptual yang cukup kuat. Sebagian besar kajian *Precision Public Health* lebih menitikberatkan pada penguatan sistem surveilans penyakit, epidemiologi digital, atau optimalisasi layanan kesehatan, sedangkan kajian mengenai *precision nutrition* umumnya masih berorientasi pada level individu dan luaran klinis. Di sisi lain, kajian mengenai ketahanan gizi lebih banyak berkembang dalam disiplin ketahanan pangan, kebijakan pangan nasional, pembangunan pertanian, maupun kesehatan masyarakat konvensional dengan penekanan pada aspek ketersediaan, aksesibilitas, pemanfaatan, dan stabilitas pangan. Akibatnya, hubungan antara ketahanan gizi sebagai determinan strategis kesehatan populasi dengan kerangka *Precision Public Health* belum terintegrasi secara memadai dalam desain transformasi sistem kesehatan.

Literatur yang ada masih cenderung memisahkan dimensi kesehatan, gizi, teknologi digital, serta tata kelola kebijakan ke dalam kerangka analisis yang berdiri sendiri sehingga belum menghasilkan model konseptual yang mampu menjelaskan bagaimana integrasi data gizi, determinan sosial, faktor lingkungan, dan kapasitas sistem kesehatan dapat digunakan secara simultan dalam mendukung pengambilan keputusan kesehatan masyarakat. Keterbatasan tersebut semakin nyata ketika sistem kesehatan dihadapkan pada berbagai krisis multidimensi, seperti pandemi, perubahan iklim, bencana alam, konflik, maupun gangguan rantai pasok pangan global.

Berbagai pengalaman internasional menunjukkan bahwa kelompok masyarakat dengan kerentanan gizi yang tinggi mengalami dampak kesehatan yang lebih berat, memiliki tingkat morbiditas dan mortalitas lebih tinggi, serta membutuhkan pembiayaan kesehatan yang lebih besar dibandingkan kelompok dengan status gizi yang baik (Günal et al., 2025). Namun demikian, mekanisme identifikasi kelompok rentan dalam banyak sistem kesehatan masih menggunakan indikator agregat yang relatif statis sehingga kurang mampu menangkap variasi risiko yang berkembang secara dinamis pada tingkat komunitas. Selain itu, integrasi data lintas sektor antara kesehatan, pangan, lingkungan, kesejahteraan sosial, pendidikan, dan kependudukan masih menghadapi tantangan interoperabilitas, kualitas data, tata kelola, perlindungan privasi, serta kapasitas kelembagaan. Kondisi tersebut menyebabkan berbagai kebijakan gizi sering kali bersifat reaktif, kurang adaptif terhadap perubahan risiko, dan belum sepenuhnya memanfaatkan potensi teknologi digital sebagai instrumen pengambilan keputusan berbasis bukti.

Sejumlah kajian mutakhir mulai mengusulkan perlunya pendekatan sistem (*systems approach*) dalam menghubungkan determinan biologis, sosial, ekonomi, dan lingkungan untuk mendukung transformasi kesehatan yang lebih inklusif (Carvalho et al., 2024; Gallegos, 2026). Namun, kajian tersebut umumnya masih berfokus pada pengembangan metode analitik, evaluasi teknologi, atau penguatan sistem informasi kesehatan tanpa menempatkan ketahanan gizi sebagai komponen inti dalam arsitektur transformasi sistem kesehatan. Demikian pula, kajian mengenai sistem kesehatan resilien lebih banyak menyoroti aspek pembiayaan, tata kelola, sumber daya manusia, serta kapasitas pelayanan kesehatan dibandingkan dengan bagaimana data ketahanan gizi dapat diintegrasikan ke dalam mekanisme prediksi risiko, penetapan prioritas intervensi, alokasi sumber daya, maupun evaluasi kebijakan kesehatan secara berkelanjutan (Al Asfoor et al., 2024; Emami et al., 2024).

Berdasarkan kondisi tersebut, transformasi sistem kesehatan memerlukan pendekatan yang tidak hanya memperluas digitalisasi layanan kesehatan atau meningkatkan kapasitas pelayanan medis, tetapi juga mengintegrasikan ketahanan gizi

sebagai determinan utama kesehatan populasi melalui pemanfaatan *Precision Public Health*. Integrasi tersebut memungkinkan pengembangan sistem kesehatan yang mampu mengidentifikasi kerentanan gizi secara lebih presisi, memprediksi risiko kesehatan secara lebih dini, mengarahkan intervensi berdasarkan karakteristik populasi yang heterogen, serta mengoptimalkan koordinasi lintas sektor melalui pemanfaatan data multidimensi. Pada saat yang sama, pendekatan ini memberikan dasar konseptual bagi penguatan tata kelola kesehatan berbasis bukti yang tidak hanya berorientasi pada pengobatan penyakit, tetapi juga pada pembangunan kapasitas kesehatan masyarakat secara preventif, adaptif, dan berkelanjutan.

Kajian ini bertujuan untuk menganalisis transformasi sistem kesehatan melalui integrasi ketahanan gizi berbasis *Precision Public Health* dengan mengembangkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara ketahanan gizi, pemanfaatan data multidimensi, tata kelola kesehatan, serta pengambilan keputusan berbasis bukti dalam mendukung sistem kesehatan yang lebih resilien. Hasil kajian diharapkan memberikan kontribusi terhadap penguatan pengembangan teori mengenai integrasi determinan gizi dalam kerangka *Precision Public Health*, memperkaya konseptualisasi transformasi sistem kesehatan berbasis data, serta menyediakan landasan ilmiah bagi perumusan kebijakan kesehatan yang lebih adaptif, efektif, dan berkeadilan. Selain memperluas diskursus akademik mengenai hubungan antara kesehatan populasi dan ketahanan gizi, kajian ini juga diharapkan menjadi referensi strategis bagi pemerintah, institusi kesehatan, pembuat kebijakan, dan pemangku kepentingan lintas sektor dalam merancang sistem kesehatan masa depan yang mampu merespons tantangan kesehatan secara lebih presisi, terintegrasi, dan berkelanjutan.

METODOLOGI PENELITIAN

Kajian ini menggunakan pendekatan mixed methods dengan desain sequential explanatory untuk menghasilkan pemahaman yang komprehensif mengenai transformasi sistem kesehatan melalui integrasi ketahanan gizi berbasis *Precision Public Health*. Pendekatan ini mengombinasikan analisis kuantitatif dalam mengidentifikasi hubungan antarvariabel dengan analisis kualitatif yang berfokus pada interpretasi implementasi kebijakan berdasarkan data dokumenter dan hasil observasi. Fokus kajian meliputi transformasi sistem kesehatan sebagai variabel dependen yang dioperasionalkan melalui dimensi tata kelola, integrasi layanan, pemanfaatan teknologi digital, dan kapasitas pengambilan keputusan. Adapun ketahanan gizi berbasis *Precision Public Health* sebagai variabel independen diukur melalui indikator ketersediaan dan kualitas data gizi, integrasi determinan biologis, sosial, lingkungan, dan spasial, kemampuan analitik prediktif, serta ketepatan sasaran intervensi kesehatan.

Sampel kuantitatif ditentukan menggunakan stratified random sampling untuk menjamin representasi setiap kelompok, sedangkan data kualitatif diperoleh melalui telaah sistematis terhadap dokumen kebijakan, laporan resmi, regulasi, dan hasil observasi yang relevan dengan implementasi *Precision Public Health*. Instrumen penelitian berupa kuesioner skala Likert lima poin yang dikembangkan melalui sintesis literatur mutakhir dan divalidasi oleh para pakar. Kualitas instrumen diuji menggunakan validitas isi (*Content Validity Index*), validitas konstruk melalui *Confirmatory Factor Analysis* (CFA), serta reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha dan Composite Reliability (Wu et al., 2025). Keabsahan data kualitatif dijamin melalui triangulasi sumber dan metode, konsistensi interpretasi dokumen, serta audit trail untuk memastikan keterlacakan proses analisis.

Pengumpulan data dilakukan secara bertahap melalui studi literatur, penyusunan dan uji coba instrumen, penyebaran kuesioner, observasi terbatas, serta analisis dokumen kebijakan dan laporan implementasi. Data kuantitatif dianalisis menggunakan *Structural Equation Modeling* (SEM) untuk menguji hubungan antarvariabel, sedangkan data kualitatif dianalisis menggunakan analisis tematik terhadap dokumen dan hasil observasi. Selanjutnya, kedua hasil analisis diintegrasikan melalui proses meta-inference sehingga menghasilkan sintesis empiris yang mampu menjelaskan mekanisme transformasi sistem kesehatan secara lebih utuh, kontekstual, dan berbasis bukti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Rekonstruksi Paradigma Ketahanan Gizi dalam Transformasi Sistem Kesehatan

Rekonstruksi paradigma ketahanan gizi dalam transformasi sistem kesehatan berangkat dari kebutuhan untuk mengoreksi pemahaman konvensional yang selama ini cenderung menempatkan gizi sebagai konsekuensi akhir dari ketersediaan pangan, tingkat konsumsi, atau keberhasilan program kesehatan tertentu. Dalam paradigma tradisional, ketahanan gizi umumnya dibangun di atas asumsi bahwa kecukupan pangan, keterjangkauan ekonomi, dan pemenuhan kebutuhan zat gizi akan secara linear menghasilkan status kesehatan yang lebih baik (Pérez-Escamilla, 2024). Pendekatan tersebut memiliki kontribusi historis yang penting karena berhasil menempatkan persoalan kelaparan, kekurangan energi, defisiensi mikronutrien, serta akses terhadap pangan sebagai agenda pembangunan. Namun, perubahan pola penyakit, meningkatnya prevalensi obesitas, penyakit metabolik, penuaan populasi, urbanisasi, degradasi lingkungan, disrupsi rantai pasok, dan ketimpangan sosial menunjukkan bahwa hubungan antara pangan, gizi, dan kesehatan tidak lagi dapat dijelaskan melalui model yang sederhana dan linear.

Ketahanan gizi dalam konteks kontemporer lebih tepat dipahami sebagai kapasitas sistemik untuk menjamin terpenuhinya kebutuhan gizi yang sesuai dengan karakteristik populasi, mempertahankan fungsi biologis dan sosial masyarakat, mengurangi kerentanan terhadap penyakit, serta memungkinkan sistem kesehatan beradaptasi terhadap

perubahan risiko secara berkelanjutan (Rosegrant et al., 2024). Perubahan tersebut menandai pergeseran penting dari paradigma *food sufficiency* menuju paradigma *health-oriented nutritional resilience*. Pada tahap awal perkembangannya, kebijakan gizi secara global banyak dipengaruhi oleh pendekatan ketahanan pangan yang menekankan empat dimensi utama, yaitu ketersediaan, akses, pemanfaatan, dan stabilitas pangan.

Kerangka ini tetap relevan, tetapi menjadi tidak memadai ketika kualitas diet, lingkungan pangan, perubahan perilaku konsumsi, paparan komersial terhadap pangan ultra-proses, determinan sosial kesehatan, serta variasi biologis individu semakin menentukan luaran kesehatan. Dengan kata lain, ketahanan pangan belum tentu identik dengan ketahanan gizi, dan ketahanan gizi belum tentu secara otomatis menghasilkan ketahanan kesehatan apabila sistem pelayanan, lingkungan hidup, pendidikan, sanitasi, perlindungan sosial, dan sistem data tidak bekerja secara terintegrasi (Afsana et al., 2022). Temuan kajian ini memperkuat argumentasi tersebut dengan menunjukkan bahwa ketahanan gizi berhubungan tidak hanya dengan kecukupan asupan, tetapi juga dengan kapasitas sistem kesehatan dalam mendeteksi risiko, mengidentifikasi kelompok rentan, mengintegrasikan informasi lintas sektor, dan menerjemahkan data tersebut menjadi intervensi preventif yang tepat sasaran.

Dalam konteks transformasi sistem kesehatan, posisi ketahanan gizi dengan demikian perlu direkonstruksi dari sekadar variabel hasil menjadi salah satu komponen struktural dalam arsitektur kesehatan populasi. Integrasi data gizi dengan informasi sosial, lingkungan, perilaku, dan spasial memiliki hubungan yang lebih kuat dengan kapasitas transformasi sistem kesehatan dibandingkan pendekatan yang hanya bertumpu pada indikator gizi agregat. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa nilai strategis data gizi tidak terletak semata pada fungsi deskriptif untuk menunjukkan prevalensi masalah, tetapi pada kemampuannya membentuk sistem prediksi risiko dan pengambilan keputusan.

Pengambil kebijakan memerlukan informasi yang mampu menjelaskan siapa yang paling rentan, di wilayah mana risiko berkembang, faktor apa yang memperkuat kerentanan, dan intervensi apa yang paling relevan untuk diterapkan. Integrasi kedua jenis temuan tersebut menunjukkan bahwa transformasi ketahanan gizi harus bergerak dari pendekatan statistik-populasi yang bersifat retrospektif menuju pendekatan analitik-populasi yang bersifat prospektif. Pergeseran paradigma ini sejalan dengan transformasi konseptual yang berlangsung pada sistem kesehatan global. Negara-negara dengan sistem kesehatan yang lebih maju secara bertahap mengurangi ketergantungan pada model pelayanan berbasis episode penyakit dan mulai beralih menuju pendekatan *population health management*, *value-based health care*, *learning health systems*, serta *predictive and preventive medicine*.

Amerika Serikat, Inggris, negara-negara Nordik, Australia, Jepang, dan Singapura menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu semakin kuatnya pemanfaatan data lintas sumber untuk mengidentifikasi risiko populasi dan mengarahkan sumber daya sebelum penyakit berkembang menjadi kondisi yang lebih berat (Zeng et al., 2025). Meskipun praktik tersebut belum sepenuhnya mengintegrasikan ketahanan gizi sebagai inti kebijakan, arah transformasinya memperlihatkan bahwa masa depan sistem kesehatan semakin ditentukan oleh kapasitas untuk memahami determinan kesehatan sebelum munculnya kebutuhan pelayanan kuratif. Dalam kerangka ini, ketahanan gizi memperoleh posisi strategis karena status gizi dan kualitas diet berinteraksi langsung dengan sistem imun, metabolisme, perkembangan kognitif, kapasitas kerja, risiko penyakit kardiometabolik, dan ketahanan masyarakat terhadap guncangan kesehatan maupun sosial.

Perbandingan global juga memperlihatkan adanya perbedaan penting antara negara berpendapatan tinggi dan negara berpendapatan rendah-menengah dalam mengintegrasikan ketahanan gizi ke dalam kebijakan kesehatan. Di banyak negara berpendapatan tinggi, tantangan utama telah bergeser menuju obesitas, penyakit kronis, penuaan, dan kualitas diet, sedangkan di banyak negara berkembang terjadi *double* bahkan *triple burden of malnutrition*, yaitu kekurangan gizi, kelebihan gizi, dan defisiensi mikronutrien yang berlangsung secara simultan. Konteks tersebut memperlihatkan bahwa kebijakan gizi yang seragam semakin sulit dipertahankan karena heterogenitas risiko antarwilayah, kelompok umur, status sosial-ekonomi, dan pola konsumsi terus meningkat.

Rekonstruksi tersebut juga mengubah cara keberhasilan program gizi seharusnya dievaluasi. Pendekatan tradisional lazim mengukur capaian melalui penurunan prevalensi stunting, wasting, anemia, atau peningkatan konsumsi pangan tertentu. Meskipun indikator tersebut tetap penting, transformasi sistem kesehatan memerlukan ukuran yang lebih kompleks, termasuk kemampuan sistem mendeteksi risiko lebih dini, menurunkan insiden penyakit yang berhubungan dengan pola makan, meningkatkan *healthy life expectancy*, mengurangi kesenjangan antar kelompok, serta meningkatkan daya tahan populasi terhadap krisis. Dengan perspektif ini, ketahanan gizi tidak lagi berhenti pada pertanyaan apakah masyarakat memperoleh makanan yang cukup, tetapi berkembang menjadi pertanyaan apakah sistem mampu menyediakan kondisi yang memungkinkan masyarakat mempertahankan status gizi optimal, mencegah penyakit, menjaga fungsi sosial-ekonomi, dan mempertahankan kualitas hidup sepanjang daur kehidupan.

Implikasi penting dari perubahan paradigma ini adalah bahwa ketahanan gizi harus ditempatkan sebagai bagian dari strategi pencegahan penyakit, bukan hanya sebagai respons terhadap manifestasi malnutrisi. Hubungan antara pola diet, obesitas, diabetes, penyakit kardiovaskular, kanker tertentu, serta gangguan metabolik menunjukkan bahwa kebijakan gizi memiliki konsekuensi langsung terhadap beban penyakit dan pembiayaan kesehatan jangka panjang (Aprilio et al., 2026). Karena itu, investasi pada ketahanan gizi memiliki fungsi ganda: memperbaiki status kesehatan populasi sekaligus mengurangi tekanan terhadap sistem pelayanan kesehatan. Dalam kerangka *value-based public health*, keberhasilan kebijakan tidak semata-mata dinilai dari jumlah layanan yang diberikan, tetapi dari kemampuan kebijakan menghasilkan manfaat kesehatan terbesar melalui intervensi yang paling efisien, preventif, dan berkelanjutan.

Rekonstruksi paradigma ketahanan gizi dalam transformasi sistem kesehatan mengarah pada perubahan epistemologis dari pendekatan yang menempatkan pangan sebagai tujuan akhir menuju pendekatan yang menempatkan gizi sebagai mekanisme strategis pembentukan kesehatan populasi. Ketahanan gizi dipahami sebagai kapasitas dinamis yang dibentuk oleh interaksi antara sistem pangan, sistem kesehatan, lingkungan, kondisi sosial-ekonomi, perilaku, dan teknologi, serta harus dikelola melalui mekanisme pengambilan keputusan yang mampu menangkap kompleksitas tersebut. Perspektif ini memberikan dasar konseptual bagi transformasi sistem kesehatan yang tidak lagi berorientasi dominan pada pengobatan penyakit, tetapi pada pencegahan, peningkatan kualitas hidup, pengurangan ketimpangan, dan pembangunan kesehatan berkelanjutan. Pada titik inilah ketahanan gizi memperoleh makna baru, bukan sebagai isu tambahan dalam kebijakan kesehatan, melainkan sebagai salah satu fondasi struktural yang menentukan seberapa jauh sistem kesehatan mampu bergerak dari pendekatan reaktif menuju sistem yang prediktif, adaptif, preventif, dan berorientasi pada keberlanjutan kesehatan populasi.

2. Integrasi Precision Public Health dalam Penguatan Ketahanan Gizi

Integrasi *Precision Public Health* dalam penguatan ketahanan gizi menandai pergeseran fundamental dari pendekatan kesehatan masyarakat yang seragam menuju sistem intervensi yang lebih terdiferensiasi, adaptif, dan responsif terhadap heterogenitas risiko. Dalam pendekatan konvensional, intervensi gizi umumnya dirancang berdasarkan indikator populasi agregat, seperti prevalensi stunting, wasting, anemia, obesitas, atau tingkat kecukupan pangan pada suatu wilayah, kemudian diterapkan melalui program yang relatif homogen kepada kelompok sasaran yang luas (Ayele et al., 2025).

Pendekatan tersebut memiliki keunggulan dalam hal cakupan dan kesederhanaan implementasi, tetapi sering kali kurang mampu menangkap variasi biologis, sosial, ekonomi, lingkungan, perilaku, dan spasial yang menentukan risiko gizi pada tingkat individu maupun komunitas. Dalam konteks masyarakat yang semakin terdiferensiasi, penggunaan rata-rata populasi sebagai dasar intervensi berpotensi menghasilkan dua bentuk ketidakefisienan sekaligus, yaitu pemberian intervensi yang terlalu luas kepada kelompok berisiko rendah dan keterlambatan respons terhadap kelompok berisiko tinggi yang tidak terlihat dalam statistik agregat.

Precision Public Health menawarkan koreksi terhadap keterbatasan tersebut dengan memanfaatkan integrasi data multidimensi untuk menentukan siapa yang membutuhkan intervensi, jenis intervensi apa yang paling relevan, di lokasi mana tindakan harus diprioritaskan, dan kapan intervensi harus dilakukan (Canfell et al., 2022). Dalam kerangka ini, ketahanan gizi tidak lagi bergantung semata pada kapasitas sistem pangan untuk menyediakan makanan yang cukup, tetapi juga pada kemampuan sistem kesehatan untuk mengubah data menjadi pengetahuan yang dapat ditindaklanjuti (Varzakas & Smaoui, 2024). Data gizi yang sebelumnya berfungsi terutama sebagai instrumen pemantauan dapat diperluas menjadi komponen sistem prediksi risiko ketika dihubungkan dengan data kependudukan, status sosial-ekonomi, akses layanan kesehatan, pola konsumsi, kualitas lingkungan, sanitasi, pendidikan, kondisi maternal, penyakit penyerta, serta karakteristik geografis.

Integrasi tersebut memungkinkan sistem kesehatan membangun profil risiko yang lebih spesifik dan dinamis. Sebagai contoh, dua wilayah dengan prevalensi stunting yang sama belum tentu membutuhkan strategi intervensi yang identik apabila satu wilayah didominasi oleh persoalan kemiskinan dan akses pangan, sedangkan wilayah lain lebih dipengaruhi oleh sanitasi buruk, infeksi berulang, rendahnya pendidikan maternal, atau akses layanan primer yang terbatas. Pendekatan presisi memungkinkan kebijakan bergerak dari logika “masalah yang sama, intervensi yang sama” menuju “risiko yang berbeda, respons yang berbeda”.

Efektivitas penguatan ketahanan gizi meningkat ketika data digunakan tidak hanya untuk menggambarkan kondisi populasi, tetapi juga untuk melakukan stratifikasi risiko. Integrasi data lintas domain berhubungan dengan peningkatan kemampuan sistem dalam mengidentifikasi kelompok rentan secara lebih akurat, sedangkan temuan kualitatif menunjukkan bahwa pengambil kebijakan memerlukan informasi yang lebih granular untuk menentukan prioritas intervensi. Sintesis kedua temuan tersebut menunjukkan bahwa nilai utama *Precision Public Health* terletak pada kemampuannya mengubah sistem informasi kesehatan dari fungsi pelaporan menjadi fungsi prediksi dan dukungan keputusan.

Transformasi tersebut memiliki konsekuensi penting terhadap cara intervensi gizi dirancang. Pada model tradisional, program gizi cenderung menggunakan sasaran berdasarkan kategori administratif atau demografis yang luas, seperti semua balita, semua ibu hamil, atau seluruh rumah tangga miskin (Lioret et al., 2025). Dalam paradigma presisi, kategori tersebut tetap relevan sebagai basis universal, tetapi diperkuat melalui diferensiasi risiko. Artinya, intervensi universal tetap diberikan untuk menjamin keadilan dan cakupan dasar, sementara kelompok yang memiliki kombinasi faktor risiko lebih tinggi memperoleh intensitas, jenis, atau frekuensi intervensi yang berbeda. Pendekatan ini dapat dipahami sebagai bentuk *proportionate universalism*, yaitu prinsip bahwa layanan dasar tersedia untuk semua, tetapi besarnya dukungan disesuaikan dengan tingkat kebutuhan. Dalam konteks ketahanan gizi, prinsip tersebut penting karena mencegah dua ekstrem, yaitu pendekatan universal yang terlalu generik dan pendekatan presisi yang terlalu individualistik sehingga berpotensi mengabaikan ketimpangan struktural.

Perkembangan *Precision Public Health* secara global memperlihatkan kecenderungan yang sama. Di berbagai negara berpendapatan tinggi, integrasi rekam medis elektronik, registri kesehatan, data spasial, dan informasi sosial telah digunakan untuk mengidentifikasi kelompok berisiko tinggi terhadap penyakit kronis, komplikasi kehamilan, maupun kondisi kesehatan tertentu. Logika serupa dapat diterapkan pada kebijakan gizi dengan menggabungkan data klinis dan

nonklinis untuk membangun model prediktif yang memperkirakan kemungkinan terjadinya gangguan gizi sebelum gejalanya menjadi berat (Zhu et al., 2025). Di negara-negara dengan kapasitas digital yang lebih maju, sistem ini dapat didukung oleh machine learning, kecerdasan buatan, dan analitik prediktif. Sementara itu, di negara berpendapatan rendah dan menengah, pendekatan presisi tidak harus selalu bergantung pada teknologi yang kompleks. Integrasi sederhana antara data layanan primer, data kemiskinan, sanitasi, pendidikan, dan lokasi geografis sudah dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam menentukan prioritas intervensi secara lebih rasional.

Risiko gizi sering kali terkonsentrasi secara geografis akibat kombinasi kondisi sosial, lingkungan, ketersediaan pangan, akses pelayanan, dan karakteristik demografis. Penggunaan *Geographic Information System* memungkinkan identifikasi hotspot kerentanan yang tidak selalu terlihat melalui statistik tingkat kabupaten atau provinsi. Dengan pendekatan ini, sistem kesehatan dapat membedakan wilayah yang membutuhkan penguatan pelayanan primer, wilayah yang memerlukan intervensi sanitasi, wilayah yang menghadapi masalah akses pangan, dan wilayah yang membutuhkan intervensi perilaku konsumsi. *Precision Public Health* dengan demikian memperluas pengertian “tepat sasaran” dari sekadar pemilihan individu atau kelompok menjadi ketepatan lokasi, waktu, intensitas, serta kombinasi intervensi.

Pemanfaatan data longitudinal juga memperkuat dimensi presisi karena memungkinkan sistem kesehatan memahami perubahan risiko sepanjang waktu. Ketahanan gizi bukanlah kondisi yang statis, melainkan risiko yang dapat meningkat akibat inflasi pangan, perubahan iklim, kehilangan pekerjaan, migrasi, bencana, penyakit, atau gangguan rantai pasok (Ebadi & Selamoglu, 2025). Oleh karena itu, sistem yang hanya bergantung pada survei periodik memiliki keterbatasan dalam mendeteksi perubahan cepat. Integrasi data administratif, layanan kesehatan, transaksi pangan, indikator ekonomi, maupun data lingkungan dapat memberikan sinyal lebih awal terhadap perubahan kerentanan. Dalam perspektif ini, *Precision Public Health* berfungsi tidak hanya untuk memilih intervensi yang tepat, tetapi juga untuk menentukan waktu intervensi yang paling efektif sebelum risiko berkembang menjadi krisis gizi.

Jika pendekatan sebelumnya berorientasi pada penurunan prevalensi masalah gizi setelah terjadi, pendekatan berbasis *Precision Public Health* menempatkan pencegahan, antisipasi, dan optimasi sumber daya sebagai tujuan utama. Sistem kesehatan tidak lagi menunggu peningkatan kasus untuk bertindak, tetapi menggunakan pola data untuk mengidentifikasi risiko lebih awal. Intervensi kemudian diarahkan kepada kelompok yang paling membutuhkan dengan bentuk yang sesuai dengan determinan risiko dominan. Transformasi tersebut memperkuat ketahanan gizi karena sistem menjadi lebih mampu mencegah memburuknya kondisi, mengurangi ketimpangan, meningkatkan efisiensi program, dan menjaga kualitas kesehatan populasi dalam jangka panjang. Dengan cara ini, *Precision Public Health* tidak sekadar memperkenalkan teknologi baru ke dalam kebijakan gizi, tetapi mengubah logika dasar intervensi dari pendekatan berbasis rata-rata menuju pendekatan berbasis risiko, dari respons terhadap masalah menuju pencegahan, dan dari kebijakan generik menuju keputusan yang lebih kontekstual dan berbasis bukti.

Efektivitas *Precision Public Health* dalam memperkuat ketahanan gizi sangat ditentukan oleh kemampuan sistem kesehatan membangun ekosistem data yang bersifat interoperabel, adaptif, dan berorientasi pada pengambilan keputusan. Analisis kuantitatif memperlihatkan bahwa integrasi berbagai sumber data memiliki hubungan positif terhadap peningkatan ketepatan identifikasi kelompok berisiko, sedangkan analisis kualitatif mengungkap bahwa para pengambil kebijakan masih menghadapi hambatan berupa fragmentasi data antarlembaga, standar informasi yang tidak seragam, serta terbatasnya mekanisme pertukaran data lintas sektor. Sintesis kedua temuan tersebut menunjukkan bahwa tantangan utama transformasi sistem kesehatan bukan terletak pada kurangnya data, melainkan pada rendahnya kemampuan sistem dalam mengintegrasikan data menjadi pengetahuan yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan.

Dalam paradigma ini, setiap individu maupun komunitas dipandang memiliki profil risiko yang berbeda sebagai akibat interaksi kompleks antara faktor biologis, perilaku, lingkungan, sosial-ekonomi, serta karakteristik wilayah. Oleh karena itu, pendekatan *one-size-fits-all* yang mendominasi program gizi selama beberapa dekade menjadi semakin kurang relevan dalam menghadapi heterogenitas risiko kesehatan masyarakat. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi data kependudukan, rekam medis elektronik, status sosial-ekonomi, kualitas lingkungan, akses pangan, sanitasi, pola konsumsi, dan informasi geografis mampu menghasilkan klasifikasi risiko yang lebih akurat dibandingkan penggunaan indikator prevalensi gizi secara tunggal. Kondisi tersebut memungkinkan pemerintah mengalokasikan sumber daya berdasarkan tingkat kebutuhan nyata masyarakat sehingga efisiensi program meningkat tanpa mengurangi prinsip keadilan pelayanan kesehatan.

3. Model Ketahanan Gizi Adaptif untuk Meningkatkan Resiliensi Sistem Kesehatan menghadapi Krisis Global

Model ketahanan gizi adaptif perlu ditempatkan sebagai bagian integral dari resiliensi sistem kesehatan karena krisis global menunjukkan bahwa kerentanan kesehatan tidak hanya berasal dari kapasitas pelayanan medis, tetapi juga dari rapuhnya sistem pangan, ketimpangan sosial, perubahan lingkungan, gangguan rantai pasok, dan ketidakmampuan sistem mendeteksi perubahan risiko gizi secara dini. Pandemi, perubahan iklim, konflik geopolitik, bencana, inflasi pangan, dan disrupsi perdagangan global telah memperlihatkan bahwa gangguan pada akses, kualitas, dan kontinuitas pangan dapat dengan cepat berkembang menjadi masalah kesehatan populasi, memperburuk penyakit tidak menular, meningkatkan kerentanan kelompok usia tertentu, dan pada akhirnya menambah tekanan terhadap fasilitas pelayanan kesehatan. Dalam konteks ini, ketahanan gizi tidak lagi memadai apabila dipahami hanya sebagai kemampuan mempertahankan kecukupan pangan, tetapi harus direkonstruksi sebagai kapasitas adaptif sistem untuk memprediksi, menyerap, merespons, menyesuaikan, dan pulih dari gangguan yang memengaruhi status gizi populasi.

Konsep ini beririsan secara kuat dengan teori *Health System Resilience*, tetapi memperluasnya dari orientasi yang berpusat pada kapasitas pelayanan menuju pendekatan yang mencakup determinan kesehatan di hulu. Resiliensi sistem kesehatan secara tradisional sering diukur dari kemampuan mempertahankan layanan esensial, memobilisasi sumber daya, mengadaptasi tata kelola, dan mempercepat pemulihan setelah krisis (Poroos et al., 2023). Namun, pendekatan tersebut cenderung memandang gizi sebagai salah satu dampak sekunder, bukan sebagai variabel strategis yang dapat menentukan tingkat kerentanan populasi sebelum krisis terjadi. Hasil kajian ini menunjukkan bahwa populasi dengan ketahanan gizi yang lebih rendah memiliki kapasitas adaptasi yang lebih lemah ketika menghadapi tekanan ekonomi, epidemiologis, maupun lingkungan, sehingga sistem kesehatan harus menanggung konsekuensi yang lebih besar pada tahap hilir.

Perspektif tersebut juga dapat dijelaskan melalui pendekatan *Complex Adaptive Systems*, yang memandang sistem kesehatan dan sistem pangan sebagai jaringan dinamis yang terdiri atas banyak aktor, hubungan, dan umpan balik nonlinier. Dalam sistem semacam ini, krisis jarang menghasilkan dampak tunggal. Kenaikan harga energi dapat meningkatkan biaya produksi dan distribusi pangan. Gangguan pasokan dapat mengurangi keragaman diet, penurunan daya beli dapat mendorong konsumsi pangan murah dengan kualitas gizi rendah, memburuknya pola makan kemudian meningkatkan risiko penyakit metabolik, dan peningkatan penyakit pada akhirnya menambah beban pembiayaan kesehatan. Rangkaian hubungan tersebut menunjukkan bahwa ketahanan gizi adaptif tidak dapat dibangun melalui intervensi sektoral yang terisolasi. Sebaliknya, dibutuhkan kemampuan sistem untuk mengenali pola perubahan lintas sektor, menilai titik kritis kerentanan, dan melakukan penyesuaian kebijakan secara cepat sebelum efek domino berkembang menjadi krisis kesehatan yang sistemik.

Integrasi perspektif *One Health dan Planetary Health* semakin memperkuat kebutuhan tersebut. Ketahanan gizi bergantung pada kualitas ekosistem, stabilitas produksi pangan, kesehatan hewan, kualitas air, keanekaragaman hayati, serta perubahan iklim. Gangguan ekologis dapat menurunkan produktivitas pertanian, mengubah distribusi penyakit, meningkatkan risiko zoonosis, dan memperburuk ketidakstabilan pasokan pangan. Oleh karena itu, strategi kesehatan yang mengabaikan hubungan antara lingkungan dan gizi akan memiliki kapasitas adaptasi yang terbatas. Model ketahanan gizi adaptif memandang kesehatan manusia, sistem pangan, dan lingkungan sebagai komponen yang saling bergantung (Assoua et al., 2024). Dalam kerangka ini, ketahanan gizi berfungsi sebagai indikator antara yang sensitif terhadap perubahan sistemik karena ia mencerminkan interaksi antara kondisi biologis masyarakat, keterjangkauan pangan, stabilitas ekonomi, kualitas lingkungan, dan kemampuan sistem kesehatan merespons perubahan tersebut.

Kemampuan adaptasi sistem kesehatan meningkat ketika informasi gizi diintegrasikan dengan data sosial-ekonomi, epidemiologi, lingkungan, dan spasial. Temuan kuantitatif menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat integrasi data lintas domain, semakin besar kapasitas sistem untuk mengidentifikasi kelompok yang rentan terhadap dampak krisis. Sementara itu, hasil kualitatif memperlihatkan bahwa pemangku kepentingan menilai ketepatan waktu informasi sebagai faktor penting dalam menentukan efektivitas respons. Dengan kata lain, ketahanan gizi adaptif tidak hanya bergantung pada banyaknya sumber daya yang tersedia, tetapi juga pada kecepatan sistem dalam membaca perubahan risiko dan menerjemahkannya menjadi tindakan (Kyriopoulos et al., 2025). Sintesis kedua temuan tersebut menunjukkan bahwa *adaptive capacity* harus dibangun melalui kombinasi antara data yang terintegrasi, tata kelola fleksibel, mekanisme koordinasi lintas sektor, serta kemampuan mengubah kebijakan berdasarkan bukti yang berkembang secara real time.

Perbandingan global menunjukkan bahwa variasi kapasitas adaptif sangat dipengaruhi oleh kekuatan sistem data dan jaring pengaman sosial. Negara-negara dengan registri kesehatan terintegrasi, perlindungan sosial yang responsif, dan sistem distribusi pangan yang relatif stabil memiliki kemampuan lebih baik untuk menargetkan kelompok terdampak ketika terjadi krisis. Sebaliknya, di banyak negara berpendapatan rendah dan menengah, fragmentasi data, tingginya sektor informal, ketimpangan geografis, dan keterbatasan infrastruktur sering menghambat identifikasi kelompok rentan secara cepat. Perbedaan ini menunjukkan bahwa ketahanan gizi adaptif tidak dapat dibangun melalui satu model universal.

Negara dengan kapasitas digital tinggi dapat memanfaatkan *predictive analytics*, kecerdasan buatan, dan sistem peringatan dini berbasis data besar, sementara negara dengan kapasitas lebih terbatas dapat menggunakan integrasi data primer, pemetaan spasial sederhana, surveilans komunitas, dan indikator harga pangan sebagai instrumen adaptasi yang tetap efektif. Hal yang menentukan bukan tingkat kompleksitas teknologi, tetapi kemampuan sistem menghasilkan informasi yang relevan dan menghubungkannya dengan respons kebijakan.

Model ketahanan gizi adaptif juga memberikan koreksi terhadap pendekatan respons krisis yang terlalu berorientasi pada fase darurat. Banyak sistem kesehatan baru meningkatkan intervensi gizi setelah terjadi kenaikan kasus malnutrisi, penurunan akses pangan, atau peningkatan penyakit terkait gizi. Pendekatan ini bersifat reaktif dan sering membutuhkan biaya yang jauh lebih besar dibandingkan pencegahan dini. Dalam paradigma adaptif, sistem harus memiliki mekanisme *anticipatory governance* yang mampu membaca sinyal awal, misalnya perubahan harga pangan, penurunan kualitas diet, gangguan distribusi, kejadian iklim ekstrem, atau penurunan pendapatan rumah tangga. Informasi tersebut kemudian digunakan untuk memicu respons bertingkat sesuai tingkat risiko.

Dari perspektif pembangunan kesehatan berkelanjutan, model ini juga menempatkan kualitas hidup sebagai hasil utama, bukan semata-mata penurunan indikator malnutrisi. Sistem yang adaptif harus mampu mempertahankan kecukupan gizi selama krisis, mencegah perburukan penyakit kronis, melindungi kelompok rentan, menjaga produktivitas, dan mengurangi kesenjangan kesehatan. Dengan kata lain, keberhasilan ketahanan gizi adaptif diukur melalui kemampuan sistem mempertahankan fungsi kesehatan populasi ketika menghadapi tekanan, bukan hanya melalui

kapasitas kembali ke kondisi sebelum krisis. Perspektif ini mendekati konsep transformative resilience, yaitu kemampuan tidak sekadar bertahan dan pulih, tetapi menggunakan krisis sebagai momentum untuk memperbaiki struktur, tata kelola, dan mekanisme distribusi sumber daya.

Perbandingan lintas negara menunjukkan bahwa hubungan antara ketahanan gizi dan resiliensi sistem kesehatan tidak dibentuk oleh satu intervensi tunggal, melainkan oleh konfigurasi kelembagaan yang menghubungkan pencegahan penyakit, sistem pangan, perlindungan sosial, kapasitas data, dan mekanisme respons terhadap krisis. Pengalaman negara-negara dengan tingkat pendapatan dan karakter risiko yang berbeda memperlihatkan bahwa ketahanan gizi yang adaptif membutuhkan kemampuan untuk mengantisipasi gangguan sebelum terjadi, mempertahankan akses terhadap diet sehat selama periode tekanan, mengidentifikasi kelompok yang terdampak secara tidak proporsional, dan mengubah kebijakan berdasarkan perubahan risiko.

Relevansi pendekatan tersebut semakin kuat karena laporan global terbaru masih menunjukkan kesenjangan regional yang besar dalam persoalan kelaparan dan malnutrisi. Pada 2025 sekitar 645 juta penduduk dunia diperkirakan masih menghadapi kelaparan, sementara kemajuan global tidak berlangsung merata, terutama karena tekanan konflik, harga pangan, dan kerentanan struktural yang berbeda antarwilayah (Pavlova et al., 2026). Kondisi ini menunjukkan bahwa resiliensi tidak dapat dinilai hanya berdasarkan kemampuan suatu negara menyediakan layanan kesehatan ketika krisis terjadi, tetapi juga berdasarkan kemampuan sistem mempertahankan determinan dasar kesehatan, termasuk akses yang stabil terhadap pangan bergizi.

Amerika Serikat memperlihatkan model yang relatif kuat dalam aspek pengumpulan dan diferensiasi data, meskipun tetap menghadapi ketimpangan struktural dalam akses terhadap pangan sehat (Chen, 2025). Sistem seperti *National Health and Nutrition Examination Survey* menggabungkan survei kesehatan dengan pemeriksaan fisik dan laboratorium, sedangkan *Behavioral Risk Factor Surveillance System* menyediakan informasi mengenai perilaku kesehatan, penyakit kronis, dan penggunaan layanan preventif pada tingkat negara bagian. Perkembangan lebih baru juga memasukkan kebutuhan sosial terkait kesehatan, termasuk *food insecurity*, ke dalam pendekatan kesehatan populasi, sehingga kondisi pangan tidak lagi diperlakukan semata sebagai persoalan kesejahteraan sosial, tetapi sebagai determinan yang berinteraksi dengan penyakit kronis dan kesenjangan kesehatan.

Dalam perspektif model ketahanan gizi adaptif, kekuatan pendekatan Amerika Serikat terletak pada kemampuan menghasilkan data yang relatif granular dan menghubungkan risiko sosial dengan luaran kesehatan. Namun, pengalaman tersebut sekaligus menunjukkan bahwa kecanggihan surveilans tidak otomatis menghasilkan resiliensi apabila akses terhadap pangan sehat masih terdistribusi secara tidak merata. CDC secara eksplisit mengakui bahwa kelompok berpendapatan rendah lebih mungkin mengalami hambatan dalam memperoleh pangan sehat dan terjangkau, sementara pola makan yang buruk berkaitan erat dengan penyakit kronis.

Inggris menunjukkan konfigurasi yang berbeda karena agenda ketahanan pangan semakin dihubungkan dengan pencegahan penyakit dan ketimpangan kesehatan (Morris, 2023). *United Kingdom Food Security Report 2024* telah memperluas pengukuran keamanan pangan rumah tangga dengan memasukkan indikator tambahan, termasuk penggunaan bantuan pangan, akses digital terhadap toko pangan, dan pola diet. Perkembangan ini kemudian diperkuat oleh pendekatan *Good Food Cycle* pada 2025 yang secara eksplisit menghubungkan pola makan sehat, ketahanan pangan, dan keberlanjutan rantai pasok.

Pada saat yang sama, *10 Year Health Plan for England* menempatkan pencegahan dan pengurangan kesenjangan healthy life expectancy sebagai sasaran strategis transformasi kesehatan. Konfigurasi tersebut menunjukkan transisi dari paradigma yang memisahkan kebijakan pangan dan kesehatan menuju tata kelola yang semakin mengakui keterkaitan di antara keduanya. Dalam kerangka ketahanan gizi adaptif, pengalaman Inggris memberikan pelajaran bahwa indikator ketahanan tidak cukup berupa jumlah atau ketersediaan pangan, sebab kualitas diet, akses sosial, distribusi kerentanan, dan konsekuensi kesehatan harus dimasukkan ke dalam sistem pemantauan yang sama. Dengan pendekatan semacam ini, perubahan ketahanan gizi dapat berfungsi sebagai sinyal awal terhadap munculnya ketimpangan kesehatan yang lebih luas.

Australia memberikan contoh penting mengenai integrasi resiliensi kesehatan dengan perubahan iklim. Pemerintah Australia telah menggunakan *National Health and Climate Strategy* sebagai kerangka untuk menghadapi dampak perubahan iklim terhadap kesehatan dan pada 2025 menambah investasi kajian untuk memperkuat bukti mengenai dampak kesehatan terkait iklim serta efektivitas intervensinya (Arnot et al., 2025). Pada saat bersamaan, kebijakan kesehatan preventif nasional Australia menekankan pentingnya sistem pencegahan yang berkelanjutan, pengurangan ketimpangan kesehatan, dan kesiapan menghadapi ancaman kesehatan yang muncul.

Dimensi pangan juga muncul dalam kebijakan kesehatan melalui upaya memperbaiki kualitas pasokan pangan, mendorong pilihan makanan sehat, dan memonitor pola makan populasi. Dari perspektif kajian ini, Australia memperlihatkan bagaimana ketahanan gizi adaptif seharusnya ditempatkan dalam konteks risiko ekologis. Ketahanan gizi bukan hanya persoalan akses saat ini, tetapi menyangkut kapasitas sistem untuk mempertahankan kualitas dan kontinuitas pangan ketika perubahan iklim mengganggu produksi, distribusi, maupun kondisi kesehatan masyarakat. Pendekatan ini konsisten dengan bukti global WHO bahwa perubahan iklim memengaruhi ketersediaan, kualitas, dan keragaman pangan serta dapat memperburuk krisis gizi.

Singapura memperlihatkan model yang lebih menonjolkan integrasi antara kebijakan kesehatan jangka panjang, pencegahan, dan respons terhadap perubahan demografi. Agenda kesehatan negara tersebut semakin mengaitkan pangan

dan nutrisi dengan penuaan sehat, sementara program maternal dan anak juga memasukkan pedoman pemberian makan serta penyediaan makanan yang lebih sehat pada institusi pendidikan. Meskipun konteks geografis dan kapasitas fiskal Singapura sangat berbeda dari banyak negara berkembang, pengalaman tersebut memberikan pelajaran mengenai pentingnya *life-course approach*.

Ketahanan gizi tidak seharusnya difokuskan hanya pada fase anak usia dini atau kondisi kekurangan gizi, melainkan harus menjaga fungsi kesehatan dari periode maternal, masa kanak-kanak, usia produktif, sampai kelompok lanjut usia (Feskens et al., 2022). Perspektif ini menjadi semakin relevan dalam menghadapi krisis karena dampak gangguan gizi berbeda menurut tahap kehidupan, bagi kelompok anak, ibu hamil, penderita penyakit kronis, dan lansia memiliki tingkat kerentanan serta kebutuhan intervensi yang berbeda. Oleh karena itu, model adaptif perlu menggabungkan stratifikasi risiko berbasis siklus kehidupan dengan sistem perlindungan universal.

Jepang memberikan perspektif lain melalui keterkaitan antara *universal health coverage*, penuaan penduduk, dan mainstreaming nutrisi dalam pembangunan kesehatan. Dalam forum G7 yang diselenggarakan Jepang, nutrisi secara eksplisit ditempatkan sebagai bagian yang perlu diarusutamakan ke dalam *Universal Health Coverage*, mengingat keterkaitannya dengan determinan sosial kesehatan dan kerentanan populasi. Diskursus kebijakan Jepang dan ASEAN juga semakin menekankan kebutuhan membangun sistem kesehatan yang inklusif dan berkelanjutan secara fiskal dalam menghadapi proses penuaan populasi. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan gizi dalam masyarakat lanjut usia tidak cukup dipahami melalui kecukupan kalori, tetapi harus dikaitkan dengan pencegahan *frailty*, pengelolaan penyakit kronis, mempertahankan kapasitas fungsional, dan menekan beban perawatan jangka panjang.

Pengalaman Sudan Selatan menunjukkan bagaimana ketahanan gizi dapat menjadi indikator langsung dari kegagalan resiliensi sistem kesehatan ketika konflik, kerawanan pangan, dan gangguan pelayanan terjadi secara simultan. WHO melaporkan bahwa pada 2025 kombinasi memburuknya ketidakamanan pangan, konflik, dan disrupsi layanan kesehatan memperburuk krisis gizi, terutama pada anak di bawah lima tahun serta ibu hamil dan menyusui (Al Sharjabi et al., 2024). Kasus tersebut memperlihatkan bahwa dalam lingkungan yang rapuh, gizi tidak dapat ditangani sebagai program vertikal yang berdiri sendiri.

Respon darurat perlu berkembang menjadi reformasi sistem yang menghubungkan layanan kesehatan primer, surveilans, bantuan pangan, logistik, perlindungan maternal-anak, dan pemulihan kapasitas pelayanan. Kontras dengan negara berpendapatan tinggi, tantangan utamanya bukan optimalisasi algoritma presisi, melainkan memastikan tersedianya infrastruktur dasar, kontinuitas layanan, akses kemanusiaan, dan informasi minimum yang cukup untuk mengidentifikasi kelompok paling rentan. Perbandingan ini memperkuat argumentasi bahwa tingkat teknologi bukanlah karakter utama model ketahanan gizi adaptif, sebab yang lebih fundamental ialah kemampuan suatu sistem menyesuaikan instrumen dengan jenis dan intensitas ancaman yang dihadapi.

Dalam konteks negara-negara Asia Tenggara, agenda kesehatan regional juga telah menempatkan promosi gizi yang baik dan pola makan sehat bersama dengan pengendalian penyakit tidak menular serta pembangunan sistem kesehatan yang resilien terhadap berbagai ancaman. Bagi negara seperti Indonesia, konfigurasi ini menjadi penting karena tantangan ketahanan gizi berlangsung bersamaan dengan heterogenitas geografis, kesenjangan layanan kesehatan, risiko bencana, perubahan iklim, dan beban gizi ganda. Kebijakan gizi nasional sendiri telah bergerak dari formula sederhana “4 Sehat 5 Sempurna” menuju pedoman gizi seimbang melalui pendekatan Isi Piringku, yang tidak hanya menekankan jenis makanan tetapi juga komposisi dan proporsinya (Candra et al., 2023). Namun, dalam kerangka model kajian ini, transformasi berikutnya memerlukan pergeseran dari edukasi dan program populasi yang bersifat relatif umum menuju integrasi data gizi, sosial-ekonomi, lingkungan, penyakit, dan wilayah sehingga risiko dapat dipetakan secara lebih dinamis.

Perbandingan lintas negara tersebut memperlihatkan bahwa model ketahanan gizi adaptif memiliki setidaknya tiga lapisan kapasitas yang harus bekerja secara simultan. Lapisan pertama adalah kapasitas protektif, yaitu memastikan akses dasar terhadap pangan bergizi dan pelayanan kesehatan selama kondisi normal maupun krisis. Lapisan kedua adalah kapasitas prediktif, yakni kemampuan mengintegrasikan data untuk mendeteksi perubahan kerentanan sebelum menjadi manifestasi klinis atau krisis populasi. Lapisan ketiga adalah kapasitas transformatif, yaitu kemampuan menggunakan pembelajaran dari krisis untuk memperbaiki sistem pangan, perlindungan sosial, pelayanan kesehatan, dan tata kelola data secara permanen. Pola ini sesuai dengan arah kebijakan global yang menekankan investasi berkelanjutan, koordinasi kebijakan yang lebih kuat, prioritas diet bergizi, dan inovasi kelembagaan sebagai unsur penting pembangunan resiliensi.

Negara/konteks	Orientasi dominan	Kekuatan untuk ketahanan gizi adaptif	Pelajaran bagi model
Amerika Serikat	Data kesehatan dan determinan sosial	Surveilans granular, pengukuran <i>food insecurity</i> , stratifikasi komunitas	Data harus diterjemahkan menjadi intervensi terhadap ketimpangan
Inggris	Integrasi pangan–kesehatan–pencegahan	Pengukuran keamanan pangan lebih multidimensi	Ketahanan pangan harus dihubungkan dengan

		dan orientasi <i>healthy life expectancy</i>	kualitas diet dan outcome kesehatan
Australia	Resiliensi iklim dan pencegahan	Integrasi kesehatan, perubahan iklim, dan kebijakan preventif	Risiko ekologis harus masuk ke sistem peringatan dini gizi
Singapura	<i>Life-course health</i>	Integrasi nutrisi ke dalam cakupan kesehatan dan respons terhadap penuaan	Gizi menjadi instrumen mempertahankan fungsi dan mengurangi beban jangka panjang
Jepang	UHC dan <i>healthy ageing</i>	Integrasi nutrisi ke dalam cakupan kesehatan dan respons terhadap penuaan	Gizi menjadi instrumen mempertahankan fungsi dan mengurangi beban jangka panjang
Sudan Selatan	Krisis kemanusiaan dan sistem rapuh	Integrasi layanan kesehatan dan gizi menjadi kebutuhan kritis	Resiliensi minimum membutuhkan kontinuitas layanan, logistik, dan perlindungan kelompok rentan
Indonesia/Asia Tenggara	Beban gizi majemuk dan heterogenitas wilayah	Infrastruktur program populasi dan agenda regional kesehatan resilien	Perlu bergerak menuju interoperabilitas data, stratifikasi risiko, dan respons berbasis lokal

Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat satu bentuk tunggal ketahanan gizi adaptif yang sesuai untuk seluruh negara. Kapasitas yang relevan bergantung pada profil ancaman, tingkat perkembangan sistem kesehatan, kapasitas digital, struktur demografi, dan ketahanan sosial-ekonomi. Karena itu, model yang dikembangkan lebih tepat dipahami sebagai kerangka adaptif berlapis, bukan paket intervensi yang seragam, sebab perlindungan universal menjadi dasar, data menentukan diferensiasi risiko, sedangkan kapasitas kelembagaan menentukan seberapa cepat sistem dapat mengubah informasi menjadi tindakan. Temuan ini sekaligus memperlihatkan bahwa prinsip utama *Precision Public Health* bukan sekadar penggunaan teknologi canggih, tetapi kemampuan memberikan intervensi yang tepat kepada populasi yang tepat, pada lokasi dan waktu yang tepat, sesuai karakter krisis yang dihadapi.

KESIMPULAN

Transformasi sistem kesehatan tidak lagi memadai apabila hanya berorientasi pada penguatan layanan kuratif, tetapi harus dibangun melalui integrasi ketahanan gizi berbasis *Precision Public Health* sebagai fondasi sistem yang prediktif, preventif, adaptif, dan berkelanjutan, sehingga berhasil menjawab research gap mengenai belum terintegrasinya konsep ketahanan gizi, *Precision Public Health*, dan resiliensi sistem kesehatan dalam satu kerangka konseptual yang utuh. Sintesis hasil kajian memperlihatkan bahwa ketahanan gizi perlu direkonstruksi dari sekadar luaran kebijakan pangan menjadi determinan strategis yang menghubungkan data multidimensi, tata kelola kesehatan, stratifikasi risiko, serta pengambilan keputusan berbasis bukti untuk memperkuat kapasitas sistem kesehatan menghadapi krisis global.

Temuan ini memperkaya literatur dengan memperluas perspektif *Health System Resilience*, *Learning Health System*, dan *Precision Public Health* melalui penempatan ketahanan gizi sebagai simpul integratif antara sistem pangan, determinan sosial, lingkungan, dan teknologi digital, sekaligus memberikan implikasi praktis bagi pengembangan interoperabilitas data lintas sektor, sistem peringatan dini, serta kebijakan kesehatan yang lebih presisi dan berkeadilan. Meskipun demikian, kajian ini masih dibatasi oleh karakter konseptual-empiris, keterbatasan generalisasi lintas konteks kelembagaan, serta belum menguji model secara longitudinal maupun melalui implementasi operasional pada berbagai tingkat sistem kesehatan, sehingga kajian selanjutnya perlu melakukan validasi empiris menggunakan data *real-time*, kecerdasan buatan, analitik spasial, dan evaluasi lintas negara untuk menguji efektivitas model dalam berbagai karakteristik sistem kesehatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada seluruh pengelola jurnal atas kesempatan, perhatian, dan kontribusinya dalam proses penyempurnaan karya ilmiah ini. Sebab, setiap karya ilmiah tidak hanya lahir dari ikhtiar intelektual, tetapi juga dari ruang akademik yang memungkinkan gagasan diuji, dikembangkan, dan dimaknai.

DAFTAR PUSTAKA

- Afsana, K., Jolly, S. P., & Akhter, F. (2022). Nutrition, food safety and global health. In *Handbook of global health* (pp. 1–28). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05325-3_93-1
- Akhtar, Z. Bin. (2025). Data-Driven Healthcare Innovations: An Inclusive Investigative Exploration Into Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML), Extended Reality (XR) and Internet of Things (IoT) Technologies. *The Journal of Engineering*, 2025(1), e70137. <https://doi.org/10.1049/tje2.70137>
- Al Asfoor, D., Tabche, C., Al-Zadjali, M., Mataria, A., Saikat, S., & Rawaf, S. (2024). Concept analysis of health system resilience. *Health Research Policy and Systems*, 22(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s12961-024-01114-w>
- Al Sharjabi, S. J., Al Jawaldeh, A., Hassan, O. E. H., & Dureab, F. (2024). Understanding the food and nutrition insecurity drivers in some emergency-affected countries in the eastern Mediterranean region from 2020 to 2024. *Nutrients*, 16(22), 3853. <https://doi.org/10.3390/nu16223853>
- Aprilio, E., Angraini, D. I., Damayanti, P., & Zuraida, R. (2026). Obesitas: Aspek klinis, faktor risiko, dan dampak kesehatan. *Nusantara Hasana Journal*, 5(8), 396–408. <https://doi.org/10.59003/nhj.v5i8.1868>
- Arnot, G., Pitt, H., McCarthy, S., & Thomas, S. (2025). Engaging young people in action on climate as a public health issue. *Journal of Applied Youth Studies*, 1–22. <https://doi.org/10.1007/s43151-024-00155-w>
- Assoua, J. E., Bomdzele Jr, E., Omosehin, O., Binuomote, S. O., Osabuohien, E., Enwa, S., & Okunade, S. O. (2024). Integrating climate change, food safety, nutrition, and health outcomes in food systems policies and programs in Africa. *World Food Policy*, 10(1), 86–110. <https://doi.org/10.1002/wfp2.12068>
- Ayele, K., Demisew, M., & Gemedet, H. F. (2025). A systematic review of the impact of food and nutrition programs on child nutrition and household food security in Ethiopia. *BMC Nutrition*, 11(1), 214. <https://doi.org/10.1186/s40795-025-01194-z>
- Baccarelli, A., Dolinoy, D. C., & Walker, C. L. (2023). A precision environmental health approach to prevention of human disease. *Nature Communications*, 14(1), 2449. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37626-2>
- Bianchetti, G., De Maio, F., Abeltino, A., Serantoni, C., Riente, A., Santarelli, G., Sanguinetti, M., Delogu, G., Martinoli, R., & Barbaresi, S. (2023). Unraveling the gut microbiome–diet connection: exploring the impact of digital precision and personalized nutrition on microbiota composition and host physiology. *Nutrients*, 15(18), 3931. <https://doi.org/10.3390/nu15183931>
- Candra, A., Probosari, E., Murbawani, E. A., Subagio, H. W., Ardiaria, M., Sulchan, M., & Puruhita, N. (2023). Sosialisasi pedoman gizi seimbang dan pelatihan pembuatan jajanan sehat untuk anak sekolah. *Proactive*, 2(1), 9–14.
- Canfell, O. J., Kodiyattu, Z., Eakin, E., Burton-Jones, A., Wong, I., Macaulay, C., & Sullivan, C. (2022). Real-world data for precision public health of noncommunicable diseases: a scoping review. *BMC Public Health*, 22(1), 2166. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14452-7>
- Carvalho, G. P., Costa-Camilo, E., & Duarte, I. (2024). Advancing health and sustainability: A holistic approach to food production and dietary habits. *Foods*, 13(23), 3829. <https://doi.org/10.3390/foods13233829>
- Chen, A. M. (2025). Barriers to health equity in the United States of America: can they be overcome? *International Journal for Equity in Health*, 24(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s12939-025-02401-w>
- Ebadi, A. G., & Selamoglu, Z. (2025). Climate change, food security, and human health: A comprehensive analysis of global problems and sustainable nutritional plans. *Wah Academia Journal of Health and Nutrition*, 1(3), 39–46. <https://doi.org/10.63954/k74ydz18>
- Emami, S. G., Lorenzoni, V., & Turchetti, G. (2024). Towards resilient healthcare systems: a framework for crisis management. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(3), 286. <https://doi.org/10.3390/ijerph21030286>
- Feskens, E. J. M., Bailey, R., Bhutta, Z., Biesalski, H.-K., Eicher-Miller, H., Kraemer, K., Pan, W.-H., & Griffiths, J. C. (2022). Women’s health: optimal nutrition throughout the lifecycle. *European Journal of Nutrition*, 61(Suppl 1), 1–23. <https://doi.org/10.1007/s00394-022-02915-x>
- Fortnam, M., Hailey, P., Witter, S., & Balfour, N. (2024). Resilience in interconnected community and formal health (and connected) systems. *SSM-Health Systems*, 3, 100027. <https://doi.org/10.1016/j.ssmhs.2024.100027>
- Gallegos, D. (2026). Eco-Nutrition and Systems-Based Practice: A Narrative Review. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 39(3), e70276. <https://doi.org/10.1111/jhn.70276>
- Günel, A. M., Yilmaz, S., & Arslan, S. (2025). Most vulnerable diet and health profiles: identifying countries at risk through a three-theme clustering. *Frontiers in Public Health*, 13, 1569755. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1569755>
- Kyriopoulos, I., Athanasakis, K., Tsoli, S., Mossialos, E., & Papanicolas, I. (2025). Addressing public health and health system challenges in Greece: reform priorities in a changing landscape. *The Lancet Public Health*, 10(9), e794–e803. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(25\)00188-4](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(25)00188-4)
- Lioret, S., Sion, O., Hincker, P., Béghin, L., de Lauzon-Guillain, B., Cavalli, B., Salinier, C., Turck, D., Perez, N., & Subtil, D. (2025). Home visiting intervention over pregnancy and the first two years of life to promote healthy feeding practices and energy balance-related behaviors and prevent obesity risk in children from socially disadvantaged families: protocol for a participant-blind. *BMC Public Health*, 25(1), 3659. <https://doi.org/10.1186/s12889-025->



25004-0

- Morris, K. (2023). Food oppression in the United Kingdom: A study of structural race and income-based food access inequalities. *Journal of Human Rights*, 22(5), 697–711. <https://doi.org/10.1080/14754835.2023.2259423>
- Pavlova, O., Liashenko, O., Pavlov, K., Kutyba, A., Fastovets, N., Machno, A., Holubiev, O., & Vlasenko, T. (2026). Global Food Price Dynamics, Undernourishment, and Human Development: Wavelet Coherence Evidence and SDG 2.1 Resilience Scenarios up to 2030. *Sustainability*, 18(8), 3724. <https://doi.org/10.3390/su18083724>
- Pérez-Escamilla, R. (2024). Food and nutrition security definitions, constructs, frameworks, measurements, and applications: global lessons. *Frontiers in Public Health*, 12, 1340149. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1340149>
- Poroos, C., Seematter-Bagnoud, L., Wyss, K., & Peytremann-Bridevaux, I. (2023). Health system performance and resilience in times of crisis: an adapted conceptual framework. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(17), 6666. <https://doi.org/10.3390/ijerph20176666>
- Roberts, M. C., Holt, K. E., Del Fiol, G., Baccarelli, A. A., & Allen, C. G. (2024). Precision public health in the era of genomics and big data. *Nature Medicine*, 30(7), 1865–1873. <https://doi.org/10.1038/s41591-024-03098-0>
- Rosegrant, M. W., Sulser, T. B., Dunston, S., Mishra, A., Cenacchi, N., Gebretsadik, Y., Robertson, R., Thomas, T., & Wiebe, K. (2024). Food and nutrition security under changing climate and socioeconomic conditions. *Global Food Security*, 41, 100755. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2024.100755>
- Sharma, M., Akhter, M. S., Roy, S., & Srejon, R. (2025). Future issues in global health: challenges and conundrums. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(3), 325. <https://doi.org/10.3390/ijerph22030325>
- Varzakas, T., & Smaoui, S. (2024). Global food security and sustainability issues: the road to 2030 from nutrition and sustainable healthy diets to food systems change. *Foods*, 13(2), 306. <https://doi.org/10.3390/foods13020306>
- Velmovitsky, P. E., Bevilacqua, T., Alencar, P., Cowan, D., & Morita, P. P. (2021). Convergence of precision medicine and public health into precision public health: toward a big data perspective. *Frontiers in Public Health*, 9, 561873. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.561873>
- Weeramanthri, T. S., Dawkins, H. J. S., Baynam, G., Bellgard, M., Gudes, O., & Semmens, J. B. (2018). Precision public health. In *Frontiers in public health* (Vol. 6, p. 121). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00121>
- Wu, Y., Pan, X., Gu, L., Tong, Y., Chen, S., Ni, K., Du, H., Yang, M., Wang, J., & Chen, Y. (2025). Development and validation of the pain management competency scale for nurses and a nationwide survey of Chinese nurses. *BMC Nursing*, 24(1), 98. <https://doi.org/10.1186/s12912-025-02733-6>
- Zeng, W., Gan, D., Ou, J., & Tomlinson, B. (2025). Global trends and health system impact on polycystic ovary syndrome: a comprehensive analysis of age-stratified females from 1990 to 2021. *Frontiers in Reproductive Health*, 7, 1642369. <https://doi.org/10.3389/frph.2025.1642369>
- Zhu, R., Dong, Y., Guo, J., He, J., Chen, H., Wang, R., Ren, F., Raben, A., & Martinez, J. A. (2025). From prediction of personalized metabolic responses to foods to computational nutrition: Concepts of an emerging interdisciplinary field. *Clinical Nutrition*. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2025.10.009>