

## SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN MOBILE KETAHANAN PANGAN BERBASIS ANALITIK HARGA DAN DISTRIBUSI DI KABUPATEN LAMONGAN

*MOBILE DECISION SUPPORT SYSTEM FOR FOOD SECURITY BASED ON PRICE AND DISTRIBUTION ANALYTICS IN LAMONGAN REGENCY*

**Moh. Misbahul Musthofah<sup>1\*</sup>, Yisti Vita Via<sup>2</sup>**

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia

**\*Email Correspondence:** 23081010076@student.upnjatim.ac.id

### **Abstract**

*Regional food security requires an information system that integrates price, stock, distribution, field report, and early-warning data into a unified decision-making workflow. This study develops PanganKu as a mobile decision support system prototype for food security monitoring in Lamongan Regency. The research used a three-iteration prototyping approach covering system architecture design, functional requirement formulation, price-distribution analytics implementation, and system verification. Evaluation was conducted through black-box testing, algorithm unit testing, and calibrated simulation-based price scenarios. The system provides price and stock monitoring, simple price prediction, anomaly detection, geographic distance estimation, and preliminary surplus-deficit distribution recommendations. The results show that all functional test cases produced outputs consistent with expected results. Price scenario evaluation produced a mean absolute percentage error of 1.0% for stable commodities and 14.2% for volatile commodities. These results indicate consistent algorithm behavior in limited scenarios rather than market-level prediction accuracy. Operational implementation still requires official daily data, end-user testing, field validation, and structured load testing.*

**Keywords:** regional food security, decision support system, mobile prototype, price analytics, food distribution, technical validation.

### **Abstrak**

Ketahanan pangan daerah memerlukan sistem informasi yang mampu mengintegrasikan data harga, stok, distribusi, laporan lapangan, dan peringatan dini dalam satu alur keputusan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan PanganKu sebagai prototipe mobile sistem pendukung keputusan untuk pemantauan ketahanan pangan di Kabupaten Lamongan. Metode penelitian menggunakan pendekatan prototipe tiga iterasi yang meliputi perancangan arsitektur dan kebutuhan fungsional, implementasi modul analitik harga-distribusi, serta verifikasi fungsi sistem. Evaluasi dilakukan melalui black-box testing, unit testing algoritma, dan skenario harga simulatif terkalibrasi. Sistem menghasilkan fitur pemantauan harga-stok, prediksi sederhana, deteksi anomali, estimasi jarak geografis, serta rekomendasi awal distribusi surplus-defisit. Hasil evaluasi menunjukkan seluruh kasus uji fungsional berjalan sesuai keluaran yang diharapkan. Evaluasi harga menghasilkan persentase galat absolut rata-rata sebesar 1,0% pada komoditas stabil dan 14,2% pada komoditas volatil. Hasil tersebut menunjukkan konsistensi perilaku algoritma pada skenario terbatas, bukan klaim akurasi pasar aktual. Implementasi operasional masih memerlukan data resmi harian, uji pengguna akhir, validasi lapangan, dan pengujian beban terstruktur.

**Kata kunci:** ketahanan pangan daerah, sistem pendukung Keputusan, prototipe aplikasi seluler, analitik harga, distribusi pangan, validasi teknis.

## **PENDAHULUAN**

Ketahanan pangan merupakan isu strategis dalam pembangunan daerah yang mencakup ketersediaan, keterjangkauan, distribusi, dan stabilitas pasokan pangan.

Volatilitas harga komoditas pangan perlu dipantau secara berbasis data karena perubahan harga berdampak langsung pada akses pangan masyarakat (Matondang, Krisnamurthi, and Herawati 2024). Dalam konteks ini, decision support system (DSS) berbasis analitik dapat membantu pengambil keputusan membaca indikator operasional secara lebih terstruktur (Yousaf et al. 2023), sementara sistem pendukung keputusan pada rantai pasok agrifood terbukti mampu memperbaiki kualitas pengambilan keputusan berbasis bukti (Kamariotou et al. 2022).

Kabupaten Lamongan telah memiliki aktivitas pemantauan harga dan stok pangan, namun integrasi data harga, stok, dan distribusi antarkecamatan masih memerlukan dukungan sistem yang lebih sistematis (Pemerintah Kabupaten Lamongan 2024). Berbeda dari penelitian terdahulu yang membahas komponen tersebut secara terpisah (Setiawan et al. 2025; Jayadianti, Permadi, and Partoyo 2023; Jufri, Nasrullah, and Rodiyah 2025), terdapat kebutuhan nyata akan integrasi seluruhnya dalam satu sistem terpadu.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan prototipe mobile DSS ketahanan pangan bernama PanganKu yang mengintegrasikan monitoring harga, stok, distribusi, laporan darurat, notifikasi, dasbor, dan modul analitik sederhana. Rumusan masalah mencakup perancangan arsitektur mobile dan backend, integrasi modul analitik harga dan distribusi, serta evaluasi fungsi sistem pada data publik dan skenario operasional terbatas. Kebaruan penelitian ini terletak pada keterpaduan fungsi monitoring harga, deteksi anomali, dan rekomendasi distribusi surplus-defisit dalam satu prototipe berbasis konteks kecamatan — bukan pengembangan algoritma prediksi atau optimasi distribusi baru, melainkan proof-of-concept alur data operasional dan analitik keputusan yang terintegrasi di tingkat kabupaten.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Sistem Informasi Ketahanan Pangan dan DSS**

Ketahanan pangan daerah mencakup empat dimensi: ketersediaan, keterjangkauan, pemanfaatan, dan stabilitas pasokan (FAO et al. 2024). Sistem informasi berbasis mobile dapat mempercepat pemantauan operasional di lapangan (Mdoda, Christian, and Agbugba 2024), dengan status DSS ditunjukkan melalui keterhubungan subsistem data, model, antarmuka, dan keluaran rekomendasi awal berupa prioritas komoditas, peringatan anomali harga, serta rekomendasi distribusi surplus-defisit.

### **Analitik Harga dan Distribusi Pangan**

Alih-alih pendekatan kompleks seperti LSTM atau machine learning (Jayadianti, Permadi, and Partoyo 2023; Mohanty, Guha Thakurta, and Kar 2023), prototipe ini menggunakan simple moving average, regresi linear, dan standar deviasi sebagai baseline ringan dengan MAE dan MAPE sebagai indikator konsistensi (Chicco, Warrens, and Jurman 2021). Distribusi menggunakan Haversine, Dijkstra, dan greedy allocation sebagai baseline rekomendasi surplus-defisit (Herwanto et al. 2024; Liu and Ye 2024; Suyoko and Asrol 2024).

## Penelitian Terdahulu dan Posisi Penelitian

PanganKu berada di antara sistem informasi ketahanan pangan dan optimasi distribusi, dengan menggabungkan keduanya dalam satu prototipe mobile tingkat kabupaten/kecamatan. Berbeda dari SiPangan yang beroperasi di tingkat nasional (Badan Pangan Nasional n.d.a; n.d.b), PanganKu difokuskan sebagai proof-of-concept integrasi pemantauan operasional dan analitik keputusan awal, bukan sebagai penggantinya.

**Tabel 1.** Perbandingan dengan penelitian terdahulu

| Penelitian               | Fokus                                          | Keterbatasan                                                    | Kontribusi PanganKu                                                                |
|--------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Setiawan et al. (2025)   | Sistem informasi ketahanan pangan terintegrasi | Belum menekankan implementasi mobile dan algoritma distribusi   | Mengimplementasikan mobile, backend, prediksi, dan distribusi                      |
| Jayadianti et al. (2023) | Prediksi komoditas strategis menggunakan LSTM  | Tidak membahas stok dan distribusi antarkecamatan               | Menambahkan stok dan distribusi berbasis kecamatan                                 |
| Jufri et al. (2025)      | Efisiensi distribusi berbasis graf dan TSP     | Belum terintegrasi dengan dasbor harga dan stok                 | Menggabungkan rute, surplus-defisit, dan harga dalam satu sistem                   |
| Penelitian ini           | DSS mobile ketahanan pangan daerah             | Dataset uji masih simulatif terkalibrasi dan belum uji pengguna | Monitoring, prediksi, anomali, Dijkstra, dan greedy allocation dalam satu platform |

## METODE

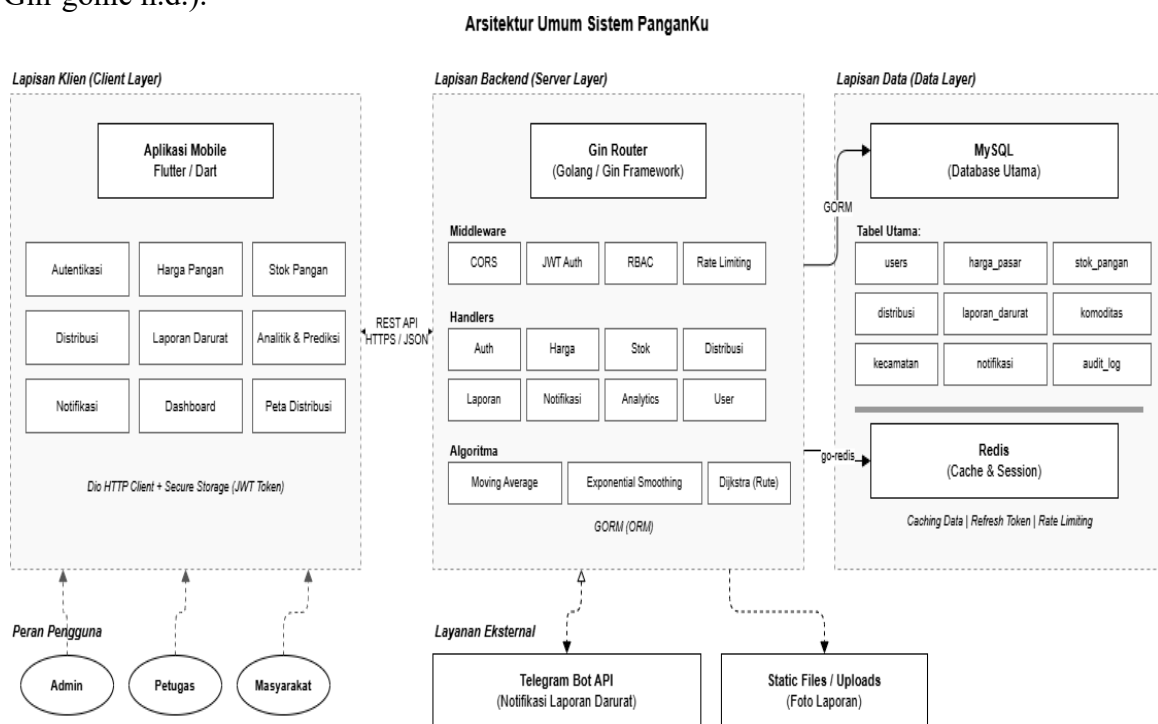
Penelitian ini merupakan penelitian terapan pada bidang rekayasa perangkat lunak. Metode pengembangan yang digunakan adalah prototipe karena memungkinkan perancangan, implementasi, dan penyempurnaan sistem dilakukan secara bertahap. Bjarnason, Lang, and Mjöberg (2023) menjelaskan bahwa prototyping dapat digunakan untuk mengeksplorasi kebutuhan, ruang lingkup, media, dan penggunaan sistem melalui model awal yang dapat diuji dan diperbaiki secara iteratif. Pada penelitian ini, prototipe dijalankan dalam tiga iterasi: perancangan arsitektur dan basis data, penambahan modul analitik harga-distribusi, serta penyempurnaan antarmuka, keamanan, dan skenario pengujian.

Dataset pengujian berupa 360 record harga harian simulatif terkalibrasi ( $90 \text{ hari} \times 4 \text{ komoditas}$ : beras medium, telur ayam ras, bawang merah, cabai rawit merah). Kalibrasi mengacu pada rentang harga referensi SISKAPERBAPO Jawa Timur: beras medium Rp12.000–13.500/kg, telur ayam ras Rp24.000–32.000/kg, bawang merah Rp23.000–50.000/kg, dan cabai rawit merah Rp40.000–80.000/kg (SISKAPERBAPO Jawa Timur 2024–2025). Data ini digunakan untuk menguji konsistensi komputasi, bukan untuk menyimpulkan kondisi pasar aktual.

**Tabel 2.** Ringkasan kebutuhan fungsional sistem

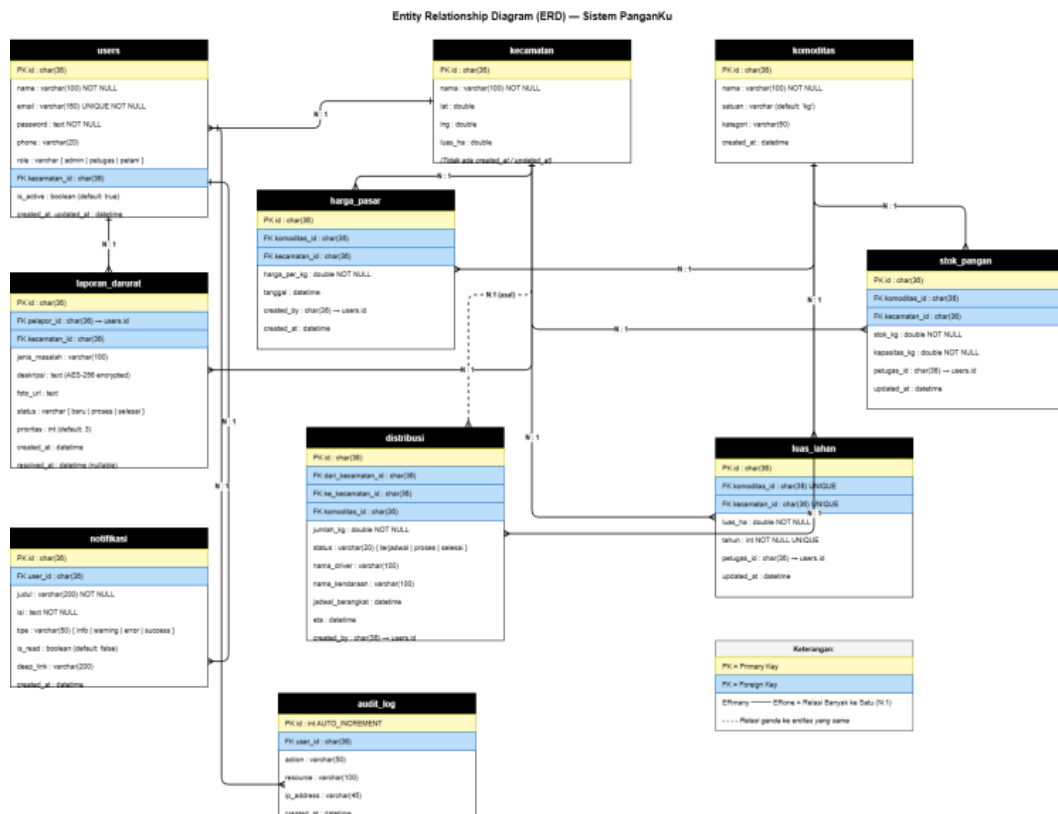
| Kode  | Modul             | Fungsi utama                                     |
|-------|-------------------|--------------------------------------------------|
| FR-01 | Autentikasi       | Login, JWT, RBAC, dan pengelolaan pengguna       |
| FR-02 | Harga pasar       | Input, validasi, monitoring, dan ringkasan harga |
| FR-03 | Stok pangan       | Pengelolaan stok dan klasifikasi status stok     |
| FR-04 | Analitik harga    | Prediksi, tren, dan deteksi anomali              |
| FR-05 | Distribusi        | Rekomendasi surplus-defisit dan rute estimatif   |
| FR-06 | Jadwal distribusi | Penjadwalan dan pembaruan status distribusi      |

PanganKu dibangun menggunakan arsitektur client-server. Aplikasi mobile Flutter berfungsi sebagai antarmuka pengguna, sedangkan backend Golang dengan Gin Router memproses REST API, autentikasi JWT, validasi input, RBAC, rate limiting, dan akses data. Basis data MySQL menyimpan data pengguna, komoditas, kecamatan, harga pasar, stok pangan, distribusi, laporan darurat, notifikasi, dan audit log. Redis digunakan untuk caching respons yang sering diakses. Modul analitik dijalankan pada backend agar komputasi tidak membebani perangkat mobile. Pemilihan Flutter dan Golang didasarkan pada kebutuhan praktis pengembangan prototipe lintas platform dan REST API yang ringan (Google n.d.; Gin-gonic n.d.).



**Gambar 1.** Arsitektur sistem PanganKu

Basis data dimodelkan melalui ERD yang menghubungkan data master, operasional, dan pendukung keputusan untuk memastikan keterlacakan data dan keterhubungan modul analitik.



**Gambar 2.** Entity relationship diagram (ERD) sistem PanganKu

Modul analitik harga menggunakan empat algoritma sebagai baseline operasional: Simple Moving Average (SMA), smoothing berbobot, regresi linear, dan deteksi anomali berbasis standar deviasi. Prediksi satu periode berikutnya dihitung menggunakan smoothing berbobot dengan persamaan  $H_{pred}(t+1) = \alpha H(t) + (1 - \alpha) H_{avg7}$ , dengan  $\alpha = 0,3$ . Klasifikasi tren menggunakan kemiringan regresi linear sederhana: naik jika  $TrendPercent > +1,5\%$ , turun jika  $TrendPercent < -1,5\%$ , dan stabil jika berada pada rentang  $-1,5\%$  sampai  $+1,5\%$ . Deteksi anomali historis menggunakan aturan standar deviasi  $|H(i) - \mu| > 2\sigma$ , sedangkan notifikasi cepat dikirim jika harga berada di atas 120% atau di bawah 80% rata-rata tujuh hari terakhir. Ambang ini digunakan sebagai peringatan awal dan perlu divalidasi kembali terhadap kebijakan pangan daerah.

Modul distribusi mengintegrasikan Haversine untuk estimasi jarak antarkecamatan pada 27 node, Dijkstra untuk rute berbobot minimum, dan greedy allocation untuk prioritas alokasi surplus-defisit (defisit: stok < 30% kapasitas; surplus: stok > 70% kapasitas). Pendekatan ini berfungsi sebagai rekomendasi awal dan belum merepresentasikan jaringan jalan aktual.

Evaluasi dilakukan melalui empat kelompok pengujian: (1) black-box testing menggunakan equivalence partitioning dan boundary value analysis (Kusuma, Pradipta, and Yuhana 2024); (2) unit testing algoritma terhadap SMA, smoothing berbobot, regresi, anomali, Haversine, Dijkstra, dan greedy; (3) evaluasi konsistensi prediksi menggunakan MAE dan MAPE pada dataset simulatif terkalibrasi; serta (4) pengujian respons backend

terbatas pada lingkungan pengembangan lokal. Kriteria pass/fail didefinisikan berdasarkan kesesuaian respons sistem terhadap expected output, validasi input, konsistensi perubahan data, dan kesesuaian perhitungan manual.

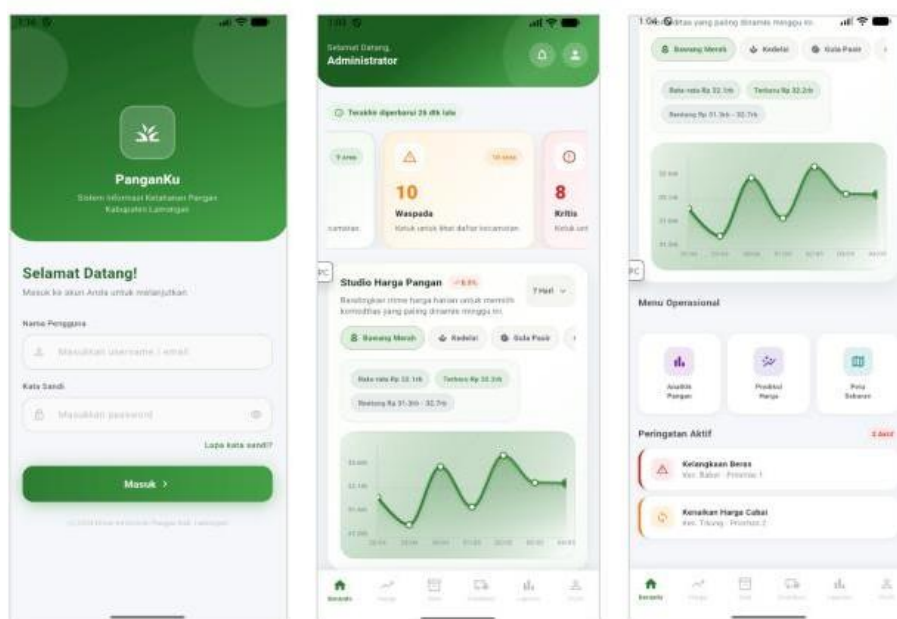
**Tabel 3.** Rancangan pengujian sistem

| Jenis pengujian        | Objek pengujian                                               | Metrik/kriteria                                  |
|------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Black-box testing      | Fitur aplikasi dan API                                        | 36 test case: valid, invalid, boundary, negative |
| Unit testing algoritma | SMA, smoothing, regresi, anomali, Haversine, Dijkstra, greedy | Kesesuaian dengan perhitungan manual             |
| Evaluasi prediksi      | Prediksi harga 4 komoditas                                    | MAE dan MAPE pada dataset simulatif              |
| Respons backend        | 4 endpoint utama localhost                                    | Rata-rata response time                          |

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Implementasi Sistem

Hasil penelitian berupa sistem PanganKu yang terdiri atas aplikasi mobile Flutter dan layanan backend Golang. Aplikasi menyediakan halaman login, dasbor, monitoring harga, prediksi harga, pengelolaan stok, distribusi, laporan darurat, notifikasi, profil pengguna, dan administrasi data. Keterhubungan fitur tersebut menunjukkan bahwa sistem mengintegrasikan data operasional dan keluaran model analitik dalam satu alur pengambilan keputusan, sehingga pengguna tidak perlu berpindah antarplatform untuk membaca harga, stok, laporan, dan rekomendasi distribusi awal.

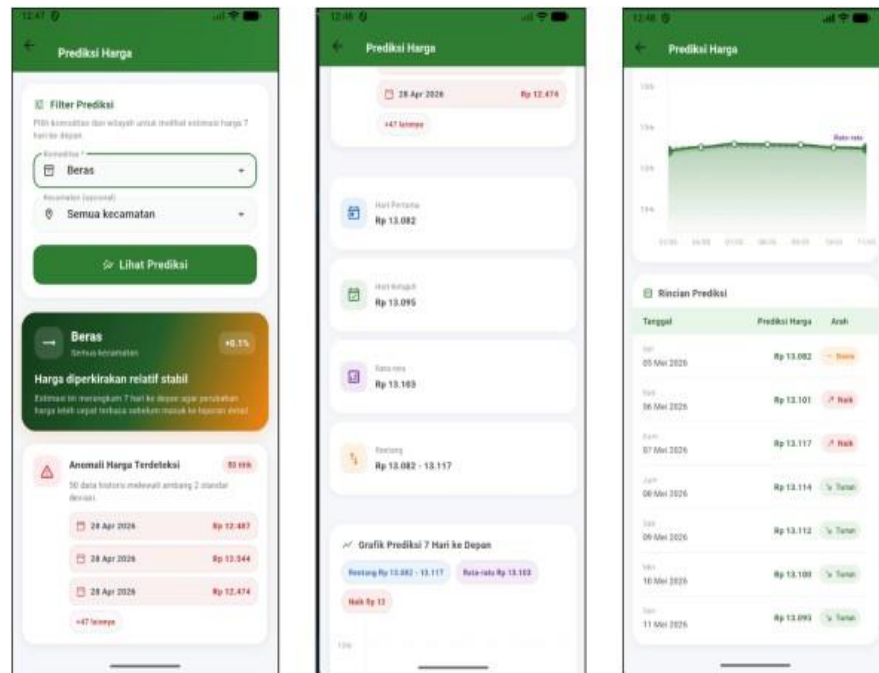


**Gambar 3.** Tampilan login dan dasbor utama aplikasi PanganKu

Sistem menerapkan keamanan berlapis melalui autentikasi JWT, RBAC tiga level (administrator, operator, viewer), validasi input, rate limiting, dan audit log untuk memastikan perubahan data hanya dilakukan oleh peran yang berwenang.

### Hasil Pengujian Analitik Harga

Fitur prediksi harga menyajikan estimasi tujuh hari ke depan beserta grafik tren, anomali, dan rincian harian berbasis dataset simulatif terkalibrasi.



**Gambar 4.** Tampilan fitur prediksi harga dan rincian prediksi harian

**Tabel 4.** Unit testing algoritma prediksi harga

| Algoritma                       | Input uji                                                | Hasil sistem | Dasar validasi                                        |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------|
| SMA-7 hari                      | [13.082, 13.095, 13.100, 13.101, 13.103, 13.112, 13.117] | Rp13.101     | Sesuai rata-rata tujuh hari                           |
| Smoothing berbobot $\alpha=0,3$ | $H(t)=13.095$ ;<br>$Havg7=13.103$                        | Rp13.101     | $0,3 \times 13.095 + 0,7 \times 13.103 =$<br>Rp13.101 |
| Klasifikasi tren                | Pola stabil +0,1% selama 90 hari                         | Stabil       | Masuk rentang $\pm 1,5\%$                             |
| Deteksi anomali $2\sigma$       | $\mu=13.103$ ; $\sigma=200$ ;<br>nilai=12.474            | Anomali      | $ 12.474 - 13.103  = 629 > 400$                       |

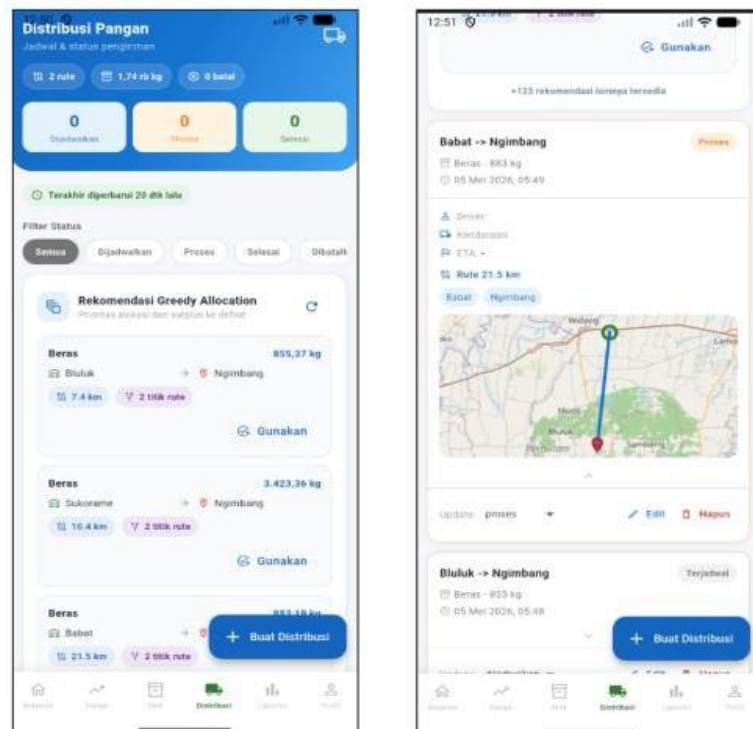
**Tabel 5.** Evaluasi konsistensi prediksi pada dataset simulatif terkalibrasi

| Komoditas         | Pola skenario       | MAE (Rp) | MAPE (%) | Interpretasi                                                                                                     |
|-------------------|---------------------|----------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Beras medium      | Stabil              | 127      | 1,0      | Galat rendah; harga aktual SISKAPERBAPO Rp12.968/kg (Mei 2026) masuk rentang kalibrasi                           |
| Telur ayam ras    | Moderat             | 480      | 1,7      | Harga aktual SISKAPERBAPO Rp25.641/kg (Mei 2026); rentang kalibrasi diperbarui Rp24.000–32.000                   |
| Bawang merah      | Fluktuatif menengah | 1.650    | 5,8      | Harga aktual SISKAPERBAPO Rp40.809/kg (Mei 2026) masuk rentang kalibrasi; galat meningkat saat fluktuasi         |
| Cabai rawit merah | Volatil tinggi      | 6.250    | 14,2     | Harga aktual SISKAPERBAPO Rp73.829/kg (Mei 2026) masuk rentang kalibrasi; galat terbesar, perlu model lebih kuat |

Berdasarkan Tabel 5, kinerja algoritma prediksi dipengaruhi oleh volatilitas komoditas. Komoditas stabil menghasilkan MAPE rendah karena smoothing berbobot efektif pada data yang tidak bervariasi tajam. Sebaliknya, cabai rawit merah menghasilkan galat lebih besar karena model sederhana memiliki lag effect terhadap lonjakan mendadak, tidak memodelkan seasonality, dan tidak memasukkan faktor eksternal seperti cuaca, pasokan, atau hari besar. Temuan ini konsisten dengan literatur bahwa metode sederhana cocok untuk data relatif stabil, tetapi terbatas pada volatilitas tinggi (Jayadianti, Permadi, and Partoyo 2023).

### Hasil Pengujian Rekomendasi Distribusi

Modul distribusi menghasilkan estimasi jarak (Haversine), rute terpendek (Dijkstra, 27 node), dan prioritas alokasi (greedy allocation). Keluaran rute bersifat indikatif dan belum menggunakan jaringan jalan aktual.



**Gambar 5.** Tampilan rekomendasi distribusi dan detail rute estimatif

**Tabel 6.** Unit testing algoritma distribusi

| Skenario uji      | Kondisi input                                    | Hasil sistem     | Dasar validasi                                                                       |
|-------------------|--------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Haversine         | Babat → Ngimbang                                 | 21,5 km          | Perhitungan manual menghasilkan ±23,3 km; perbedaan karena perbedaan koordinat acuan |
| Dijkstra          | Start Babat; tujuan Ngimbang; 27 node            | Babat → Ngimbang | Edge langsung menjadi rute minimum pada graf lengkap berbobot Haversine              |
| Surplus-defisit   | Bluluk: stok 855 kg; kapasitas 1.000 kg          | Surplus 155 kg   | $855/1.000 = 85,5\% > 70\%$ ; surplus = $855 - 700 = 155$ kg                         |
| Greedy allocation | Surplus Babat 883,19 kg; defisit Ngimbang 883 kg | Alokasi 883 kg   | $\min(883,19; 883) = 883$ kg                                                         |

Unit testing menunjukkan logika constraint distribusi berjalan konsisten: alokasi tidak melebihi surplus pengirim dan kebutuhan penerima. Keterbatasan utama meliputi penggunaan graf lengkap, jarak Haversine sebagai proksi garis lurus, dan greedy allocation

yang tidak menjamin optimum global; sehingga modul ini berfungsi sebagai rekomendasi awal, bukan keputusan distribusi final.

### Hasil Pengujian Fungsional dan Respons Backend

Pengujian black-box pada 36 test case (valid, invalid, boundary, negative) menghasilkan seluruh skenario sesuai, mencakup modul autentikasi, harga, stok, forecast, dan distribusi.

**Tabel 7.** Rekapitulasi black-box testing

| Modul                     | Jumlah test case | Cakupan uji                                             | Hasil     |
|---------------------------|------------------|---------------------------------------------------------|-----------|
| Autentikasi dan RBAC      | 12               | Register, login, JWT, refresh token, logout, akses role | 12 sesuai |
| Komoditas dan harga pasar | 12               | CRUD komoditas, input harga, validasi harga, pagination | 12 sesuai |
| Forecast dan anomali      | 3                | Data historis, prediksi, notifikasi anomali             | 3 sesuai  |
| Stok pangan               | 5                | Input stok, ambang 30% dan 70%, validasi kapasitas      | 5 sesuai  |
| Distribusi                | 4                | Rekomendasi surplus-defisit dan validasi jadwal         | 4 sesuai  |
| Total                     | 36               | Valid, invalid, boundary, dan negative testing          | 36 sesuai |

Seluruh kebutuhan fungsional FR-01 sampai FR-06 telah terverifikasi. Pengujian respons backend dilakukan secara terbatas di lingkungan lokal dan hanya diposisikan sebagai indikasi awal, belum menggantikan load testing terstruktur.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa PanganKu memenuhi karakter dasar DSS karena menggabungkan subsistem pengelolaan data, subsistem model, dan antarmuka keputusan dalam satu arsitektur mobile dan backend. Keluaran sistem berupa ringkasan harga, status stok, anomali, rute estimatif, dan prioritas distribusi berfungsi sebagai bahan pertimbangan awal bagi operator, bukan sebagai keputusan otomatis yang menggantikan validasi instansi terkait.

Penggunaan algoritma sederhana dapat diterima untuk tahap proof-of-concept karena tujuan penelitian adalah membuktikan integrasi fungsi DSS, sehingga evaluasi ini dikategorikan sebagai validasi teknis prototipe; validasi operasional oleh operator pangan daerah menjadi agenda penelitian lanjutan.

Penelitian ini memiliki tiga keterbatasan utama: (1) dataset harga masih simulatif terkalibrasi sehingga belum dapat mengklaim akurasi prediksi pasar aktual; (2) rekomendasi distribusi menggunakan jarak Haversine dan graf lengkap yang belum merepresentasikan jaringan jalan nyata; dan (3) pengujian belum mencakup usability testing, user acceptance testing, load testing terstruktur, maupun validasi langsung oleh operator dinas pangan.

## **PENUTUP**

### **Kesimpulan**

PanganKu berhasil dikembangkan sebagai prototipe mobile DSS ketahanan pangan dengan arsitektur Flutter dan backend terpusat berbasis Golang. Sistem mengintegrasikan pemantauan harga, stok, distribusi, laporan darurat, notifikasi, dan dasbor dalam satu alur keputusan sehingga operator dapat membaca data operasional dan rekomendasi awal pada satu platform.

Hasil pengujian fungsional terhadap 36 test case, unit testing algoritma, dan evaluasi skenario harga simulatif terkalibrasi menunjukkan bahwa prototipe berjalan konsisten pada skenario terbatas. Nilai MAPE berkisar dari 1,0% pada komoditas stabil hingga 14,2% pada komoditas volatil, sehingga model sederhana cukup untuk baseline teknis tetapi belum cukup untuk klaim akurasi pasar aktual.

### **Saran**

Pengembangan selanjutnya perlu memprioritaskan integrasi data resmi harian per kecamatan, kalibrasi ulang parameter berdasarkan kebijakan cadangan pangan daerah, usability testing terhadap operator, load testing terstruktur, dan integrasi jaringan jalan aktual berbasis OpenStreetMap atau OSRM. Perbandingan greedy allocation dengan metode optimasi seperti linear programming atau integer programming juga diperlukan untuk mengukur deviasi solusi terhadap kondisi optimal.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Pangan Nasional. "SiPangan.". <https://sipangan.badanpangan.go.id/>.
- Bjarnason, Elizabeth, Franz Lang, and Alexander Mjöberg. 2023. "An Empirically Based Model of Software Prototyping: A Mapping Study and a Multi-Case Study." *Empirical Software Engineering* 28 (5): 115. <https://doi.org/10.1007/s10664-023-10331-w>.
- Chicco, Davide, Matthijs J. Warrens, and Giuseppe Jurman. 2021. "The Coefficient of Determination R-Squared Is More Informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in Regression Analysis Evaluation." *PeerJ Computer Science* 7: e623. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.623>.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, and WHO. 2024. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2024: Financing to End Hunger, Food Insecurity and Malnutrition in All Its Forms*. Rome: FAO. <https://doi.org/10.4060/cd1254en>.
- Gin-gonic. 2026. "Gin Web Framework Documentation." Accessed May 2026. <https://gin-gonic.com/en/docs/>.
- Google. 2026. "Flutter Documentation." Accessed May 2026. <https://docs.flutter.dev/>.
- Herwanto, R., F. Susanto, R. Dwi, M. H. Prayoga, R. Marta Dinata, and Wamiliana. 2024. "Haversine Geo-Spasial Data Android Model untuk Optimasi Rute Kebersihan Lingkungan Terdekat." *Jurnal Pepadun* 5 (1): 83-92. <https://doi.org/10.23960/pepadun.v5i1.201>.

- Jayadianti, H., V. A. Permadi, and Partoyo. 2023. "LSTM Forecast of Volatile National Strategic Food Commodities." *Jurnal INFOTEL* 15 (4): 345-351. <https://doi.org/10.20895/infotel.v15i4.1037>.
- Jufri, M., Nasrullah, and A. Rodiyah. 2025. "Optimizing Staple Food Distribution Efficiency Using the Traveling Salesman Problem in Local Government." *Nusantara Journal of Artificial Intelligence and Information Systems* 1 (2). <https://doi.org/10.47776/nuai.v1i2.1679>.
- Kamariotou, Maria, Fotis Kitsios, Chrysanthi Charatsari, E. D. Lioutas, and M. A. Talias. 2022. "Digital Strategy Decision Support Systems: Agrifood Supply Chain Management in SMEs." *Sensors* 22 (1): 274. <https://doi.org/10.3390/s22010274>.
- Kusuma, I. D., I. G. L. A. O. C. Pradipta, and U. L. Yuhana. 2024. "Black Box Testing in the Access by KAI Application Using Boundary Value Analysis and Graph-Based Testing." *INFOTECH Journal* 10 (1): 122-127. <https://doi.org/10.31949/infotech.v10i1.9577>.
- Liu, M., and J. Ye. 2024. "Optimal Path Selection of Logistics Distribution Based on Improved Dijkstra Algorithm." In *Advances in Artificial Systems for Logistics Engineering IV*, edited by Z. Hu, Q. Zhang, and M. He, 197-205. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-72017-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-031-72017-8_18).
- Matondang, M. R., B. Krisnamurthi, and H. Herawati. 2024. "Price Fluctuations and Volatility of National Strategic Food Commodities in Indonesia." *Agrisocionomics: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian* 8 (1): 134-146. <https://doi.org/10.14710/agrisocionomics.v8i1.17753>.
- Mdoda, Lelethu, Melody Christian, and Ikechukwu Agbugba. 2024. "Use of Information Systems (Mobile Phone App) for Enhancing Smallholder Farmers' Productivity in Eastern Cape Province, South Africa." *Journal of the Knowledge Economy* 15: 1993-2009. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01212-0>.
- Mohanty, M. K., P. K. Guha Thakurta, and S. Kar. 2023. "Agricultural Commodity Price Prediction Model: A Machine Learning Framework." *Neural Computing and Applications* 35: 15109-15128. <https://doi.org/10.1007/s00521-023-08528-7>.
- Pemerintah Kabupaten Lamongan. 2024. "Bahan Pokok di Lamongan Turun Harga." Portal Pemerintah Kabupaten Lamongan, July 9, 2024. <https://portal.lamongankab.go.id/posting/16668>.
- Setiawan, A., T. Suharto, E. Yulianto, and D. A. Dewi. 2025. "Business Model of Integrated Food Security Information System." *Journal of Information Systems Engineering and Management* 10 (3). <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i3.8380>.
- SISKAPERBAPO Jawa Timur. 2025. "Tabel Harga Konsumen." Sistem Informasi Ketersediaan dan Perkembangan Harga Bahan Pokok Jawa Timur. Accessed May 2026. <https://siskaperbapo.jatimprov.go.id/harga/tabel>.
- Suyoko, A. M., and M. Asrol. 2024. "An Optimize Distribution Using Hybrid Model: Customer Segmentation and Traveling Salesman Problem." *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 34 (2): 117-126. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2024.34.2.117>.

Yousaf, A., V. Kayvanfar, A. Mazzoni, and A. Elomri. 2023. "Artificial Intelligence-Based Decision Support Systems in Smart Agriculture: Bibliometric Analysis for Operational Insights and Future Directions." *Frontiers in Sustainable Food Systems* 6: 1053921. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1053921>