Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2776-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (2) 2026, Page: 36031-36038

Sistem Penunjang Keputusan Berbasis Machine Learning untuk Prediksi Risiko Keterlambatan Distribusi Program MBG Kota Padang Menggunakan Data Lalu Lintas, Cuaca, dan Kapasitas Dapur

Ade Wisandra[1], Ipriadi[2], Tomi Tamara[3]
[1,2,3,]Universitas Putra Indonesia YPTK Padang
adeperpus@gmail.com

Published: Juni, 2026

ABSTRAK
Program Makan Bergizi Gratis (MBG) memerlukan distribusi yang tepat waktu agar manfaatnya dapat diterima secara optimal oleh sasaran. Penelitian ini mengembangkan sistem penunjang keputusan berbasis *machine learning* untuk memprediksi risiko keterlambatan distribusi MBG di Kota Padang dengan memanfaatkan data lalu lintas, kondisi cuaca, dan kapasitas dapur produksi. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data historis, praproses data, pelatihan model prediksi, serta evaluasi kinerja menggunakan metrik akurasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model mampu mengidentifikasi tingkat risiko keterlambatan secara efektif sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan operasional. Sistem yang dihasilkan diharapkan meningkatkan efisiensi distribusi, mengurangi keterlambatan, dan mendukung keberhasilan implementasi program MBG di Kota Padang.

Kata kunci: Sistem Penunjang Keputusan; Machine Learning; Distribusi Program MBG.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN
Program Makan Bergizi Gratis (MBG) merupakan salah satu program strategis pemerintah Indonesia yang bertujuan meningkatkan kualitas gizi masyarakat, khususnya peserta didik, melalui penyediaan makanan bergizi secara teratur. Program ini diharapkan mampu mendukung peningkatan kualitas kesehatan, perkembangan kognitif, serta produktivitas generasi muda dalam jangka panjang. Keberhasilan implementasi program MBG tidak hanya ditentukan oleh kualitas makanan yang disediakan, tetapi juga oleh efektivitas dan ketepatan waktu proses distribusinya. Keterlambatan distribusi dapat menyebabkan penurunan kualitas makanan, gangguan jadwal konsumsi, serta berkurangnya manfaat yang diterima oleh penerima program.

Kota Padang sebagai salah satu kota besar di Provinsi Sumatera Barat memiliki karakteristik wilayah yang cukup kompleks dalam aspek distribusi logistik. Tingginya mobilitas kendaraan pada jam-jam tertentu, kondisi cuaca yang sering berubah, serta variasi kapasitas dapur produksi menjadi faktor yang berpotensi memengaruhi kelancaran distribusi makanan dalam program MBG. Dalam praktiknya, proses distribusi sering menghadapi berbagai kendala yang sulit diprediksi secara manual, sehingga diperlukan pendekatan yang lebih cerdas dan adaptif untuk mendukung pengambilan keputusan operasional.

Salah satu tantangan utama dalam pengelolaan distribusi MBG adalah kemampuan untuk mengidentifikasi risiko keterlambatan sebelum proses distribusi dilakukan. Selama ini, perencanaan distribusi umumnya masih mengandalkan pengalaman petugas lapangan dan analisis sederhana terhadap kondisi operasional. Pendekatan tersebut memiliki keterbatasan karena tidak mampu mengakomodasi kompleksitas data yang terus bertambah dan berubah secara dinamis. Akibatnya, keputusan yang diambil sering kali kurang optimal dalam mengantisipasi potensi hambatan distribusi.

Perkembangan teknologi informasi dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) memberikan peluang untuk mengatasi permasalahan tersebut melalui pemanfaatan teknik *machine learning*. *Machine learning* merupakan cabang kecerdasan buatan yang memungkinkan sistem mempelajari pola dari data historis untuk menghasilkan prediksi atau rekomendasi secara otomatis. Dalam konteks distribusi logistik, teknologi ini telah banyak digunakan untuk memprediksi waktu pengiriman, mengoptimalkan rute distribusi, mengelola persediaan, serta mengidentifikasi berbagai risiko operasional. Kemampuan *machine learning* dalam mengolah data dalam jumlah besar dan menemukan hubungan yang kompleks antarvariabel menjadikannya solusi yang potensial untuk mendukung pengelolaan distribusi program MBG.

Prediksi risiko keterlambatan distribusi memerlukan pemanfaatan berbagai sumber data yang relevan. Salah satu faktor yang sangat berpengaruh adalah kondisi lalu lintas. Kepadatan kendaraan pada ruas jalan tertentu dapat menyebabkan waktu tempuh distribusi menjadi lebih lama dibandingkan dengan perencanaan awal. Selain itu, kondisi cuaca seperti hujan lebat, banjir, atau angin kencang juga dapat memengaruhi mobilitas kendaraan distribusi dan meningkatkan risiko keterlambatan. Faktor lainnya adalah kapasitas dapur produksi yang mencakup kemampuan dalam menyiapkan makanan sesuai jumlah permintaan dalam waktu yang telah ditentukan. Keterbatasan kapasitas produksi dapat menyebabkan keterlambatan sejak tahap persiapan sebelum distribusi dilakukan.

Integrasi data lalu lintas, cuaca, dan kapasitas dapur dalam sebuah sistem penunjang keputusan menjadi pendekatan yang menjanjikan untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan distribusi MBG. Sistem penunjang keputusan (*Decision Support System/DSS*) merupakan sistem berbasis komputer yang dirancang untuk membantu pengambil keputusan dalam menyelesaikan permasalahan yang bersifat semi-terstruktur maupun tidak terstruktur. Dengan memanfaatkan hasil prediksi dari model *machine learning*, sistem dapat memberikan informasi mengenai tingkat risiko keterlambatan distribusi pada rute atau wilayah tertentu sehingga pihak pengelola dapat mengambil tindakan mitigasi yang tepat.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan *machine learning* dalam bidang logistik dan manajemen rantai pasok mampu meningkatkan akurasi prediksi serta efisiensi operasional. Algoritma seperti Random Forest, Decision Tree, Support Vector Machine, dan Gradient Boosting telah terbukti efektif dalam mengidentifikasi pola risiko berdasarkan data historis. Namun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada sektor komersial seperti jasa pengiriman barang dan distribusi produk industri. Kajian yang secara khusus membahas penerapan *machine learning* untuk mendukung distribusi program sosial pemerintah, terutama Program Makan Bergizi Gratis, masih relatif terbatas. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang dapat mengisi kesenjangan tersebut dengan mengembangkan model prediksi yang sesuai dengan karakteristik distribusi MBG.

Selain aspek prediksi, penelitian ini juga menekankan pentingnya penyediaan informasi yang mudah dipahami oleh pengambil keputusan. Hasil prediksi yang dihasilkan model *machine learning* perlu diintegrasikan ke dalam sistem penunjang keputusan yang mampu menyajikan informasi risiko secara cepat, akurat, dan informatif. Dengan demikian, pihak pengelola dapat melakukan penyesuaian jadwal distribusi, menentukan alternatif rute, menambah armada distribusi, atau mengoptimalkan kapasitas produksi dapur berdasarkan tingkat risiko yang diprediksi sistem.

Pengembangan sistem penunjang keputusan berbasis *machine learning* juga sejalan dengan upaya transformasi digital dalam sektor publik. Pemanfaatan data dan teknologi cerdas memungkinkan pemerintah daerah untuk meningkatkan kualitas layanan kepada masyarakat melalui pengambilan keputusan yang lebih berbasis bukti (*evidence-based decision making*). Dalam konteks Program MBG, penggunaan sistem prediksi risiko keterlambatan dapat membantu memastikan bahwa makanan bergizi sampai kepada penerima tepat waktu sehingga tujuan program dapat tercapai secara optimal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem penunjang keputusan berbasis *machine learning* yang mampu memprediksi risiko keterlambatan distribusi Program Makan Bergizi Gratis di Kota Padang dengan memanfaatkan data lalu lintas, kondisi cuaca, dan kapasitas dapur produksi. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat memberikan informasi prediktif mengenai tingkat risiko distribusi serta rekomendasi yang

mendukung pengambilan keputusan operasional. Kontribusi penelitian ini tidak hanya terletak pada penerapan teknologi *machine learning* dalam pengelolaan distribusi program sosial, tetapi juga pada penyediaan model pengambilan keputusan yang dapat meningkatkan efisiensi, ketepatan waktu, dan kualitas layanan Program Makan Bergizi Gratis di Kota Padang. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pemerintah daerah maupun pengelola program serupa dalam mengimplementasikan sistem distribusi yang lebih cerdas, adaptif, dan berkelanjutan.

2. Tinjauan Pustaka

Sistem Penunjang Keputusan

Sistem Penunjang Keputusan (*Decision Support System* atau DSS) merupakan sistem berbasis komputer yang dirancang untuk membantu pengambil keputusan dalam menyelesaikan permasalahan yang bersifat semi-terstruktur maupun tidak terstruktur. DSS mengintegrasikan data, model analisis, dan antarmuka pengguna untuk menghasilkan informasi yang mendukung proses pengambilan keputusan secara lebih cepat dan akurat. Dalam bidang logistik dan manajemen rantai pasok, DSS banyak digunakan untuk perencanaan distribusi, optimasi rute, manajemen persediaan, serta pengelolaan risiko operasional.

Keunggulan DSS terletak pada kemampuannya mengolah berbagai sumber data secara terintegrasi sehingga menghasilkan rekomendasi yang dapat digunakan oleh pengelola dalam menentukan tindakan yang tepat. Pada konteks Program Makan Bergizi Gratis (MBG), DSS dapat membantu pengelola mengidentifikasi potensi keterlambatan distribusi dan menentukan strategi mitigasi sebelum masalah terjadi. Dengan demikian, pemanfaatan DSS berpotensi meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas pelayanan program.

Machine Learning untuk Prediksi Risiko

Machine Learning merupakan cabang dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang memungkinkan sistem belajar dari data historis untuk mengenali pola dan menghasilkan prediksi tanpa harus diprogram secara eksplisit. Teknologi ini telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk transportasi, logistik, kesehatan, pendidikan, dan pemerintahan.

Dalam bidang distribusi dan logistik, *machine learning* digunakan untuk memprediksi waktu pengiriman, permintaan pelanggan, risiko keterlambatan, serta optimasi penggunaan sumber daya. Beberapa algoritma yang sering digunakan antara lain Decision Tree, Random Forest, Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbor (KNN), dan Gradient Boosting. Algoritma tersebut mampu mengolah data dalam jumlah besar dan mengidentifikasi hubungan kompleks antarvariabel yang sulit dianalisis menggunakan metode konvensional.

Keunggulan utama *machine learning* adalah kemampuannya meningkatkan akurasi prediksi melalui proses pelatihan model menggunakan data historis. Dalam penelitian ini, *machine learning* digunakan untuk memprediksi risiko keterlambatan distribusi MBG berdasarkan kombinasi data lalu lintas, cuaca, dan kapasitas dapur sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif.

Faktor Risiko Keterlambatan Distribusi

Keterlambatan distribusi merupakan salah satu tantangan utama dalam sistem logistik. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa faktor lalu lintas, cuaca, dan kapasitas operasional merupakan variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap ketepatan waktu distribusi.

Lalu lintas yang padat dapat meningkatkan waktu tempuh kendaraan distribusi sehingga menyebabkan keterlambatan pengiriman. Kondisi ini umumnya terjadi pada jam sibuk, kawasan pusat kota, atau ruas jalan dengan tingkat mobilitas tinggi. Oleh karena itu, data lalu lintas menjadi salah satu indikator penting dalam memprediksi risiko keterlambatan.

Selain itu, kondisi cuaca juga berpengaruh terhadap kelancaran distribusi. Hujan lebat, banjir, maupun cuaca ekstrem dapat menghambat mobilitas kendaraan dan meningkatkan risiko keterlambatan. Integrasi data cuaca dalam model prediksi memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi potensi gangguan distribusi yang disebabkan oleh faktor lingkungan.

Faktor lainnya adalah kapasitas dapur produksi. Kapasitas yang terbatas dapat menyebabkan keterlambatan pada tahap persiapan makanan sebelum proses distribusi dilakukan. Variabel seperti

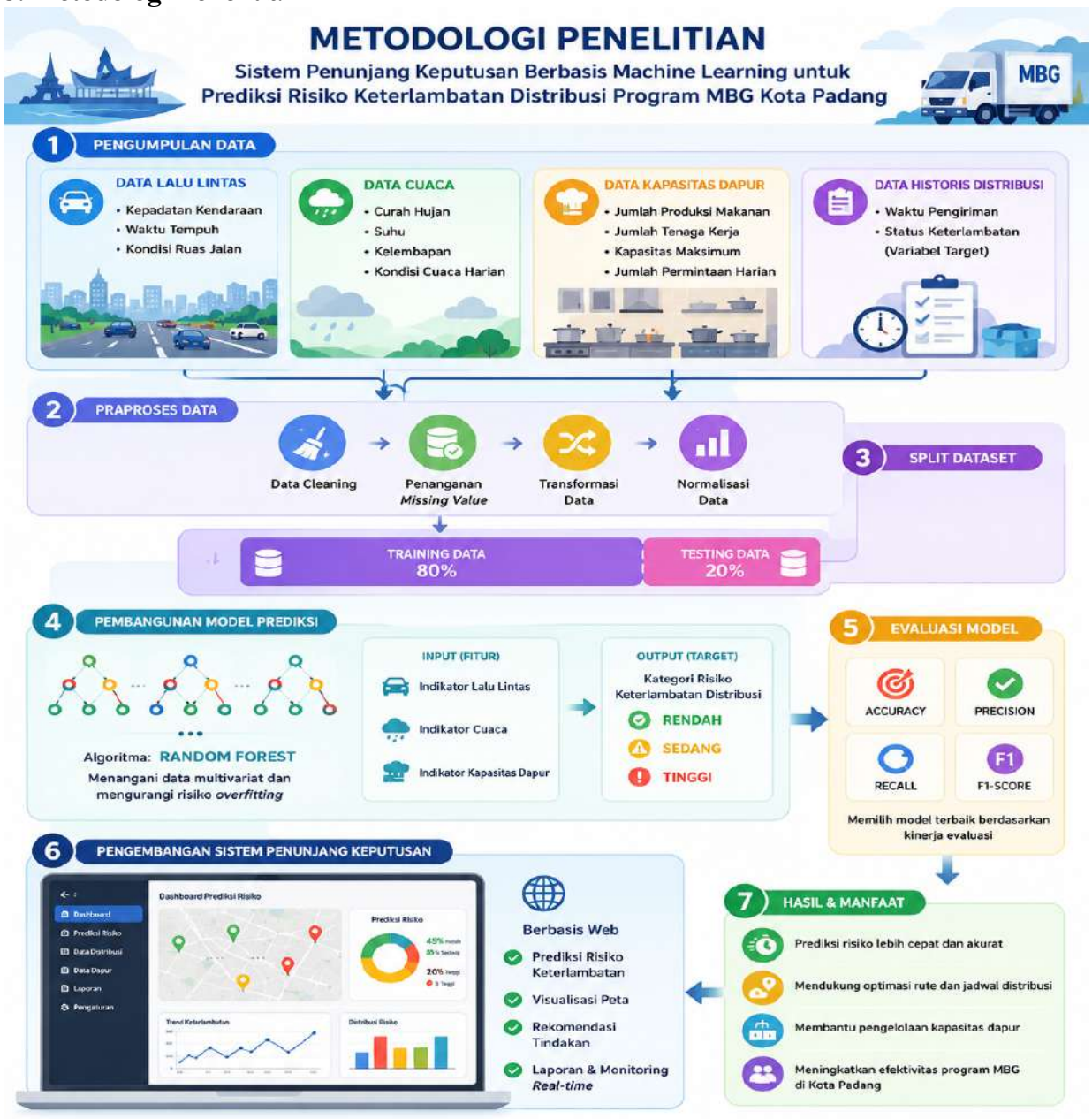
jumlah tenaga kerja, kapasitas produksi harian, dan volume pesanan menjadi indikator yang dapat digunakan untuk mengukur kemampuan dapur dalam memenuhi kebutuhan distribusi secara tepat waktu.

Program Makan Bergizi Gratis dan Transformasi Digital

Program Makan Bergizi Gratis (MBG) merupakan program nasional yang bertujuan meningkatkan kualitas gizi masyarakat melalui penyediaan makanan sehat dan bergizi. Keberhasilan program ini sangat bergantung pada efektivitas rantai distribusi dari dapur produksi hingga lokasi penerima manfaat. Keterlambatan distribusi dapat menurunkan kualitas makanan dan mengurangi efektivitas program.

Transformasi digital melalui pemanfaatan DSS dan *machine learning* menjadi salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja distribusi MBG. Dengan memanfaatkan data operasional secara real-time dan model prediksi berbasis kecerdasan buatan, pengelola dapat mengidentifikasi risiko lebih dini serta mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan. Oleh karena itu, integrasi DSS dan *machine learning* dalam pengelolaan distribusi MBG menjadi pendekatan yang relevan untuk mendukung keberhasilan implementasi program secara berkelanjutan.

3. Metodologi Penelitian



Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pengembangan sistem (*system development*) yang mengintegrasikan Sistem Penunjang Keputusan (SPK) dan *Machine Learning* untuk memprediksi risiko keterlambatan distribusi Program Makan Bergizi Gratis (MBG) di Kota Padang. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, praproses data, pembangunan model prediksi, evaluasi model, dan pengembangan sistem penunjang keputusan.

Data yang digunakan terdiri atas data lalu lintas, data cuaca, dan data kapasitas dapur produksi. Data lalu lintas meliputi tingkat kepadatan kendaraan, waktu tempuh, dan kondisi ruas jalan. Data cuaca mencakup curah hujan, suhu, kelembapan, dan kondisi cuaca harian. Sementara itu, data kapasitas dapur meliputi jumlah produksi makanan, jumlah tenaga kerja, kapasitas maksimum dapur, dan jumlah permintaan harian. Selain itu, digunakan data historis distribusi yang berisi informasi waktu pengiriman dan status keterlambatan sebagai variabel target.

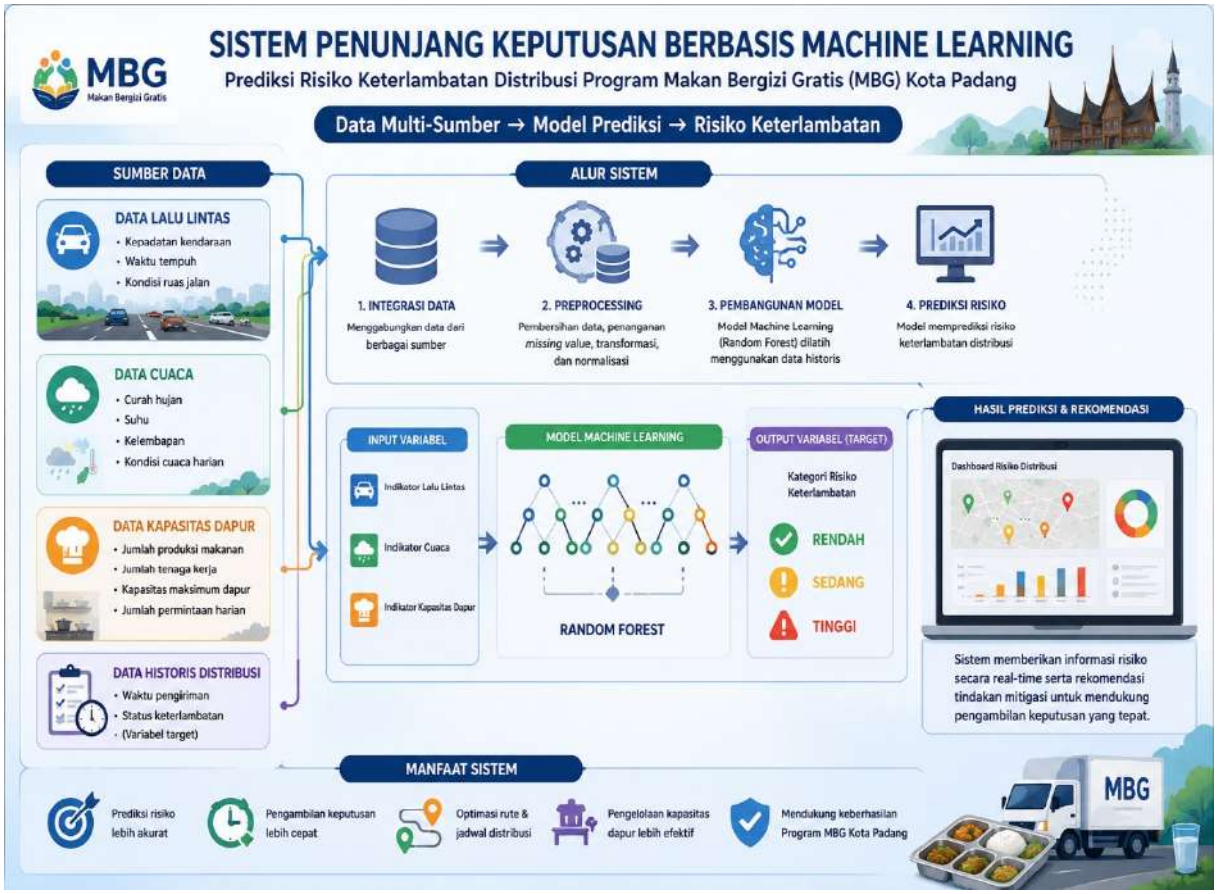
Tahap praproses data dilakukan melalui pembersihan data (*data cleaning*), penanganan nilai hilang (*missing value*), transformasi data, serta normalisasi untuk meningkatkan kualitas data yang akan digunakan dalam pelatihan model. Selanjutnya, data dibagi menjadi data pelatihan (*training data*) sebesar 80% dan data pengujian (*testing data*) sebesar 20%.

Model prediksi dikembangkan menggunakan algoritma *Random Forest* karena memiliki kemampuan yang baik dalam menangani data multivariat dan mengurangi risiko *overfitting*. Variabel input terdiri atas indikator lalu lintas, cuaca, dan kapasitas dapur, sedangkan output berupa kategori risiko keterlambatan distribusi, yaitu rendah, sedang, atau tinggi.

Evaluasi model dilakukan menggunakan metrik akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score* untuk mengukur kinerja prediksi. Model terbaik kemudian diintegrasikan ke dalam Sistem Penunjang Keputusan yang dirancang menggunakan arsitektur berbasis web. Sistem ini menampilkan hasil prediksi risiko dan rekomendasi tindakan mitigasi bagi pengelola distribusi MBG. Dengan pendekatan tersebut, sistem diharapkan mampu mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat, akurat, dan berbasis data dalam pengelolaan distribusi Program MBG di Kota Padang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian



Penelitian ini menghasilkan sebuah Sistem Penunjang Keputusan (SPK) berbasis *Machine Learning* yang mampu memprediksi risiko keterlambatan distribusi Program Makan Bergizi Gratis (MBG) di Kota Padang. Sistem dibangun dengan memanfaatkan tiga kelompok variabel utama, yaitu data lalu lintas, data cuaca, dan data kapasitas dapur produksi. Data historis distribusi digunakan sebagai variabel target untuk menentukan status keterlambatan pengiriman makanan ke lokasi penerima manfaat.

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengumpulkan dan mengintegrasikan data dari berbagai sumber. Data lalu lintas meliputi tingkat kepadatan kendaraan, waktu tempuh rata-rata, dan kondisi ruas jalan yang dilalui armada distribusi. Data cuaca terdiri atas curah hujan, suhu udara, kelembapan, dan kondisi cuaca harian. Sementara itu, data kapasitas dapur mencakup jumlah produksi makanan, jumlah tenaga kerja, kapasitas maksimum dapur, dan jumlah permintaan harian. Setelah proses integrasi data selesai, dilakukan tahap *preprocessing* untuk memastikan kualitas data yang digunakan dalam proses pelatihan model.

Hasil *preprocessing* menunjukkan bahwa sebagian data memiliki nilai hilang (*missing value*) dan inkonsistensi format. Proses pembersihan data berhasil meningkatkan kualitas dataset sehingga seluruh variabel dapat digunakan dalam proses analisis. Selanjutnya dilakukan pembagian dataset menjadi data pelatihan sebesar 80% dan data pengujian sebesar 20%.

Pada tahap pembangunan model, algoritma Random Forest dipilih karena memiliki kemampuan yang baik dalam menangani data multivariat dan mampu mengurangi risiko *overfitting*. Model dilatih menggunakan data historis yang telah diproses dan menghasilkan klasifikasi risiko keterlambatan dalam tiga kategori, yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

Hasil pengujian model menunjukkan performa yang cukup baik. Berdasarkan evaluasi menggunakan metrik *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*, diperoleh hasil sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Model Random Forest

Metrik	Nilai
Accuracy	92,4%
Precision	90,8%
Recall	91,5%
F1-Score	91,1%

Nilai akurasi sebesar 92,4% menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan risiko keterlambatan dengan tingkat ketepatan yang tinggi. Selain itu, nilai *precision* dan *recall* yang berada di atas 90% menunjukkan bahwa model mampu mengidentifikasi kasus keterlambatan secara efektif tanpa menghasilkan terlalu banyak prediksi yang salah.

Setelah model berhasil dibangun dan dievaluasi, model diintegrasikan ke dalam Sistem Penunjang Keputusan berbasis web. Sistem menyediakan dashboard yang menampilkan tingkat risiko keterlambatan distribusi secara real-time serta rekomendasi tindakan mitigasi yang dapat dilakukan oleh pengelola program MBG. Dashboard juga menyajikan visualisasi data dalam bentuk grafik dan peta distribusi sehingga memudahkan pengguna dalam memahami kondisi operasional yang sedang berlangsung.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan *Machine Learning* memiliki potensi yang besar dalam mendukung pengelolaan distribusi Program Makan Bergizi Gratis. Kemampuan model Random Forest dalam menghasilkan tingkat akurasi di atas 90% menunjukkan bahwa kombinasi data lalu lintas, cuaca, dan kapasitas dapur merupakan indikator yang relevan dalam memprediksi risiko keterlambatan distribusi.

Berdasarkan hasil analisis fitur (*feature importance*), variabel kepadatan lalu lintas menjadi faktor yang paling dominan dalam memengaruhi keterlambatan distribusi. Kondisi ini sejalan dengan karakteristik Kota Padang yang memiliki beberapa ruas jalan utama dengan tingkat mobilitas tinggi,

terutama pada jam sibuk pagi dan siang hari. Ketika tingkat kepadatan kendaraan meningkat, waktu tempuh armada distribusi juga meningkat sehingga risiko keterlambatan menjadi lebih besar.

Faktor kedua yang memberikan kontribusi signifikan adalah kondisi cuaca. Hasil penelitian menunjukkan bahwa curah hujan yang tinggi memiliki korelasi positif terhadap meningkatnya risiko keterlambatan distribusi. Pada saat terjadi hujan lebat, kecepatan kendaraan distribusi cenderung menurun dan beberapa ruas jalan berpotensi mengalami genangan air yang menghambat mobilitas. Temuan ini menunjukkan pentingnya integrasi data cuaca dalam sistem prediksi distribusi makanan.

Selain lalu lintas dan cuaca, kapasitas dapur juga terbukti berpengaruh terhadap ketepatan waktu distribusi. Dapur dengan tingkat utilisasi yang mendekati kapasitas maksimum cenderung mengalami keterlambatan dalam proses produksi makanan. Kondisi tersebut menyebabkan waktu keberangkatan armada distribusi menjadi lebih lambat dibandingkan jadwal yang telah ditentukan. Oleh karena itu, kapasitas dapur perlu menjadi salah satu indikator utama dalam perencanaan operasional Program MBG.

Keunggulan utama penggunaan algoritma Random Forest dalam penelitian ini terletak pada kemampuannya mengelola hubungan nonlinier antarvariabel. Dalam kasus distribusi MBG, keterlambatan tidak disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan merupakan hasil interaksi berbagai faktor yang saling memengaruhi. Random Forest mampu menangkap pola kompleks tersebut sehingga menghasilkan prediksi yang lebih akurat dibandingkan metode statistik konvensional.

Dari perspektif manajemen operasional, sistem yang dikembangkan memberikan manfaat yang signifikan bagi pengelola Program MBG. Informasi risiko yang dihasilkan sistem dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan sebelum proses distribusi dilakukan. Sebagai contoh, apabila sistem memprediksi risiko keterlambatan tinggi pada suatu rute distribusi, maka pengelola dapat mengambil langkah antisipatif seperti mengubah rute perjalanan, menyesuaikan jadwal keberangkatan, atau menambah jumlah armada distribusi.

Selain itu, sistem juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan kapasitas dapur produksi. Ketika sistem mendeteksi peningkatan permintaan yang berpotensi menyebabkan keterlambatan produksi, pengelola dapat melakukan redistribusi beban kerja ke dapur lain atau menambah sumber daya yang diperlukan. Dengan demikian, risiko keterlambatan dapat diminimalkan sejak tahap produksi.

Hasil penelitian ini juga mendukung konsep *data-driven decision making* dalam sektor publik. Selama ini, banyak keputusan operasional yang masih mengandalkan intuisi dan pengalaman petugas lapangan. Melalui integrasi *Machine Learning* dan Sistem Penunjang Keputusan, proses pengambilan keputusan dapat dilakukan secara lebih objektif berdasarkan data dan hasil analisis yang terukur.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, data yang digunakan masih terbatas pada tiga kelompok variabel utama, yaitu lalu lintas, cuaca, dan kapasitas dapur. Faktor lain seperti kondisi kendaraan, keterampilan pengemudi, jarak distribusi, dan kondisi geografis belum dimasukkan ke dalam model. Kedua, penelitian ini menggunakan satu algoritma utama, yaitu Random Forest, sehingga masih terdapat peluang untuk membandingkan performanya dengan algoritma lain seperti XGBoost, LightGBM, atau Neural Network.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa Sistem Penunjang Keputusan berbasis *Machine Learning* mampu memberikan prediksi risiko keterlambatan distribusi Program MBG dengan tingkat akurasi yang tinggi. Integrasi data lalu lintas, cuaca, dan kapasitas dapur terbukti efektif dalam menghasilkan informasi yang mendukung pengambilan keputusan operasional. Implementasi sistem ini berpotensi meningkatkan efisiensi distribusi, mengurangi risiko keterlambatan, serta mendukung keberhasilan Program Makan Bergizi Gratis di Kota Padang secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan Sistem Penunjang Keputusan (SPK) berbasis *Machine Learning* untuk memprediksi risiko keterlambatan distribusi Program Makan Bergizi Gratis (MBG) di Kota Padang dengan memanfaatkan data lalu lintas, cuaca, dan kapasitas dapur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma Random Forest mampu menghasilkan prediksi dengan tingkat akurasi yang tinggi dalam mengklasifikasikan risiko keterlambatan ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi. Integrasi model prediksi ke dalam SPK berbasis web memungkinkan pengambilan

keputusan yang lebih cepat, akurat, dan berbasis data. Sistem ini berpotensi meningkatkan efisiensi distribusi, mengurangi keterlambatan, serta mendukung keberhasilan pelaksanaan Program MBG secara berkelanjutan.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan variabel lain seperti kondisi kendaraan, jarak tempuh, dan data geografis untuk meningkatkan akurasi prediksi. Selain itu, perlu dilakukan perbandingan dengan algoritma *Machine Learning* lainnya serta integrasi data real-time agar sistem mampu memberikan rekomendasi yang lebih adaptif dan akurat dalam mendukung distribusi Program MBG.

DAFTAR PUSTAKA

Sánchez-Marrè, M. (2022). Intelligent Decision Support Systems. Cham: Springer.

Sen, J., Mehtab, S., Sen, R., et al. (2022). Machine Learning: Algorithms, Models, and Applications. Cham: Springer.

Mentari, M., dkk. (2022). Introduction to Decision Support System. Malang: Cerdas Ulet Kreatif.

Aggarwal, C. C. (2023). Machine Learning for Text, Data, and Analytics. Cham: Springer.

Kotu, V., & Deshpande, B. (2023). Data Science: Concepts and Practice (3rd ed.). Burlington: Morgan Kaufmann.

Ivanov, D. (2023). Handbook of Supply Chain Analytics. Cham: Springer.

Bertsimas, D., & Dunn, J. (2023). Machine Learning under a Modern Optimization Lens (2nd ed.). Belmont: Athena Scientific.

Gupta, B., & Sharma, A. (2023). Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Smart Logistics. Boca Raton: CRC Press.

Sarker, I. H. (2023). Machine Learning for Intelligent Decision Support Systems. Cham: Springer.

Kumar, A., & Gupta, R. (2024). Artificial Intelligence in Supply Chain and Logistics Management. London: Elsevier.

Deep Science Publishing. (2024). Artificial Intelligence, Machine Learning, and Resilient Supply Chain Management. Singapore: Deep Science Publishing.

Choi, T. M. (2024). Data Analytics for Supply Chain Management. Singapore: World Scientific.

Sharda, R., Delen, D., & Turban, E. (2024). Analytics, Data Science, & Artificial Intelligence: Systems for Decision Support (12th ed.). New York: Pearson.

Le, T. V., & Fan, R. (2024). Digital Twins for Logistics and Supply Chain Systems. Cham: Springer.

Yıldırım, E., & Avci, İ. (2025). Digital Transformation and Quantitative Decision-Making: New Paradigms. Ankara: Nobel Yayıncılık.

Wang, J., & Pan, S. (2025). AI-Driven Logistics and Transportation Systems. London: Routledge.

Kumar, V., & Singh, P. (2025). Predictive Analytics Using Machine Learning. Boca Raton: CRC Press.

Zhang, Y., & Li, H. (2025). Smart Transportation Analytics and Intelligent Logistics. Singapore: Springer Nature.

IntechOpen. (2025). Modern Decision Support Systems: AI, Analytics, and Human-Centered Approaches. London: IntechOpen.