



OPTIMALISASI PENYUSUNAN MENU BERGIZI PADA PROGRAM MAKAN BERGIZI GRATIS MENGGUNAKAN ALGORITMA *LINEAR PROGRAMMING* DAN METODE *RULE-BASED SYSTEM*

Fitra Yuda¹, Dori Gusti Alex Candra², Joko Eriyanto³ Santi Prayudani⁴, Irzon Meiditra⁵

^{1,5}Institut Teknologi Rokan Hilir

^{1,5}Jl. Lintas Nasional Ujung Tanjung, Kabupaten Rokan Hilir, Riau 28983

²Institut Teknologi Mitra Gama

²Jl. Kayangan No.99, Babussalam, Kec. Mandau, Kabupaten Bengkalis, Riau 28784

³Akademi Manajemen Informatika dan Komputer Polibisnis

³Jl. Keramat Kubah No.01 Nagori, Perdagangan II, Kec. Bandar, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara 21184

⁴Politeknik Negeri Medan

⁴Jl. Almamater No. 1, Padang Bulan, Kecamatan Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155

e-mail : fitrayudal10199@gmail.com¹, dorigustialexcandra@gmail.com², jokoeriyanto@gmail.com³, santiprayudani@polmed.ac.id⁴, Meiditairzon@gmail.com⁵

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan sistem pendukung keputusan untuk mengoptimalkan penyusunan menu pada Program Makan Bergizi Gratis dengan mengintegrasikan algoritma linear programming dan metode rule-based system. Linear programming digunakan untuk memperoleh kombinasi bahan makanan berbiaya minimum berdasarkan kendala energi, protein, lemak, karbohidrat, serat, porsi, stok, dan anggaran. Rule-based system memvalidasi kelengkapan menu melalui aturan makanan pokok, lauk, sayur, buah, dan bahan yang tersedia. Pengujian pada kelompok Anak Sekolah SD menghasilkan 54 kombinasi valid. Rekomendasi terbaik terdiri atas nasi putih, tempe bacem, tumis kangkung, pisang ambon, tahu kukus, dan air putih dengan kandungan 605 kkal, protein 29 gram, lemak 17,7 gram, karbohidrat 86 gram, serat 9,2 gram, serta biaya Rp11.500. Nilai tersebut memenuhi seluruh batas gizi dan menghasilkan penghematan Rp3.500 dari anggaran maksimum Rp15.000. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi kedua metode mampu menghasilkan rekomendasi menu yang terukur, dapat dijelaskan, dan efisien dari sisi biaya.

Kata Kunci: Makan Bergizi Gratis, Linear Programming, Rule-Based System, Optimasi Menu, Angka Kecukupan Gizi

ABSTRACT

This study develops a decision-support system for optimizing menu planning in Indonesia's Free Nutritious Meal Program by integrating linear programming and a rule-based system. Linear programming determines the minimum-cost combination of food items under constraints related to energy, protein, fat, carbohydrates, fiber, portion size, stock availability, and budget. The rule-based system validates menu completeness through rules for staple foods, side dishes, vegetables, fruit, and available ingredients. Testing for elementary-school children produced 54 valid combinations. The best recommendation consisted of steamed rice, braised tempeh, stir-fried water spinach, banana, steamed tofu, and water, providing 605 kcal, 29 g protein, 17.7 g fat, 86 g carbohydrates, 9.2 g fiber, at a cost of IDR 11,500. The recommendation satisfied all nutritional limits and saved IDR 3,500 from the maximum budget of IDR 15,000. The results indicate that integrating both methods produces menu recommendations that are measurable, explainable, and cost-efficient.

Keywords: Free Nutritious Meal, Linear Programming, Rule-Based System, Menu Optimization, Recommended Dietary Allowance



1. PENDAHULUAN

Program Makan Bergizi Gratis (MBG) merupakan kebijakan prioritas pemerintah Indonesia yang diarahkan untuk memperkuat kualitas sumber daya manusia melalui pemenuhan gizi kelompok sasaran. Penerima manfaat mencakup peserta didik, balita, ibu hamil, dan ibu menyusui. Pelaksanaan program dimulai secara bertahap pada 6 Januari 2025 melalui Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG). Pedoman awal program menetapkan kontribusi sekitar 20–25% kebutuhan gizi harian untuk makan pagi dan 30–35% untuk makan siang.

Skala MBG menuntut proses perencanaan menu yang tidak hanya cepat, tetapi juga konsisten dan dapat dipertanggungjawabkan. Program ini diposisikan sebagai salah satu upaya membentuk generasi sehat, cerdas, dan produktif menuju Indonesia Emas 2045. Dalam pelaksanaannya, penyusun menu perlu mempertimbangkan kecukupan zat gizi, batas anggaran, ketersediaan pangan lokal, variasi hidangan, serta kesiapan operasional penyedia layanan.

Perencanaan menu pada program berskala nasional memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi karena setiap sajian harus memenuhi kebutuhan energi, protein, lemak, karbohidrat, serat, vitamin, dan mineral sesuai karakteristik penerima manfaat. Di Indonesia, acuan kebutuhan tersebut merujuk pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia. Acuan ini digunakan untuk menetapkan batas minimum dan maksimum zat gizi pada model optimasi.

Pada praktik di lapangan, penentuan menu secara manual masih menghadapi kendala berupa keterbatasan waktu penyusunan, perubahan harga bahan pangan, variasi stok antarwilayah, dan kebutuhan menjaga keragaman menu. Apabila penyusunan menu hanya berbasis perkiraan, risiko ketidaksesuaian kandungan gizi, pemborosan anggaran, serta ketidaklengkapan komponen menu dapat meningkat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perencanaan menu membutuhkan pendekatan berbasis data yang mampu menghasilkan keputusan secara konsisten dan dapat ditelusuri.

Linear programming sesuai digunakan untuk menyelesaikan persoalan pemilihan kombinasi bahan makanan ketika fungsi tujuan dan kendalanya dapat dinyatakan secara matematis. Dalam perencanaan diet, metode ini dapat meminimalkan biaya tanpa mengabaikan kecukupan zat gizi. Koenen, Balvert, dan Fleuren menunjukkan bahwa optimasi multiobjektif dapat menyeimbangkan biaya dan kecukupan nutrisi.

Kajian Miow dkk. juga menemukan bahwa linear programming banyak digunakan untuk menyusun rekomendasi pangan anak berdasarkan batas zat gizi dan ketersediaan bahan. Selain itu, model diet modern perlu memperhatikan aspek kesehatan, keberlanjutan, budaya, dan keterjangkauan. Model optimasi menu pada penelitian ini dirumuskan melalui fungsi tujuan berikut.

$$\text{Minimize } Z = \sum c_i x_i \quad (1)$$

Pada Persamaan (1), Z menunjukkan total biaya menu, c_i menunjukkan harga bahan makanan ke- i , sedangkan x_i menunjukkan jumlah bahan makanan ke- i yang dipilih. Model tersebut kemudian dibatasi oleh kebutuhan zat gizi minimum, batas porsi, ketersediaan bahan, serta ketentuan penyajian.

$$\sum a_{ij} x_i \geq b_j \quad (2)$$

Pada Persamaan (2), a_{ij} menunjukkan kandungan zat gizi ke- j pada bahan makanan ke- i , sedangkan b_j menunjukkan batas minimal zat gizi ke- j yang harus dipenuhi. Melalui model tersebut, sistem dapat memilih kombinasi bahan pangan yang memenuhi kebutuhan gizi sekaligus menekan biaya penyediaan menu.

Solusi yang optimal secara matematis belum tentu layak disajikan sebagai menu. Oleh karena itu, model perlu dilengkapi aturan praktis yang menjamin adanya makanan pokok, lauk hewani atau nabati, sayur, buah, variasi bahan, dan kesesuaian dengan kebiasaan konsumsi lokal. Kajian tentang menu planning problem menunjukkan bahwa optimasi menu melibatkan kendala nutrisi, preferensi, variasi, dan kelayakan penyajian. Evaluasi menu sekolah juga perlu menilai komposisi hidangan secara menyeluruh, tidak hanya jumlah energi dan protein.

Rule-based system digunakan untuk menerjemahkan pengetahuan penyusun menu ke dalam aturan berbentuk IF–THEN. Sebagai contoh, IF menu belum memiliki sumber protein THEN sistem menambahkan lauk hewani atau nabati yang tersedia. Pendekatan berbasis aturan dipilih karena proses penalarannya mudah dijelaskan, dapat ditelusuri, dan sesuai untuk memvalidasi keputusan berbasis pengetahuan. Pada konteks gizi anak, rule-based reasoning juga telah digunakan untuk membantu klasifikasi dan diagnosis status gizi.

Integrasi linear programming dan rule-based system membentuk alur keputusan yang saling melengkapi. Rule-based system menyaring bahan dan kombinasi yang tidak sesuai aturan, sedangkan linear programming memilih solusi berbiaya minimum dari ruang solusi yang telah dinyatakan layak. Pendekatan tersebut sejalan dengan perkembangan food recommender system yang menggabungkan data, aturan, dan teknik komputasional untuk menghasilkan rekomendasi



yang lebih kontekstual.

Penelitian ini bertujuan merancang sistem optimalisasi penyusunan menu bergizi pada Program Makan Bergizi Gratis menggunakan algoritma *linear programming* dan metode *rule-based system*. Secara khusus, penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan kombinasi menu yang memenuhi standar gizi, mempertimbangkan batas biaya dan ketersediaan bahan pangan, serta menerapkan aturan komposisi agar rekomendasi menu lebih realistis untuk digunakan dalam pelaksanaan program.

Dengan demikian, optimalisasi menu tidak berhenti pada pemilihan bahan makanan, tetapi menjadi bagian dari sistem pendukung keputusan untuk layanan pangan. Pemodelan komputasional membantu meningkatkan konsistensi, transparansi, dan keterukuran proses penyusunan menu. Kajian sistematis mengenai kecerdasan buatan pada masalah malnutrisi menunjukkan bahwa teknik komputasional semakin banyak digunakan untuk identifikasi risiko, rekomendasi makanan, dan dukungan keputusan berbasis data.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif-komputasional. Data masukan berupa daftar bahan makanan, harga per satuan, kandungan energi dan zat gizi, kategori pangan, stok, batas porsi, serta aturan komposisi menu. Nilai kebutuhan gizi kelompok sasaran ditetapkan berdasarkan acuan nasional, sedangkan struktur model optimasi mengadaptasi prinsip diet optimization yang menempatkan kecukupan, keterjangkauan, ketersediaan, dan penerimaan budaya sebagai kendala keputusan.

Tahapan penelitian dirancang untuk menghasilkan rekomendasi menu yang memenuhi kebutuhan gizi sekaligus mempertimbangkan biaya, variasi bahan, ketersediaan stok, dan kesesuaian komposisi makanan. Prosedur penelitian terdiri atas identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, prapemrosesan data, perancangan *rule-based system*, perancangan model *linear programming*, implementasi sistem, pengujian dan evaluasi, serta penyusunan rekomendasi menu bergizi optimal. Alur penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Metode Penelitian

Gambar 1. Bagan Metode Penelitian

Tahap identifikasi masalah dilakukan dengan menelaah kendala penyusunan menu bergizi pada Program Makan Bergizi Gratis. Permasalahan utama meliputi tuntutan pemenuhan standar gizi, keterbatasan biaya, perubahan harga bahan pangan, dan kebutuhan menjaga komposisi menu tetap seimbang. Penyusunan menu secara manual berpotensi menghasilkan keputusan yang kurang konsisten, sehingga diperlukan metode yang dapat membantu proses perencanaan secara sistematis.

Tahap studi literatur dilakukan melalui penelusuran referensi yang berkaitan dengan gizi seimbang, kebutuhan gizi penerima manfaat, perencanaan menu, *linear programming*, *rule-based system*, serta sistem rekomendasi makanan. Literatur tersebut digunakan sebagai landasan dalam menyusun fungsi tujuan, kendala optimasi, dan aturan validasi menu.

Pengumpulan data meliputi data bahan makanan, kandungan zat gizi, harga, kelompok pangan, ketersediaan stok, serta kebutuhan gizi kelompok sasaran. Kandungan yang diproses dalam prototipe meliputi energi, protein, lemak, karbohidrat, dan serat. Harga bahan dinyatakan sebagai biaya per porsi agar dapat digunakan langsung sebagai koefisien fungsi tujuan. Setiap bahan juga diberi label kategori, yaitu makanan pokok, lauk hewani, lauk nabati, sayur, buah, atau pelengkap.

Tahap prapemrosesan data dilakukan untuk menyiapkan data agar dapat digunakan dalam



pemodelan. Proses ini meliputi penyamaan satuan ukuran bahan makanan, pengelompokan bahan berdasarkan kategori pangan, penyusunan kandungan gizi dalam bentuk tabel, serta pemeriksaan kelengkapan dan konsistensi data. Kualitas data yang baik diperlukan agar hasil optimasi tidak menyimpang dari kebutuhan gizi maupun batasan biaya.

Tahap perancangan *rule-based system* dilakukan dengan menyusun aturan yang mengendalikan proses pemilihan menu. Aturan dibuat dalam pola *if-then*, misalnya apabila menu belum memiliki sumber protein, sistem akan menambahkan lauk hewani atau nabati. Aturan juga digunakan untuk memastikan adanya sumber karbohidrat, sayur, buah, stok bahan yang tersedia, serta pembatasan pengulangan bahan agar variasi menu tetap terjaga.

Model linear programming disusun dengan fungsi tujuan meminimalkan total biaya menu. Kendala model terdiri atas batas minimum dan maksimum energi, protein, lemak, karbohidrat, dan serat, batas biaya, batas porsi, serta ketersediaan stok. Variabel keputusan menyatakan jumlah porsi bahan yang dipilih. Solusi dinyatakan feasible apabila seluruh kendala numerik terpenuhi, kemudian divalidasi kembali oleh *rule-based system* untuk memastikan kelengkapan komponen menu.

Tahap implementasi sistem dilakukan dengan mengintegrasikan model *linear programming* dan *rule-based system* ke dalam aplikasi *MBG Menu Optimizer*. Sistem menerima masukan berupa data bahan makanan, kandungan gizi, harga, kebutuhan gizi, dan aturan menu. Setelah itu, sistem menyeleksi bahan berdasarkan aturan, menjalankan proses optimasi, dan menampilkan rekomendasi menu terbaik kepada pengguna.

Pengujian dilakukan dengan pendekatan black-box pada fungsi utama dan pengujian hasil optimasi. Evaluasi mencakup empat aspek, yaitu kelayakan fungsi sistem, pemenuhan setiap kendala gizi, kepatuhan terhadap aturan komposisi, dan efisiensi biaya. Keputusan sistem dinyatakan valid apabila menu memenuhi seluruh batas gizi, tidak melampaui anggaran, menggunakan bahan yang tersedia, dan memiliki komponen hidangan yang diwajibkan.

Tahap akhir penelitian adalah penyusunan rekomendasi menu bergizi optimal. Keluaran penelitian berupa kombinasi menu yang memenuhi kebutuhan gizi, memiliki biaya efisien, dan sesuai aturan komposisi makanan. Dengan tahapan tersebut, sistem diharapkan mampu membantu penyusunan menu MBG secara lebih cepat, konsisten, dan dapat dievaluasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa prototipe aplikasi MBG Menu Optimizer yang berfungsi sebagai sistem pendukung keputusan. Sistem mengelola data bahan makanan, aturan gizi, proses optimasi, dan riwayat rekomendasi. Pengembangan sistem pendukung keputusan berbasis metode komputasional juga telah digunakan pada penelitian penulis sebelumnya untuk membantu proses pemeringkatan alternatif secara objektif. Pada penelitian ini, mekanisme keputusan dikembangkan lebih lanjut melalui integrasi linear programming dan *rule-based system*.

Fitur utama sistem terdiri atas *login* pengguna, *dashboard*, data bahan makanan, aturan gizi, optimasi menu, riwayat menu, dan manajemen pengguna. Dashboard berfungsi sebagai halaman ringkasan yang menampilkan jumlah bahan makanan, aturan gizi aktif, riwayat menu, dan pengguna. Pada data pengujian, sistem memuat 15 bahan makanan, 3 aturan gizi aktif, 0 riwayat menu, dan 3 pengguna. Tampilan *dashboard* disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Dashboard Program

Proses optimasi dilakukan melalui halaman Optimasi Penyusunan Menu Bergizi. Pada halaman ini, pengguna memilih kelompok sasaran atau aturan gizi sebagai dasar perhitungan dan menentukan jumlah rekomendasi yang akan ditampilkan. Pengujian menggunakan kelompok sasaran Anak Sekolah SD untuk satu porsi makan siang dengan batas biaya maksimum Rp15.000. Tampilan parameter optimasi disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Form Optimasi Menu



Proses pengambilan keputusan dimulai dengan penerapan *rule-based system*. Aturan yang digunakan meliputi kewajiban adanya makanan pokok, sumber protein hewani atau nabati, sayur, buah, bahan yang masih tersedia, serta pemenuhan batas kalori, protein, lemak, karbohidrat, serat, dan biaya. Kombinasi menu yang tidak memenuhi aturan dasar dieliminasi sebelum masuk ke tahap penilaian akhir.

Setelah validasi aturan dilakukan, sistem menerapkan model *linear programming* sederhana untuk mencari kombinasi bahan makanan dengan biaya minimum. Fungsi tujuan difokuskan pada minimisasi total biaya bahan, sedangkan fungsi kendala memastikan nilai gizi menu tetap berada dalam rentang yang ditentukan. Pada prototipe ini, kombinasi bahan yang valid diurutkan berdasarkan biaya terendah dan kedekatan kandungan gizi terhadap kebutuhan sasaran.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa sistem menghasilkan 54 kombinasi menu valid untuk kelompok sasaran Anak Sekolah SD. Dari kombinasi tersebut, sistem menampilkan rekomendasi terbaik berdasarkan biaya paling rendah dan pemenuhan aturan gizi.

Hasil pengujian menghasilkan 54 kombinasi menu yang lolos seluruh aturan untuk kelompok sasaran Anak Sekolah SD. Sistem kemudian mengurutkan kombinasi berdasarkan biaya terendah dan kedekatan nilai gizi terhadap target. Proses ini menunjukkan bahwa *rule-based system* mampu memperkecil ruang pencarian sebelum model optimasi menentukan rekomendasi akhir.

Rekomendasi terbaik yang dihasilkan sistem adalah Nasi Putih 150 g, Tempe Bacem 60 g, Tumis Kangkung, Pisang Ambon, Tahu Kukus 80 g, dan Air Putih. Menu tersebut memiliki total energi 605 kkal, protein 29 gram, lemak 17,7 gram, karbohidrat 86 gram, serat 9,2 gram, dan biaya Rp11.500. Rincian hasil rekomendasi menu terbaik ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Rekomendasi Menu Terbaik

Komponen	Nilai
Nama menu	Nasi Putih 150 g + Tempe Bacem 60 g + Tumis Kangkung + Pisang Ambon + Tahu Kukus 80 g + Air Putih
Total kalori	605 kkal
Total protein	29 gram
Total lemak	17,7 gram
Total karbohidrat	86 gram
Total serat	9,2 gram
Total biaya	Rp11.500
Status	Valid

Tabel 1 menunjukkan bahwa rekomendasi menu telah memenuhi batas kebutuhan gizi yang ditetapkan. Nilai energi sebesar 605 kkal berada dalam rentang 550-750 kkal. Protein sebesar 29 gram telah melampaui batas minimum 18 gram. Lemak sebesar 17,7 gram masih berada di bawah batas maksimum 28 gram. Karbohidrat sebesar 86 gram berada dalam rentang 60-110 gram, sedangkan serat sebesar 9,2 gram telah melebihi batas minimum 4 gram.

Dari aspek biaya, rekomendasi menu terbaik membutuhkan anggaran Rp11.500. Jumlah tersebut lebih rendah daripada batas biaya maksimum Rp15.000, sehingga terdapat efisiensi sebesar Rp3.500. Temuan ini menunjukkan bahwa model optimasi dapat menghasilkan menu yang memenuhi kebutuhan gizi dengan biaya yang lebih hemat. Perbandingan antara aturan gizi dan hasil menu ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Menu dengan Aturan Gizi

Parameter	Aturan Gizi	Hasil Menu	Keterangan
Kalori	550-750 kkal	605 kkal	Memenuhi
Protein	Minimal 18 g	29 g	Memenuhi
Lemak	Maksimal 28 g	17,7 g	Memenuhi
Karbohidrat	60-110 g	86 g	Memenuhi
Serat	Minimal 4 g	9,2 g	Memenuhi
Biaya	Maksimal Rp15.000	Rp11.500	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 2, seluruh parameter pengujian telah memenuhi batas yang ditentukan. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi *rule-based system* dan *linear programming* dapat menghasilkan rekomendasi menu yang sesuai dengan kebutuhan gizi dan batas biaya. *Rule-based system* berperan memvalidasi kelengkapan komponen menu, sedangkan *linear programming* menentukan kombinasi bahan makanan yang lebih efisien berdasarkan fungsi tujuan biaya minimum. Berdasarkan Tabel 2, seluruh parameter pengujian memenuhi batas yang ditentukan. Hasil ini memperlihatkan bahwa integrasi *rule-based system* dan *linear programming* dapat menghasilkan rekomendasi yang layak secara komposisi dan efisien secara biaya. *Rule-based system* menjaga kelengkapan struktur hidangan, sedangkan *linear programming* menyeleksi kombinasi bahan berdasarkan fungsi tujuan biaya minimum. Sistem cenderung memilih bahan yang memberikan rasio kandungan gizi terhadap biaya yang baik. Pada rekomendasi terbaik, sumber



protein utama berasal dari tempe dan tahu sehingga protein minimum dapat dipenuhi dengan biaya relatif rendah. Hasil ini konsisten dengan prinsip diet optimization yang menempatkan kecukupan dan keterjangkauan sebagai pertimbangan utama. Untuk implementasi operasional, aturan dapat diperluas dengan kewajiban lauk hewani pada hari tertentu, batas frekuensi penggunaan bahan, dan rotasi menu mingguan.

Meskipun sistem telah menghasilkan rekomendasi yang valid, terdapat beberapa aspek yang masih dapat dikembangkan. Sistem dapat dilengkapi mekanisme untuk mencegah duplikasi menu dengan komposisi sama tetapi urutan bahan berbeda. Selain itu, sistem dapat diperluas dengan variasi menu mingguan, preferensi bahan pangan lokal, pembatasan penggunaan bahan tertentu, serta pembaruan harga bahan pangan secara berkala.

Dengan demikian, *MBG Menu Optimizer* dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu dalam penyusunan menu bergizi. Sistem mampu menghasilkan rekomendasi yang memenuhi kebutuhan gizi, sesuai aturan komposisi menu, dan efisien dari sisi biaya. Penerapan *linear programming* dan *rule-based system* memberikan kontribusi terhadap peningkatan objektivitas, konsistensi, dan efisiensi perencanaan menu pada Program Makan Bergizi Gratis.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan algoritma *linear programming* dan metode *rule-based system* dapat digunakan untuk mengoptimalkan penyusunan menu bergizi pada Program Makan Bergizi Gratis. Linear programming berfungsi menentukan kombinasi bahan makanan yang efisien melalui fungsi tujuan biaya minimum dan kendala kebutuhan gizi, sedangkan *rule-based system* memastikan rekomendasi menu tetap memenuhi aturan komposisi makanan bergizi.

Pengujian aplikasi *MBG Menu Optimizer* menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan rekomendasi menu yang memenuhi batas kebutuhan gizi, meliputi kalori, protein, lemak, karbohidrat, serat, dan biaya. Pada kelompok sasaran Anak Sekolah SD untuk satu porsi makan siang, sistem merekomendasikan menu dengan total energi 605 kkal, protein 29 gram, lemak 17,7 gram, karbohidrat 86 gram, serat 9,2 gram, dan biaya Rp11.500. Nilai tersebut sesuai dengan aturan gizi yang ditetapkan.

Integrasi kedua metode menghasilkan rekomendasi yang lebih objektif, terukur, dan mudah ditelusuri dibandingkan penyusunan

berbasis perkiraan. Sistem mempertimbangkan kecukupan gizi, biaya, stok, batas porsi, dan struktur hidangan. Dengan demikian, *MBG Menu Optimizer* dapat digunakan sebagai alat bantu awal dalam penyusunan menu, tetapi keputusan akhir tetap memerlukan verifikasi ahli gizi dan penyesuaian terhadap harga, keamanan pangan, alergi, serta ketersediaan bahan di setiap wilayah.

5. REFERENSI

- Badan Gizi Nasional, "BGN akan memulai Program Makan Bergizi Gratis secara bertahap," 2025. [Online]. Available: <https://www.bgn.go.id/news/artikel/bgn-akan-memulai-program-mbg-secara-bertahap>. [Accessed: Jul. 10, 2026].
- D. Kallel, I. Kanoun, and D. Dhouib, "The menu planning problem: A systematic literature review," in *Intelligent Systems Design and Applications*, Cham, Switzerland: Springer, 2022, pp. 1313–1324, doi: 10.1007/978-3-030-96308-8_122.
- H. Alaofè et al., "Precision nutrition for type 2 diabetes in Benin: Leveraging linear goal programming to optimize diets with emphasis on adequacy, affordability, accessibility, and culture," *Frontiers in Nutrition*, vol. 11, Art. no. 1400594, 2024, doi: 10.3389/fnut.2024.1400594.
- G. Vici et al., "An evaluation and optimization of nutrition, environmental footprint, and food waste in Italian primary school menus: A case study," *Journal of Translational Medicine*, vol. 23, Art. no. 643, 2025, doi: 10.1186/s12967-025-06626-9.
- J. Eriyanto, B. M. Rambe, F. Yuda, and I. Meiditra, "Sistem pendukung keputusan pemilihan dosen terbaik di AMIK Polibisnis menggunakan metode MOORA," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 13, no. 2, pp. 1999–2007, 2024, doi: 10.33395/jmp.v13i2.14352.
- J. N. Bondevik, K. E. Bennin, Ö. Babur, and C. Ersch, "A systematic review on food recommender systems," *Expert Systems with Applications*, vol. 238, Art. no. 122166, 2024, doi: 10.1016/j.eswa.2023.122166.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 tentang Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia. Jakarta, Indonesia, 2019.
- K. M. O. Nahar, M. Banikhalaf, F. Ibrahim, M.



- Abual-Rub, A. Almomani, and B. B. Gupta, "A rule-based expert advisory system for restaurants using machine learning and knowledge-based systems techniques," *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, vol. 19, no. 1, 2023, doi: 10.4018/IJSWIS.333064.
- K. Kalpakoglou et al., "An AI-based nutrition recommendation system: Technical validation with insights from Mediterranean cuisine," *Frontiers in Nutrition*, vol. 12, Art. no. 1546107, 2025, doi: 10.3389/fnut.2025.1546107.
- M. F. Koenen, M. Balvert, and H. Fleuren, "Bi-objective goal programming for balancing costs vs. nutritional adequacy," *Frontiers in Nutrition*, vol. 9, Art. no. 1056205, 2022, doi: 10.3389/fnut.2022.1056205.
- O. Khan, H. Jallow, M. A. M. Abdel-Aal, and E. Kaoud, "Balancing health, sustainability, and culture: A review of linear programming approaches to diet optimization," *Archives of Computational Methods in Engineering*, 2025, doi: 10.1007/s11831-025-10457-8.
- R. A. Swarna, L. Y. Pinky, M. I. Hussain, and M. S. Iqbal, "A rule-based expert system for efficient food planning and consumption," *International Journal for Multidisciplinary Research*, vol. 5, no. 6, 2023, doi: 10.36948/ijfmr.2023.v05i06.10024.
- S. N. Putri and E. P. Silmina, "GuardCare: Child's nutritional status diagnostics using rule-based reasoning," *International Journal of Informatics and Computation*, vol. 7, no. 2, pp. 473–485, 2025, doi: 10.35842/ijicom.v7i2.145.
- S. M. W. Janssen, Y. Bouzembrak, and B. Tekinerdogan, "Artificial intelligence in malnutrition: A systematic literature review," *Advances in Nutrition*, vol. 15, no. 9, Art. no. 100264, 2024, doi: 10.1016/j.advnut.2024.100264.
- UNICEF Indonesia, "Sukseskan MBG, Kementerian PPN/Bappenas, BGN, IPB University, dan UNICEF luncurkan Pusat Unggulan Nasional MBG," 2025. [Online]. Available: <https://www.unicef.org/indonesia/id/gizi/si-aran-pers/bappenas-bgn-ipb-unicef-luncurkan-pusat-unggulan-nasional-mbg>. [Accessed: Jul. 10, 2026].
- Y. X. Miow, W. K. H. Mok, W. Y. Gan, P. Y. Lim, G. Appannah, and S. N. A. Adznam, "The use of linear programming approach in diet optimization among children under five: A scoping review," *BMC Public Health*, vol. 25, Art. no. 1279, 2025, doi: 10.1186/s12889-025-22414-y.