

Optimasi Biaya Menu Katering Asrama Berbasis *Linear Programming* untuk Pemenuhan Kecukupan Gizi Mahasiswa

(Studi Kasus: RMB Catering, Kampus Kelautan dan Perikanan Sidoarjo)

Ulfa Putri Andini^{1*}, Muh. Agus Ferdian¹, Siti Farida¹, Husniyatur Rizqiyah Dhomiri²

¹ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Malang, Jl. Soekarno-Hatta Kota Malang, Indonesia

² Program Studi Keperawatan, Politeknik Negeri Madura, Jl. Raya Camplong No.Km.4, Kabupaten Sampang, Indonesia

*E-mail: dinieputri99@gmail.com

Abstrak

Katering asrama kampus menghadapi tantangan simultan antara pemenuhan standar gizi penghuni dan keterbatasan anggaran operasional. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan biaya menu harian katering RMB Catering di Kampus Kelautan dan Perikanan Sidoarjo yang melayani 400 mahasiswa dengan anggaran realisasi Rp 9.884/orang/hari, dengan tetap memenuhi Angka Kecukupan Gizi (AKG). Metode yang digunakan adalah *Linear Programming* (LP) dengan pendekatan minimasi biaya, diselesaikan menggunakan *Solver Excel* (metode Simplex LP). Data dikumpulkan melalui observasi menu 14 hari, survei harga 27 bahan pangan di pasar Sidoarjo, dan kandungan gizi dari TKPI Kemenkes 2017. Standar gizi mengacu pada AKG energi rata-rata nasional 2.100 kkal (Permenkes 28/2019), dengan target makronutrien diturunkan melalui AMDR (karbohidrat 60%, protein 15%, lemak 25% energi). Model LP dirumuskan dengan 11 variabel keputusan, fungsi tujuan minimasi biaya, serta kendala gizi dan batas porsi wajar; anggaran *existing* digunakan sebagai pembanding, bukan kendala. Hasil optimasi menunjukkan biaya minimum pemenuhan AKG penuh adalah Rp 22.876/orang/hari, terdapat gap Rp 12.992 (131%) dari anggaran *existing*. Analisis sensitivitas mengungkap energi (*shadow price* Rp 12,57) dan karbohidrat (Rp 90,85) sebagai kendala paling mengikat, sementara tempe dan kentang teridentifikasi sebagai bahan paling efisien; protein hewani seperti ayam dan ikan ditekan ke porsi minimum. Temuan ini memberikan dasar ilmiah bagi rekomendasi peningkatan anggaran katering asrama serta strategi substitusi bahan pangan.

Kata kunci : Linear programming, Optimasi menu, Katering asrama, Angka kecukupan gizi, *Solver Excel*

Abstract

Campus dormitory catering faces the simultaneous challenge of meeting residents' nutritional standards within operational budget constraints. This study aims to optimize the daily menu cost of RMB Catering at the Sidoarjo Marine and Fisheries Campus, serving 400 students with a realized budget of IDR 9,884 per person per day, while meeting the Recommended Dietary Allowances (RDA). Linear Programming (LP) with a cost-minimization approach was applied, solved using Excel Solver (Simplex LP method). Data were collected through a 14-day menu observation, a price survey of 27 food items in Sidoarjo markets, and nutritional content from the 2017 Indonesian Food Composition Tables (TKPI). Nutritional standards referred to the national average RDA energy of 2,100 kcal (Permenkes 28/2019), with macronutrient targets derived via AMDR (carbohydrate 60%, protein 15%, fat 25% of energy). The LP model comprised 11 decision variables, a cost-minimization objective, and constraints for nutrition and reasonable portion limits; the existing budget served as a comparison rather than a constraint. The optimization showed that the minimum cost to fully meet the RDA is IDR 22,876 per person per day—a gap of IDR 12,992 (131%) from the existing budget.

Sensitivity analysis revealed energy (shadow price IDR 12.57) and carbohydrate (IDR 90.85) as the most binding constraints, while tempeh and potato were the most cost-efficient ingredients; animal proteins such as chicken and fish were pushed to minimum portions. These findings provide a scientific basis for recommending an increase in dormitory catering budgets and food-substitution strategies.

Keywords: *Linear programming, Menu optimization, Dormitory catering, Recommended dietary allowances, Excel Solver*

PENDAHULUAN

Penyelenggaraan makanan di asrama kampus memiliki peran strategis dalam mendukung kesehatan dan produktivitas akademik mahasiswa. Dari perspektif ilmu gizi dan keperawatan komunitas, asupan nutrisi yang memadai berpengaruh langsung terhadap status gizi, daya tahan tubuh, dan konsentrasi belajar pada populasi dewasa muda. Standar Angka Kecukupan Gizi (AKG) yang ditetapkan dalam Permenkes No. 28 Tahun 2019 menjadi acuan utama dalam memastikan kecukupan energi, protein, lemak, dan karbohidrat harian setiap individu [1].

Namun, berbagai penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa mahasiswa tergolong kelompok yang rentan mengalami ketidakcukupan asupan gizi. Penelitian pada mahasiswa tingkat akhir menemukan sebanyak 54,3% mengalami asupan energi kurang, 50% kekurangan karbohidrat, dan 67,4% kekurangan asupan protein, dengan 15,2% di antaranya berstatus gizi kurang [2]. Temuan serupa dilaporkan pada mahasiswa program gizi, di mana 78,8% memiliki asupan energi kurang dan 92,3% asupan karbohidrat kurang [3]. Kerentanan ini semakin nyata pada penyelenggaraan makanan kolektif seperti asrama atau pondok pesantren; sejumlah studi mencatat bahwa kecukupan asupan santri kurang diperhatikan akibat besarnya jumlah penghuni yang harus dilayani [4]. Kondisi ini menegaskan bahwa kualitas gizi penyelenggaraan makanan institusional termasuk catering asrama yang merupakan determinan penting status gizi mahasiswa.

Sebaliknya, pengelola catering asrama dihadapkan pada keterbatasan anggaran yang seringkali tidak sebanding dengan kebutuhan gizi ideal. Hal ini menimbulkan dilema klasik: bagaimana menyajikan menu yang memenuhi standar gizi dengan biaya terjangkau? Secara matematis, persoalan ini dapat dirumuskan sebagai masalah optimasi, yakni meminimalkan biaya penyediaan makanan dengan tetap memenuhi kendala kebutuhan gizi minimum. Tantangan ini bersifat nyata; studi pada program makan institusional bahkan menemukan bahwa pada anggaran yang ketat, tidak selalu tersedia solusi menu yang mampu memenuhi seluruh persyaratan gizi sekaligus, dengan karbohidrat dan beberapa zat gizi menjadi komponen pembatas [5].

Linear Programming (LP) merupakan teknik optimasi yang telah terbukti efektif untuk persoalan perencanaan diet dan menu berbiaya minimum. LP mampu menerjemahkan rekomendasi gizi menjadi model matematis untuk menghasilkan menu seimbang dengan biaya terendah berdasarkan harga pasar setempat [6]. Penerapannya meluas, mulai dari penyusunan menu pencegahan penyakit hingga perencanaan makanan institusional; sebuah model *mixed integer programming*, misalnya, dikembangkan untuk menyusun menu satu bulan penuh bagi program makan pekerja yang memenuhi rekomendasi gizi dengan biaya rendah [7]. Dalam praktiknya, model LP banyak diselesaikan menggunakan fitur *Solver* pada Microsoft Excel yang tersedia luas dan mudah diakses [6], [8]. Di Indonesia, pendekatan serupa juga telah dieksplorasi untuk pemodelan menu diet [9].

Meskipun demikian, penerapan LP yang secara spesifik mengintegrasikan optimasi biaya menu catering asrama kampus dengan standar AKG nasional, serta menyelaraskan pada perspektif keperawatan komunitas masih terbatas, terutama dalam konteks penyelenggaraan makanan asrama di Indonesia. Kesenjangan inilah yang menjadi fokus penelitian ini.

RMB Catering merupakan penyedia jasa catering di Kampus Kelautan dan Perikanan Sidoarjo yang melayani 400 mahasiswa penghuni asrama dengan menu tiga kali makan per hari. Anggaran yang dialokasikan sebesar Rp 10.000 per orang per hari, dengan rata-rata realisasi pengeluaran Rp 9.884 per orang per hari. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) memformulasikan model LP untuk optimasi biaya menu catering asrama; (2)

menentukan komposisi bahan pangan optimal yang memenuhi AKG; dan (3) menganalisis gap antara anggaran *existing* dengan biaya minimum pemenuhan gizi, sekaligus implikasinya dari sudut pandang keperawatan komunitas.

METODE PENELITIAN

Objek dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada RMB Catering, Kampus Kelautan dan Perikanan Sidoarjo, yang melayani 400 mahasiswa penghuni asrama dengan tiga waktu makan per hari. Pengumpulan data dilakukan selama 14 hari berturut-turut pada periode 1–14 Mei 2026.

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi: (a) observasi menu harian selama 14 hari mencakup 3 waktu makan (pagi, siang, malam) beserta estimasi porsi per orang; (b) survei harga 27 bahan pangan utama di Pasar Larangan Sidoarjo, TPI Sidoarjo, dan minimarket setempat; (c) data kandungan gizi per 100 g bahan pangan dari Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI) Kemenkes 2017; dan (d) rekapitulasi biaya belanja harian katering selama 14 hari.

Dari 27 bahan yang disurvei, dipilih 10 bahan pangan utama sebagai variabel keputusan berdasarkan frekuensi kemunculan tertinggi dan kontribusi porsi terbesar dalam menu hasil observasi. Kentang ditambahkan sebagai variabel ke-11 untuk berperan sebagai sumber karbohidrat pelengkap, karena kombinasi sepuluh bahan utama tidak mampu memenuhi kebutuhan karbohidrat harian dalam batas porsi wajar (beras telah mencapai batas maksimum porsinya). Dengan demikian, model memuat 11 variabel keputusan.

Penetapan Standar Kecukupan Gizi

Standar kecukupan gizi mengacu pada Angka Kecukupan Gizi (AKG) rata-rata nasional sebesar 2.100 kkal per orang per hari sebagaimana ditetapkan Permenkes No. 28 Tahun 2019. Kebutuhan makronutrien diturunkan dari angka energi tersebut menggunakan *Acceptable Macronutrient Distribution Range* (AMDR), dengan proporsi karbohidrat 60%, protein 15%, dan lemak 25% dari total energi. Konversi menggunakan faktor Atwater (karbohidrat dan protein 4 kkal/g; lemak 9 kkal/g) menghasilkan target harian: energi ≥ 2.100 kkal, protein $\geq 78,8$ g, lemak $\geq 58,3$ g, dan karbohidrat ≥ 315 g [1].

Formulasi Model LP

Variabel keputusan. x_i = porsi bahan pangan ke- i dalam gram per orang per hari, dengan $i = 1, 2, \dots, 11$.

Fungsi tujuan. Minimasi total biaya makan per orang per hari: Minimasi $Z = \sum (c_i \times x_i / 100)$, dengan c_i adalah harga bahan ke- i per 100 g (Rp).

Fungsi kendala. (1) Kendala kecukupan gizi harian: total energi ≥ 2.100 kkal; total protein $\geq 78,8$ g; total lemak $\geq 58,3$ g; total karbohidrat ≥ 315 g. (2) Kendala batas porsi wajar: $\min_i \leq x_i \leq \max_i$, ditetapkan berdasarkan acuan WNPG 2012 yang disesuaikan dengan porsi observasi lapangan [10]. (3) Kendala non-negatif: $x_i \geq 0$.

Anggaran katering *existing* (alokasi Rp 10.000 dan realisasi Rp 9.884 per orang per hari) tidak dimasukkan sebagai kendala, melainkan digunakan sebagai *baseline* pembandingan pada analisis gap. Pendekatan ini ditempuh karena tujuan penelitian adalah menemukan biaya minimum sejati untuk memenuhi AKG secara penuh, lalu membandingkannya dengan anggaran yang berlaku; pemberlakuan anggaran sebagai kendala keras akan membuat model tidak memiliki solusi layak, sebagaimana ditemukan pada studi optimasi menu institusional terdahulu [5].

Model dirumuskan untuk menghasilkan satu komposisi harian representatif. Data observasi 14 hari digunakan untuk menurunkan porsi rata-rata dan mengidentifikasi bahan utama, sementara

model LP mengoptimasi satu komposisi harian dengan biaya minimum. Model mengasumsikan kandungan gizi linier dan proporsional terhadap berat bahan, serta menggunakan nilai gizi bahan mentah sesuai TKPI tanpa memperhitungkan penyusutan akibat pengolahan.

Penyelesaian Model

Model diselesaikan menggunakan fitur Solver Microsoft Excel dengan metode *Simplex LP*. Analisis sensitivitas dilakukan berdasarkan *Sensitivity Report* yang dihasilkan Solver, mencakup *reduced cost* setiap variabel dan *shadow price* setiap kendala, guna mengidentifikasi bahan paling efisien serta kendala gizi yang paling membatasi solusi optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Bahan Pangan dan Data Harga

Berdasarkan observasi menu 14 hari, teridentifikasi 10 bahan pangan utama, ditambah kentang sebagai sumber karbohidrat pelengkap, sehingga model memuat 11 variabel keputusan. Tabel 1 menyajikan data harga dan kandungan gizi tiap bahan.

Tabel 1. Data Harga dan Kandungan Gizi Bahan Pangan (per 100 gram)

No	Bahan Pangan	Harga (Rp/100g)	Energi (kkal)	Protein (g)	Lemak (g)	Karbo (g)	Min (g)	Maks (g)
1	Beras	1.372	130	2,4	0,1	28,6	150	700
2	Telur Ayam	2.600	154	12,4	10,8	0,7	20	100
3	Ayam	3.500	179	27,0	7,4	0,0	20	150
4	Tempe	1.667	149	14,0	7,7	9,4	20	200
5	Tahu Putih	1.000	68	7,8	4,6	1,6	50	200
6	Kangkung/Bayam	1.500	29	3,0	0,3	5,4	50	300
7	Wortel	1.400	42	1,0	0,2	9,6	30	150
8	Ikan Bandeng	1.900	129	20,0	4,8	0,0	20	150
9	Minyak Goreng	2.444	884	0,0	100,0	0,0	10	30
10	Gula Pasir	1.750	394	0,0	0,0	94,0	5	40
11	Kentang	1.400	83	2,0	0,1	19,1	0	250

Sumber: Survei harga Pasar Larangan Sidoarjo & TPI Sidoarjo (Mei 2026); TKPI Kemenkes (2017)

Hasil Optimasi Solver

Solver Excel berhasil menemukan solusi optimal dengan metode Simplex LP dalam 14 iterasi (0,141 detik). Tabel 2 menyajikan porsi optimal setiap bahan pangan hasil optimasi.

Tabel 2. Porsi Optimal Bahan Pangan Hasil Solver

No	Bahan Pangan	Porsi Optimal (gram)	Kontribusi Biaya (Rp)	% Total Biaya	Status Batas
1	Beras	700,00	9.604	42,0%	Binding (maks)
2	Telur Ayam	20,00	520	2,3%	Binding (min)
3	Ayam	20,00	700	3,1%	Binding (min)
4	Tempe	200,00	3.334	14,6%	Binding (maks)
5	Tahu Putih	197,76	1.978	8,6%	Not Binding

6	Kangkung/Bayam	50,00	750	3,3%	Binding (min)
7	Wortel	48,39	678	3,0%	Not Binding
8	Ikan Bandeng	20,00	380	1,7%	Binding (min)
9	Minyak Goreng	30,00	733	3,2%	Binding (maks)
10	Gula Pasir	40,00	700	3,1%	Binding (maks)
11	Kentang	250,00	3.500	15,3%	Binding (maks)
TOTAL (Z)		1.576,15	22.876	100%	—

Sumber: Output Solver Excel (2026)

Hasil optimasi menunjukkan Solver mendorong bahan-bahan dengan rasio gizi-terhadap-biaya tertinggi ke batas maksimum porsinya, yakni beras, tempe, kentang, minyak goreng, dan gula pasir. Sebaliknya, bahan dengan harga relatif tinggi terhadap kontribusi gizinya ditekan ke batas minimum berupa ayam (bahan termahal Rp 3.500/100g), telur, dan ikan bandeng. Tahu putih dan wortel merupakan variabel *not binding* yang menempati titik keseimbangan optimal antara kontribusi gizi dan biaya.

Temuan ini berbeda dari dugaan awal yang menempatkan ikan bandeng sebagai bahan utama. Setelah kentang masuk sebagai sumber karbohidrat efisien dan kebutuhan protein terpenuhi dari tempe serta tahu, kontribusi protein hewani dari ikan menjadi berlebih, sehingga *Solver* menekannya ke porsi minimum demi efisiensi biaya. Hal ini menegaskan bahwa dalam optimasi LP, efisiensi suatu bahan bersifat relatif terhadap keseluruhan komposisi, bukan nilai gizinya semata.

Pemenuhan Standar Gizi

Tabel 3 menyajikan perbandingan pemenuhan gizi hasil optimasi terhadap standar AKG Kemenkes 2019.

Tabel 3. Pemenuhan Standar Gizi Hasil Optimasi

Zat Gizi	Standar AKG	Hasil Optimal	Selisih	Status	Shadow Price
Energi (kkal)	2.100	2.100,00	0,00	Binding	Rp 12,57
Protein (g)	78,8	79,09	+0,29	Surplus	Rp 0
Lemak (g)	58,3	60,29	+1,99	Surplus	Rp 0
Karbohidrat (g)	315	315,00	0,00	Binding	Rp 90,85

Sumber: Output Solver Excel dan Sensitivity Report (2026)

Seluruh kebutuhan gizi terpenuhi. Dua kendala bersifat mengikat (*binding*): energi dengan *shadow price* Rp 12,57 dan karbohidrat dengan *shadow price* Rp 90,85. Nilai *shadow price* karbohidrat yang jauh lebih tinggi menunjukkan bahwa karbohidrat merupakan kendala gizi paling “mahal” untuk dipenuhi, setiap penambahan 1 gram target karbohidrat akan menaikkan biaya optimal sebesar Rp 90,85 per orang per hari. Hal ini logis karena pemasok karbohidrat utama (beras dan kentang) telah mencapai batas maksimum porsinya. Protein dan lemak terpenuhi dengan surplus tipis dan bersifat *not binding*, menandakan keduanya bukan faktor pembatas dalam solusi optimal.

Analisis Efisiensi Bahan (*Reduced Cost*)

Analisis *reduced cost* mengungkap efisiensi relatif tiap bahan. Bahan dengan *reduced cost* negatif terbesar adalah yang paling efisien yaitu gula pasir (−117,42), minyak goreng (−86,66), beras (−28,60), kentang (−13,78), dan tempe (−10,60), yang seluruhnya terdorong ke batas maksimum. Sebaliknya, ayam memiliki *reduced cost* positif tertinggi (+12,50), menegaskan posisinya sebagai bahan paling tidak efisien secara biaya-gizi sehingga ditekan ke porsi minimum. Pola ini

menunjukkan bahwa tempe dan kentang merupakan tulang punggung pemenuhan gizi berbiaya rendah dalam menu katering ini.

Analisis Gap Anggaran

Temuan paling signifikan dari penelitian ini adalah terungkapnya gap antara anggaran existing dengan biaya minimum pemenuhan AKG, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Biaya Existing vs Biaya Optimal

Item	Existing (Rp)	Optimal (Rp)	Gap (Rp)	Gap (%)
Per orang per hari	9.884	22.876	12.992	131%
Per hari (400 orang)	3.953.600	9.150.516	5.196.916	131%
Per bulan (30 hari)	118.608.000	274.515.466	155.907.466	131%

Sumber: Analisis penulis berdasarkan output Solver (2026)

Biaya optimal Rp 22.876/orang/hari merupakan biaya minimum untuk memenuhi seluruh standar AKG. Gap sebesar 131% dari anggaran *existing* menunjukkan bahwa anggaran Rp 9.884/orang/hari hanya mampu menutup sekitar 43% dari kebutuhan biaya gizi ideal. Temuan ini memiliki implikasi penting dari perspektif keperawatan komunitas: mahasiswa penghuni asrama berpotensi mengalami ketidakcukupan gizi apabila anggaran katering tidak disesuaikan. Sejalan dengan peran perawat dalam membimbing mahasiswa menuju perilaku kesehatan yang positif termasuk nutrisi [11], serta kerangka layanan kesehatan kampus yang menempatkan pemantauan gizi sebagai bagian dari *health-promoting university* di Indonesia [12], temuan gap ini perlu ditindaklanjuti dengan skrining status gizi berkala pada penghuni asrama.

Rekomendasi Menu Optimal

Berdasarkan porsi optimal hasil Solver, disusun distribusi menu harian untuk tiga waktu makan sebagaimana disajikan pada Tabel 5. Distribusi ke tiga waktu makan disusun peneliti berdasarkan pola makan lazim, dengan total porsi mengikuti hasil optimasi.

Tabel 5. Distribusi Menu Harian Optimal

Waktu	Menu	Porsi (g)	Kalori (kkal)	Biaya (Rp)
Pagi	Nasi (200) + Telur (20) + Tempe (100) + Kangkung (50) + Minyak (8) + Gula (15)	400	634	6.995
Siang	Nasi (300) + Ayam (20) + Tahu (120) + Wortel (48) + Kentang (130) + Minyak (12) + Gula (15)	442	645	6.610
Malam	Nasi (200) + Tempe (100) + Tahu (78) + Ikan (20) + Kentang (120) + Minyak (10) + Gula (10)	537	715	7.811
TOTAL		1.576,2	2.100	22.876

Sumber: Analisis penulis (2026)

Pembahasan

Gap anggaran.

Hasil temuan bahwa biaya minimum pemenuhan AKG jauh melampaui anggaran *existing* sejalan dengan banyak studi optimasi diet yang menyimpulkan bahwa diet bergizi-cukup berbiaya minimum kerap tidak terjangkau oleh kelompok berpendapatan rendah. Akhter dkk. [13] pada rumah tangga miskin di Nepal menemukan bahwa diet bergizi-cukup hasil optimasi LP tetap tidak terjangkau bahkan setelah pendapatan meningkat. Demikian pula Verly dkk. [14] di Brasil menunjukkan bahwa

diet adekuat-gizi umumnya menuntut biaya lebih tinggi dibanding pola konsumsi aktual, dengan beban terberat pada kelompok pendapatan terendah. Koenen dkk. [15] menegaskan bahwa ketika anggaran dibatasi terlalu ketat, tidak ada diet bergizi-cukup yang dapat disusun, selaras dengan keputusan metodologis penelitian ini untuk tidak memberlakukan anggaran sebagai kendala keras. Namun, magnitudo gap pada penelitian ini (131%) tergolong ekstrem, yang dijelaskan oleh rendahnya anggaran *existing* RMB Catering.

Karbohidrat sebagai pembatas

Temuan bahwa karbohidrat dan energi merupakan kendala mengikat dengan *shadow price* tertinggi merupakan kontras menarik terhadap arus utama literatur. Mayoritas studi LP justru menemukan mikronutrien sebagai pembatas utama: Alaini dkk. [6] melaporkan zat besi, kalsium, dan kalium hanya mencapai batas bawah; Sarfo dkk. [16] menemukan zat besi dan seng sebagai pembatas pada diet perempuan dan anak di Kenya; Mejos dkk. [17] mengidentifikasi zat besi, kalsium, seng, tiamin, dan folat sebagai *problem nutrients* di Filipina; dan Leonard & Kiely [18] dalam tinjauannya menegaskan bahwa zat besi dan seng paling sering menjadi tantangan dalam diet bersumber nabati. Perbedaan ini bersumber dari batas lingkup model yang hanya memodelkan empat makronutrien dan belum memasukkan mikronutrien.

Keterbatasan dan pengembangan

Beberapa keterbatasan perlu diakui. Pertama, model hanya mencakup makronutrien; mengingat literatur konsisten menunjukkan mikronutrien sebagai pembatas tersembunyi [6], [16], [17], hasil optimasi ini berpotensi *under-constrained* secara gizi mikro. Kedua, penekanan protein hewani ke porsi minimum demi efisiensi biaya sejalan dengan pola yang dilaporkan Ferrari dkk. [19], namun berimplikasi pada akseptabilitas dan keragaman menu yang tidak tertangkap oleh fungsi tujuan minimasi biaya. Gazan dkk. [20] menegaskan bahwa ketika kendala sulit dipenuhi, hal itu menandai inkompatibilitas antar-rekomendasi gizi atau pola konsumsi yang terlalu monoton, sehingga interpretasi hasil LP menuntut kehati-hatian. Ketiga, model mengasumsikan kandungan gizi linier dan menggunakan nilai bahan mentah tanpa memperhitungkan penyusutan pengolahan maupun bioavailabilitas. Keterbatasan ini mengarahkan pada pengembangan menuju *Goal Programming* yang memungkinkan minimasi deviasi terhadap berbagai target gizi sekaligus mempertimbangkan biaya, variasi, dan akseptabilitas secara simultan [15].

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut. Pertama, model Linear Programming berhasil diformulasikan untuk optimasi biaya menu katering RMB Catering dengan 11 variabel keputusan, empat kendala gizi, dan kendala batas porsi wajar setiap bahan. Standar gizi mengacu pada AKG energi rata-rata nasional 2.100 kkal dengan makronutrien diturunkan melalui AMDR, dan model diselesaikan menggunakan metode Simplex LP pada Solver Excel.

Kedua, komposisi bahan pangan optimal memenuhi seluruh standar AKG diantaranya energi 2.100 kkal, protein 79,1 g, lemak 60,3 g, dan karbohidrat 315 g dengan biaya minimum Rp 22.876/orang/hari. Tempe dan kentang teridentifikasi sebagai bahan paling efisien dan terdorong ke porsi maksimum, sementara protein hewani berharga tinggi (ayam dan ikan bandeng) ditekan ke porsi minimum. Analisis sensitivitas menunjukkan energi dan karbohidrat sebagai kendala paling mengikat.

Ketiga, terdapat gap anggaran sebesar Rp 12.992 (131%) antara biaya optimal dan anggaran *existing* per orang per hari; anggaran yang berlaku hanya mampu menutup sekitar 43% kebutuhan biaya gizi ideal. Temuan ini membuktikan secara matematis bahwa anggaran katering asrama saat ini tidak memadai untuk memenuhi standar AKG, dengan implikasi pada potensi ketidakcukupan gizi mahasiswa penghuni asrama.

Rekomendasi

1. Pengelola RMB Catering disarankan meningkatkan anggaran katering secara bertahap mendekati biaya optimal, atau menegosiasikan subsidi kampus untuk menutup gap gizi.

2. Strategi substitusi bahan pangan dapat diterapkan dengan mengandalkan tempe, tahu, dan kentang sebagai sumber gizi efisien-biaya, sambil mempertahankan porsi protein hewani secukupnya demi akseptabilitas dan keragaman menu.
3. Dari perspektif keperawatan komunitas, temuan gap gizi perlu ditindaklanjuti dengan skrining status gizi berkala dan edukasi gizi seimbang pada mahasiswa penghuni asrama, sebagai bagian dari layanan kesehatan kampus.
4. Penelitian selanjutnya disarankan memasukkan kendala mikronutrien (yang dalam banyak studi justru menjadi pembatas utama) serta mengembangkan model menjadi *Goal Programming* untuk mengoptimalkan beberapa tujuan secara simultan seperti biaya, gizi, variasi, dan akseptabilitas menu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Kemenkes, *Angka Kecukupan Gizi yang Dianjurkan untuk Masyarakat Indonesia*. Jakarta. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 28 Tahun 2019, 2019.
- [2] A. Wijayanti, A. Margawati, and H. S. Wijayanti, "Hubungan Stres, Perilaku Makan, dan Asupan Zat Gizi dengan Status Gizi pada Mahasiswa Tingkat Akhir," *J. Nutr. Coll.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [3] N. D. Febytia and N. C. Dainy, "Hubungan Kualitas Tidur, Asupan Zat Gizi Makro dan Aktivitas Fisik dengan Status Gizi Mahasiswa Gizi UMJ," *J. Ilmu Gizi dan Diet.*, vol. 1, no. 3, pp. 204–209, 2023.
- [4] N. Nurlabibah, A. I. Hapsari, and D. Rosmana, "Hubungan Asupan Energi dan Zat Gizi Makro dengan Status Gizi Santri Putri di Pondok Pesantren Salafiyah Al-Jawahir," *J. Gizi dan Diet.*, vol. 2, no. 2, pp. 79–90, 2023.
- [5] E. Verly, D. C. R. S. de Oliveira, and R. L. Pinto, "Viabilidade no atendimento as normas do Programa Nacional de Alimentacao Escolar e sua relacao com custo dos cardapios," *Cien. Saude Colet.*, vol. 26, no. 2, pp. 749–756, 2021.
- [6] R. Alaini, R. Rajikan, and S. M. Elias, "Diet optimization using linear programming to develop low cost cancer prevention food plan for selected adults in Kuala Lumpur, Malaysia," *BMC Public Health*, vol. 19, no. S4, p. 546, 2019.
- [7] M. Padovan, F. R. de Senna, and J. K. Kimura, "Optimized menu formulation to enhance nutritional goals: design of a mixed integer programming model for the workers' food program in Brazil," *BMC Nutr.*, vol. 9, no. 1, p. 51, 2023.
- [8] M. M. W. Inderawati, T. P. Hidayat, and A. Sugioko, "Teknik Memanggil Kaum Milenial (TMKM) untuk Modul Optimasi menggunakan Linear Programming dengan Excel Solver," *J. Pengabd. Masy. Charitas*, vol. 3, no. 1, pp. 15–20, 2023.
- [9] L. H. Harahap, M. K. M. Nasution, and S. Sawaluddin, "A Mathematical Model of Diet Menu Problem Based on Boolean Linear Programming Approach," *Sinkron*, vol. 8, no. 3, pp. 1453–1460, 2023.
- [10] WNPG, "Widyakarya Nasional Pangan dan Gizi X," Jakarta, 2012.
- [11] M. C. Cockcroft, T. Bartlett, and D. C. Wallace, "Sleep, Nutrition, Disordered Eating, Problematic Tobacco and Alcohol Use, and Exercise in College Students With and Without Diabetes," *J. Psychosoc. Nurs. Ment. Health Serv.*, vol. 57, no. 12, pp. 23–32, 2019.
- [12] F. M. Ekawati, D. Vidiawati, and P. Lestari, "STRengthening adolescent and young adult friendly primary care service within university clinics in INDONESIA (STRAYA INDO Project)," *J. Fam. Med. Prim. Care*, vol. 14, no. 11, pp. 4513–4520, 2025.
- [13] N. Akhter, N. Saville, and B. P. Shrestha, "Change in cost and affordability of a typical and

- nutritionally adequate diet among socio-economic groups in rural Nepal after the 2008 food price crisis,” *Food Secur.*, vol. 10, no. 3, pp. 615–629, 2018.
- [14] E. Verly, N. Darmon, and R. Sichieri, “Reaching culturally acceptable and adequate diets at the lowest cost increment according to income level in Brazilian households,” *PLoS One*, vol. 15, no. 3, p. e0229439, 2020.
 - [15] M. Koenen, M. Balvert, and H. Fleuren, “Bi-objective goal programming for balancing costs vs. nutritional adequacy,” *Front. Nutr.*, vol. 9, p. 1056205, 2022.
 - [16] J. Sarfo, G. B. Keding, and J. Boedecker, “The Impact of Local Agrobiodiversity and Food Interventions on Cost, Nutritional Adequacy, and Affordability of Women and Children’s Diet in Northern Kenya,” *Front. Nutr.*, vol. 7, p. 129, 2020.
 - [17] K. K. Mejos, M. S. Ignacio, and R. Jayasuriya, “Use of Linear Programming to Develop Complementary Feeding Recommendations to Improve Nutrient Adequacy and Dietary Diversity Among Breastfed Children in the Rural Philippines,” *Food Nutr. Bull.*, vol. 42, no. 2, pp. 274–288, 2021.
 - [18] U. M. Leonard and M. Kiely, “Can micronutrient requirements be met by diets from sustainable sources: outcomes of dietary modelling studies using diet optimization,” *Ann. Med.*, vol. 56, no. 1, p. 2389295, 2024.
 - [19] M. Ferrari, L. Benvenuti, and L. Rossi, “Could Dietary Goals and Climate Change Mitigation Be Achieved Through Optimized Diet? The Experience of Modeling the National Food Consumption Data in Italy,” *Front. Nutr.*, vol. 7, p. 48, 2020.
 - [20] R. Gazan, C. Brouzes, and F. Vieux, “Mathematical Optimization to Explore Tomorrow’s Sustainable Diets: A Narrative Review,” *Adv. Nutr.*, vol. 9, no. 5, pp. 602–616, 2018.

