

Aplikasi Sistem Persamaan Linear dalam Analisis Angka Kebutuhan Energi pada Menu Makanan Sehari-Hari

M. Abizzar Gamadrian- 13523155¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

abizzar.gamadrian@gmail.com, 13523155@std.stei.itb.ac.id

Abstract—Nutrisi seimbang merupakan aspek penting dalam menjaga kesehatan manusia. Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan sistem persamaan linear untuk melakukan analisis kebutuhan nutrisi harian berdasarkan Angka Kecukupan Energi (AKE) yang telah ditetapkan untuk berbagai kelompok usia. Model matematika dikembangkan dengan mempertimbangkan kandungan nutrisi dari tujuh jenis makanan umum: nasi putih, daging sapi, ikan lele, ayam broiler, telur ayam, susu, dan kangkung. Penelitian ini difokuskan pada tiga kelompok usia: anak 7-9 tahun, laki-laki 16-18 tahun, dan wanita 16-18 tahun. Hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun sistem persamaan linear dapat digunakan untuk memodelkan masalah keseimbangan nutrisi, solusi yang dihasilkan belum memenuhi batasan praktis yang ditetapkan. Model menghasilkan beberapa nilai negatif dan porsi yang tidak realistis untuk dikonsumsi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa diperlukan pendekatan yang berbeda, serta penambahan batasan yang lebih ketat untuk menghasilkan solusi yang dapat diimplementasikan dalam kehidupan sehari-hari

Keywords—Sistem persamaan linear, keseimbangan nutrisi, angka kecukupan energi, optimasi menu makanan.

I. PENDAHULUAN

Keseimbangan nutrisi merupakan aspek fundamental dalam menjaga kesehatan dan kesejahteraan manusia. Di era modern ini, meskipun informasi mengenai kandungan gizi sudah banyak tersebar luas, menentukan komposisi makanan yang tepat untuk memenuhi kebutuhan nutrisi sehari-hari tetap menjadi kesulitan bagi banyak orang.

Setiap individu membutuhkan proporsi nutrisi yang berbeda-beda. Hal ini bergantung pada faktor seperti usia, jenis kelamin, tingkat aktivitas dan kondisi kesehatan. Kompleksitas ini semakin bertambah jika seseorang harus mempertimbangkan berbagai jenis makanan dengan kandungan nutrisi yang beragam.



Gambar 1. Makanan Nutrisi Seimbang, diambil dari [1]

Dalam konteks ini, pendekatan matematis menggunakan sistem persamaan linear dapat menjadi solusi yang efektif. Sistem persamaan linear memungkinkan pemodelan hubungan antar berbagai komponen nutrisi dalam makanan dan kebutuhan nutrisi yang harus dipenuhi. Setiap jenis makanan dapat direpresentasikan sebagai variabel dengan koefisien yang mewakili kandungan nutrisinya, sementara kebutuhan nutrisi harian menjadi konstanta yang harus dipenuhi.

Penggunaan sistem persamaan linear ini memiliki beberapa keunggulan. Pertama, metode ini menyediakan pendekatan sistematis untuk menghitung komposisi makanan yang optimal. Kedua, solusi yang dihasilkan bersifat objektif dan terukur. Ketiga, model matematika yang digunakan dapat dengan mudah disesuaikan untuk contoh-contoh kasus lain.

Makalah ini bertujuan untuk mengeksplorasi aplikasi sistem persamaan linear dalam menganalisis dan mengoptimalkan keseimbangan nutrisi pada menu makanan sehari-hari. Fokus utama diberikan pada pemodelan matematika yang dapat membantu individu atau profesional gizi dalam merencanakan menu yang memenuhi standar nutrisi.

II. LANDASAN TEORI

A. Sistem Persamaan Linear

Sistem Persamaan Linear (SPL) adalah kumpulan dua

atau lebih persamaan linear yang saling terkait, di mana setiap persamaan memiliki variabel-variabel yang sama. Linear di sini artinya pangkat tertinggi dari variabel di dalam persamaannya adalah sama dengan satu, secara umum, sistem persamaan linear dengan m persamaan dan n variabel dapat dituliskan dalam bentuk:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2 \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &= b_m \end{aligned}$$

Di mana:

- a_{ij} adalah koefisien dari variabel ke- j pada persamaan ke- i
- x_j adalah variabel ke- j
- b_i adalah konstanta pada persamaan ke- i

B. Representasi Matriks dari Sistem Persamaan Linier

Sistem Persamaan Linear (SPL) dapat direpresentasikan dalam bentuk matriks $Ax = b$, sebagai contoh:

$$\begin{bmatrix} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

Gambar 2. SPL dalam bentuk matriks, diambil dari [3]

Atau bisa juga direpresentasikan dalam bentuk perkalian matriks, sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

A **x** **b**

Gambar 3. SPL dalam bentuk perkalian matriks, diambil dari [3]

C. Operasi Baris Elementer (OBE)

Operasi Baris Elementer adalah suatu teknik manipulasi baris-baris matriks yang digunakan dalam aljabar linear untuk menyelesaikan suatu sistem persamaan linear, mencari inverse matriks, atau mereduksi matriks ke bentuk tertentu seperti bentuk eselon baris.

OBE Sendiri memiliki tiga jenis operasi terhadap matriks augmented yaitu:

- 1) Mengalikan suatu baris dengan bilangan tak nol

$$kR_i \rightarrow R_i$$

$$\begin{bmatrix} 2 & 3 & -1 & 5 \\ 4 & 4 & -3 & 3 \\ -2 & 3 & -1 & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{R1/2} \begin{bmatrix} 1 & 3/2 & -1/2 & 5/2 \\ 4 & 4 & -3 & 3 \\ -2 & 3 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Gambar 4. Contoh operasi OBE: mengalikan suatu baris dengan bilangan tak nol, diambil dari [3]

- 2) Menambahkan kelipatan suatu baris pada baris lain

$$R_i + kR_j \rightarrow R_i$$

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 & 2 & 5 \\ 2 & -2 & 4 & 10 \\ 3 & -1 & 6 & 15 \end{bmatrix} \xrightarrow{\begin{matrix} R2-2R1 \\ R3-3R1 \end{matrix}} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 2 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Gambar 5. Contoh operasi OBE: menambahkan kelipatan suatu baris pada baris lain dengan menggunakan, diambil dari [3]

- 3) Menukarkan sembarang dua buah baris

$$R_i \leftrightarrow R_j$$

$$\begin{bmatrix} 0 & -2 & 3 & 1 \\ 3 & 6 & -3 & -2 \\ 6 & 6 & 3 & 5 \end{bmatrix} \xrightarrow{R1 \leftrightarrow R2} \begin{bmatrix} 3 & 6 & -3 & -2 \\ 0 & -2 & 3 & 1 \\ 6 & 6 & 3 & 5 \end{bmatrix}$$

Gambar 6. Contoh operasi OBE: menukarkan sembarang dua buah baris, diambil dari [3]

D. Matriks Eselon

Matriks eselon adalah matriks yang telah melalui transformasi menggunakan OBE hingga mencapai bentuk tertentu yang memudahkan analisis, matriks eselon sendiri terbagi menjadi dua jenis yaitu matriks eselon baris, dan matriks eselon baris tereduksi.

- 1) Matriks eselon baris

Matriks eselon baris adalah matriks yang memiliki 1 utama (leading one) pada setiap baris, kecuali baris yang seluruhnya nol [6]. Contoh:

$$\begin{bmatrix} 1 & * & * \\ 0 & 1 & * \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & * & * \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & * & * \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Gambar 7. Matriks Eselon baris, diambil dari [6]

Keterangan: * di sini adalah sembarang nilai
Sifat-sifat matriks eselon baris:

- Jika sebuah baris tidak terdiri seluruhnya dari nol, maka bilangan tidak nol pertama di dalam baris tersebut adalah 1 (1 utama)
 - Jika ada baris yang seluruhnya nol, maka baris itu dikumpulkan pada bagian bawah matriks.
 - Di dalam dua baris beruntutan yang tidak seluruhnya nol, maka 1 utama pada baris yang lebih rendah terdapat lebih jauh ke kanan dari pada 1 utama pada baris yang lebih tinggi.
- 2) Matriks eselon baris tereduksi

Matriks eselon baris tereduksi memiliki ciri yang hampir sama dengan matriks eselon baris, bedanya hanya di satu sifat tambahan yaitu, dalam matriks

eselon baris tereduksi setiap kolom yang memiliki 1 utama memiliki nol di tempat lain, atau dalam kata lain di bawah dan di atas 1 utama selalu bernilai nol. Sebagai contoh:

$$\begin{bmatrix} 1 & * & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

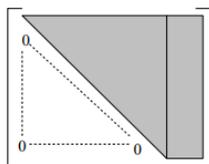
Gambar 8. Matriks eselon baris tereduksi, diambil dari [6]

E. Jenis-Jenis Solusi Sistem Persamaan Linier

Berdasarkan sumber referensi [4], sistem persamaan linier memiliki tiga kemungkinan solusi, yakni mempunyai solusi yang unik (tunggal), memiliki banyak solusi, atau tidak memiliki solusi sama sekali, berikut gambaran dari tiga kemungkinan solusi SPL dalam representasi matriks augmented.

1) Solusi unik/tunggal

Untuk SPL yang memiliki solusi unik ciri khasnya adalah matriks augmented yang sudah dilakukan operasi OBE berbentuk segitiga sampai baris terakhir.

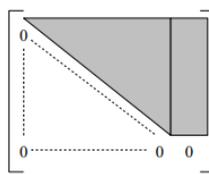


$$\begin{bmatrix} 1 & 3/2 & -1/2 & 5/2 \\ 0 & 1 & 1/2 & 7/2 \\ 0 & 0 & 1 & 3 \end{bmatrix}$$

Gambar 9. Bentuk matriks augmented dari sebuah SPL yang memiliki solusi tunggal beserta contohnya, diambil dari [4]

2) Solusi banyak

Untuk SPL yang memiliki solusi banyak, ciri khasnya adalah matriks augmentednya yang sudah dilakukan operasi OBE memiliki satu atau lebih baris yang semuanya bernilai 0.

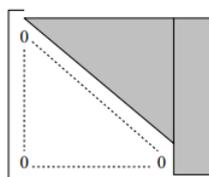


$$\begin{bmatrix} 1 & 3 & -2 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 2 & 0 & 3 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1/3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Gambar 10. Bentuk matriks augmented dari sebuah SPL yang memiliki solusi banyak beserta contohnya, diambil dari [4]

3) Tidak ada solusi

Untuk SPL yang memiliki solusi banyak, ciri khasnya adalah matriks augmentednya yang sudah dilakukan operasi OBE memiliki baris yang bernilai 0 kecuali pada bagian kolom b.



$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Gambar 11. Bentuk matriks augmented dari sebuah

SPL yang tidak memiliki solusi beserta contohnya.

Diambil dari [4]

F. Metode-metode Penyelesaian Sistem Persamaan Linear

1) Metode Eliminasi Gauss

Metode eliminasi gauss bertujuan untuk mereduksi sebuah matriks augmented menjadi bentuk matriks eselon baris, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- Nyatakan sebuah SPL dalam bentuk matriks augmented
- Terapkan OBE pada matriks augmented sampai terbentuk matriks eselon baris
- Selesaikan persamaan yang berkoresponden pada matriks eselon baris dengan teknik penyulihan mundur (backward substitution)

$$\begin{bmatrix} 2 & 3 & -1 & 5 \\ 4 & 4 & -3 & 3 \\ -2 & 3 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} R1/2 \\ \sim \\ R2-4R1 \\ R3+2R1 \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 3/2 & -1/2 & 5/2 \\ 4 & 4 & -3 & 3 \\ -2 & 3 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} R2-4R1 \\ R3+2R1 \\ \sim \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 3/2 & -1/2 & 5/2 \\ 0 & -2 & -1 & -7 \\ 0 & 6 & -2 & 6 \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} R2/(-2) \\ \sim \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 3/2 & -1/2 & 5/2 \\ 0 & 1 & 1/2 & 7/2 \\ 0 & 6 & -2 & 6 \end{bmatrix} \begin{matrix} R3-6R2 \\ \sim \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 3/2 & -1/2 & 5/2 \\ 0 & 1 & 1/2 & 7/2 \\ 0 & 0 & -5 & -15 \end{bmatrix} \begin{matrix} R3/(-5) \\ \sim \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 3/2 & -1/2 & 5/2 \\ 0 & 1 & 1/2 & 7/2 \\ 0 & 0 & 1 & 3 \end{bmatrix}$$

Gambar 12. Contoh penggunaan metode Gauss, diambil dari [3]

2) Metode Eliminasi Gauss-Jordan

Metode Gauss-Jordan merupakan pengembangan dari metode eliminasi Gauss, perbedaannya hanyalah bentuk akhir yang ingin dicapai berbentuk matriks eselon baris tereduksi.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & b_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & b_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} & b_m \end{bmatrix} \sim \text{OBE} \sim \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & * \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & * \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \vdots & 1 & * \end{bmatrix}$$

Gambar 13. Penggunaan Metode Eliminasi Gauss-Jordan, diambil dari [7]

Metode eliminasi Gauss-Jordan ini tidak lagi memerlukan substitusi mundur untuk memperoleh nilai-nilai dari variabelnya, nilai variabelnya langsung diperoleh dari matriks augmented akhir (jika solusinya unik).

G. Makronutrien

Makronutrien adalah nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh dalam Jumlah besar [8]. Ada tiga jenis makronutrien yang penting bagi tubuh, yaitu karbohidrat, protein, dan lemak. Ketiga nutrisi ini dibutuhkan dalam Jumlah banyak karena merupakan sumber energi utama bagi tubuh.

1) Karbohidrat

Karbohidrat merupakan sumber energi utama bagi organ-organ di dalam tubuh untuk menjalankan fungsinya. Karbohidrat akan diolah oleh tubuh menjadi glukosa yang kemudian bisa digunakan langsung ataupun disimpan dan dijadikan cadangan energi bagi tubuh.

Karbohidrat terbagi menjadi dua jenis, yaitu karbohidrat kompleks yang membutuhkan waktu lebih lama untuk dicerna dan diserap oleh tubuh, karbohidrat jenis ini bisa didapatkan dari berbagai makanan seperti sayuran, buah-buahan, kacang-

kacangan, dan biji-bijian.

Selain itu ada juga karbohidrat sederhana yang lebih mudah dicerna dan diserap oleh tubuh, karbohidrat jenis ini bisa didapatkan dari nasi putih, roti tawar, kue, permen, dan madu.

2) Protein

Protein merupakan makronutrien yang berperan dalam pembentukan dan perbaikan sel-sel tubuh. Protein tidak dapat langsung diserap oleh tubuh, protein akan dicerna terlebih dahulu oleh tubuh menjadi asam amino yang kemudian baru bisa diserap oleh tubuh, asam amino juga terbagi menjadi berbagai jenis, 20 diantaranya memiliki peran yang penting bagi tubuh, salah satu cara memperoleh makronutrien ini adalah mengonsumsi makanan seperti daging, ikan, telur, dan juga susu.

3) Lemak

Lemak juga merupakan salah satu makronutrien yang penting bagi tubuh, lemak berfungsi sebagai cadangan energi, pelindung organ tubuh, serta berperan dalam penyerapan vitamin dan membantu dalam pengondisian suhu tubuh.

Lemak dibedakan menjadi dua jenis, yaitu lemak jenuh dan lemak tak jenuh.

Lemak jenuh sering ditemukan dalam daging dan juga produk olahan susu, namun jika lemak jenuh dikonsumsi berlebihan, dapat meningkatkan resiko terjadinya penyakit kardiovaskular

Lemak tak jenuh merupakan jenis lemak sehat yang jika dikonsumsi dapat mengurangi penyakit kardiovaskular, lemak jenis ini sering ditemukan di dalam ikan, alpukat, jagung, dan juga berbagai jenis kacang-kacangan.

H. Mikronutrien

Mikronutrien adalah zat gizi yang dibutuhkan oleh tubuh dalam Jumlah yang sedikit, namun walaupun kebutuhan akan mikronutrien sedikit tetapi mikronutrien sangat penting bagi tubuh.

Mikronutrien secara umum terbagi menjadi dua kelompok, yaitu vitamin dan mineral.

Vitamin merupakan zat organik yang dibutuhkan untuk menjaga fungsi dari organ tubuh serta menjaga kesehatan, vitamin dibagi menjadi dua jenis yaitu vitamin yang larut dalam air dan vitamin yang larut dalam lemak.

Vitamin yang larut dalam air, seperti berbagai jenis vitamin B dan vitamin C, berfungsi untuk memperkuat sel-sel di dalam tubuh dan meningkatkan fungsi otak.

Vitamin yang larut dalam lemak, seperti vitamin A, D, E, dan K, memiliki fungsi yang bermacam seperti memperkuat sistem imun tubuh, menjaga Kesehatan mata, serta membantu dalam penyembuhan luka.

Mineral merupakan zat anorganik yang terbentuk secara alami di alam dan memiliki fungsi-fungsi tertentu. Mineral juga terbagi menjadi dua jenis, yaitu makromineral dan juga mikromineral.

Makromineral contohnya adalah kalsium, magnesium, natrium, dan juga kalium, fungsi makromineral bermacam

dan sangat penting bagi tubuh untuk menjaga Kesehatan tulang dan otot, serta berperan dalam mengendalikan tekanan darah.

Mikromineral contohnya adalah zat besi, mangan, zink, tembaga, selenium, dan seng, yang penting bagi tubuh dan berperan dalam membantu produksi sel darah merah, menjaga Kesehatan otot, dan membantu dalam memperbaiki kerusakan pada sel.

I. Angka Kecukupan Energi

Angka Kecukupan Energi (AKE) adalah angka rata-rata kecukupan energi masyarakat Indonesia per orang per hari pada tingkat konsumsi, mengacu pada standar yang ditetapkan oleh kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan dibidang kesehatan [11].

Fungsi AKE sendiri adalah untuk menyarankan berapa rata-rata zat gizi yang harus dipenuhi oleh suatu kelompok tertentu, zat gizi ini meliputi Energi, protein, lemak, karbohidrat, serat, dan juga air.

Beberapa contoh kelompok AKE di Indonesia, namun tidak terbatas pada daftar ini:

- Anak berusia 7 hingga 9 tahun
Energi: 1650 kkal
Protein: 40 gram
Lemak total: 55 gram
Karbohidrat: 250 gram
Serat: 23 gram
Air: 1650 ml
- Laki-laki berusia 16-18 tahun
Energi: 2650 kkal
Protein: 75 gram
Lemak total: 85 gram
Karbohidrat: 400 gram
Serat: 37 gram
Air: 2300 ml
- Wanita berusia 16-18 tahun
Energi: 2100 kkal
Protein: 65 gram
Lemak total: 70 gram
Karbohidrat: 300 gram
Serat: 29 gram
Air: 2150 ml

III. METODOLOGI

A. Pengumpulan Data

A.1 Identifikasi Jenis Makanan

Agar ruang lingkup penelitian ini tidak terlalu luas, makalah ini menggunakan tujuh jenis makanan saja, alasan pemilihan tujuh makanan ini adalah karena sangat umum untuk dikonsumsi masyarakat Indonesia dan juga mudah diperoleh, ketujuh makanan tersebut ialah:

- 1) Nasi putih
Dipilih karena merupakan makanan pokok masyarakat Indonesia dan merupakan sumber karbohidrat utama.
- 2) Daging sapi
Merupakan sumber protein hewani berkualitas

tinggi, dan kaya akan mineral lainnya.

- 3) Ayam broiler
Merupakan sumber protein hewani yang terjangkau dan memiliki lemak yang lebih rendah dari daging sapi.
- 4) Ikan lele
Merupakan alternatif protein hewani yang lebih ekonomis.
- 5) Telur ayam
Merupakan sumber protein berkualitas tinggi, ekonomis serta mudah diperoleh.
- 6) Susu
Karena merupakan sumber dari kalsium dan juga protein.
- 7) Kangkung
Karena merupakan sayuran yang mudah diperoleh dan merupakan sumber serat yang terjangkau.

A.2 Data Kandungan Nutrisi

Data setiap makanan merupakan data kandungan nutrisi dari masing-masing makanan per 100 gramnya, semua data bersumber dari [13].

- 1) Nasi putih
 - Energi: 130 kkal
 - Protein: 2,7 g
 - Lemak: 0,3 g
 - Karbohidrat: 0,4 g
 - Serat: 0,4 g
- 2) Daging sapi
 - Energi: 250 kkal
 - Protein: 26 g
 - Lemak: 15 g
 - Karbohidrat: 0 g
 - Serat: 0 g
- 3) Ikan lele
 - Energi: 105 kkal
 - Protein: 18 g
 - Lemak: 2,9 g
 - Karbohidrat: 0 g
 - Serat: 0 g
- 4) Ayam broiler
 - Energi: 239 kkal
 - Protein: 27 g
 - Lemak: 13 g
 - Karbohidrat: 0 g
 - Serat: 0g
- 5) Telur ayam:
 - Energi: 143 kkal
 - Protein: 13 g
 - Lemak: 10 g
 - Karbohidrat: 0,7 g
 - Serat: 0 g
- 6) Susu
 - Energi: 42 kkal
 - Protein: 3,4 g
 - Lemak: 1 g

- Karbohidrat: 5 g

- Serat: 0 g

7) Kangkung

- Energi: 18 kkal
- Protein: 2,6 g
- Lemak: 0,2 g
- Karbohidrat: 3,1 g
- Serat: 2,1 g

A.3 Parameter Nutrisi yang Dianalisis

Parameter nutrisi yang dipilih untuk dianalisis berdasarkan Angka Kecukupan Energi yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan meliputi

- Energi (kkal)
- Protein (g)
- Lemak (g)
- Karbohidrat (g)
- Serat (g)
- Air (ml)

Pemilihan parameter ini didasarkan oleh beberapa pertimbangan yakni:

- Merupakan nutrisi makro yang penting untuk tubuh
- Memiliki standar kebutuhan yang jelas berdasarkan AKE
- Dapat diukur secara kuantitatif
- Berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan
- Menjadi indikator utama dalam penilaian status gizi

Parameter ini kemudian akan digunakan untuk menganalisis kecukupan gizi pada tiga kelompok usia berbeda yakni:

- Anak usia 7-9 tahun
- Laki-laki usia 16-18 tahun
- Wanita usia 16-18 tahun

B Pemodelan Matematika

B.1 Penentuan Variabel

Variabel dalam model ini merepresentasikan jumlah porsi (dalam gram) dari setiap jenis makanan yang digunakan, dimana:

x_1 = Jumlah porsi nasi putih (g)

x_2 = Jumlah porsi sumber protein hewani (g)

x_3 = Jumlah porsi telur ayam(g)

x_4 = Jumlah porsi susu (ml)

x_5 = Jumlah porsi kangkung (g)

B.2 Penyusunan Persamaan Linear

Berdasarkan kandungan nutrisi per 100 gram makanan, persamaan linear disusun untuk setiap komponen nutrisi:

1) Persamaan Energi (kkal)

$$1,3x_1 + ax_2 + 1,43x_3 + 0,42x_4 + 0,18x_5 = E$$

2) Persamaan Protein (g)

$$0,027x_1 + bx_2 + 0,13x_3 + 0,034x_4 + 0,026x_5 = P$$

- 3) Persamaan Lemak (g)
 $0,003x_1 + cx_2 + 0,10x_3 + 0,01x_4 + 0,002x_5 = L$
- 4) Persamaan Karbohidrat (g)
 $0,28x_1 + 0x_2 + 0,007x_3 + 0,05x_4 + 0,031x_5 = K$
- 5) Persamaan Serat (g)
 $0,004x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0,021x_5 = S$

Dimana:

$a = 2,50$ untuk daging sapi; $1,05$ untuk ikan lele; $2,39$ untuk ayam broiler

$b = 0,26$ untuk daging sapi; $0,18$ untuk ikan lele; $0,27$ untuk ayam broiler

$c = 0,15$ untuk daging sapi; $0,029$ untuk ikan lele; $0,13$ untuk ayam broiler

$E =$ target energi sesuai kelompok usia

$L =$ target lemak sesuai kelompok usia

$K =$ target karbohidrat sesuai kelompok usia

$P =$ target protein sesuai kelompok usia

$S =$ target serat sesuai kelompok usia

B.3 Konstrai dan Batasan Sistem

- 1) Batasan Non-Negatif
 Jumlah makanan tidak mungkin negatif oleh karena itu, $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$
- 2) Batasan Rasio Nutrisi
 Agar tidak terjadinya suatu dominasi oleh suatu makanan, dibuatlah batasan rasio nutrisi sebagai berikut:
 - Total kalori dari lemak tidak boleh melebihi 30% dari total kalori
 - Total kalori dari protein tidak kurang dari 10% total kalori
 - total kalori dari karbohidrat sekitar 55-65% dari total kalori
- 3) Batasan Ekonomi dan Praktis
 - Kombinasi makanan harus realistis untuk dikonsumsi
 - Jumlah porsi harus dalam kelipatan 25g untuk memudahkan penimbangan
 - Untuk protein hewani, hanya satu jenis yang digunakan dalam satu perhitungan

C. Implementasi

C.1 Metode Validasi Hasil

Untuk melakukan validasi terhadap hasil sistem persamaan linear yang telah dibuat, digunakan beberapa metode validasi:

- 1) Verifikasi Pemenuhan Batasan
 - Memastikan semua solusi memenuhi batas non-negatif
 - Mengecek apakah rasio nutrisi sesuai dengan Batasan yang ditetapkan
 - Memverifikasi bahwa porsi yang dihasilkan dalam kelipatan 25g
- 2) Validasi Nutrisi
 - Menghitung total kalori dari solusi yang dihasilkan

- Memverifikasi persentase kontribusi setiap makronutrien
- Membandingkan hasil dengan target AKE untuk setiap kelompok usia

3) Validasi praktis

- Mengevaluasi kelayakan porsi makanan untuk dikonsumsi
- Memastikan kombinasi makanan masuk akal
- Menilai kemudahan implementasi dalam kehidupan sehari-hari

C.2. Analisis Solusi

Analisis dari solusi yang didapatkan akan dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa aspek:

- 1) Kelayakan nutrisi
 - Kesesuaian dengan kebutuhan energi total
 - Keseimbangan makronutrien
 - Pemenuhan kebutuhan serat
- 2) Kelayakan praktis
 - Kemudahan penerapan dalam penyajian makanan
 - Ketersediaan bahan makanan
 - Kesesuaian dengan pola makan umum
- 3) Analisis Sensitivitas
 - Pengaruh perubahan jenis protein hewani terhadap solusi
 - Dampak variasi batasan terhadap hasil
 - Fleksibilitas solusi untuk penyesuaian praktis
- 4) Dokumentasi Hasil
 - Pencatatan solusi untuk setiap kelompok usia
 - Perbandingan hasil antar kelompok
 - Identifikasi pola dan tren dalam solusi

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Contoh Kasus

Untuk menguji efektivitas model sistem persamaan linear yang telah di rancang, kita akan menganalisis tiga studi kasus berdasarkan kelompok usia yang berbeda. Setiap kasus akan menggunakan ayam broiler sebagai sumber protein hewani untuk konsistensi analisis.

A.1. Studi Kasus Anak Usia 7-9 Tahun

Target nutrisi harian:

Energi sebanyak 1650 kkal, protein sebanyak 40 gram, lemak sebanyak 55 gram, karbohidrat sebanyak 250 gram, dan serat sebanyak 23 gram.

Kemudian persamaan yang digunakan adalah:

$$1,3x_1 + 2,39x_2 + 1,43x_3 + 0,42x_4 + 0,18x_5 = 16,50$$

$$0,027x_1 + 0,27x_2 + 0,13x_3 + 0,034x_4 + 0,026x_5 = 0,40$$

$$0,003x_1 + 0,13x_2 + 0,10x_3 + 0,01x_4 + 0,002x_5 = 0,55$$

$$0,28x_1 + 0x_2 + 0,007x_3 + 0,05x_4 + 0,031x_5 = 2,50$$

$$0,004x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0,021x_5 = 0,23$$

Setelah dimasukkan ke dalam matriks augmented, dan dilakukan metode Gauss-Jordan, didapatkan nilai-nilai per-variabel sebagai berikut:

$$\begin{aligned}x_1 &= 13,871 \\x_2 &= -1,106 \\x_3 &= 9,776 \\x_4 &= -34,196 \\x_5 &= 8,310\end{aligned}$$

A.2. Studi Kasus Laki-laki Usia 16-18 Tahun

Target Nutrisi Harian:

Energi sebanyak 2650 kkal, protein sebanyak 75 gram, lemak total sebanyak 85 gram, karbohidrat sebanyak 400 gram, dan serat sebanyak 37 gram.

Kemudian persamaan yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned}1,3x_1 + 2,39x_2 + 1,43x_3 + 0,42x_4 + 0,18x_5 &= 26,50 \\0,027x_1 + 0,27x_2 + 0,13x_3 + 0,034x_4 + 0,026x_5 &= 0,75 \\0,003x_1 + 0,13x_2 + 0,10x_3 + 0,01x_4 + 0,002x_5 &= 0,85 \\0,28x_1 + 0x_2 + 0,007x_3 + 0,05x_4 + 0,031x_5 &= 4,00 \\0,004x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0,021x_5 &= 0,37\end{aligned}$$

Setelah dimasukkan ke dalam matriks augmented, dan dilakukan metode Gauss-Jordan, didapatkan nilai-nilai per-variabel sebagai berikut:

$$\begin{aligned}x_1 &= 20,919 \\x_2 &= -1,558 \\x_3 &= 14,387 \\x_4 &= -47,613 \\x_5 &= 13,635\end{aligned}$$

A.3. Studi Kasus Wanita Usia 16-18 Tahun

Target Nutrisi Harian:

Energi sebanyak 2100 kkal, protein sebanyak 65 gram, lemak total sebanyak 70 gram, karbohidrat sebanyak 300 gram, dan serat sebanyak 29 gram

Kemudian persamaan yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned}1,3x_1 + 2,39x_2 + 1,43x_3 + 0,42x_4 + 0,18x_5 &= 21,00 \\0,027x_1 + 0,27x_2 + 0,13x_3 + 0,034x_4 + 0,026x_5 &= 0,65 \\0,003x_1 + 0,13x_2 + 0,10x_3 + 0,01x_4 + 0,002x_5 &= 0,70 \\0,28x_1 + 0x_2 + 0,007x_3 + 0,05x_4 + 0,031x_5 &= 3,00 \\0,004x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0,021x_5 &= 0,29\end{aligned}$$

Setelah dimasukkan ke dalam matriks augmented, dan dilakukan metode Gauss-Jordan, didapatkan nilai-nilai per-variabel sebagai berikut:

$$\begin{aligned}x_1 &= 16,794 \\x_2 &= -0,117 \\x_3 &= 10,648 \\x_4 &= -42,113 \\x_5 &= 10,611\end{aligned}$$

B. Evaluasi hasil

Berdasarkan hasil ketiga studi kasus yang telah dilakukan, diperoleh hasil yang tidak memenuhi kriteria yang telah ditetapkan

B.1 Analisis Pemenuhan Batasan

- 1) Batasan Non-Negatif
Ketiga studi kasus menghasilkan negatif pada beberapa variabel yang sama yakni pada x_2 dan x_4 hal ini melanggar prinsip dasar bahwa porsi makanan tidak mungkin bernilai negatif.
- 2) Batasan Rasio Nutrisi
Hasil perhitungan dari ketiga studi kasus menunjukkan bahwa adanya ketidakseimbangan proporsi nutrisi, karbohidrat, lemak, dan protein sama-sama tidak memenuhi batasan-batasan yang telah dibuat.
- 3) Batasan praktis
Perhitungan yang telah dilakukan menghasilkan porsi yang tidak realistis untuk dikonsumsi, dan tidak mungkin diimplementasikan untuk sehari-hari.

B.2. Implikasi Hasil

- 1) Ketidaklayakan model
Model matematika yang telah digunakan belum mampu menghasilkan solusi yang bisa di implementasikan di kehidupan sehari-hari, diperlukan penyesuaian terhadap koefisien dan sistem persamaan yang telah dibuat, serta perlu pertimbangan yang lebih ketat.
- 2) Kebutuhan perbaikan
Diperlukan revisi pada pemodelan matematika yang telah dibuat, dan perlu melakukan penambahan Batasan maksimum dan minimum yang lebih realistis.
- 3) Kesimpulan Evaluasi
Ketiga studi kasus yang telah dianalisis menghasilkan solusi yang tidak dapat diimplementasikan, sehingga diperlukan pendekatan yang berbeda dalam menyelesaikan sistem persamaan yang telah dibuat.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai aplikasi sistem persamaan linear dalam analisis keseimbangan nutrisi pada menu makanan sehari-hari, dapat disimpulkan bahwa sistem persamaan linear dapat digunakan untuk memodelkan masalah keseimbangan nutrisi. Namun, model ini masih memerlukan penyempurnaan lebih lanjut untuk menghasilkan solusi yang dapat diimplementasikan dalam kehidupan sehari-hari.

Hasil perhitungan dari ketiga studi kasus yang telah dilakukan menunjukkan bahwa model matematika yang saat ini digunakan belum dapat menghasilkan komposisi menu yang memenuhi kebutuhan nutrisi sekaligus memenuhi Batasan praktis yang telah ditetapkan. Beberapa

tantangan utama yang dihadapi oleh model ini adalah kesulitan dalam memenuhi batasan non-negatif, kompleksitas dalam menyeimbangkan berbagai kebutuhan nutrisi, serta juga kendala dalam menghasilkan porsi yang realistis untuk dikonsumsi dalam penggunaan sehari-hari.

V. SARAN

Saran penulis untuk melakukan pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk menggunakan pendekatan yang berbeda yang lebih sesuai untuk permasalahan ini, selain itu, diperlukan tambahan batasan yang lebih ketat dan realistis, serta mempertimbangkan faktor-faktor praktis dalam implementasinya. Model juga perlu dikembangkan lagi agar lebih fleksibel sehingga dapat diaplikasikan untuk lebih banyak kelompok usia dengan kebutuhan nutrisi yang berbeda-beda serta dengan restriksi diet yang bermacam-macam.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama, saya ingin mengucapkan puji syukur yang sangat besar kepada Tuhan yang Maha Esa karena dengan rahmat dan karunia-Nya. Saya bisa menyelesaikan makalah saya tanpa ada hambatan dan bisa terselesaikan dengan tepat waktu, terima kasih juga saya ucapkan kepada kedua orang tua saya karena selalu memberikan dukungan kepada saya baik itu secara material maupun non-material, terima kasih juga saya tuturkan kepada bapak Dr. Judhi Santoso, M.Sc. dan Bapak Arrival Dwi Sentosa, S.Kom., M.T. selaku dosen yang telah membimbing saya selama satu semester ini, tak lupa saya juga ingin berterima kasih terhadap Salwa Rizkina karena telah menemani dan juga memberikan mental support selama pengerjaan makalah ini, terakhir saya ingin berterima kasih juga terhadap segala pihak yang telah membantu saya dalam pengerjaan makalah ini walaupun tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

REFERENCES

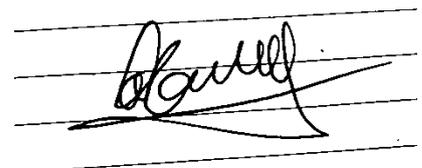
- [1] Nurcahyani, Ida. 2021. "Pentingnya jaga keseimbangan nutrisi di kala pandemi". Antara News. <https://www.antaranews.com/berita/1942000/pentingnya-jaga-keseimbangan-nutrisi-di-kala-pandemi>. diakses pada 26 Desember 2024.
- [2] Nuryanto, Hendrik. "Persamaan Linear: Pengertian, Ciri, Jenis dan Contoh Soal". Gramedia. https://www.gramedia.com/literasi/persamaan-linear/#Pengertian_Persamaan_Linear. diakses pada 26 Desember 2024.
- [3] Munir, Rinaldi. 2024. "Sistem Persamaan Linier (SPL)". <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-03-Sistem-Persamaan-Linier-2023.pdf>. diakses pada 26 Desember 2024.
- [4] Munir, Rinaldi. 2024. "Sistem Persamaan Linier (SPL), Pokok bahasan: Tiga Kemungkinan solusi SPL". <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-04-Tiga-Kemungkinan-Solusi-SPL-2023.pdf>. diakses pada 27 Desember 2024.
- [5] Darmayasa, Putu. 2015. "Operasi Baris Elementer (OBE) dan Penerapannya". Blog KoMa. <https://www.konsep-matematika.com/2015/09/operasi-baris-elementer-obe-dan-penerapannya.html>. Diakses pada 27 Desember 2024.
- [6] Munir, Rinaldi. 2024. "Matriks Eselon". <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/20>

- 23-2024/Algeo-02-Matriks-Eselon-2023.pdf. diakses pada 27 Desember 2024.
- [7] Munir, Rinaldi. 2024. "Sistem Persamaan Linier (SPL) Pokok bahasan: Metode Eliminasi Gauss-Jordan". <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/AljabarGeometri/2023-2024/Algeo-05-Sistem-Persamaan-Linier-2-2023.pdf>. diakses pada 27 Desember 2024.
- [8] Agustin, Sienny. 2024. "Makronutrien, Ketahui Jenis dan Dampaknya jika Tubuh Kekurangan". <https://www.alodokter.com/makronutrien-ketahui-jenis-dan-dampaknya-jika-tubuh-kekurangan>. Diakses pada 27 Desember 2024.
- [9] Resti, Novaria W.. 2022. "Menenal Zat Mikro (Mikronutrien)". <https://itjen.kemdikbud.go.id/covid19/2022/10/26/menenal-zat-mikro-mikronutrien/>. Diakses pada 27 Desember 2024.
- [10] Bella, Airindya. 2022. "Ketahuilah Berbagai Zat Gizi Mikro dan Zat Gizi Makro Beserta Fungsinya". <https://www.alodokter.com/ketahui-berbagai-zat-gizi-mikro-dan-zat-gizi-makro-beserta-fungsinya>. Diakses pada 27 Desember 2024.
- [11] Kepala Badan Pangan Nasional Republik Indonesia. 2023. *Peraturan Badan Pangan Nasional Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2023*. <https://badanpangan.go.id/storage/app/media/2023/Regulasi%2023/Salinan%20Perbadan%2011%20Tahun%202023%20Pola%20Pangan%20Harapan.pdf>. diakses pada 27 Desember 2024.
- [12] Wardani, Agustin Tri, Khairina. 2024. "Berapa Kebutuhan Nutrisi Per Hari? Simak Panduan Berikut Ini...". Kompas. <https://health.kompas.com/read/24A07063000468/berapa-kebutuhan-nutrisi-per-hari-simak-panduan-berikut-ini-?page=all>. Diakses pada 27 Desember 2024.
- [13] <https://fdc.nal.usda.gov/>. diakses pada 27 Desember 2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 28 Desember 2024



M. Abizzar Gamadrian - 13523155