UIN IMAM BONJOL PADANG

MAp Journal
Mathematics & Applications

Web : ejournal.uinib.ac.id/jurnal/index.php/MAp
Email : map_journal@uinib.ac.id

PENGOPTIMALAN KEBUTUHAN GIZI PADA MENU MAKANAN PENDERITA DIABETES (Studi Kasus Rumah Sakit Ratih, Kediri)

Dibyo Adi Wibowo[1], Moch. Sjamsul Hidajat[2]

[1]Universitas Dian Nuswantowo [Email: dibyoadiwibowo@dsn.dinus.ac.id]
[2] Universitas Dian Nuswantowo [Email: moch.sjamsul.hidajat@dsn.dinus.ac.id]

[§]*Corresponding Author*

Received 29th Sept 2023; Accepted 27th Oct 2023; Published 1st Dec 2023;

Abstrak

Rumah Sakit Ratih di Kediri menghadapi masalah untuk menyusun menu makanan yang memenuhi kebutuhan nutrisi pasien diabetes melitus dengan biaya yang rendah. Untuk menyelesaikan masalah ini, metode programing linier dengan metode *branch and bound* digunakan untuk menghasilkan porsi makanan berupa integer yang awalnya dianalisis menggunakan pemrograman linier. Hasil perhitungan menggunakan metode branch and bound menunjukkan bahwa menu makanan untuk penderita diabetes melitus yang melakukan aktivitas olahraga dan tanpa aktivitas olahraga memiliki kebutuhan gizi optimal sebesar 7, 2 porsi bening labu siam, wortel, sup buncis, wortel, dan kentang, dan 12 porsi bening bayam, kecambah. Selama seminggu, penderita diabetes melitus tanpa melakukan aktivitas olahraga memiliki kebutuhan gizi optimal sebesar 7, 2 porsi.

Kata Kunci: diabetes , pemrograman linier, branch and bound.

Abstract

Ratih Hospital in Kediri may face the problem of developing a food menu that meets the nutritional needs of diabetes mellitus patients at a low cost. To solve this problem, the linear programming method with the branch and bound method is used to generate integer food portions that were initially analyzed using linear programming. The results of calculations using the branch and bound method show that the food menu for patients with diabetes mellitus who do sports activities and without sports activities have optimal nutritional needs of 7, 2 clear servings of squash, carrots, bean soup, carrots, and potatoes, and 12 clear servings of spinach, sprouts. During the week, people with diabetes mellitus without doing sports activities have optimal nutritional needs of 7, 2 servings.

***Keywords**: Diabetes, Linear programming, branch and bound.*

1. Pendahuluan

Gaya hidup manusia di zaman modern saat ini sudah banyak yang mengabaikan sisi kesehatan seperti pola makan yang tinggi lemak, garam, dan gula, serta cara hidup yang kurang sehat(Arikha, 2019). Karena semakin sulitnya menghindari makanan yang mengandung gula seperti makanan yang mengandung karbohidrat dan terlalu banyak mengkonsumsinya, maka tubuh akan menyimpannya dalam bentuk gula dalam darah (glikogen). Banyak penderita diabetes melitus yang belum mengerti dan paham bagaimana cara mendapatkan menu makanan dengan kandungan gizi yang optimal dan mendapatkan asupan gizi yang tepat dengan biaya seminimal mungkin. Dalam studi kasus ini diambil permasalahan yang terjadi di Rumah Sakit Ratih, Kediri tentang pengaturan menu makanan yang mengharuskan terpenuhinya kandungan gizi tertentu untuk penderita diabetes melitus dengan biaya seminimal mungkin menyimpannya dalam bentuk gula dalam darah (glikogen). Jika hal ini berlangsung setiap hari akan mengakibatkan penumpukan glikogen yang disimpan dalam tubuh. Akibatnya sekarang banyak masyarakat yang menderita penyakit diabetes melitus yang dikenal dengan kencing manis atau penyakit gula darah.

Untuk mengurangi penumpukan gula dalam darah, maka diperlukan pengaturan porsi makanan dengan kandungan zat gizi yang cukup dan disertai pengurangan total lemak terutama lemak jenuh sesuai dengan standar kesehatan atau dapat melakukan diet untuk mengurangi kalori yang berlebihan. Selain melakukan diet dapat juga melakukan olahraga. Dengan berolahraga dapat mengendalikan berat badan karena kelebihan berat badan merupakan salah satu penyebab utama diabetes melitus.

Menurut (Johnson, 1998) para ahli gizi mengatakan bahwa untuk menurunkan berat badan sebesar satu pon perlu pengurangan 3500 kalori, hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi 3500 kalori dari makanan yang dikonsumsi selama waktu tertentu atau membakar 3500 kalori dengan berolahraga atau mengkombinasikan diet dan berolahraga agar mendapatkan hasil yang ideal.

Menurut (Hartono, 2004) pengaturan menu makanan yang baik atau melakukan diet dapat mengurangi beban kerja insulin dengan meniadakan pekerjaan insulin dalam mengubah gula menjadi glikogen sedangkan olahraga dapat memperbaiki resistensi insulin. Dengan melakukan diet dan berolahraga secara bersama-sama dapat mengendalikan kadar gula darah. Karena hal tersebut, maka pada penelitian ini akan membandingkan kebutuhan gizi penderita diabetes melitus yang hanya melakukan diet dengan yang melakukan diet dan berolahraga, di mana porsi olahraga tidak terlalu berat dan lama 2 karena tubuh akan menghasilkan hormon adrenalin yang akan melawan fungsi insulin sehingga mengakibatkan gula darah meningkat

Banyak penderita diabetes melitus yang belum mengerti dan paham bagaimana cara mendapatkan

menu makanan dengan kandungan gizi yang optimal dan mendapatkan asupan gizi yang tepat dengan biaya seminimal mungkin. Dalam studi kasus ini diambil permasalahan yang terjadi di Rumah Sakit Ratih, Kediri tentang pengaturan menu makanan yang mengharuskan terpenuhinya kandungan gizi tertentu untuk penderita diabetes melitus dengan biaya seminimal mungkin.

Pada penelitian sebelumnya (Sutomo, 2005) membahas tentang perencanaan menu makanan pasien diet diabetes melitusdengan menggunakan metode program linear dan (Mangisu,2008) membahas tentang penerapan pemrograman linier dalam mengoptimalkan kebutuhan gizi dengan biaya minimum dengan hasil akhirnya, yaitu solusi yang diperoleh untuk kebutuhan gizi dan biaya dibulatkan ke integer terdekat. Apabila langsung dibulatkan ke integer terdekat, hal ini memungkinkan mendapatkan solusi yang tidak layak, maka diperlukan suatu metode untuk membulat kansolusi tersebut agar diperoleh solusi yang layak. Sehingga pada artikel ini membahas tentang optimalisasi kebutuhan gizi terhadap penderita diabetes melitus dengan menggunakan metode *branch and bound* yang nantinya akan menghasilkan model penyelesaian matematis dengan hasil penyelesaian pada pemrograman linier berupa pecahan kemudian dibulatkan ke nilai integer terdekat tanpa meninggalkan optimalisasi penyelesaian.

Pemrograman linier merupakan suatu persoalan untuk menentukan besarnya masing-masing nilai variabel sehingga nilai fungsi tujuan yang linier menjadi optimum dengan memperhatikan batasan-batasan yang ada, yaitu nilai inputnya. Batasan input harus dinyatakan dalam pertidaksamaan yang linier, sehingga tepat untuk memecahkan masalah dalam meminimalkan biaya porsi makanan dengan tetap memperhatikan kecukupan gizi bagi penderita diabetes melitus.

2. Landasan Teori

2.1 Riset Operasi

Riset operasi adalah penerapan metode-metode ilmiah terhadap masalah rumit yang muncul dalam pengarahan dan pengelolaan dari suatu sistem besar manusia, mesin, bahan, bisnis. Pendekatan khusus ini bertujuan membentuk suatu model ilmiah dari sistem, menggabungkan faktor-faktor seperti kesempatan dan resiko untuk meramalkan dan membandingkan hasil-hasil dari beberapa keputusan, strategi atau pengawasan. Tujuannya adalah membantu pengambilan keputusan, menentukan kebijaksanaan dan tindakannya secara ilmiah (Mulyono, 2004).

2.2 Pemrograman Linier

2.2.1 Definisi Pemrograman Linier

Pemrograman linier merupakan salah satu teknik riset operasi, yaitu metode matematika dalam mengalokasikan sumber daya yang langka untuk mencapai tujuan seperti memaksimumkan keuntungan atau meminimumkan biaya (Mulyono, 2004).

2.2.2 Formulasi Model Pemrograman Linier

Bentuk umum model matematika dari pemrograman linier merupakan permasalahan maksimasi atau minimasi yang semua variabel keputusan mempunyai batasan tidak negatif di mana dirumuskan sebagai berikut :

Fungsi tujuan: maksimasi atau minimasi

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n,$$

atau dapat ditulis

fungsi tujuan :

$$Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$$

dengan memperhatikan kendala atau pembatas sebagai berikut:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n \ (\leq, \geq, =) b_1$$
$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \ (\leq, \geq, =) b_2$$
$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \ (\leq, \geq, =) b_n$$
$$x_1, \ x_2, \ldots, \ x_n \ \geq 0$$

dengan fungsi kendala :

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j \ (\leq, \geq, =) b_i, i = 1, 2, \ldots, m$$

dimana:

Z = nilai dari fungsi objektif,

c_j = parameter yang menjadi kriteria optimasi atau koefisien peubah pengambilan keputusan dalam fungsi tujuan,

x_j = variabel keputusan ke-j,

a_{ij} = koefisien teknologi ke-i yang digunakan pada kegiatan ke-j,

b_i = jumlah sumber daya ke-i yang tersedia.

2.3 Metode Simpleks

Menurut Herjanto (2005), pemecahan masalah pemrograman linier adalah teknik pengambilan keputusan untuk memecahkan masalah mengalokasikan sumber daya yang terbatas diantara berbagai kepentingan seoptimal mungkin. Cara aljabar mencari penyelesaian dengan pendekatan *trial and error* untuk mendapatkan hasil yang optimum. Cara grafik juga cukup sederhana tetapi hanya dapat digunakan untuk permasalahan yang hanya memiliki dua variabel saja, yaitu grafik yang berbentuk dua dimensi. Jika grafiknya lebih dari dua dimensi atau variabel, dapat mengalami kesulitan untuk mencari titik penyelesaian yang optimum.

2.4 Metode *Branch and Bound*

Metode *branch and bound* atau dikenal dengan cabang dan batas adalah salah satu metode untuk menghasilkan penyelesaian optimum pemrograman linier yang menghasilkan variabel-variabel keputusan bilangan bulat. Metode *branch and bound* memiliki cara dengan membatasi penyelesaian optimum yang akan menghasilkan bilangan pecahan dengan cara membuat cabang batas atas dan bawah untuk masing-masing variabel keputusan yang bernilai pecahan agar bernilai bulat sehingga setiap pembatasan akan menghasilkan cabang baru. Metode *branch and bound* merupakan metode yang membagi permasalahan menjadi bagian-bagian yang mengarah ke solusi atau disebut *branching* dengan membentuk sebuah struktur pohon pencarian atau *search tree* dan melakukan pembatasan atau *bounding* untuk mencapai solusi optimum. Proses *branch* merupakan membangun semua cabang *tree* yang menuju solusi, sedangkan proses *bound* merupakan menghitung node dengan memperhatikan batas *constrain.*

Langkah-langkah dalam penyelesaian metode *branch and bound* adalah sebagai berikut:

a. Memberikan solusi simpleks optimum dari model pemrograman linier dengan batasan cacahnya dilepaskan.

b. Menentukan solusi simpleks *relaxed* sebagai batas atas sedangkan solusi hasil pembulatan ke bawah sebagai batas bawah pada node 1. Solusi simpleks *relaxed* adalah solusi optimum yang diperoleh dari

pemrograman linier dengan mengabaikan pembatas bilangan bulat.

c. Memilih variabel dengan bagian pecahan terbesar untuk percabangan. Buat dua batasan baru untuk variabel ini. Hasilnya adalah sebuah batasan ≤ dan sebuah batasan ≥.

d. Membuat dua node baru, satu dengan batasan ≤ dan satu dengan batasan ≥.

e. Menyelesaikan model pemrograman linier *relaxed* dengan batasan baru yang ditambahkan pada setiap node.

f. Solusi simpleks *relaxed* adalah merupakan batas atas pada setiap node dan solusi cacah maksimum yang ada pada node di mana saja adalah merupakan batas bawah. Jika proses ini menghasilkan solusi cacah *fisible* dengan nilai batas atas terbesar pada akhir node mana saja, maka solusi optimum telah tercapai. Jika tidak muncul suatu solusi cacah *fisible*, lakukanlah percabangan dari node dengan batas atas terbesar dan kemudian ulangi langkah C

g. Untuk model minimasi, solusi *relaxed* merupakan solusi yang dibulatkan ke atas sedangkan batas atas dan bawahnya merupakan kebalikan dari model maksimasi (Hillier, S *and* G.J. Lieberman, 2001)

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. *Formulasi Model Pemrograman Linier Dalam Gizi Makanan*

Ada 3 hal yang harus diidentifikasi sebelum membentuk formulasi model pemrograman linier, yaitu:

a.Variabel Keputusan

Tabel 3.1 Variabel Keputusan

Jenis bahan makanan	Jumlah dibutuhkan
Daging empal	X_1
Semur daging	X_2
Ayam bumbu kuning Ayam	X_3
goreng	X_4
Ayam semur	X_5
Ayam opor	X_6
Tempe goreng	X_7
Tempe mendoan	X_8
Tempe bacem	X_9
Tempe saos asam manis	X_{10}
Telur ceplok	X_{11}
Telur dadar	X_{12}
Tahu kecap	X_{13}
Tahu goreng	X_{14}
Ikan goreng bumbu	X_{15}
Tumis buncis + wortel	X_{16}
Bening labu siam + wortel	X_{17}
Tumis kapri + wortel	X_{18}
Tumis kacang panjang+wortel	X_{19}
Sup kentang + jagung + kapri +	X_{20}
wortel	X_{21}
Sup buncis + wortel + kentang	X_{22}
Bening kecambah + jagung	X_{23}
Tumis labu siam + kacang	X_{24}
panjang	X_{25}
Bening bayam + kecambah	
Tumis jagung + wortel	

Tabel 3.1 merupakan daftar variabel keputusan yangakandigunakan untuk menu makanan bagi penderita diabetes melitusdiRumah Sakit Ratih, Kediri selama tujuh hari.

b. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dalam permasalahan ini adalah meminimalkanbiaya yang dibutuhkan dalam pembuatan menu makanandi Rumah Sakit Ratih. Biaya yang digunakan adalah total dari biaya bahanmakanan, bahan bakar, dan tenaga kerja

c. Fungsi Kendala

Fungsi kendala dari permasalahan ini adalah jumlah komposisi zat gizi makanan dari masing-masing menu makanan berdasarkan angka kecukupan gizi. Setiap menu makanan mempunyai susunan kimia yang berbeda yang mengandung zat gizi bervariasi baik jenis maupun jumlahnya. Untuk menghitung kandungan gizi dari masing-masing bahan makanan diperoleh dari software Nutri Survey for windows.

Membuat model formulasi linierberdasarkan data tabel di bawah ini:

Tabel 3.1. Variabel keputusan, komposisi zat gizi menu makanan dan harga

Bahan makanan	Jumlah dibutuhkan	Kalori (kkal)	Protein (gr)	Lemak (gr)	Karbohidrat (gr)	Serat (gr)	Kalsium (gr)	Harga
Daging empal	x_1	134,5	12,4	9	0	0	2	6416,7
Semur daging	x_2	137,5	13	9	0,3	0	8	6800,04
Ayam bumbu kuning	x_3	160,2	13,6	11,1	0,8	0,4	7,3	3416,7
Ayam goreng	x_4	185,6	13,4	14,4	0	0	6,5	3033,36
Ayam semur	x_5	145,5	14	9,5	0,3	0	7,5	3416,7
Ayam opor	x_6	160,2	13,6	11,1	0,8	0,4	7,3	3416,7
Tempe goreng	x_7	168,5	9,5	11,9	8,5	0,7	46,5	783,34
Tempe mendoan	x_8	198,8	9,2	13,5	12,2	0,8	42,9	591,67
Tempe bacem	x_9	118,5	5,4	7,5	8,8	0,5	39,5	1358,35
Tempe saos asam manis	x_{10}	178,6	8,6	13,5	8	0,7	42,4	2458,35
Telur ceplok	x_{11}	191	12	15,1	1	0	48	2075,01
Telur dadar	x_{12}	187	11,5	14,7	1,2	0	51	2075,01
Tahu kecap	x_{13}	137	13,7	4,5	10,6	0,4	34	1166,68
Tahu goreng	x_{14}	103	8,7	10,1	0,9	0,6	47,5	783,34
Ikan goreng bumbu	x_{15}	97,8	8,7	7,7	0,8	0,4	4,8	3016,7
Tumis buncis + wortel	x_{16}	78,6	1,4	5,5	7,95	2,1	45,5	1850,02
Bening labu siam + wortel	x_{17}	28	0,9	0,5	6,15	1,2	56	1125,01
Tumis kapri + wortel	x_{18}	78,6	1,4	5,5	7,95	5,55	45,5	2500,02
Tumis kacang panjang+wortel	x_{19}	78,6	1,4	5,5	7,95	5,55	45,5	1750,02
Sup kentang + jagung + kapri + wortel	x_{20}	68	1,85	0,7	15,67	2,4	24,55	2916,7
Sup buncis + wortel + kentang	x_{21}	143,4	4,02	0,29	32,9	5,67	52,9	2163,36
Bening kecambah +jagung	x_{22}	84,5	4,9	2,3	15	1,6	18	1175,01
Tumis labu siam + kacang panjang	x_{23}	70,6	1,4	5,5	5,1	2,3	56,5	1600,02
Bening bayam + kecambah	x_{24}	36,5	4,1	1,8	3,4	0,8	51	887,51
Tumis jagung + wortel	x_{25}	72	1,65	0,9	16,55	1,9	23,5	1416,68

3.2 Kasus Penderita Diabetes Melitus Tanpa Aktivitas Olahraga

Dengan menggunakan teori BBR, seorang wanita penderita DM dengan berat badan 62 kg dan tinggi badan 150 cm,maka didapatkan jumlah kebutuhan kalori sebesar 930 kkal/hari.Adapun jumlahkebutuhan gizi yang diperlukan bagi penderita DM tanpa aktivitas olahraga adalah protein 46,5 gr, lemak 20,67 gr, karbohidrat 139,5 gr, serat 25 gr, dan kalsium .Jumlah kandungan gizi tersebut belum termasuk kandungan pada nasi. Adapun kandungan gizi yang terdapat pada nasi adalah kalori 182,5 kal, protein 3,565 gr, lemak 0,33 gr, karbohidrat 39,5 gr, serat 0,65 gr, dan kalsium 14 mg. Sehingga kandungan gizi yang diperlukan bagi penderita tanpa melakukan olahraga adalah kalori 540 kal, protein 39,3 gr, lemak 13,47 gr, karbohidrat 53,7 gr, serat 24,1 gr, dan kalsium 966 gr. Batasan maksimal untuk jumlah karbohidrat dan lemak agar tidak terjadi komplikasi adalah karbohidrat sebesar 162,75 gr dan lemak sebesar 25,83 gr. Maka diperoleh formulasi model matematika :

Fungsi tujuan:

Minimum:

$$Z=6416,7x_1+6800,04x_2+3416,7x_3+3033,36x_4+3416,7x_5+3416,7x_6+783,34x_7+591,67x_8+1358,35x_9+2458,35x_{10}+2075,01x_{11}+2075,01x_{12}+1166,68x_{13}+783,34x_{14}+3016,7x_{15}+1850,02x_{16}+1125,01x_{17}+2500,02x_{18}+1750,02x_{19}+2916,7x_{20}+2163,36x_{21}+1175,01x_{22}+1600,02x_{23}+887,51x_{24}+1416,68x_{25}$$

Fungsi kendala:

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan kalori:

$$134,5x_1+137,5x_2+160,2x_3+185,6x_4+145,5x_5+160,2x_6+68,5x_7+198,8x_8+118,5x_9+178,6x_{10}+191x_{11}+187x_{12}+37x_{13}+103x_{14}+97,8x_{15}+78,6x_{16}+28x_{17}+78,6x_{18}+78,6x_{19}+68x_{20}+143,4x_{21}+84,5x_{22}+70,6x_{23}+36,5x_{24}+72x_{25}\geq 540$$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan protein:

$$12,4x_1+13x_2+13,6x_3+13,4x_4+14x_5+13,6x_6+9,5x_7+9,2x_8+5,4x_9+8,6x_{10}+12x_{11}+11,5x_{12}+13,7x_{13}+3,7x_{14}+6,7x_{15}+1,4x_{16}+0,9x_{17}+1,4x_{18}+1,4x_{19}+1,85x_{20}+4,02x_{21}+4,9x_{22}+1,4x_{23}+4,1x_{24}+1,65x_{25}\geq 39,3$$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan lemak:

$$9x_1+9x_2+11,1x_3+14,4x_4+9,5x_5+11,1x_6+11,9x_7+13,5x_8+7,5x_9+13,5x_{10}+15,1x_{11}+14,7x_{12}+4,5x_{13}+10,1$$

x_{14}+7,7x_{15}+5,5x_{16}+0,5x_{17}+5,5x_{18}+5,5x_{19}+0,7x_{20}+0,29 x_{21}+2,3x_{22}+5,3x_{23}+1,8x_{24}+0,9x_{25}≥13,47

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan karbohidrat:
0,3x_2+0,8x_3+0,3x_5+0,8x_6+8,5x_7+12,2x_8+8,8x_9+8 x_{10}+x_{11}+1,2x_{12}+10,6x_{13}+0,9x_{14}+0,8x_{15} +7,95x_{16}+6,15x_{17}+7,95x_{18}+7,95x_{19}+15,67x_{20}+32,96x_{21}+15x_{22} +6,1x_{23}+3,4x_{24}+ 16,55x_{25}≥53,7

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan serat:
0,4x_3+0,4x_6 +0,7x_7+0,8x_8+0,5x_9+0,7x_{10}+0,4x_{13}+0,6x_{14}+0,4x_{15} +2,1x_{16}+1,2x_{17}+5,55x_{18}+5,55x_{19}+2,4 x_{20}+3,67x_{21}+1,6x_{22}+2,3x_{23}+0,8x_{24}+1,9x_{25} ≥24,1

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan kalsium:
2x_1+3x_2+7,3x_3+6,5x_4+7,5x_5+7,3x_6+46,5x_7+42,9x_8+39,5x_9+42,4x_{10}+48x_{11}+51x_{12}+34x_{13}+7,5x_{14}+4,8x_{15} +45,5x_{16}+36x_{17}+45,5x_{18}+45,5x_{19}+24,55x_{20}+52,9 x_{21}+18x_{22}+36,5x_{23}+51x_{24}+23,5x_{25}≥966

Batasan fungsi kendala untuk jumlah maksimal kebutuhan lemak:
9x_1+9x_2+11,1x_3+14,4x_4+9,5x_5+11,1x_6+11,9x_7+13,5x_8+7,5x_9+13,5x_{10}+15,1x_{11}+14,7x_{12}+4,5x_{13}+10,1 x_{14}+7,7x_{15}+5,5x_{16}+0,5x_{17}+5,5x_{18}+5,5x_{19}+0,7x_{20}+0,29 x_{21}+2,3x_{22}+ 5,3x_{23}+1,8x_{24}+0,9x_{25}≤25,83

Batasan fungsi kendala untuk jumlah maksimal kebutuhan karbohidrat:
0,3x_2+0,8x_3+0,3x_5+0,8x_6+8,5x_7+12,2x_8+8,8x_9+8 x_{10}+x_{11}+1,2x_{12}+10,6x_{13}+0,9x_{14}+0,8x_{15} +7,95x_{16}+6,15x_{17}+7,95x_{18}+7,95x_{19}+15,67x_{20}+32,69x_{21}+15x_{22} +6,1x_{23}+3,4x_{24}+ 16,55x_{25}≤162,75

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25} \geq 0$

3.3 Formulasi Model Matematika Penderita Diabetes melitus Dengan Aktivitas Olahraga

Sebelum menetukan model matematika dalam kombinasi makanan diabetes melitus dengan aktivitas olahraga, menentukan kebutuhan variabel yang dibutuhkan terlebih dahulu.

Seperti pada model kombinasi makanan diabetes melitus tanpa aktivitas olahraga, dimisalkan seorang wanita dengan berat badan suatu pasien penderita diabetes melitus adalah 62 kg dengan tinggi badan 150 cm yang melakukan aktivitas ringan.

Dengan menggunakan IMT, didapatkan berat badan ideal

$$\text{IMT} = \frac{62}{1{,}5 \; x \; 1{,}5} = 27{,}56$$

Menurut kategori ambang batas yang terdapat pada tabel 2.3 adalah obesitas. Untuk mencapai berat badan ideal harus pilih IMT ideal, misal ditetapkan 19, maka

berat badan idealnya = 19 x (1,5 x 1,5) = 42,75

sehingga harus menurunkan berat badan sekitar $62 - 42{,}75 = 19{,}25$ kg.

Dengan menggunakan persamaan (2.4) dapat dihitung kebutuhan energi, yaitu:

Kebutuhan AMB : 1 kal x 42,75 x 24 jam = 1026

AMB + aktivitas fisik : 1,55 x 1026 = 1590,3 +

= 2616,3

Pengurangan kalori untuk penurunan berat badan = 500 = 2116,3

Jadi energi yang dibutuhkan sebanyak 2116,3 kkal. Sehingga diperoleh jumlah kadar zat gizi seperti tabel di bawah ini.

Tabel 4.3 Kandungan Gizi yang Diperlukan Penderita Diabetes Melitus dengan Aktivitas Olahraga

Kandungan Gizi	Jumlah Gizi yang Diperlukan
Kalori	2116,3 kkal
Protein	105,8 gram
Lemak	47,02 gram
Karbohidrat	317,445 gram
Serat	25 gram
Kalsium	975 gram

Jumlah protein yang dibutuhkan adalah $20\% \; x \; 2116{,}3 = 423{,}26$ kalori, karena 1 gram protein terdapat 4 kalori, maka jumlah protein yang dibutuhkan adalah 105,8 gram. Jumlah lemak yang dibutuhkan adalah $20\% \; x \; 2116{,}3 = 423{,}26$ kalori, karena 1 gram lemak mengandung 9 kalori, maka lemak yang dibutuhkan adalah 47,02 gram. Jumlah karbohidrat yang dibutuhkan adalah $60\% \; x \; 2116{,}3 = 1269{,}78$ kalori, karena

1 gram karbohidrat mengandung 4 kalori, maka karbohidrat yang dibutuhkan sebesar 317,445 gram. Jumlah serat yang dibutuhkan bagi penderita diabetes melitus 25 gram. Jumlah kalsium yang dibutuhkan adalah $1{,}5\% \, x \, 65 = 975$ gram.

Perhitungan di atas digunakan sebagai *right hand side* atau b_i. karena model yang ada hanya mewakili menu makan pagi, siang, dan sore dimana nasi yang diberikan kepada pasien belum diperhitungkan. Maka untuk mendapatkan $b_{i,}$ terlebih dahulu harus mengurangi jumlah nutrisi yang diperlukan seperti tabel 4.2 dengan jumlah nutrisi yang terkandung dalam nasi yang dikonsumsi sebanyak 3 kali sehari, dimana kadar nutrisi nasi seperti lampiran 4.

Sehingga jumlah nutrisi yang diperlukan untuk penderita diabetes melitus tanpa aktivitas olahraga adalah:

Kalori	: 2116,3 – 390 = 1726,3
Protein	: 105,8 – 7,2 = 98,6
Lemak	: 47,02 – 0,6 = 46,42
Karbohidrat	: 317,445 – 85,8 = 231,645
Serat	: 25 – 0,9 = 24,1
Kalsium	: 975 – 9 = 966

Jumlah nutrisi pada karbohidrat dan lemak diperlukan batasan maksimal agar tidak terjadi komplikasi penyakit lainnya. Untuk jumlah nutrisi pada karbohidrat tidak melebihi 70% dari kebutuhan kalori, sehingga jumlah maksimal untuk kebutuhan karbohidrat adalah 70% x 2116,3 = 1481,41 kkal. Karena 1 kalori mengandung 4 gram protein, maka jumlah maksimal yang diperlukan untuk penderita diabetes melitus dengan aktivitas mengkonsumsi karbohidrat sebanyak 370,35 gram. Untuk karbohidrat tidak melebihi 25% dari kebutuhan kalori, sehingga jumlah maksimal untuk kebutuhan karbohidrat adala 25% x 2116,3 = 529,075 kalori. Karena 1 kalori mengandung 9 gram lemak, maka jumlah maksimal yang diperlukan untuk penderita diabetes melitus tanpa aktivitas mengkonsumsi karbohidrat sebanyak 58,786 gram.

Berdasarkan perhitungan di atas dan lampiran 4, maka dibentuk persamaan matematika yang sesuai dengan kendalanya, yaitu:

Fungsi tujuan:
Minimum:

$$Z = 6416{,}7x_1 + 6800{,}04x_2 + 3416{,}7x_3 + 3033{,}36x_4 + 3416{,}7x_5 + 3416{,}7x_6 + 783{,}34x_7 + 591{,}67x_8 + 1358{,}35x_9 + 2458{,}35x_{10} + 2075{,}01x_{11} + 2075{,}01x_{12} + 1166{,}68x_{13} + 783{,}34x_{14} + 3016{,}7x_{15} + 1850{,}02x_{16} + 1125{,}01x_{17} + 2500{,}02x_{18} + 1750{,}02x_{19} + 2916{,}7x_{20} + 2163{,}36x_{21} + 1175{,}01x_{22} + 1600{,}02x_{23} + 887{,}51x_{24} + 1416{,}68x_{25}$$

Fungsi kendala:
Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan kalori:

$$134{,}5x_1 + 137{,}5x_2 + 160{,}2x_3 + 185{,}6x_4 + 145{,}5x_5 + 160{,}2x_6 + 168{,}5x_7 + 198{,}8x_8 + 118{,}5x_9 + 178{,}6x_{10} + 191x_{11} + 187x_{12} + 137x_{13} + 103x_{14} + 97{,}8x_{15} + 78{,}6x_{16} + 28x_{17} + 78{,}6x_{18} + 78{,}6x_{19} + 68x_{20} + 143{,}4x_{21} + 84{,}5x_{22} + 70{,}6x_{23} + 36{,}5x_{24} + 72x_{25} \geq 1762{,}3$$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan protein:

$$12{,}4x_1 + 13x_2 + 13{,}6x_3 + 13{,}4x_4 + 14x_5 + 13{,}6x_6 + 9{,}5x_7 + 9{,}2x_8 + 5{,}4x_9 + 8{,}6x_{10} + 12x_{11} + 11{,}5x_{12} + 13{,}7x_{13} + 3{,}7x_{14} + 6{,}7x_{15} + 1{,}4x_{16} + 0{,}9x_{17} + 1{,}4x_{18} + 1{,}4x_{19} + 1{,}85x_{20} + 4{,}02x_{21} + 4{,}9x_{22} + 1{,}4x_{23} + 4{,}1x_{24} + 1{,}65x_{25} \geq 98{,}6$$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan lemak:

$$9x_1 + 9x_2 + 11{,}1x_3 + 14{,}4x_4 + 9{,}5x_5 + 11{,}1x_6 + 11{,}9x_7 + 13{,}5x_8 + 7{,}5x_9 + 13{,}5x_{10} + 15{,}1x_{11} + 14{,}7x_{12} + 4{,}5x_{13} + 10{,}1x_{14} + 7{,}7x_{15} + 5{,}5x_{16} + 0{,}5x_{17} + 5{,}5x_{18} + 5{,}5x_{19} + 0{,}7x_{20} + 0{,}29x_{21} + 2{,}3x_{22} + 5{,}3x_{23} + 1{,}8x_{24} + 0{,}9x_{25} \geq 46{,}42$$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan karbohidrat:

$$0{,}3x_2 + 0{,}8x_3 + 0{,}3x_5 + 0{,}8x_6 + 8{,}5x_7 + 12{,}2x_8 + 8{,}8x_9 + 8x_{10} + x_{11} + 1{,}2x_{12} + 10{,}6x_{13} + 0{,}9x_{14} + 0{,}8x_{15} + 7{,}95x_{16} + 6{,}15x_{17} + 7{,}95x_{18} + 7{,}95x_{19} + 15{,}67x_{20} + 32{,}96x_{21} + 15x_{22} + 6{,}1x_{23} + 3{,}4x_{24} + 16{,}55x_{25} \geq 231{,}645$$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan serat:

$$0{,}4x_3 + 0{,}4x_6 + 0{,}7x_7 + 0{,}8x_8 + 0{,}5x_9 + 0{,}7x_{10} + 0{,}4x_{13} + 0,$$

$6x_{14}+$
$0{,}4x_{15}+2{,}1x_{16}+1{,}2x_{17}+5{,}55x_{18}+5{,}55x_{19}+2{,}4\,x_{20}+3{,}67x_{21}+1{,}6x_{22}+2{,}3x_{23}+0{,}8x_{24}+1{,}9x_{25}\geq 24{,}1$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan kalsium:
$2x_1+3x_2+7{,}3x_3+6{,}5x_4+7{,}5x_5+7{,}3x_6+46{,}5x_7+42{,}9x_8+39{,}5x_9+42{,}4x_{10}+48x_{11}+51x_{12}+34x_{13}+47{,}5x_{14}+4{,}8\,x_{15}+45{,}5x_{16}+$
$36x_{17}+45{,}5x_{18}+45{,}5x_{19}+24{,}55x_{20}+52{,}98x_{21}+18x_{22}+36{,}5x_{23}+51x_{24}+23{,}5x_{25}\geq 966$

Batasan fungsi kendala untuk jumlah maksimal kebutuhan lemak:
$9x_1+9x_2+$
$11{,}1x_3+14{,}4x_4+9{,}5x_5+11{,}1x_6+11{,}9x_7+13{,}5x_8+7{,}5\,x_9+13{,}5x_{10}+15{,}1x_{11}+14{,}7x_{12}+4{,}5x_{13}+10{,}1\,x_{14}+7{,}7\,x_{15}+5{,}5x_{16}+0{,}5x_{17}+5{,}5x_{18}+5{,}5x_{19}+0{,}7x_{20}+0{,}29\,x_{21}+2{,}3x_{22}+5{,}3x_{23}+1{,}8x_{24}+0{,}9x_{25}\leq 58{,}786$

Batasan fungsi kendala untuk jumlah maksimal kebutuhan karbohidrat:
$0{,}3x_2+0{,}8x_3+0{,}3x_5+0{,}8x_6+8{,}5x_7+12{,}2x_8+8{,}8x_9+8\,x_{10}+x_{11}+1{,}2x_{12}+10{,}6x_{13}+0{,}9x_{14}+0{,}8x_{15}+7{,}95x_{16}+6{,}15x_{17}+7{,}95x_{18}+7{,}95x_{19}+15{,}67x_{20}+32{,}69x_{21}+15x_{22}+6{,}1x_{23}+3{,}4x_{24}+16{,}55x_{25}\leq 370{,}35$

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}, x_{18}, x_{19}, x_{20}, x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25} \geq 0$

3.4 Penderita Diabetes Melitus Tanpa Melakukan Aktivitas Olahraga

Dari model matematika yang telah didapatkan, terlebih dahulu diubah dalam bentuk persamaan dengan menambahkan variabel *surplus* dan *artificial* pada fungsi tujuan dan fungsi kendala, maka diperoleh sebagai berikut:

Fungsi tujuan:
Minimum:

$Z=6416{,}7x_1+6800{,}04x_2+3416{,}7x_3+3033{,}36x_4+3416{,}7x_5+3416{,}7x_6+783{,}34x_7+591{,}67x_8+1358{,}35x_9+2458{,}35x_{10}+2075{,}01x_{11}+2075{,}01x_{12}+1166{,}68x_{13}+783{,}34\,x_{14}+3016{,}7x_{15}+1850{,}02x_{16}+1125{,}01x_{17}+2500{,}02x_{18}+1750{,}02x_{19}+2916{,}7x_{20}+2163{,}36x_{21}+1175{,}01x_{22}+1600{,}02x_{23}+887{,}51x_{24}+1416{,}68x_{25}+0s_1+0s_2+0s_3+0s_4+0s_5+0s_6+0s_7+0s_8+0A_1+0A_2+0A_3+0A_4+0A_5+0A_6$

Fungsi kendala:
Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan kalori:

$134{,}5x_1+137{,}5x_2+160{,}2x_3+185{,}6x_4+145{,}5x_5+160{,}2\,x_6+168{,}5x_7+198{,}8x_8+118{,}5x_9+178{,}6x_{10}+191x_{11}+187x_{12}+137x_{13}+103x_{14}+97{,}8x_{15}+78{,}6x_{16}+28x_{17}+78{,}6x_{18}+78{,}6x_{19}+68x_{20}+x_{21}+84{,}5x_{22}+70{,}6x_{23}+36{,}5x_{24}+72x_{25}-0s_1+A_1\geq 540$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan protein:
$12{,}4x_1+13x_2+13{,}6x_3+13{,}4x_4+14x_5+13{,}6x_6+9{,}5x_7+9{,}2x_8+5{,}4x_9+8{,}6x_{10}+12x_{11}+11{,}5x_{12}+13{,}7x_{13}+3{,}7x_{14}+6{,}7x_{15}+1{,}4x_{16}+0{,}9x_{17}+1{,}4x_{18}+1{,}4x_{19}+1{,}85x_{20}+2{,}5\,x_{21}+4{,}9x_{22}+1{,}4x_{23}+4{,}1x_{24}+1{,}65x_{25}-s_2+A_2\geq 39{,}3$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan lemak:
$9x_1+9x_2+11{,}1x_3+14{,}4x_4+9{,}5x_5+11{,}1x_6+11{,}9x_7+13{,}5\,x_8+$
$7{,}5x_9+13{,}5x_{10}+15{,}1x_{11}+14{,}7x_{12}+4{,}5x_{13}+10{,}1\,x_{14}+7{,}7x_{15}+5{,}5x_{16}+0{,}5x_{17}+5{,}5x_{18}+5{,}5x_{19}+0{,}7x_{20}+0{,}5\,x_{21}+2{,}3x_{22}+5{,}3x_{23}+1{,}8x_{24}+0{,}9x_{25}-s_3+A_3\geq 13{,}47$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan karbohidrat:
$0{,}3x_2+0{,}8x_3+0{,}3x_5+0{,}8x_6+8{,}5x_7+12{,}2x_8+8{,}8x_9+8\,x_{10}+x_{11}+1{,}2x_{12}+10{,}6x_{13}+0{,}9x_{14}+0{,}8x_{15}+7{,}95x_{16}+6{,}15x_{17}+7{,}95x_{18}+7{,}95x_{19}+15{,}67x_{20}+18{,}75x_{21}+15x_{22}+6{,}1x_{23}+3{,}4x_{24}+16{,}55x_{25}-s_4+A_4\geq 139{,}5$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan serat:
$0{,}4x_3+0{,}4x_6+0{,}7x_7+0{,}8x_8+0{,}5x_9+0{,}7x_{10}+0{,}4x_{13}+0{,}6x_{14}+0{,}4x_{15}+2{,}1x_{16}+1{,}2x_{17}+5{,}55x_{18}+5{,}55x_{19}+2{,}4\,x_{20}+2{,}35x_{21}+1{,}6x_{22}+2{,}3x_{23}+0{,}8x_{24}+1{,}9x_{25}-s_5+A_5\geq 24{,}1$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan kalsium:
$2x_1+3x_2+7{,}3x_3+6{,}5x_4+7{,}5x_5+7{,}3x_6+46{,}5x_7+42{,}9x_8+39{,}5x_9+42{,}4x_{10}+48x_{11}+51x_{12}+34x_{13}+47{,}5x_{14}+4{,}8\,x_{15}+45{,}5x_{16}+$
$36x_{17}+45{,}5x_{18}+45{,}5x_{19}+24{,}55x_{20}+48x_{21}+18x_{22}+36{,}5x_{23}+51x_{24}+23{,}5x_{25}\geq -s_6+A_6\geq 966$

Batasan fungsi kendala untuk jumlah maksimal kebutuhan lemak:
$9x_1+9x_2+11{,}1x_3+14{,}4x_4+9{,}5x_5+11{,}1x_6+11{,}9x_7+13{,}5\,x_8+$
$7{,}5x_9+13{,}5x_{10}+15{,}1x_{11}+14{,}7x_{12}+4{,}5x_{13}+10{,}1\,x_{14}+7{,}7x_{15}+5{,}5x_{16}+0{,}5x_{17}+5{,}5x_{18}+5{,}5x_{19}+0{,}7x_{20}+0{,}5\,x_{21}+2{,}3x_{22}+5{,}3x_{23}+1{,}8x_{24}+0{,}9x_{25}+s_7\leq 25{,}83$

Batasan fungsi kendala untuk jumlah maksimal kebutuhan karbohidrat:
$0{,}3x_2+0{,}8x_3+0{,}3x_5+0{,}8x_6+8{,}5x_7+12{,}2x_8+8{,}8x_9+8\,x_{10}+x_{11}+1{,}2x_{12}+10{,}6x_{13}+0{,}9x_{14}+0{,}8x_{15}+7{,}95x_{16}+6{,}15x_{17}+7{,}95x_{18}+7{,}95x_{19}+15{,}67x_{20}+18{,}75x_{21}+15x_{22}+6{,}1x_{23}+3{,}4x_{24}+16{,}55x_{25}+s_8\leq 162{,}75$

Dengan menggunakan *software QM for Windows* seperti yang ditunjukkan pada lampiran 5 sehingga diperoleh $x_{17}=7{,}887$; $x_{21}=1{,}3856$ dan $x_{24}=11{,}9355$ dengan biaya minimum

Rp22.465,27. Dengan demikian dapat diartikan bahwa penderita diabetes melitus tanpa aktivitas olahraga dapat mengkonsumsi Bening labu siam + wortel sebanyak 7,887 porsi, sup buncis + wortel + kentang sebanyak 1,3856 porsi dan bening bayam + kecambah sebanyak 11,9355 porsi.

Dengan menggunakan metode pemrograman linier di atas diperoleh hasil variabel keputusan yang berupa pecahan sehingga dianalisis kembali menggunakan metode *branch and bound* untuk menghasilkan variabel keputusan yang *integer*. Dengan menggunakan *QM for Windows* seperti pada lampiran 8 sehingga diperoleh $x_{17} = 7$; $x_{21} = 2$ dan $x_{24} = 12$ dengan biaya minimum Rp22.851,91. Hal ini menghasilkan solusi yang lebih optimal dibandingkan jika solusi variabel dibulatkan ke atas, yaitu Rp23.976,92 sehingga biaya yang dikeluarkan lebih kecil.

3.5 Penderita Diabetes Melitus Dengan Melakukan Aktivitas Olahraga

Dari model matematika yang telah didapatkan, terlebih dahulu diubah dalam bentuk persamaan dengan menambahkan variabel *surplus* dan *artificial* pada fungsi tujuan dan fungsi kendala, maka diperoleh sebagai berikut:

Fungsi Tujuan :

Minimum:

$$Z = 6416{,}7x_1+6800{,}04x_2+3416{,}7x_3+3033{,}36x_4+3416{,}7x_5+3416{,}7x_6+83{,}34x_7+591{,}67x_8+1358{,}35x_9+2458{,}35x_{10}+2075{,}01x_{11}+2075{,}01x_{12}+1166{,}68x_{13}+783{,}34x_{14}+3016{,}7x_{15}+1850{,}02x_{16}+1125{,}01x_{17}+2500{,}02x_{18}+1750{,}02x_{19}+2916{,}7x_{20}+2163{,}36x_{21}+1175{,}01x_{22}+1600{,}02x_{23}+887{,}51x_{24}+1416{,}68x_{25} + 0s_1 + 0s_2 + 0s_3 + 0s_4 + 0s_5 + 0s_6 + 0s_7 + 0s_8 + 0A_1 + 0A_2 + 0A_3 + 0A_4 + 0A_5 + 0A_6$$

Fungsi kendala:

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan kalori:

$$134{,}5x_1+137{,}5x_2+160{,}2x_3+185{,}6x_4+145{,}5x_5+160{,}2x_6+168{,}5x_7+198{,}8x_8+118{,}5x_9+178{,}6x_{10}+191x_{11}+187x_{12}+137x_{13}+103x_{14}+97{,}8x_{15}+78{,}6x_{16}+28x_{17}+78{,}6x_{18}+78{,}6x_{19}+68x_{20}+143{,}4x_{21}+84{,}5x_{22}+70{,}6x_{23}+36{,}5x_{24}+72x_{25}-s_1 + A_1 \geq 1762{,}3$$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan protein:

$$12{,}4x_1+13x_2+13{,}6x_3+13{,}4x_4+14x_5+13{,}6x_6+9{,}5x_7+9{,}2x_8+5{,}4x_9+8{,}6x_{10}+12x_{11}+11{,}5x_{12}+13{,}7x_{13}+3{,}7x_{14}+6{,}7x_{15}+1{,}4x_{16}+0{,}9x_{17}+1{,}4x_{18}+1{,}4x_{19}+1{,}85x_{20}+4{,}02x_{21}+4{,}9x_{22}+1{,}4x_{23}+4{,}1x_{24}+1{,}65x_{25}-s_2 + A_2 \geq 98{,}6$$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan lemak:

$$9x_1+9x_2+11{,}1x_3+14{,}4x_4+9{,}5x_5+11{,}1x_6+11{,}9x_7+13{,}5x_8+7{,}5x_9+13{,}5x_{10}+15{,}1x_{11}+14{,}7x_{12}+4{,}5x_{13}+10{,}1x_{14}+7{,}7x_{15}+5{,}5x_{16}+0{,}5x_{17}+5{,}5x_{18}+5{,}5x_{19}+0{,}7x_{20}+0{,}29x_{21}+2{,}3x_{22}+5{,}3x_{23}+1{,}8x_{24}+0{,}9x_{25}-s_3 + A_3 \geq 46{,}42$$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan karbohidrat:

$$0{,}3x_2+0{,}8x_3+0{,}3x_5+0{,}8x_6+8{,}5x_7+12{,}2x_8+8{,}8x_9+8x_{10}+x_{11}+1{,}2x_{12}+10{,}6x_{13}+0{,}9x_{14}+0{,}8x_{15}+7{,}95x_{16}+6{,}15x_{17}+7{,}95x_{18}+7{,}95x_{19}+15{,}67x_{20}+32{,}96x_{21}+15x_{22}+6{,}1x_{23}+3{,}4x_{24}+16{,}55x_{25} - s_4 + A_4 \geq 231{,}645$$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan serat:

$$0{,}4x_3+0{,}4x_6+0{,}7x_7+0{,}8x_8+0{,}5x_9+0{,}7x_{10}+0{,}4x_{13}+0{,}6x_{14}+0{,}4x_{15}+2{,}1x_{16}+1{,}2x_{17}+5{,}55x_{18}+5{,}55x_{19}+2{,}4x_{20}+3{,}67x_{21}+1{,}6x_{22}+2{,}3x_{23}+0{,}8x_{24}+1{,}9x_{25} - s_5 + A_5 \geq 24{,}1$$

Batasan fungsi kendala untuk kebutuhan kalsium:

$$2x_1+3x_2+7{,}3x_3+6{,}5x_4+7{,}5x_5+7{,}3x_6+46{,}5x_7+42{,}9x_8+39{,}5x_9+42{,}4x_{10}+48x_{11}+51x_{12}+34x_{13}+47{,}5x_{14}+4{,}8x_{15}+45{,}5x_{16}+36x_{17}+45{,}5x_{18}+45{,}5x_{19}+24{,}55x_{20}+52{,}9x_{21}+18x_{22}+36{,}5x_{23}+51x_{24}+23{,}5x_{25} \geq -s_6 + A_6 \geq 966$$

Batasan fungsi kendala untuk jumlah maksimal kebutuhan lemak:

$$9x_1+9x_2+11{,}1x_3+14{,}4x_4+9{,}5x_5+11{,}1x_6+11{,}9x_7+13{,}5x_8+7{,}5x_9+13{,}5x_{10}+15{,}1x_{11}+14{,}7x_{12}+4{,}5x_{13}+10{,}1x_{14}+7{,}7x_{15}+5{,}5x_{16}+0{,}5x_{17}+5{,}5x_{18}+5{,}5x_{19}+0{,}7x_{20}+0{,}29x_{21}+2{,}3x_{22}+5{,}3x_{23}+1{,}8x_{24}+0{,}9x_{25}+s_7 \leq 58{,}786$$

Batasan fungsi kendala untuk jumlah maksimal kebutuhan karbohidrat:

$$0{,}3x_2+0{,}8x_3+0{,}3x_5+0{,}8x_6+8{,}5x_7+12{,}2x_8+8{,}8x_9+8x_{10}+x_{11}+1{,}2x_{12}+10{,}6x_{13}+0{,}9x_{14}+0{,}8x_{15}+7{,}95x_{16}+6{,}15x_{17}+7{,}95x_{18}+7{,}95x_{19}+15{,}67x_{20}+32{,}96x_{21}+15x_{22}+6{,}1x_{23}+3{,}4x_{24}+16{,}55x_{25}+s_8 \leq 370{,}35$$

Dengan menggunakan *software QM for Windows* seperti yang ditunjukkan pada lampiran

10 sehingga diperoleh solusi optimum, yaitu $x_8 = 1{,}9276$; $x_{13} = 2{,}5582$; $x_{21} = 4{,}3462$ dan $x_{24} = 11{,}1061$ dengan biaya minimum Rp23.384,31. Dengan demikian dapat diartikan bahwa penderita diabetes melitus dengan aktivitas olahraga dapat mengkonsumsi tempe mendoan sebanyak 1,9276 porsi, tahu kecap sebanyak 2,5582 porsi, sup buncis+wortel+kentang sebanyak 4,3462 porsi dan bening bayam + kecambah sebanyak 11,1061 porsi.

Dengan menggunakan metode pemrograman linier di atas diperoleh hasil variabel keputusan yang berupa pecahan sehingga dianalisis kembali menggunakan metode *branch and bound* untuk menghasilkan variabel keputusan yang *integer*. Dengan menggunakan *QM for Windows* seperti lampiran 13 diperoleh$x_8 = 2$; $x_{13} = 2$; $x_{21} = 5$ dan $x_{24} = 11$ dengan biaya minimum Rp24.096,11. Hal ini menghasilkan solusi yang lebih optimal dibandingkan jika solusi variabel dibulatkan ke atas, yaitu Rp26.150,30 sehingga biaya yang dikeluarkan lebih kecil.

4. Kesimpulan Dan Saran

Dari hasil perhitungan dan analisis tentang studi kasus di Rumah Sakit Ratih Kediri, tentang perencanaan menu makanan yang tepat bagi penderita diabetes melitus dapat disimpulkan bahwa:

1. Menu makanan yang optimal dengan kandungan gizi bagi penderita diabetes melitus yang melakukan diet tanpa melakukan aktivitas olahraga adalah bening labu siam + wortel, sup buncis + wortel + kentang, serta bening bayam + kecambah masing-masing sebesar 7, 2 dan 12 porsi dengan minimum biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 22851,91 sedangkan menu makanan untuk penderita diabetes mellitus dengan melakukan aktivitas olahraga adalah tempe mendoan, tahu kecap, sup buncis + wortel + kentang, serta bening bayam + kecambah masing-masing 2, 2, 5 dan 11 porsi dengan biaya Rp 24096,11.
2. Penderita diabetes melitus tanpa melakukan aktivitas olahraga lebih banyak mengkonsumsi sayuran. Penderita diabetes melitus dengan aktivitas olahraga lebih banyak kombinasi menu makanan sehingga biaya yang dikeluarkan lebih banyak.

5. Ucapan Terima Kasih

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat AllahSWT yang telah melimpahkan Rahmat, Taufiq, dan Hidayah-Nya,serta junjungan Beliau Rasulullah SAW atas suri teladan yang dibawanya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tersebut hingga selesai.

Skripsi ini tidak dapat diselesaikan dengan baik tanpa bantuan, bimbingan serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Eko Hari Rachmawanto, M.Kom. selaku kaprodi yang telah mensuport, memberikan nasihat, motivasi serta kesabaran yang telah diberikan selama penulisan penelitian tersebut.

2. Liya Susanti yang telah meminjamkan berbagai sumber buku untuk melengkapi punulisan dalam penelitian tersebut.

Daftar Pustaka :

[1] Almatsier, Sunita. 2010. *Penuntun Diet.* Gramedia Pustaka. Jakarta

[2] Aminudin. 2005. *Prinsip-prinsip Riset Operasi*. Penerbit Erlangga.

[3] Azwar, Saifuddin. 2003. *Metode Penelitian*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.

[4] Departemen Kesehatan, Direktorat Jenderal Pembinaan Kesehatan Masyarakat. 1995. *Daftar Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia.* Departemen Kesehatan. Jakarta.

[5] Hartono, dr Andry. 2004. *Terapi Gizi dan Diet Rumah Sakit*. Edisi 2. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.

[6] Kakiay, Thomas J. 2010. *Pemrograman Linier: Metode & Problema.* Andi Publisher. Yogyakarta.

[7] Mangisu, Sarce. 2008. *Penerapan Pemrograman Linier dalam Mengoptimalkan Kebutuhan Gizi Harian dengan Biaya Minimum.* Skripsi. FMIPA UB. Malang

[8] Seydel, Rudiger. 2002. *Tools for Computational Finance*. Springer, Berlin.

[9 Yamit, Z. 2003. *Manajemen Kuantitatif untuk Bisnis (Operation Research)*. BPFE. Yogyakarta.

[10] Tjokroprawiro, Askandar. 2006. *Hidup Sehat dan Bahagia bersama* Diabetes Melitus. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta.

[11] Ayu, Arikha., 2019. Pengaruh Pola Makan Terhadap Potensi Resiko Penyakit Diabetes Melitus. Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia.