BAB III

PEMBAHASAN

3.1 PROGRAM LINEAR DENGAN KOEFISIEN DAN KONSTANTA KENDALA *FUZZY*

Skripsi ini akan membahas mengenai kasus kedua (hal 20,b) yaitu program linear *fuzzy* dengan koefisien kendala $(\tilde{a}_{ij})$ dan konstanta sebelah kanan $(\tilde{b}_i)$ berbentuk bilangan *fuzzy*. Bentuk umum dari program linear *fuzzy* ini adalah sebagai berikut (Yuan, 1995) :

Maksimumkan

$$Z = \sum_{j=1}^{n} C_j x_j \tag{3.1}$$

Dengan Kendala :

$$\sum_{j=1}^{n} \tilde{a}_{ij} x_j \leq \tilde{b}_i \qquad (i = 1, 2, 3, \ldots, m)$$

$$x_j \geq 0 \qquad (j = 1, 2, 3, \ldots, n) \tag{3.2}$$

Bilangan *fuzzy* yang digunakan pada permasalahan program linear dengan koefisien dan konstanta kendala *fuzzy* yaitu bilangan triangular *fuzzy* yang direpresentasikan dengan tiga parameter $m,\ \alpha,\ \beta$ pada gambar (2.7).

Bilangan *fuzzy* triangular yang direpresentasikan dengan $m,\ \alpha,\ \beta$ dapat dituliskan pada koefisien $(\tilde{a}_{ij})$ sehingga $\tilde{a}_{ij} = (m_{ij}, \alpha_{ij}, \beta_{ij})$ dan konstanta kendala $(\tilde{b}_i)$ dimisalkan dengan n, δ, θ sehingga dapat dituliskan$(n_i, \delta_i, \theta_i)$. Sehingga permasalahan program linear dengan koefisien $(\tilde{a}_{ij})$ dan konstanta kendala ($\tilde{b}_i$) berbentuk bilangan triangular *fuzzy* dapat diformulasikan sebagai berikut :

Maksimumkan :

$$Z = \sum_{j=1}^{n} C_j x_j \tag{3.3}$$

Dengan kendala:

$$\sum_{j=1}^{n} (m_{ij}, \alpha_{ij}, \beta_{ij}) x_j \leq (n_i, \delta_i, \theta_i) \qquad (i = 1, 2, 3, \dots, m)$$

$$x_j \geq 0 \qquad (j = 1, 2, 3, \dots, n) \tag{3.4}$$

Penyelesaian permasalahan program linear *fuzzy* disesuaikan dengan penggunaan nilai-nilai operasi aritmatika yang ada didalamnya, karena nilai fungsi tujuan, fungsi kendala berupa bilangan *fuzzy* maka operasi aritmatika yang digunakan adalah operasi aritmatika bilangan *fuzzy*.

Berikut adalah tahapan dalam menyelesaikan permasalahan program linear *fuzzy* :

a. Tahap ke-1 : mengubah masalah program linear *fuzzy* dimana fungsi tujuan dan fungsi kendala *fuzzy* dikonversi ke dalam program linear biasa.

b. Tahap ke-2 : Setelah fungsi tujuan dan fungsi kendala program linear *fuzzy* dikonversi, maka permasalahan program linear tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan metode simplek atau metode grafik dan hasil akhir dari permasalahan program linear *fuzzy* yaitu berupa bilangan real.

Karena bilangan *fuzzy* triangular yang digunakan dalam pembahasan ini, maka untuk menyelesaikan program linear *fuzzy* dengan fungsi kendala bilangan *fuzzy* triangular sama seperti tahapan-tahapan diatas, yaitu :

a. Tahap ke-1 :

(i) Langkah ke-1 : mengubah bilangan *fuzzy* $(\tilde{a}_{ij})$ dan $(\tilde{b}_i)$ ke bilangan crips dengan mengkonversi bilangan *fuzzy* triangular menggunakan *partial order*.

(ii) Langkah ke-2 : *Partial order* dilambangkan dengan $\leq$ yang mendefinisikan bahwa $\tilde{A} \leq \tilde{B}$ jika dan hanya jika $MAX(\tilde{A}, \tilde{B}) = \tilde{B}$, maka bilangan fuzzy triangular dapat diurutkan menggunakan *partial order* dengan mengasumsikan dua bilangan triangular *fuzzy* yaitu $\tilde{A} = (m_1, \alpha_1, \beta_1)$ dan $\tilde{B} = (m_2, \alpha_2, \beta_2)$, maka untuk $\tilde{A} \leq \tilde{B}$ jika dan hanya jika $m_1 \leq m_2$, $m_1 - \alpha_1 \leq m_2 - \alpha_2$, $m_1 + \beta_1 \leq m_2 + \beta_2$.

(iii) Langkah ke-3 : Mengubah formulasi sesuai dengan *partial order*, sehingga formulasi untuk permasalahan pemrograman linear *fuzzy* dengan fungsi kendala bilangan triangular *fuzzy* berubah menjadi seperti berikut:

Maksimumkan :

$$Z = \sum_{j=1}^{n} C_j x_j \tag{3.5}$$

Dengan kendala :

$$\sum_{j=1}^{n} m_{ij}x_j \leq n_i$$

$$\sum_{j=1}^{n} (m_{ij} - \alpha_{ij})x_j \leq (n_i - \delta_i) \qquad (i = 1, 2, 3, \dots, m) \tag{3.6}$$

$$\sum_{j=1}^{n} (m_{ij} + \beta_{ij})x_j \leq (n_i + \theta_i)$$

$$x_j \geq 0 \qquad (j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

b. Tahap ke-2 :

(i) Langkah ke-1 : formulasi permasalahan pemrograman linear dengan fungsi kendala bilangan *fuzzy* yang baru diubah ke dalam bentuk standar program linear.

(ii) Langkah ke-2 : Setelah diubah dalam bentuk standar program linear, permasalahan diselesaikan dengan menggunakan metode simplek dan diperoleh hasil akhir berupa bilangan real.

3.2 CONTOH KASUS

Sebuah perusahaan kue memproduksi dua jenis produk olahan kue berbahan cokelat yang berbeda, yaitu brownies bakar cokelat chips dan cokelat chips cookies. Produk olahan cokelat tersebut dikerjakan melalui tiga proses, yaitu proses 1, proses 2, dan proses 3. Setiap hari perusahaan membuat adonan brownies bakar cokelat chips dan cokelat chips cookies, dimana satu adonan untuk brownies bakar cookies akan menjadi empat loyang brownies dan untuk satu adonan cokelat chips cookies akan menjadi lima toples cookies. Untuk membuat brownies bakar cokelat chips setiap harinya perusahaan membutuhkan 4 kg tepung terigu, 2.5 kg gula pasir, 1 kg cokelat bubuk, 2.5 kg telur ayam, 1 kg susu, 1 kg cokelat chips, 4 kg margarine. Untuk membuat cokelat chips cookies membutuhkan 3 kg tepung terigu, 1.25 kg gula pasir, 0.2 kg cokelat bubuk, 0.625 kg telur ayam, 0.2 kg susu, 1.25 kg cokelat chips, 1.5 kg margarine. Stok bahan baku yang disediakan perusahaan di gudang setiap minggunya sebanyak 35 kg tepung terigu, 25 kg gula pasir, 10 kg cokelat bubuk, 21 kg telur ayam, 5 kg susu, 7 kg cokelat chips, 30 kg margarine.

Apabila pemesanan meningkat seperti hari besar keagamaan atau libur panjang maka perusahaan memungkinkan adanya penambahan dalam memproduksi brownies bakar cokelat chips dan cokelat chips cookies. Untuk brownies bakar cokelat chips bahna baku yang ditambahkan sebanyak 2 kg tepung terigu, 1.25 kg gula pasir, 0.5 kg cokelat bubuk, 1.25 kg telur ayam, 0.5 kg susu, 0.5 kg cokelat chips, 2 kg margarine. Untuk memproduksi cokelat chips cookies bahan baku yang ditambahkan sebanyak 2.4 kg tepung teirgu, 1 kg gula pasir, 0.16 kg cokelat bubuk, 0.5 kg telur ayam, 0.16 kg susu, 1 kg cokelat chips, 1.2 kg margarine. Dengan adanya peningkatan pemesanan perushaan dituntut untuk dapat memenuhi permintaan tersebut, maka dari itu stok bahan baku yang tersedia di gudang memungkinkan adanya penambahan juga sebanyak 17.5 kg tepung terigu, 12.5 kg gula pasir, 2 kg cokelat bubuk, 10.5 kg telur ayam, 2.5 kg susu, 3.5 kg cokelat chips, 15 kg margarine.

Namun, apabila pemesanan berkurang dan harga bahan baku dipasaran meningkat tetapi produksi harus tetap berjalan, maka perusahaan memungkinkan adanya pengurangan jumlah produksi dan stok bahan baku di gudang mengalami pengurangan. Sehingga untuk memproduksi brownies bakar cokelat chips bahan baku hanya diperlukan sebanyak 1 kg tepung terigu, 0.625 kg gula pasir, 0.25 kg cokelat bubuk, 0.625 kg telur ayam, 0.25 kg susu, 0.25 kg cokelat chips, 1 kg margarine. Untuk cokelat chips cookies bahan baku yang dibutuhkan sebanyak 1.2 kg tepung terigu, 0.5 kg gula pasir, 0.128 kg cokelat bubuk, 0.125 kg telur ayam, 0.128 kg susu, 0.5 kg cokelat chips, 0.6 kg margarine. Stok bahan baku yang tersedia di gudang memungkinkan adanya pengurangan juga sebanyak 8.75 kg tepung terigu, 6.25 kg gula pasir, 1 kg cokelat bubuk, 5.25 kg telur ayam, 1.25 kg susu, 1.75 kg cokelat chips, 7.5 kg margarine.

Waktu untuk memproduksi brownies bakar cokelat chips adalah 3 menit pada proses 1 untuk mempersiapkan bahan baku yang akan diproses, 3 menit pada proses2 untuk mengocok bahan baku yang telah disediakan, dan 20 menit pada proses 3 untuk mengoven adonan brownies bakar cokelat chips tersebut dengan menggunakan api sedang. Untuk cokelat chips cookies membutuhkan waktu 10 menit pada proses 1 untuk mempersiakan bahan baku, 30 menit pada proses 2 untuk mengaduk dan mencetak adonan cokelat chips cookies, dan 10 menit pada proses 3 untuk membakar adonan cokelat chips cookies dengan menggunakan api kecil. Jumlah karyawan pada proses 1 sebanyak 2 orang, proses 2 sebanyak 5 orang, dan 2 orang pada proses 3. Perusahaan bekerja dengan 1 shift, mulai pukul08.00 sampai dengan 16.00 dengan istirahat selama 1 jam mulai pukul 12.00 sampai dengan 13.00 setiap harinya. Keuntungan yang diperoleh untuk brownies bakar cokelat chips sebesar Rp.15.000/ adonan dan untuk cokelat chips cookies sebesar Rp.10.000/adonan. Berdasarkan kondisi tersebut, berapakah keuntungan maksimum yang bisa diperoleh perusahaan ?

Penyelesaian:

Pada penyelesaian kasus ini, bahan baku dinyatakan dalam kg. Jam kerja karyawan per hari dapat dihitung :

Proses 1 : $2 \times 6 \times 60$ menit = 720 menit

Proses 2 : $5 \times 6 \times 60$ menit = 1800 menit

Proses 3 : $2 \times 6 \times 60$ menit = 720 menit

Kasus ini dapat ditabulasikan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Bahan Baku Kue dan Waktu Proses Pembuatannya

BAHAN BAKU	PRODUK						KAPASITAS		
	Brownies Bakar Cokelat Chips			Cokelat Chips Cookies			Tetap	Naik	Turun
	Tetap	Naik	Turun	Tetap	Naik	Turun			
Terigu (Kg)	4	2	1	3	2.4	1.2	35	17.5	8.75
Gula Pasir (Kg)	2.5	1.25	0.625	1.25	1	0.5	25	12.5	6.25
Cokelat Bubuk (Kg)	1	0.5	0.25	0.2	0.16	0.128	10	2	1
Telur Ayam (Kg)	2.5	1.25	0.625	0.625	0.5	0.125	21	10.5	5.25
Susu (Kg)	1	0.5	0.25	0.2	0.16	0.128	5	2.5	1.25
Cokelat Chips (Kg)	1	0.5	0.25	1.25	1	0.5	7	3.5	1.75
Margarine (Kg)	4	2	1	1.5	1.2	0.6	30	15	7.5
Proses 1 (menit)	3	0	0	10	0	0	720	0	0
Proses 2 (menit)	3	0	0	30	0	0	1800	0	0
Proses 3 (menit)	20	0	0	10	0	0	720	0	0
Keuntungan	15000			10000					

Variabel Keputusan :

x_1 = Adonan Brownies Bakar Cokelat Chips

x_2 = Adonan Cokelat Chips Cookies

Kasus tersebut dapat di formulasikan sebagai berikut :

Maksimumkan : $Z = 15000x_1 + 10000x_2$

Dengan Kendala : $(4, 2, 1)x_1 + (3, 2.4, 1.2)x_2 \leq (35, 17.5, 8.75)$

$(2.5, 1.25, 0.625)x_1 + (1.25, 1, 0.5)x_2 \leq (25, 12.5, 6.25)$

$(1, 0.5, 0.25)x_1 + (0.2, 0.16, 0.128)x_2 \leq (10, 2, 1)$

$(2.5, 1.25, 0.625)x_1 + (0.625, 0.5, 1.25)x_2 \leq (21, 10.5, 5.25)$

$(1, 0.5, 0.25)x_1 + (0.2, 0.16, 0.128)x_2 \leq (5, 2.5, 1.25)$

$(1, 0.5, 0.25)x_1 + (1.25, 1, 0.5)x_2 \leq (7, 3.5, 1.75)$

$(4, 2, 1)x_1 + (1.5, 1.2, 0.6)x_2 \leq (30, 15, 7.5)$

$3x_1 + 10x_2 \leq 720$

$3x_1 + 30x_2 \leq 1800$

$20x_1 + 10x_2 \leq 720$

$x_1, x_2 \geq 0$

Fungsi Kendala pada kasus program linear tersebut dapat di representasikan dalam kurva segitiga (lampiran)

Untuk menyelesaikan permasalahan pada kasus di atas, program linear *fuzzy* dengan nilai μ=0 diubah ke dalam program linear biasa seperti pada langkah tahap-1 (ii), sehingga formulasi tersebut dapat dituliskan kembali seperti berikut :

Maksimumkan : $Z = 15000x_1 + 10000x_2$

Dengan Kendala : $4x_1 + 3x_2 \leq 35$

$2.5x_1 + 1.25x_2 \leq 25$

$1x_1 + 0.2x_2 \leq 10$

$2.5x_1 + 0.625x_2 \leq 21$

$1x_1 + 0.2x_2 \leq 5$

$1x_1 + 1.25x_2 \leq 7$

$4x_1 + 1.5x_2 \leq 30$

$2x_1 + 0.6x_2 \leq 17.5$

$1.25x_1 + 0.25x_2 \leq 12.5$

$0.5x_1 + 0.04x_2 \leq 8$

$1.25x_1 + 0.125x_2 \leq 10.5$

$0.5x_1 + 0.04x_2 \leq 2.5$

$0.5x_1 + 0.25x_2 \leq 3.5$

$2x_1 + 0.3x_2 \leq 15$

$5x_1 + 4.2x_2 \leq 43.75$

$3.125x_1 + 1.75x_2 \leq 31.25$

$1.25x_1 + 0.328x_2 \leq 11$

$3.125x_1 + 0.75x_2 \leq 26.25$

$1.25x_1 + 0.328x_2 \leq 6.25$

$1.25x_1 + 1.75x_2 \leq 8.75$

$5x_1 + 2.1x_2 \leq 37.5$

$3x_1 + 10x_2 \leq 720$

$3x_1 + 30x_2 \leq 1800$

$20x_1 + 10x_2 \leq 720$

$x_1, x_2 \geq 0$

Permasalahan program linear *fuzzy* tersebut sudah berbentuk tegas, sehingga permasalahan program linear *fuzzy* dapat diselesaikan dengan program linear biasa. Formulasi linear tersebut diubah ke dalam bentuk standar program linear, dimana fungsi tujuan harus bernilai real, fungsi kendala dengan simbol $\leq$ diubah ke bentuk =, serta ditambahakan variabel slack.

Bentuk standar program linear

Maksimumkan : $Z - 15000x_1 - 10000x_2 = 0$

Dengan Kendala : $4x_1 + 3x_2 + s_1 = 35$

$2.5x_1 + 1.25x_2 + s_2 = 25$

$1x_1 + 0.2x_2 + s_3 = 10$

$2.5x_1 + 0.625x_2 + s_4 = 21$

$1x_1 + 0.2x_2 + s_5 = 5$

$1x_1 + 1.25x_2 + s_6 = 7$

$4x_1 + 1.5x_2 + s_7 = 30$

$2x_1 + 0.6x_2 + s_8 = 17.5$

$1.25x_1 + 0.25x_2 + s_9 = 12.5$

$0.5x_1 + 0.04x_2 + s_{10} = 8$

$1.25x_1 + 0.125x_2 + s_{11} = 10.5$

$0.5x_1 + 0.04x_2 + s_{12} = 2.5$

$0.5x_1 + 0.25x_2 + s_{13} = 3.5$

$2x_1 + 0.3x_2 + s_{14} = 15$

$5x_1 + 4.2x_2 + s_{15} = 43.75$

$3.125x_1 + 1.75x_2 + s_{16} = 31.25$

$1.25x_1 + 0.328x_2 + s_{17} = 11$

$3.125x_1 + 0.75x_2 + s_{18} = 26.25$

$1.25x_1 + 0.328x_2 + s_{19} = 6.25$

$1.25x_1 + 1.75x_2 + s_{20} = 8.75$

$5x_1 + 2.1x_2 + s_{21} = 37.5$

$3x_1 + 10x_2 + s_{22} = 720$

$3x_1 + 30x_2 + s_{23} = 1800$

$20x_1 + 10x_2 + s_{24} = 720$

$x_1, x_2, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10}, s_{11}, s_{12}, s_{13}, s_{14},$

$s_{15}, s_{16}, s_{17}, s_{18}, s_{19}, s_{20}, s_{21}, s_{22}, s_{23}, s_{24} \geq 0$

Formulasi program linear dalam bentuk standar tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan metode simpleks.

Tabel 3.2 Metode Simpleks Iterasi 0

Basis	Z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{14}	s_{15}	s_{16}	s_{17}	s_{18}	s_{19}	s_{20}	s_{21}	s_{22}	s_{23}	s_{24}	R.H.S
Z	1	-15000	-10000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
s_1	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
s_2	0	2.5	1.25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
s_3	0	1	0.2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
s_4	0	2.5	0.625	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
s_5	0	1	0.2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
s_6	0	1	1.25	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
s_7	0	4	1.5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
s_8	0	2	0.6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.5
s_9	0	1.25	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.5
s_{10}	0	0.5	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
s_{11}	0	1.25	0.125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.5
s_{12}	0	0.5	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5
s_{13}	0	0.5	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.5
s_{14}	0	2	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
s_{15}	0	5	4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.75
s_{16}	0	3.125	1.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	31.25
s_{17}	0	1.25	0.328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	11
s_{18}	0	3.125	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	26.25
s_{19}	0	1.25	0.328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6.25
s_{20}	0	1.25	1.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8.75
s_{21}	0	5	2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	37.5
s_{22}	0	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	720
s_{23}	0	3	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1800
s_{24}	0	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	720

Tabel 3.3 Metode Simpleks Iterasi 1

Basis	Z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{14}	s_{15}	s_{16}	s_{17}	s_{18}	s_{19}	s_{20}	s_{21}	s_{22}	s_{23}	s_{24}	R.H.S
Z	1	0	-6064	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12000	0	0	0	0	0	75000
s_1	0	0	1.9504	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.2	0	0	0	0	0	15
s_2	0	0	0.594	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	12.5
s_3	0	0	-0.0624	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.8	0	0	0	0	0	5
s_4	0	0	-0.031	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0	0	0	0	0	8.5
s_5	0	0	-0.0624	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.8	0	0	0	0	0	0
s_6	0	0	0.9876	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.8	0	0	0	0	0	2
s_7	0	0	0.4504	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.2	0	0	0	0	0	10
s_8	0	0	0.0752	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.6	0	0	0	0	0	7.5
s_9	0	0	-0.078	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	6.25
s_{10}	0	0	-0.0912	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.4	0	0	0	0	0	5.5
s_{11}	0	0	-0.203	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	4.25
s_{12}	0	0	-0.0912	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-0.4	0	0	0	0	0	0
s_{13}	0	0	0.1188	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-0.4	0	0	0	0	0	1
s_{14}	0	0	-0.2248	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-1.6	0	0	0	0	0	5
s_{15}	0	0	2.888	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-4	0	0	0	0	0	18.75
s_{16}	0	0	0.93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-2.5	0	0	0	0	0	15.625
s_{17}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	4.75
s_{18}	0	0	-0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-2.5	0	0	0	0	0	10.625
x_1	0	1	0.2624	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0	0	0	0	0	5
s_{20}	0	0	1.422	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	2.5
s_{21}	0	0	0.788	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4	0	1	0	0	0	12.5
s_{22}	0	0	9.2128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.4	0	0	1	0	0	705
s_{23}	0	0	29.2128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.4	0	0	0	1	0	1785
s_{24}	0	0	4.752	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-16	0	0	0	0	1	620

Tabel 3.4 Metode Simpleks Iterasi 2

Basis	Z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{14}	s_{15}	s_{16}	s_{17}	s_{18}	s_{19}	s_{20}	s_{21}	s_{22}	s_{23}	s_{24}	R.H.S
Z	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7735.584	4264.416	0	0	0	85661.04
s_1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.82841	-1.37159	0	0	0	11.57103
s_2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.58228	-0.41772	0	0	0	11.4557
s_3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.84388	0.043882	0	0	0	5.109705
s_4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.0218	0.0218	0	0	0	8.554501
s_5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.84388	0.043882	0	0	0	0.109705
s_6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.10549	-0.69451	0	0	0	0.263713
s_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.88326	-0.31674	0	0	0	9.208158
s_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.54712	-0.05288	0	0	0	7.367792
s_9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.05485	0.054852	0	0	0	6.387131
s_{10}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.46414	0.064135	0	0	0	5.660338
s_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1.14276	0.142757	0	0	0	4.606892
s_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-0.46414	0.064135	0	0	0	0.160338
s_{13}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-0.31646	-0.08354	0	0	0	0.791139
s_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-1.75809	0.158087	0	0	0	5.395218
s_{15}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-1.96906	-2.03094	0	0	0	13.67264
s_{16}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-1.84599	-0.65401	0	0	0	13.98998
s_{17}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	4.75
s_{18}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-2.54923	0.049226	0	0	0	10.74807
x_1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.984529	-0.18453	0	0	0	4.538678
x_2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.70323	0.703235	0	0	0	1.758087
s_{21}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.44585	-0.55415	1	0	0	11.11463
s_{22}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.078762	-6.47876	0	1	0	688.8031
s_{23}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18.14346	-20.5435	0	0	1	1733.641
s_{24}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-12.6582	-3.34177	0	0	0	611.6456

Formulasi program linear dalam bentuk standar tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan metode simpleks. Solusi optimum yang di dapatkan dengan nilai μ=0

Z = Rp. 85661.04

x_1 = 4.538

x_2 = 1.758

Untuk kasus program linear *fuzzy* dengan nilai μ=1, maka formulasinya sebagai berikut:

Maksimumkan : $Z = 15000x_1 + 10000x_2$

Dengan kendala : $4x_1 + 3x_2 \leq 35$

$2.5x_1 + 1.25x_2 \leq 25$

$1x_1 + 0.2x_2 \leq 10$

$42.5 + 0.625x_2 \leq 21$

$1x_1 + 0.2x_2 \leq 5$

$1x_1 + 1.25x_2 \leq 7$

$4x_1 + 1.5x_2 \leq 30$

$3x_1 + 10x_2 \leq 720$

$3x_1 + 30x_2 \leq 1800$

$20x_1 + 10x_2 \leq 720$

$x_1, x_2 \geq 0$

Formulasi program linear tersebut diubah ke bentuk standar program linear sebagai berikut :

Maksimumkan : $Z - 15000x_1 - 10000x_2 = 0$

Dengan Kendala : $4x_1 + 3x_2 + s_1 = 35$

$2.5x_1 + 1.25x_2 + s_2 = 25$

$1x_1 + 0.2x_2 + s_3 = 10$

$42.5 + 0.625x_2 + s_4 = 21$

$1x_1 + 0.2x_2 + s_5 = 5$

$1x_1 + 1.25x_2 + s_6 = 7$

$4x_1 + 1.5x_2 + s_7 = 30$

$3x_1 + 10x_2 + s_8 = 720$

$3x_1 + 30x_2 + s_9 = 1800$

$20x_1 + 10x_2 + s_{10} = 720$

$x_1, x_2, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10} \geq 0$

Model program linear tersebut diselesaikan dengan menggunakan metode simpleks.

Tabel 3.5 Metode Simpleks Iterasi 0

Basis	Z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	R.H.S
Z	1	-15000	-10000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
s_1	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
s_2	0	2.5	1.25	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	25
s_3	0	1	0.2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10
s_4	0	2.5	0.625	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	21
s_5	0	1	0.2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5
s_6	0	1	1.25	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7
s_7	0	4	1.5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	30
s_8	0	3	10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	720
s_9	0	3	30	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1800
s_{10}	0	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	720

Tabel 3.6 Metode Simpleks Iterasi 1

Basis	Z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	R.H.S
Z	1	0	-7000	0	0	0	0	15000	0	0	0	0	0	75000
s_1	0	0	2.2	1	0	0	0	-4	0	0	0	0	0	15
s_2	0	0	0.75	0	1	0	0	-2.5	0	0	0	0	0	12.5
s_3	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	5
s_4	0	0	0.125	0	0	0	1	-2.5	0	0	0	0	0	8.5
x_1	0	1	0.2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5
s_6	0	0	1.05	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	2
s_7	0	0	0.7	0	0	0	0	-4	0	1	0	0	0	10
s_8	0	0	9.4	0	0	0	0	-3	0	0	1	0	0	705
s_9	0	0	29.4	0	0	0	0	-3	0	0	0	1	0	1785
s_{10}	0	0	6	0	0	0	0	-20	0	0	0	0	1	620

Tabel 3.7 Metode Simpleks Iterasi 2

Basis	Z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	R.H.S
Z	1	0	0	0	0	0	0	8333.333	6666.667	0	0	0	0	88333.33
s_1	0	0	0	1	0	0	0	-1.90476	-2.09524	0	0	0	0	10.80952
s_2	0	0	0	0	1	0	0	-1.78571	-0.71429	0	0	0	0	11.07143
s_3	0	0	0	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	5
s_4	0	0	0	0	0	0	1	-2.38095	-0.11905	0	0	0	0	8.261905
x_1	0	1	0	0	0	0	0	1.190476	-0.19048	0	0	0	0	4.619048
x_2	0	0	1	0	0	0	0	-0.95238	0.952381	0	0	0	0	1.904762
s_7	0	0	0	0	0	0	0	-3.33333	-0.66667	1	0	0	0	8.666667
s_8	0	0	0	0	0	0	0	5.952381	-8.95238	0	1	0	0	687.0952
s_9	0	0	0	0	0	0	0	25	-28	0	0	1	0	1729
s_{10}	0	0	0	0	0	0	0	-14.2857	-5.71429	0	0	0	1	608.5714

Solusi optimum dari program linear *fuzzy* dengan nilai μ=1, adalah

Z = Rp. 88333.3

x_1 = 4.619

x_2 = 1.904

Untuk program linear *fuzzy* dengan nilai μ=0.5 yang menunjukkan bahwa fungsi kendala baru dapat diperoleh dengan membuat persamaan garis baru pada gambar (lampiran), sebagai berikut :

Untuk kasus program linear *fuzzy* dengan nilai μ=0.5 yang menunjukkan bahwa y=0.5, maka di dapatkan

Fungsi kendala ke-1 :

a. x_1 : (2,0), (4,1), (5,0)

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{1}{2}$$
$$y - y_0 = m(x - x_0)$$
$$y - 0 = \frac{1}{2}(x - 2)$$
$$0.5 = \frac{1}{2}(x - 2)$$
$$x = 3$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = -1$$
$$y - y_0 = m(x - x_0)$$
$$y - 0 = -1(x - 5)$$
$$0.5 = -x + 5$$
$$x = 4.5$$

b. x_2 : (0.6,0), (3,1), (4.2,0)

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{1}{2.4}$$
$$y - y_0 = m(x - x_0)$$
$$y - 0 = \frac{1}{2.4}(x - 0.6)$$
$$0.5 = \frac{1}{2.4}(x - 0.6)$$
$$x = 1.8$$

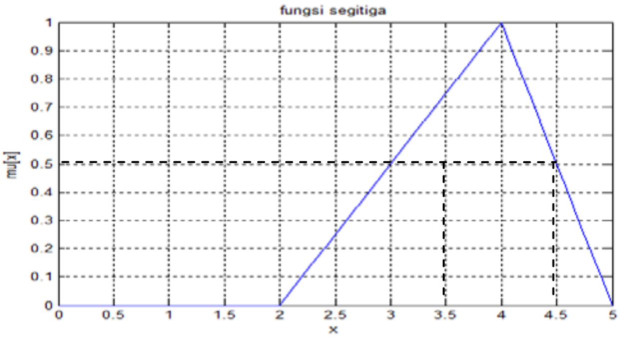
$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{-1}{1.2}$$
$$y - y_0 = m(x - x_0)$$
$$y - 0 = \frac{-1}{1.2}(x - 4.2)$$
$$0.5 = \frac{-1}{1.2}(x + 3.486)$$
$$x = 3.59$$

c. b_i : (17.5,0), (35,1), (43.75,0)

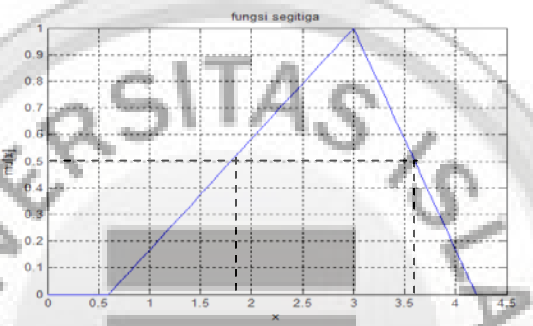
$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{1}{17.5}$$
$$y - y_0 = m(x - x_0)$$
$$y - 0 = \frac{1}{17.5}(x - 17.5)$$
$$0.5 = \frac{1}{17.5}x - 17.5$$
$$x = 26.25$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{-1}{8.75}$$
$$y - y_0 = m(x - x_0)$$
$$y - 0 = \frac{-1}{1.2}(x - 43.75)$$
$$0.5 = \frac{-1}{8.75}x + 5$$
$$x = 39.375$$

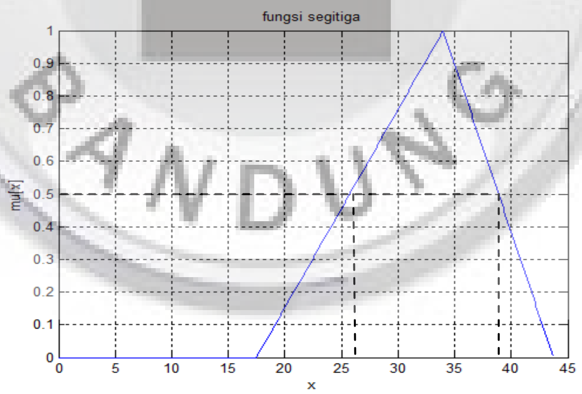
Untuk Gambar fungsi kendala ke-1 diperoleh x_1 = (3, 4.5), x_2= (1.8, 3.59), b_1=(26.25, 39.375) dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Bilangan Fuzzy untuk x_1



Gambar 3.2 Bilangan Fuzzy untuk x_2



Gambar 3.3 Bilangan Fuzzy untuk b_1

Sehingga dari persamaan di atas, maka formulasi program linear *fuzzy* dengan nilai μ=0.5 adalah sebagai berikut:

Maksimumkan : $Z = 15000x_1 + 10000x_2$

Dengan kendala : $(3, 4.5)x_1 + (1.8, 3.59)x_2 \leq (26.25,39.18)$

$(1.875{,}2.8125)x_1 + (0.75{,}1.5)x_2 \leq (17.75{,}28{,}125)$

$(0.75{,}1.125)x_1 + (0.12, 0.26\ )x_2 \leq (9{,}10.5)$

$(1.875{,}2.81)x_1 + (0.375{,}0.69)x_2 \leq (15.75{,}23.62)$

$(0.75{,}1.125)x_1 + (0.12, 0.26)x_2 \leq (3.75{,}5.625)$

$(0.75{,}1.125)x_1 + (0.75{,}1.5)x_2 \leq (5.25{,}7.85)$

$(3, 4.5)x_1 + (0.9{,}1.8)x_2 \leq (22.5{,}33.65)$

$3x_1 + 10x_2 \leq 720$

$3x_1 + 30x_2 \leq 1800$

$20x_1 + 10x_2 \leq 720$

$x_1, x_2 \geq 0$

Formulasi tersebut diubah ke dalam program linear biasa sehingga formulasi tersebut dapat dituliskan kembali seperti berikut :

Maksimumkan : $Z = 15000x_1 + 10000x_2$

Dengan kendala : $3x_1 + 1.8x_2 \leq 26.25$

$4.5x_1 + 3.59x_2 \leq 39.18$

$1.875x_1 + 0.75x_2 \leq 17.75$

$2.8125x_1 + 1.5x_2 \leq 28.125$

$0.75x_1 + 0.12x_2 \leq 9$

$1.125x_1 + 0.26x_2 \leq 10.5$

$1.875x_1 + 0.375x_2 \leq 15.75$

$2.81x_1 + 0.69x_2 \leq 23.62$

$0.75x_1 + 0.12x_2 \leq 3.75$

$1.125x_1 + 0.26x_2 \leq 5.625$

$0.75x_1 + 0.75x_2 \leq 5.25$

$1.125x_1 + 1.5x_2 \leq 7.85$

$3x_1 + 0.9x_2 \leq 22.5$

$4.5x_1 + 1.8x_2 \leq 33.65$

$3x_1 + 10x_2 \leq 720$

$3x_1 + 30x_2 \leq 1800$

$20x_1 + 10x_2 \leq 720$

$x_1, x_2 \geq 0$

Formulasi program linear tersebut diubah ke bentuk standar program linear sebagai berikut :

Maksimumkan : $Z - 15000x_1 + 10000x_2 = 0$

Dengan kendala : $3x_1 + 1.8x_2 + s_1 = 26.25$

$4.5x_1 + 3.59x_2 + s_2 = 39.18$

$1.875x_1 + 0.75x_2 + s_3 = 17.75$

$2.8125x_1 + 1.5x_2 + s_4 = 28.125$

$0.75x_1 + 0.12x_2 + s_5 = 9$

$1.125x_1 + 0.26x_2 + s_6 = 10.5$

$1.875x_1 + 0.375x_2 + s_7 = 15.75$

$2.81x_1 + 0.69x_2 + s_8 = 23.62$

$0.75x_1 + 0.12x_2 + s_9 = 3.75$

$1.125x_1 + 0.26x_2 + s_{10} = 5.625$

$$0.75x_1 + 0.75x_2 + s_{11} = 5.25$$

$$1.125x_1 + 1.5x_2 + s_{12} = 7.85$$

$$3x_1 + 0.9x_2 + s_{13} = 22.5$$

$$4.5x_1 + 1.8x_2 + s_{14} = 33.65$$

$$3x_1 + 10x_2 + s_{15} = 720$$

$$3x_1 + 30x_2 + s_{16} = 1800$$

$$20x_1 + 10x_2 + s_{17} = 720$$

$$x_1, x_2, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10}, s_{11}, s_{12}, s_{13}, s_{14}, s_{15}$$

$$s_{16}, s_{17} \geq 0$$

Formulasi di atas diselesaikan dengan menggunakan metode simpleks, sebagai berikut :

Tabel 3.8 Metode Simpleks Iterasi 0

Basis	Z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{14}	R.H.S
Z	1	-15000	-10000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
s_1	0	3	1.8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.25
s_2	0	4.5	3.59	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39.18
s_3	0	1.875	0.75	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.75
s_4	0	2.8125	1.5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.125
s_5	0	0.75	0.12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
s_6	0	1.125	0.26	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10.5
s_7	0	1.875	0.375	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	15.75
s_8	0	2.81	0.69	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	23.62
s_9	0	0.75	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3.75
s_{10}	0	1.125	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5.625
s_{11}	0	0.75	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5.25
s_{12}	0	1.125	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7.85
s_{13}	0	3	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	22.5
s_{14}	0	4.5	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	33.65
s_{15}	0	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	720
s_{16}	0	3	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1800
s_{17}	0	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	720

Tabel 3.9 Metode Simpleks Iterasi 1

Basis	Z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{14}	R.H.S
Z	1	0	-6533.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13333.33	0	0	0	0	75000
s_1	0	0	1.106667	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.66667	0	0	0	0	11.25
s_2	0	0	2.55	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	0	16.68
s_3	0	0	0.316667	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1.66667	0	0	0	0	8.375
s_4	0	0	0.85	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-2.5	0	0	0	0	14.0625
s_5	0	0	-0.05333	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-0.66667	0	0	0	0	5.25
s_6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	4.875
s_7	0	0	-0.05833	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-1.66667	0	0	0	0	6.375
s_8	0	0	0.040578	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-2.49778	0	0	0	0	9.57
s_9	0	0	-0.05333	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-0.66667	0	0	0	0	0
x_1	0	1	0.231111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.888889	0	0	0	0	5
s_{11}	0	0	0.576667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.66667	1	0	0	0	1.5
s_{12}	0	0	1.24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	2.225
s_{13}	0	0	0.206667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.66667	0	0	1	0	7.5
s_{14}	0	0	0.76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	1	11.15
s_{15}	0	0	9.306667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.66667	0	0	0	0	705
s_{16}	0	0	29.30667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.66667	0	0	0	0	1785
s_{17}	0	0	5.377778	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-17.7778	0	0	0	0	620

Tabel 3.10 Metode Simpleks Iterasi 2

Basis	Z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{14}	R.H.S
Z	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8064.516	0	5268.817	0	0	86723.12
s_1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.77419	0	-0.89247	0	0	9.264247
s_2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1.94355	0	-2.05645	0	0	12.1044
s_3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1.41129	0	-0.25538	0	0	7.806788
s_4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1.81452	0	-0.68548	0	0	12.5373
s_5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-0.70968	0	0.043011	0	0	5.345699
s_6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	4.875
s_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-1.71371	0	0.047043	0	0	6.479671
s_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-2.46505	0	-0.03272	0	0	9.497189
s_9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-0.70968	0	0.043011	0	0	0.095699
x_1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.075269	0	-0.18638	0	0	4.585305
s_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.20161	1	-0.46505	0	0	0.465255
x_2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.80645	0	0.806452	0	0	1.794355
s_{13}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.5	0	-0.16667	1	0	7.129167
s_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.3871	0	-0.6129	0	1	9.78629
s_{15}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.83871	0	-7.50538	0	0	688.3005
s_{16}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.96774	0	-23.6344	0	0	1732.413
s_{17}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-13.4409	0	-4.33692	0	0	610.3504

Solusi optimum yang di dapatkan dengan nilai μ=0.5

Z = Rp. 86723.11

x_1 = 4.58

x_2 = 1.79

Untuk program linear *fuzzy* dengan nilai μ=0.75 yang menunjukkan bahwa fungsi kendala baru dapat diperoleh dengan membuat persamaan garis baru pada gambar (lampiran), sebagai berikut :

Untuk kasus program linear *fuzzy* dengan nilai μ=0.75 yang menunjukkan bahwa y=0.75, maka di dapatkan

Fungsi kendala ke-1 :

a. x_1 : (2,0), (4,1), (5,0)

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{1}{2}$$
$$y - y_0 = m(x - x_0)$$
$$y - 0 = \frac{1}{2}(x - 2)$$
$$0.75 = \frac{1}{2}(x - 2)$$
$$x = 3.5$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = -1$$
$$y - y_0 = m(x - x_0)$$
$$y - 0 = -1(x - 5)$$
$$0.75 = -x + 5$$
$$x = 4.25$$

b. x_2 : (0.6,0), (3,1), (4.2,0)

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{1}{2.4}$$
$$y - y_0 = m(x - x_0)$$
$$y - 0 = \frac{1}{2.4}(x - 0.6)$$
$$0.75 = \frac{1}{2.4}(x - 0.6)$$
$$x = 2.4$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{-1}{1.2}$$
$$y - y_0 = m(x - x_0)$$
$$y - 0 = \frac{-1}{1.2}(x - 4.2)$$
$$0.75 = \frac{-1}{1.2}(x + 3.486)$$
$$x = 3.3$$

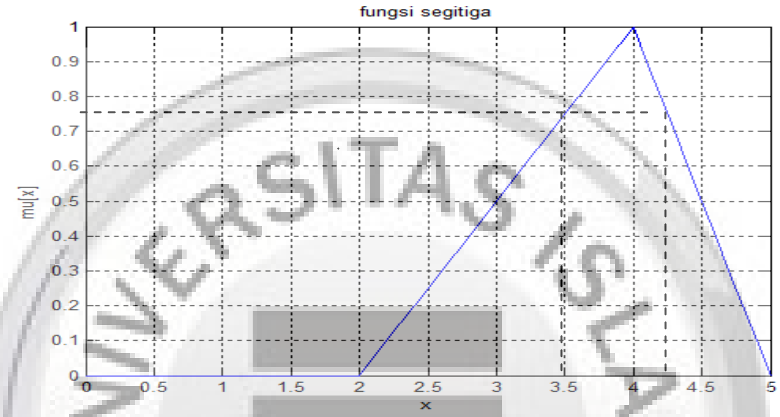
c. b_i : (17.5,0), (35,1), (43.75,0)

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{1}{17.5}$$
$$y - y_0 = m(x - x_0)$$

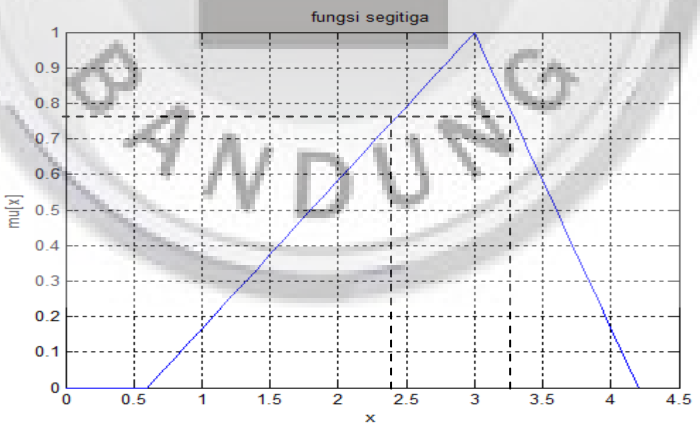
$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{-1}{8.75}$$
$$y - y_0 = m(x - x_0)$$

$$y - 0 = \frac{1}{17.5}(x - 17.5) \qquad\qquad y - 0 = \frac{-1}{8.75}(x - 43.75)$$
$$0.75 = \frac{1}{17.5}x - 17.5 \qquad\qquad 0.75 = \frac{-1}{8.75}x + 5$$
$$x = 30.625 \qquad\qquad x = 37.18$$

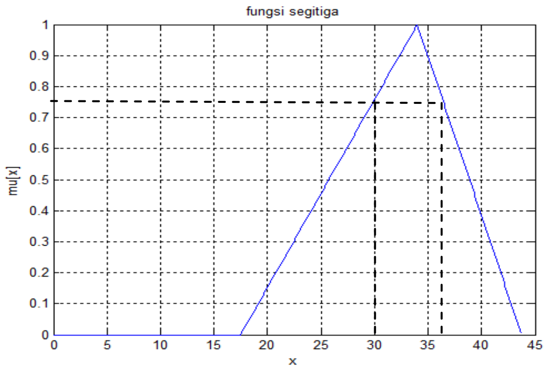
Untuk Gambar fungsi kendala ke-1 dimana x_1 = (3.5, 4.25), x_2= (2.4, 3.3), b_1=(30.625, 37.18) dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.4 Bilangan Fuzzy untuk x_1



Gambar 3.5 Bilangan Fuzzy untuk x_2



Gambar 3.6 Bilangan Fuzzy untuk b_1

Sehingga dari persamaan di atas, maka formulasi program linear *fuzzy* dengan nilai μ=0.75 adalah sebagai berikut:

Maksimumkan : $Z = 15000x_1 + 10000x_2$

Dengan kendala : $(3.5, 4.25)x_1 + (2.4,3.3)x_2 \leq (30.625, 37.18)$

$(2.18, 2.65)x_1 + (1, 1.37)x_2 \leq (21.315, 26.56)$

$(0.875, 1.0625)x_1 + (0.16, 0.232)x_2 \leq (9.5, 10.25)$

$(2.1875, 2.65625)x_1 + (0.5, 0.65625)x_2 \leq (18.375, 22.3125)$

$(0.875, 1.0625)x_1 + (0.16, 0.232)x_2 \leq (4.375, 5.3125)$

$(0.875, 1.0625)x_1 + (1,1.375)x_2 \leq (6.125, 7.4375)$

$(3.5, 4.25)x_1 + (1.2, 1.65)x_2 \leq (26.25, 31.875)$

$3x_1 + 10x_2 \leq 720$

$3x_1 + 30x_2 \leq 1800$

$20x_1 + 10x_2 \leq 720$

$x_1, x_2 \geq 0$

Formulasi tersebut diubah ke dalam program linear biasa sehingga formulasi tersebut dapat dituliskan kembali seperti berikut :

Maksimumkan : $Z = 15000x_1 + 10000x_2$

Dengan kendala : $3.5x_1 + 2.4x_2 \leq 30.625$

$4.24x_1 + 3.3x_2 \leq 37.18$

$2.18x_1 + 1x_2 \leq 21.315$

$2.65x_1 + 1.37x_2 \leq 26.56$

$0.875x_1 + 0.16x_2 \leq 9.5$

$1.0625x_1 + 0.232x_2 \leq 10.25$

$2.1875x_1 + 0.5x_2 \leq 18.375$

$2.65625x_1 + 0.65625x_2 \leq 22.3125$

$0.875x_1 + 0.16x_2 \leq 4.375$

$1.0625x_1 + 0.232x_2 \leq 5.3125$

$0.875x_1 + 1x_2 \leq 6.125$

$1.0625x_1 + 1.375x_2 \leq 7.4375$

$3.5x_1 + 1.2x_2 \leq 26.25$

$4.25x_1 + 1.2x_2 \leq 31.875$

$3x_1 + 10x_2 \leq 720$

$3x_1 + 30x_2 \leq 1800$

$20x_1 + 10x_2 \leq 720$

$x_1, x_2 \geq 0$

Formulasi program linear tersebut diubah ke bentuk standar program linear sebagai berikut :

Maksimumkan : $Z - 15000x_1 + 10000x_2 = 0$

Dengan kendala : $3.5x_1 + 2.4x_2 + s_1 = 30.625$

$4.24x_1 + 3.3x_2 + s_2 = 37.18$

$2.18x_1 + 1x_2 + s_3 = 21.315$

$2.65x_1 + 1.37x_2 + s_4 = 26.56$

$0.875x_1 + 0.16x_2 + s_5 = 9.5$

$1.0625x_1 + 0.232x_2 + s_6 = 10.25$

$2.1875x_1 + 0.5x_2 + s_7 = 18.375$

$2.65625x_1 + 0.65625x_2 + s_8 = 22.3125$

$0.875x_1 + 0.16x_2 + s_9 = 4.375$

$1.0625x_1 + 0.232x_2 + s_{10} = 5.3125$

$0.875x_1 + 1x_2 + s_{11} = 6.125$

$1.0625x_1 + 1.375x_2 + s_{12} = 7.4375$

$1.0625x_1 + 1.375x_2 + s_{13} = 26.25$

$4.25x_1 + 1.2x_2 + s_{14} = 31.875$

$3x_1 + 10x_2 + s_{15} = 720$

$3x_1 + 30x_2 + s_{16} = 1800$

$20x_1 + 10x_2 + s_{17} = 720$

$x_1, x_2, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6, s_7, s_8, s_9, s_{10}, s_{11}, s_{12}, s_{13}, s_{14}, s_{15}$

$s_{16}, s_{17} \geq 0$

Formulasi di atas diselesaikan dengan menggunakan metode simpleks, sebagai berikut :

Tabel 3.11 Metode Simpleks Iterasi 0

Basis	Z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{14}	R.H.S
Z	1	-15000	-10000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
s_1	0	3.5	2.4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.625
s_2	0	4.25	3.3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37.18
s_3	0	2.18	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.315
s_4	0	2.65	1.37	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.56
s_5	0	0.875	0.16	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.5
s_6	0	1.0625	0.232	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10.25
s_7	0	2.1875	0.5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	18.375
s_8	0	2.65625	0.65625	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	22.3125
s_9	0	0.875	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4.375
s_{10}	0	1.0625	0.232	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5.3125
s_{11}	0	0.875	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6.125
s_{12}	0	1.0626	1.375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7.4375
s_{13}	0	1.0626	1.375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	26.25
s_{14}	0	4.25	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	31.875
s_{15}	0	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	720
s_{16}	0	3	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1800
s_{17}	0	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	720

Tabel 3.12 Metode Simpleks Iterasi 1

Basis	Z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{14}	R.H.S
Z	1	0	-6724.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14117.65	0	0	0	0	75000
s_1	0	0	1.635765	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.29412	0	0	0	0	13.125
s_2	0	0	2.372	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	0	15.93
s_3	0	0	0.523991	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-2.05176	0	0	0	0	10.415
s_4	0	0	0.791365	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-2.49412	0	0	0	0	13.31
s_5	0	0	-0.03106	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-0.82353	0	0	0	0	5.125
s_6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	4.9375
s_7	0	0	0.022353	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-2.05882	0	0	0	0	7.4375
s_8	0	0	0.07625	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-2.5	0	0	0	0	9.03125
s_9	0	0	-0.03106	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-0.82353	0	0	0	0	0
x_1	0	1	0.218353	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.941176	0	0	0	0	5
s_{11}	0	0	0.808941	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.82353	1	0	0	0	1.75
s_{12}	0	0	1.142978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.00009	0	1	0	0	2.1245
s_{13}	0	0	0.435765	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.29412	0	0	1	0	8.75
s_{14}	0	0	0.722	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	1	10.625
s_{15}	0	0	9.344941	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.82353	0	0	0	0	705
s_{16}	0	0	29.34494	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.82353	0	0	0	0	1785
s_{17}	0	0	5.632941	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-18.8235	0	0	0	0	620

Tabel 3.13 Metode Simpleks Iterasi 2

Basis	Z	x_1	x_2	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_6	s_7	s_8	s_9	s_{10}	s_{11}	s_{12}	s_{13}	s_{14}	R.H.S
Z	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8233.599	0	5883.495	0	0	87499.48
s_1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.86284	0	-1.43114	0	0	10.08454
s_2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1.92452	0	-2.07528	0	0	11.52107
s_3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1.59328	0	-0.45844	0	0	9.441037
s_4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1.80168	0	-0.69237	0	0	11.83906
s_5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-0.85071	0	0.027174	0	0	5.18273
s_6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-1	0	0	0	0	4.9375
s_7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-2.03926	0	-0.01956	0	0	7.395952
s_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-2.43328	0	-0.06671	0	0	8.889521
s_9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-0.85071	0	0.027174	0	0	0.05773
x_1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.132233	0	-0.19104	0	0	4.594139
s_{11}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.11571	1	-0.70775	0	0	0.246388
x_2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.87499	0	0.874907	0	0	1.858741
s_{13}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2.91283	0	-0.38125	1	0	7.940026
s_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3.36826	0	-0.63168	0	1	9.282989
s_{15}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.353198	0	-8.17596	0	0	687.6302
s_{16}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22.85299	0	-25.6741	0	0	1730.455
s_{17}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-13.8948	0	-4.9283	0	0	609.5298

Solusi optimum yang di dapatkan dengan nilai μ=0.75

Z = Rp. 87499.484

x_1 = 4.59

x_2 = 1.85

Sehingga solusi program linear dengan koefisien dan konstanta kendala *fuzzy* kasus tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.14 Solusi Program Linear Dengan Koefisien dan Konstanta Kendala *Fuzzy*

μ	Z	x_1	x_2
0	Rp. 85661.04	4.538	1.758
0.5	Rp. 86723.11	4.58	1.79
0.75	Rp. 87499.484	4.59	1.85
1	Rp. 88333.3	4.619	1.904