PENERAPAN *FUZZY GOAL PROGRAMMING* DALAM PENENTUAN INVESTASI BANK

Nurul Khotimah*), Farida Hanum, Toni Bakhtiar

Departemen Matematika FMIPA, Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680
*) nurulkhotimah99@googlemail.com

ABSTRAK

Investasi merupakan salah satu upaya untuk memperoleh keuntungan. Pengalokasian dana untuk investasi ke dalam banyak produk investasi yang tidak cermat dapat menimbulkan kerugian. Ada banyak produk investasi, baik yang berisiko maupun yang tidak berisiko. Pada umunya, investasi berisiko menawarkan keuntungan yang lebih besar dibandingkan dengan investasi yang tidak berisiko. Dalam penelitian ini, penentuan investasi dana Bank AXN diselesaikan dengan bantuan metode *preemptive goal programming,* kemudian ditentukan solusi optimalnya dengan metode *fuzzy goal programming.* Dalam contoh impementasi diperoleh jenis-jenis investasi yang harus dipilih berikut nilai toleransinya yang memaksimumkan keuntungan.

Katakunci: investasi dana bank, *fuzzy goal programming*, *preemptive goal programming*

1 PENDAHULUAN

Bank memiliki peranan penting untuk keberlangsungan perekonomian di suatu Negara.Bank tidak hanya sebagai lembaga penghimpun dan penyedia dana saja, akan tetapi juga sebagai perantara keuangan masyarakat. Pada dasarnya, aktivitas utama manajemen bank ialah mengelola dana, baik mengatur dana yang masuk dari masyarakat dalam bentuk giro, deposito, dan tabungan maupun menyalurkannya dalam berbagai bentuk produk investasi. Keberhasilan dalam mengelola dana tersebut merupakan salah satu kunci sukses bagi manajemen bank dalam mengelola sebuah bank.

Manajemen dana berkaitan dengan masalah mengoptimalkan dana yang dihimpun dan mengalokasikan dana tersebut untuk mencapai tingkat profitabilitas yang tinggi dengan tetap menjaga agar posisi likuiditas tetap aman sehingga kepercayaan masyarakat terhadap bank tetap terjaga. Oleh karena itu, manajemen bank tidak terlepas dari permasalahan bagaimana memaksimumkan profit, meminimumkan aset berisiko, dan meminimumkan kecukupan modal.

2 *GOAL PROGRAMMING*

Goal programming adalah salah satu teknik untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan tujuan lebih dari satu (multiobjektif). Model ini merupakan perluasan dari model pemrograman linear. Model *goal programming* memiliki sepasang variabel deviasid_j^- dan d_j^+ yang taknegatif. Variabel d_j^- menampung deviasi yang berada di bawah sasaran ke-j sedangkan variabel d_j^+merupakan nilai deviasi yang berada di atas sasaran ke-j. Variabel-variabel deviasi ini harus diminimumkan. Suatu tujuan ke-j dianggap berhasil bila variabel deviasi pada fungsi objektif tujuan ke-j bernilai 0[1].

2.1 *Preemptive Goal Programming*

Preemptive goal programming adalah masalah *goal programming* dengan urutan prioritas peminimuman variabel deviasi. Untuk mengaplikasikan model ini, harus ditentukan peringkat tujuan mulai dari yang paling penting hingga tujuan yang tidak terlalu penting. Dalam [2], p*reemptive goal programming* diselesaikan dengan aturan sebagai berikut:

1 prioritas tujuan ditentukan berdasarkan pada tingkat kepentingan tujuan; tujuan yang menjadi prioritas pertama akan diselesaikan terlebih dahulu, dan seterusnya
2 setelah tujuan pertama terpenuhi, maka fungsi tujuan pada prioritas pertama menjadi kendala tambahan pada prioritas kedua, begitu seterusnya sampai prioritas ke-n,
3 jika tujuan pada prioritas pertama adalah meminimumkan, maka fungsi tujuan pada prioritas pertama akan menjadi kendala tambahan pada prioritas kedua dengan tanda pertaksamaan $\leq$, sedangkan jika tujuan pada prioritas pertama adalah memaksimumkan, maka fungsi tujuan pada prioritas pertama akan menjadi kendala tambahan pada prioritas kedua dengan tanda pertaksamaan $\geq$ begitu seterusnya sampai prioritas ke-n,
4 jika tidak diperoleh solusi fisibel pada prioritas ke-n, maka solusi optimal yang digunakan adalah solusi yang diperoleh pada prioritas ke-(n–1).

.

2.2 *Fuzzy Linear Goal Programming*

Teori logika *fuzzy* merupakan perluasan dari teori himpunan tegas (*crisp*) yang menggunakan derajat keanggotaan {0, 1} menjadi selang [0, 1]. Jika X adalah koleksi dari objek-objek yang dinotasikan dengan x, maka suatu himpunan *fuzzy* $\tilde{A}$dalam$X$adalah suatu himpunan pasangan berurutan $\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) | x \in X\}$dengan $\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1]$adalah fungsi keanggotaan dari suatu himpunan *fuzzy*$\tilde{A}$yang memetakan X ke ruang keanggotaan yang terletak pada selang [0,1]. Nilai fungsi $\mu_A(x)$ menyatakan derajat keanggotaan atau nilai keanggotaan dari x di himpunan $\tilde{A}$[3].Fungsi keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* adalah suatu pemetaan dari suatu objek ke dalam derajat keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

Masalah *fuzzy goal programming* (FGP)adalah model *goal programming* dengan fungsi objektif dan fungsi kendala memiliki parameter dan pertaksamaan atau persamaan *fuzzy*. Parameter FGP memiliki derajat keanggotaan tertentu dalam selang [0, 1] dan dinyatakan dalam pertaksamaan *fuzzy*, yaitu $\gtrsim$(hampir lebih besar atau sama dengan), atau $\lesssim$ (hampir lebih kecil atau sama dengan) atau persamaan *fuzzy*, yaitu $\cong$(hampir sama dengan).Model *fuzzy goal programming* dapat diformulasikan sebagai berikut:

Tentukan $X = (x_1, x_2, \ldots, x_n)^T \in R^n$ sehingga memenuhi fungsi tujuan

$$Z_k(X) \begin{bmatrix} \gtrsim \\ \lesssim \end{bmatrix} g_k, k = 1, 2, \ldots, K,$$

terhadapkendala

$$AX \begin{bmatrix} \gtrsim \\ \cong \\ \lesssim \end{bmatrix} b, b = (b_1, b_2, \ldots, b_m)^T \in R^m$$

dengan$X$: vektor variabel keputusan, g_k: ketidaktepatan level aspirasi (nilai ruas kanan) ke-k dari tujuan $Z_k(X)$, $k = 1, 2, \ldots, K$, A : matriks koefisien berordo $m \times n$, b : vektor nilai ruas kanan kendala, $Z_k(X) \begin{bmatrix} \gtrsim \\ \lesssim \end{bmatrix} g_k$: tujuan *fuzzy* ke-$k$.Tanda$\lesssim$ merupakan bentuk *fuzzy* dari tujuan dan kendala tipe $\leq$, tanda$\gtrsim$ merupakan bentuk *fuzzy* dari tujuan dan kendala tipe $\geq$ dan tanda $\cong$ merupakan bentuk *fuzzy* dari kendala tipe = (Gupta dan Bhattacharya 2010b).

Fungsi tujuan maupun kendala yang *fuzzy* dapat dicirikan dengan fungsi keanggotaan masing-masing. Selanjutnya ditetapkan derajat tertinggi sebagai level aspirasi dari tujuan *fuzzy*. Fungsi tujuan *fuzzy* menggunakan level aspirasi yang bersifat tidak tepat. Model *fuzzy* ini perlu diubah ke dalam persamaan tegas (*crips*) dengan menyubstitusikan fungsi tersebut pada fungsi keanggotaan *fuzzy* linear.

Jika p_k mendefinisikan toleransi untuk tujuan *fuzzy* ke-k yaitu konstanta taknegatif yang dipilih secara subjektif dari ketidaktepatan nilai g_k yang masih dapat diterima, maka fungsi keanggotaan dari fungsi tujuan *fuzzy* $Z_k(X)$, dinyatakan dengan $\mu(Z_k(X))$, dapat digunakan untuk mendefinisikan tujuan *fuzzy* $Z_k(X)$ sebagai berikut:

- Fungsi keanggotaan tujuan *fuzzy* $Z_k(X) \gtrsim g_k$, $k = 1,2,\ldots,K$, didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu(Z_k(X)) = \begin{cases} 0, & \text{jika } Z_k(X) < g_k - p_k \\ \dfrac{Z_k(X) - (g_k - p_k)}{p_k}, & \text{jika } g_k - p_k \le Z_k(X) < g_k \\ 1, & \text{jika } g_k \le Z_k(X) \le g_k + p_k \end{cases}$$

- Fungsi keanggotaan tujuan *fuzzy* $Z_k(X) \lesssim g_k, k = 1,2,\ldots,K$, didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu(Z_k(X)) = \begin{cases} 1, & \text{jika } g_k - p_k \le Z_k(X) \le g_k \\ \dfrac{(g_k + p_k) - Z_k(X)}{p_k}, & \text{jika } g_k < Z_k(X) \le g_k + p_k \\ 0, & \text{jika } Z_k(X) > g_k + p_k \end{cases}$$

Jika q_i $(i = 1, 2, \ldots, m)$ mendefinisikan toleransi untuk kendala *fuzzy* ke-*i*, yaitu konstanta taknegatif yang dipilih secara subjektif dari ketidaktepatan nilai b_i yang masih dapat diterima, maka fungsi keanggotaan dari kendala *fuzzy* $a_i(x)$ (a_i adalah baris ke-*i* dari matriks*AX*), dinyatakan dengan $\mu(a_i(x))$ dapat digunakan untuk mendefinisikan kendala *fuzzy* $a_i(x)$.

- Untuk kendala *fuzzy* $a_i(X) \gtrsim b_i, i = 1,2,\ldots,m$ (b_i adalah baris ke-*i* dari vektor b), fungsi keanggotaannya didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu(a_i(X)) = \begin{cases} 0, & \text{jika } a_i(X) < b_i - q_i \\ \dfrac{a_i(X) - (b_i - q_i)}{q_i}, & \text{jika } b_i - q_i \le a_i(X) < b_i \\ 1, & \text{jika } b_i \le a_i(X) \le b_i + q_i \end{cases}$$

- fungsi keanggotaankendala *fuzzy* $a_i(X) \lesssim b_i$, $i = 1,2,\ldots,m$, didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu(a_i(X)) = \begin{cases} 1, & \text{jika } b_i - q_i \le a_i(X) \le b_i \\ \dfrac{(b_i + q_i) - a_i(X)}{q_i}, & \text{jika } b_i < a_i(X) \le b_i + q_i \\ 0, & \text{jika } a_i(X) > b_i + q_i \end{cases}$$

dengan$b_i - q_i$ dan $b_i + q_i$ masing-masing menunjukkan batas bawah toleransi dan batas atas toleransi untuk kendala *fuzzy* pertaksamaan$a_i(X)$.

- fungsi keanggotaan kendala *fuzzy* $a_i(X) \cong b_i, i = 1,2, \dots, m$, didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu\left(a_i(X)\right) = \begin{cases} 0, & \text{jika } a_i(X) < b_i - q_{i1} \\ & \text{atau } a_i(X) > b_i + q_{i2} \\ \dfrac{a_i(X) - (b_i - q_{i1})}{q_{i1}}, & \text{jika } b_i - q_{i1} \le a_i(X) < b_i \\ 1, & \text{jika } a_i(X) = b_i \\ \dfrac{(b_i + q_{i2}) - a_i(X)}{q_{i2}}, & \text{jika } b_i < a_i(X) \le b_i + q_{i2} \end{cases}$$

Pada metode *fuzzy goal programming*, derajat keanggotaan $\mu(Z_k(X))$darisuatu tujuan ke-k berada pada selang $[0, 1]$, sehingga dengan menambahkan variabel deviasi d_k^- dan d_k^+, fungsi keanggotaan dari tujuan *fuzzy* dapat direpresentasikan sebagai $\mu\left(Z_k(X)\right) + d_k^- - d_k^+ = 1$, untuk fungsi keanggotaan dari tujuan tipe $\gtrsim$ dan $\lesssim$ dengan $d_k^-, d_k^+ \geq 0$, $d_k^+ \cdot d_k^- = 0, k = 1, 2, \dots, K$.Variabel d_k^- dan d_k^+ berturut-turut merupakan variabel deviasi yang berada di bawah dan di atas dari derajat keanggotaan tujuan *fuzzy* ke-k.

Suatu tujuan ke-k dikatakan berhasil dicapai bila nilai variabel deviasi d_k^- dan d_k^+ kurang dari satu. Jika nilai variabel deviasi $d_k^- > 1$, maka akan mengakibatkan derajat keanggotaan $\mu\left(Z_k(X)\right) < 0$. Sedangkan jika $d_k^+ > 1$, maka akan mengakibatkan nilai fungsi objektif $Z_k(X)$ melebihi batas toleransi yang diberikan oleh pembuat keputusan. Semakin nilai variabel deviasi d_k^- dan d_k^+ dekat dengan 0, semakin besar tingkat keberhasilan tujuan ke-k.

Suatu kendala *fuzzy* ke-i memiliki derajat keanggotaan pada selang $[0, 1]$, sehingga dengan menambahkan variabel deviasi d_i^- dan d_i^+, fungsi keanggotaan dari kendala tipe $\gtrsim$ dan $\lesssim$ dapat direpresentasikan sebagai berikut:

$\mu\left(a_i(X)\right) + d_i^- - d_i^+ = 1$, $d_i^-, d_i^+ \geq 0, d_i^+ \cdot d_i^- = 0, i = 1, 2, \dots, m$.

d_i^-dand_i^+ merupakan variabel deviasi yang berada di bawah dan di atas dari derajat keanggotaan kendala *fuzzy* ke-i. Suatu kendala ke-i dikatakan berhasil dicapai bila nilai variabel deviasi d_i^-dan d_i^+ kurang dari satu. Jika nilai variabel deviasi $d_i^- > 1$, maka akan mengakibatkan derajat keanggotaan $\mu\left(a_i(X)\right) < 0$. Sedangkan jika $d_i^+ > 1$, maka akan mengakibatkan nilai fungsi objektif $a_i(X)$ melebihi batas toleransi yang diberikan oleh pembuat keputusan. Semakin nilai variabel deviasi d_i^- dan d_i^+ dekat dengan 0, semakin besar tingkat keberhasilan kendala ke-i.Fungsi keanggotaan untuk kendala *fuzzy* persamaan merupakan gabungan dari fungsikeanggotaan untuk kendala *fuzzy* pertaksamaan ($\gtrsim$ dan $\lesssim$).

Selanjutnya akan digunakan metode *min sum fuzzy goal programming*, yaitu suatu metode *fuzzy goal programming* yang menggunakan fungsi keanggotaan dari fungsi objektif dan fungsi kendala yang dianggap sebagai kendala *fuzzy* dengan menetapkan derajat tertinggi dari level aspirasi. Metode ini akan meminimumkan variabel deviasi yang berada di bawah tujuan dan kendala *fuzzy* (lihat [2]). Menurut Gupta dan Bhattacharya metode *min sumfuzzy goal programming*dengan kendala *fuzzy* dapat diformulasikan sebagai berikut:

Tentukan $X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^n$ yang meminimumkan $z = \sum_{k=1}^{K} d_k^- + \sum_{i=1}^{m} d_i^-$ dengan kendala

(1) $\frac{Z_k(X)-(g_k-p_k)}{p_k} + d_k^- - d_k^+ = 1$,(untuk tujuan tipe $\gtrsim$)

(2) $\frac{(g_k+p_k)-Z_k(X)}{p_k} + d_k^- - d_k^+ = 1$,(untuk tujuan tipe $\lesssim$)

(3) $\frac{a_i(X)-(b_i-q_i)}{q_i} + d_i^- - d_i^+ = 1$,(untuk kendala tipe $\gtrsim$)

(4) $\frac{(b_i+q_i)-a_i(X)}{q_i} + d_i^- - d_i^+ = 1$,(untuk kendala tipe $\lesssim$)

(5) $\frac{(b_i+q_{i1})-a_i(X)}{q_{i1}} + d_i^- - d_i^+ = 1$ dan $\frac{a_i(x)-(b_i-q_{i2})}{q_{i2}} + d_i^- - d_i^+ = 1$(untuk kendala tipe $\cong$)

(6) $g_k - p_k \le Z_k(X) \le g_k + p_k$(kendala batas toleransi untuk tujuan tipe $\gtrsim$ dan $\lesssim$)

(7) $b_i - q_i \le a_i(X) \le b_i + q_i$(kendala batas toleransi untuk kendala tipe $\gtrsim$ dan $\lesssim$)

(8) $b_i - q_{i1} \le a_i(X) \le b_i + q_{i2}$(kendala batas toleransi untuk kendala tipe $\cong$)

(9) $X, d_k^-, d_k^+, p_k \ge 0; d_k^-, d_k^+ \le 1;\ d_k^+ \cdot d_k^- = 0;\ \ k = 1,2,\dots,K$

$d_i^-, d_i^+, q_i, q_{i1}, \quad q_{i2} \ge 0;\ d_i^-, d_i^+ \le 1, \quad d_i^+ \cdot d_i^- = 0;\ i = 1, 2, \dots, m.$

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk investasi yang ditawarkan bank ada yang berisiko dan ada yang tidak.Semakin tinggi risiko suatu produk investasi, semakin besar tingkat pendapatan yang diperoleh.Oleh karena itu, bank harus bisa mengalokasikan produk investasi sehingga memaksimumkan profit dan meminimumkan risiko secara bersamaan. Misalkan bahwa setiap bank harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

1 Paling sedikit 47% dari giro dan 36% dari deposito berjangka dan tabungan tetap dalam keadaan likuid (*liquid part*).

2 Paling sedikit 14% dari giro dan 4% dari deposito berjangka dan tabungan dialokasikan dalam kategori kas.

3 Paling sedikit 5% dari total sumber dana diinvestasikan ke setiap kategori investasi.

4 Paling sedikit 40% dari total sumber dana diinvestasikan ke pinjaman komersial.

Selanjutnyadigunakan 3 fungsi objektif, yaitu memaksimumkan profit, meminimumkan kecukupan modal, dan meminimumkan rasio aset berisiko (jumlah investasi yang berisiko/modal). Fungsi objektif profit diperoleh dari penjumlahan tingkat pendapatan setiap kategori investasi. Fungsi objektif kecukupan modal diperoleh dari rasio modal wajib untuk memenuhi kebutuhan investasi dengan modal sebenarnya (dana sendiri). Fungsi objektif risiko diperoleh dari rasio jumlah investasi yang berisiko terhadap dana sendiri.Rasio aset berisiko yang rendah mengindikasikan bahwa suatu lembaga keuangan dalam keadaan aman. Kecukupan modal yang rendah mengindikasikan risiko yang minimum, karena kecukupan modal yang rendah memberikan makna bahwa selisih antara dana yang dibutuhkan untuk investasi dan dana sebenarnya (modal sendiri) juga rendah sehingga mengakibatkan risiko yang minimum.

3.1 Contoh Kasus Bank AXN

Tabel 1 Kategori investasi Bank AXN

j	Kategori Investasi	Tingkat Pendapatan (%)	Bagian Likuid (%)	Kecukupan Modal (%)	Aset Berisiko? (Ya/Tidak)
1	Kas	0	100	0	Tidak
2	Investasi jangka pendek	4	99.5	1	Tidak
3	Surat berharga pemerintah jangka waktu 1 sampai 5 tahun	3.5	96	5	Tidak
4	Surat berharga pemerintah jangka waktu 5 sampai 10	7	90	6	Tidak
5	Pinjaman angsuran	11.5	0	17	Ya
6	Kredit tunai	12	0	19	Ya
7	Pinjaman komersial	10.5	0	11	Ya

Misalkan sumber dana Bank AXN berasal dari dana sendiri dan dana dari pihak ketiga. Sumber dana sendiri sebesar 250 juta rupiah, sumber dana dari pihak ketiga terdiri atas giro sebesar 125000 juta rupiah, dan deposito berjangka dan tabungan sebesar 225000 juta rupiah.

Dana tersebut akan diinvestasikan ke dalam berbagai kategori investasi dengan tingkat pendapatan, bagian likuid, kecukupan modal, dan risiko aset, seperti pada Tabel 1.

Misalkanx_j = banyaknya uang (dalam jutaan rupiah) yang akan diinvestasikan ke dalam kategori investasi ke-j, $j = 1,2,\dots,7$.Formulasi pemrograman linear multiobjektif ialah:

(1) Minimumkan (aset berisiko): $Z_1(X) \coloneqq \left(\frac{1}{250}\right)(x_5 + x_6 + x_7)$

(2) Maksimumkan (profit)$Z_2(X) \coloneqq 0.04\, x_2 + 0.035x_3 + 0.07x_4 + 0.115x_5 + 0.12x_6 + 0.105x_7$

(3) Minimumkan (kecukupan modal)$Z_3(X) \coloneqq \left(\frac{1}{250}\right)(0.01x_2 + 0.05x_3 + 0.06x_4 + 0.17x_5 + 0.19x_6 + 0.11x_7)$

dengan kendala

(1) Semua dana (dana sendiri dan dana pihak ketiga) diinvestasikan ke setiap kategori investasi: $x_1 + \cdots + x_7 = 350250$

(2) Kendala likuiditas: $x_1 + 0.995x_2 + 0.96x_3 + 0.9x_4 \geq 0.47 \times 125000 + 0.36 \times 225000$

(3) Kendala diversifikasi

$x_1 \geq 0.14 \times 125000 + 0.04 \times 225000$, dan $x_j \geq 0.05 \times 350250,\ j = 2,\dots,7$

(4) Kendala untuk aset komersial: $x_7 \geq 0.4\,(250 + 125000 + 225000)$

Masalah investasi Bank AXN diselesaikan dengan *preemptive goal programming* menggunakan *software* LINGO 11.0. Misalkan prioritas pertama ialah meminimumkan aset berisiko, prioritas kedua ialah memaksimumkan profit, dan prioritas ketiga ialah meminimumkan kecukupan modal.Maka formulasi masalah prioritas pertama ialah:

Minimumkan (aset berisiko)$Z_1(X) \coloneqq \left(\frac{1}{250}\right)(x_5 + x_6 + x_7)$dengan kendala

(1) $x_1 + \cdots + x_7 = 350250$

(2) $x_1 + 0.995x_2 + 0.96x_3 + 0.9x_4 \geq 139750$

(3) $x_1 \geq 26500,\ x_j \geq 17512.5,\ j = 2,\dots,7$

(4) $x_7 \geq 140100$

Solusi optimal (dalam juta rupiah) masalah ini ialah: $x_1 = 26500, x_2 = x_3 = x_5 = x_6 = 17512.5,\ x_4 = 113600,\ x_7 = 140100$dengan $Z_1 = 700.5,\ Z_2 = 28091.38$ juta rupiah dan $Z_3 = 118.329$.. Kemudian nilai fungsi objektif risiko $Z_1 \leq 700.5$ ditambahkan pada kendala di prioritas kedua, dan diperoleh solusi optimal$x_1 = 26500, x_2 = x_3 = x_5 = x_6 = 17512.5,\ x_4 = 113600,\ x_7 = 140100$dengan $Z_1 = 700.5,\ Z_2 = 28091.38$ juta rupiah dan $Z_3 = 118.329$Dengan cara serupa, fungsi objektif profit $Z_2 \geq 28091.38$ juta rupiah ditambahkan pada kendala di prioritas ketiga. Masalah ini tidak mempunyai solusi fisibel.Jadi solusi optimal diperoleh dari prioritas kedua.

Selanjutnya akan digunakan metode *goal programming* dengan menetapkan secara subjektif tiga level aspirasi dari fungsi objektif aset berisiko, profit, dan kecukupan modal, yaitu $g_1 = 700, g_2 = 28100$ juta rupiah, dan $g_3 = 118$. Penetapan level aspirasi tersebut didasarkan pada solusi nilai fungsi objektif yang diperoleh dari metode *preemptive goal programming*. Model *fuzzy goal programming* untuk masalah alokasi investasi Bank AXN sebagai berikut:

Tentukan $X = (x_1, x_2, \ldots, x_7)$sehingga memenuhi fungsi objektif

(1) $Z_1(X) \lesssim 700,\ Z_2(X) \gtrsim 28100,\ Z_3(X) \lesssim 118$terhadap kendala

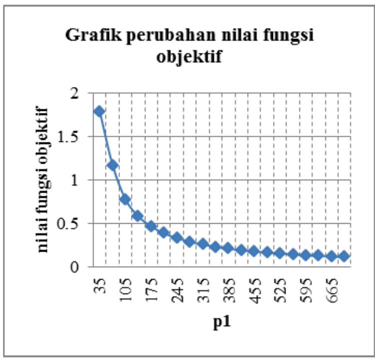
(1) $x_1 + \cdots + x_7 \cong 350250$

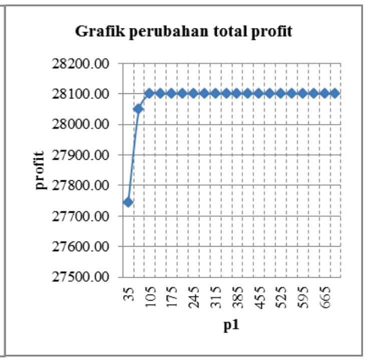
(2) $x_1 + 0.995x_2 + 0.96x_3 + 0.9x_4 \gtrsim 139750$

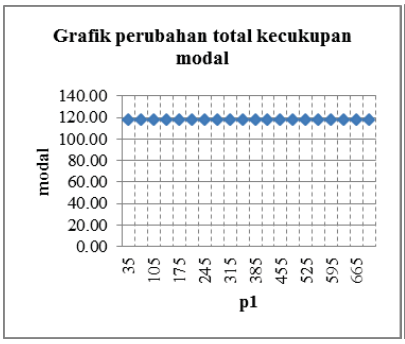
(3) $x_1 \geq 26500,\ x_j \geq 17512.5,\ j = 2, \ldots, 7$

(4) $x_7 \geq 140100$

Selanjutnya, didefinisikan fungsi keanggotaan untuk setiap tujuan dan kendala *fuzzy*, kemudian ditentukan nilai-nilai toleransi*p* dan *q*. Nilai toleransi ditentukan dengan *trial and error*, dengan menganggap satu parameter yang berubah nilainya, sedang parameter lainnya tetap. Sebagai contoh, misalkan nilai toleransi p_1 selalu berubah dan nilai toleransi p_2, p_3, q_{11}, q_{12}, dan q_2 konstan, yaitu $p_1 = 700r; r \in [0.05, 1]; p_2 = 0.05 \times 28100$; $p_3 = 0.05 \times 118; q_{11} = q_{12} = 0.05 \times 350250$; $q_2 = 0.05 \times 139750$, maka diperoleh grafik fungsi objektif, aset berisiko, profit, dan kecukupan modal sebagai berikut:







Dipilih nilai toleransi $p_1 = 105$ sehingga total aset berisiko ada dalam selang $[595, 805]$. Demikian dan seterusnya dilakukan dengan parameter-parameter yang lain, yaitu $p_2 = 1405, p_3 = 53.1,\quad q_{11} = 35025,\ q_{12} = 17512.5$,dan$q_2 = 20962.5$ sehingga diperoleh solusi optimal (dalam juta rupiah) $x_1 = 26500, x_2 = x_3 = x_5 = x_6 = 17512.5, x_4 = 111084$, $x_7 = 141859.5$dengan nilai fungsi objektif sebesar 0.102794 dan total aset berisiko $Z_1 = 707.54$, total profit $Z_2 = 28100$ juta rupiah, dan total kecukupan modal $Z_3 = 118.5$

Jadi, Bank AXN akan memperoleh profit sebesar 28100 juta rupiah dengan total risiko sebesar 707.54 dan total kecukupan modal sebesar 118.5 jika menginvestasikan dana sebesar 26500 juta rupiah untuk kategori kas, sebesar 17512.5 juta rupiah untuk masing-masing kategori investasi jangka pendek, surat berharga pemerintah jangka waktu 1 sampai 5 tahun, pinjaman angsuran, dan kredit tunai, sebesar 111084 juta rupiah untuk kategori investasi surat berharga pemerintah jangka waktu 5 sampai 10 tahun, dan sebesar 141859.5 juta rupiah untuk kategori investasi pinjaman komersial.

4 PUSTAKA

[1] Winston WL. 2004. *Operations Research Applications and Algorithms*.Ed ke-4.New York: Duxbury.

[2] Gupta M, Bhattacharya D. 2010.Goal programming and fuzzy goal programming techniques in the bank investment plans under the scenario of maximizing profit and minimizing risk factor: A case study.*Advances in Fuzzy Mathematics*5(2):111-119.

[3] Zimmermann. 1991. *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. Ed ke-2. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.