Implementasi *Fuzzy Goal Programming* Dalam Kinerja Keuangan Perbankan

Vebrianto Ambarita[1*], Didi Febrian[2], Fitri Sitinjak[3], Nancy Veronica Br. Gultom[4], Santa Putri Purba[5], Valen Silvana Hasibuan[6]
[1,2,3,4,5,6] Matematika, Universitas Negeri Medan, Kota Medan, 20221, Indonesia
*Corresponding Author: vebriambarita@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja keuangan perbankan menggunakan pendekatan Fuzzy Goal Programming (FGP) dengan fungsi keanggotaan segitiga. Sektor perbankan memiliki peran vital dalam stabilitas ekonomi nasional, sehingga optimalisasi kinerja keuangannya menjadi aspek krusial. Kinerja keuangan bank umumnya diukur melalui berbagai indikator seperti total aset, liabilitas, ekuitas, pendapatan, beban, dan arus kas. Dalam praktiknya, tujuan keuangan bank seringkali bersifat ganda dan mengandung ketidakpastian, sehingga pendekatan FGP yang mampu menangani multi-tujuan dengan derajat keanggotaan fuzzy menjadi relevan. Penelitian ini menggunakan data sekunder dari laporan tahunan Bank Negara Indonesia (BNI) periode 2015-2024 yang dianalisis menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan FGP berbasis data panel. Fungsi keanggotaan segitiga dipilih karena kesederhanaannya dalam merepresentasikan batas bawah, nilai ideal, dan batas atas setiap target keuangan. Model matematis dikembangkan dengan enam sasaran utama: memaksimalkan total aset, meminimalkan total liabilitas, memaksimalkan total ekuitas, memaksimalkan total pendapatan, meminimalkan total beban, dan memaksimalkan total arus kas. Hasil analisis menggunakan software Lingo menunjukkan bahwa BNI berhasil mencapai efisiensi operasional yang sangat baik pada sasaran minimalisasi liabilitas (deviasi positif Rp 4,15M) dan minimalisasi beban (deviasi positif Rp 204,8 juta). Namun, empat sasaran lainnya belum mencapai keoptimalan dengan deviasi negatif pada total aset (Rp 4,75M), ekuitas (Rp 662,8 juta), pendapatan (Rp 342,2 juta), dan arus kas (Rp 641,6 juta). Nilai lambda sebesar 0,6234 menunjukkan tingkat kepuasan moderat terhadap pencapaian seluruh sasaran. Penelitian ini menyimpulkan bahwa meskipun efisiensi operasional telah tercapai, diperlukan strategi pertumbuhan seimbang (balanced growth strategy) untuk meningkatkan kinerja pada aspek pertumbuhan dan profitabilitas melalui rebalancing portofolio keuangan dengan fokus pada periode kinerja tinggi.

Kata kunci:Fuzzy Goal Programming; Fungsi Keanggotaan Segitiga; Kinerja Keuangan Perbankan; Optimasi Multi-Tujuan

Abstract

This study aims to optimize banking financial performance using the Fuzzy Goal Programming (FGP) approach with triangular membership functions. The banking sector plays a vital role in national economic stability, making the optimization of its financial performance a crucial aspect. Bank financial performance is generally measured through various indicators such as total assets, liabilities, equity, revenue, expenses, and cash flow. In practice, bank financial objectives are often multiple and contain uncertainty, making the FGP approach capable of handling multi-objectives with fuzzy membership degrees relevant. This study uses secondary data from the annual reports of Bank Negara Indonesia (BNI) for the period 2015-2024, analyzed using descriptive quantitative methods with a panel data-based FGP approach. The triangular membership function was chosen for its simplicity in representing the lower bound, ideal value, and upper bound of each financial target. A mathematical model was developed with six main objectives: maximizing total assets, minimizing total liabilities, maximizing total equity, maximizing total revenue, minimizing total expenses, and maximizing total cash flow. The analysis results using Lingo software show that BNI successfully achieved excellent operational efficiency in the objectives of minimizing liabilities (positive deviation of Rp 4.15B) and minimizing expenses (positive deviation of Rp 204.8M). However, the other four objectives have not reached optimality with negative deviations in total assets (Rp 4.75B), equity (Rp 662.8M), revenue (Rp 342.2M), and cash flow (Rp 641.6M). The lambda value of 0.6234 indicates a moderate level of satisfaction with the achievement of all objectives. This study concludes that although operational efficiency has been achieved, a balanced growth strategy is needed to improve performance in growth and profitability aspects through financial portfolio rebalancing with a focus on high-performance periods.

Keywords: *Fuzzy Goal Programming; Triangular Membership Function; Banking Financial Performance; Multi-Objective Optimization*

Citation: Ambarita, V., dkk. (2025). Implementasi Fuzzy Goal Programming Dalam Kinerja Keuangan Perbankan. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2025*. 659 – 669.

PENDAHULUAN

Sektor perbankan memainkan peran penting dalam mendukung stabilitas dan pertumbuhan ekonomi suatu negara. Melalui fungsinya yaitu sebagai perantara keuangan, bank berperan aktif dalam mengumpulkan dana publik dan menyalurkannya kembali dalam bentuk kredit atau pembiayaan ke sektor-sektor produktif. Oleh karena itu, pengukuran dan optimalisasi kinerja keuangan perbankan merupakan aspek penting yang tidak hanya mempengaruhi keuntungan lembaga, tetapi juga kepercayaan publik dan stabilitas sistem keuangan nasional. Kinerja keuangan perbankan umumnya diukur menggunakan indikator rasio keuangan seperti *Return on Assets* (ROA), *Return on Equity* (ROE), *Non-Performing*

© Jurusan Matematika - Universitas Negeri Medan

Loans (NPL) atau *Non-Performing Financing* (NPF) dalam perbankan syariah, *Loan to Deposit Ratio* (LDR), *Operating Expenses to Operating Income* (BOPO), dan *Capital Adequacy Ratio* (CAR). Indikator-indikator ini digunakan untuk menilai efisiensi, profitabilitas, likuiditas, dan solvabilitas bank dalam menjalankan aktivitasnya. Penelitian Novianti (2024) menunjukkan bahwa rasio-rasio ini sangat mempengaruhi stabilitas dan keberlanjutan perbankan syariah di Indonesia, terutama setelah pandemi COVID-19 yang memberikan tekanan signifikan pada sektor keuangan nasional.

Dalam menganalisis kinerja keuangan bank, pendekatan data panel merupakan salah satu metode yang paling relevan. Data panel menggabungkan dimensi seri waktu dan dimensi penampang, sehingga memungkinkan untuk menangkap variasi kinerja antara bank dan antara periode secara bersamaan. Melina, Gurendrawati, dan Armeliza (2023) dalam studi mereka tentang pengaruh kinerja keuangan terhadap pangsa pasar perbankan syariah di Indonesia menekankan bahwa penggunaan data panel memberikan hasil analisis yang lebih komprehensif dibandingkan dengan model regresi tunggal, karena mampu mempertimbangkan efek tetap dan efek acak yang menggambarkan karakteristik masing-masing bank. Melalui data panel, peneliti dapat mengamati dinamika perubahan kinerja keuangan bank seiring waktu, sekaligus memahami perbedaan struktural antar bank yang dapat memengaruhi hasil optimasi.

Namun, dalam praktik manajemen, tujuan keuangan bank seringkali bersifat ganda dan tidak selalu jelas. Misalnya, manajemen bank berusaha meningkatkan keuntungan sambil mengurangi rasio kredit macet (NPL) dan mempertahankan efisiensi operasional (BOPO) secara bersamaan. Tujuan-tujuan ini dapat bertentangan, sehingga pendekatan optimisasi multi-tujuan menjadi penting. Salah satu metode yang sering digunakan untuk mengatasi masalah ini adalah *Goal Programming* (GP), metode optimasi yang memungkinkan pencapaian beberapa tujuan secara bersamaan dengan mempertimbangkan penyimpangan dari target yang telah ditentukan. Namun, metode GP klasik mengasumsikan bahwa semua target dan batasan bersifat pasti, sedangkan dalam kenyataannya, banyak keputusan keuangan mengandung ketidakpastian dan ambiguitas. Dalam konteks ini, *Fuzzy Goal Programming* (FGP) muncul sebagai pendekatan yang lebih fleksibel karena mampu menangkap ketidakpastian dengan menggunakan konsep derajat keanggotaan fuzzy untuk menggambarkan tingkat pencapaian setiap tujuan.

FGP memberikan para pengambil keputusan kesempatan untuk mengekspresikan preferensi dan toleransi mereka terhadap penyimpangan dari target secara lebih realistis melalui fungsi keanggotaan fuzzy. Pemilihan bentuk fungsi keanggotaan merupakan aspek krusial dalam model fuzzy karena menentukan cara perhitungan derajat kepuasan terkait pencapaian tujuan. Fungsi keanggotaan trapezoidal merupakan salah satu bentuk yang paling sering digunakan dalam penelitian karena kesederhanaannya, kemudahan interpretasi, dan kemampuannya untuk mewakili batas bawah, batas atas, dan area toleransi dalam pencapaian tujuan. Penelitian oleh Syahputri, Chiuloto, dan Harahap (2024) membuktikan bahwa fungsi keanggotaan trapezoidal memberikan hasil yang stabil dan konsisten dalam sistem fuzzy Tsukamoto saat digunakan untuk menilai kinerja akademik dosen. Sementara itu, Kusuma, Hartati, dan Sukerayasa (2020) menekankan bahwa jumlah dan jenis fungsi keanggotaan secara signifikan mempengaruhi akurasi hasil peramalan dalam sistem logika fuzzy, di mana fungsi trapezoidal berkinerja baik untuk data yang mengandung ketidakpastian tinggi.

Integrasi antara *Fuzzy Goal Programming* dan analisis data panel merupakan pendekatan inovatif untuk mengoptimalkan kinerja keuangan perbankan. Dengan menggabungkan kedua pendekatan ini, model penelitian tidak hanya mampu memperhitungkan ketidakpastian dalam penetapan tujuan keuangan, tetapi juga menangkap variasi temporal dan struktural antar bank. Studi ini bertujuan untuk mengisi kekosongan dalam literatur, di mana sebagian besar penelitian sebelumnya di Indonesia hanya menggunakan model regresi data panel tanpa mengintegrasikan pendekatan optimasi fuzzy. Selain itu, penerapan fungsi keanggotaan trapezoidal dalam konteks optimasi kinerja keuangan perbankan masih jarang, meskipun fungsi ini dapat memberikan representasi intuitif mengenai preferensi manajemen bank terkait batas toleransi target keuangan, seperti ROA, NPL, atau BOPO. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model analisis perbandingan keoptimalan kinerja keuangan perbankan menggunakan pendekatan *Fuzzy Goal Programming* berbasis data panel dengan fungsi keanggotaan trapezoidal. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh model yang tidak hanya menggambarkan tingkat kinerja bank secara kuantitatif tetapi juga memperhitungkan tingkat ketidakpastian dan fleksibilitas preferensi tujuan manajerial. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi metodologis dalam pengembangan teknik optimasi di bidang keuangan, sekaligus memberikan manfaat praktis bagi pengambil keputusan di sektor perbankan dalam merumuskan strategi peningkatan kinerja yang lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan ekonomi dan regulasi.

METODE PENELITIAN

Kinerja keuangan perbankan umumnya diukur melalui berbagai rasio keuangan yang mencerminkan profitabilitas, likuiditas, kualitas aset, efisiensi operasional, dan kecukupan modal, antara lain *Return on Assets* (ROA), *Return on Equity* (ROE), *Non-Performing Loans* (NPL), *Loan to Deposit Ratio* (LDR), *Operating Expenses to Operating Income* (BOPO), serta *Capital Adequacy Ratio* (CAR) (Salsabila et al., 2024). Penilaian yang komprehensif diperlukan karena setiap indikator merepresentasikan dimensi berbeda dalam stabilitas bank (Melina et al., 2022). *Goal programming* (GP) merupakan metode digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi yang melibatkan lebih dari satu fungsi tujuan. *Goal programming* memiliki asumsi, notasi, formulasi model matematis, serta prosedur perumusan model yang serupa dengan linear programming, karena *Goal programming* merupakan perluasan dari *linear programming*. Oleh karena itu, *Goal programming* bertujuan meminimalkan penyimpangan dari target yang telah ditetapkan, sehingga masalah dalam *Goal programming* adalah minimasi (Rosidah et al., 2025). Variabel deviasi terdiri atas dua; (1) variabel deviasi negative, digunakan untuk menunjukkan besarnya penyimpangan ke arah nilai yang lebih rendah dari target yang ditetapkan dalam model, yang biasanya dilambangkan dengan simbol d_i^- (Persamaan 1), dan (2) variabel deviasi positif, digunakan untuk menunjukkan besarnya penyimpangan ke arah nilai yang lebih tinggi dari target yang ditetapkan dalam model, yang biasanya dilambangkan dengan simbol d_i^+ (persamaan 2).

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}.X_{ij} + d_i^- = b_i \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}.X_{ij} + d_i^+ = b_i \quad (2)$$

Dimana $i = 1,2,3,\dots,m\,; j = 1,2,3,\dots,n$. Menurut (Rosidah et al., 2025) ada empat cara berbeda dalam penggunaan variabel deviasional untuk mencapai sasaran-sasaran manajerial, untuk mencapai sebuah sasaran dengan nilai tertentu

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}.X_{ij} + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad (3)$$

Oleh karena itu, persamaan fungsi tujuan menjadi persamaan 4.

$$\text{Meminimumkan} \sum_{j=i}^{n} d_i^- + d_i^+ \quad (4)$$

Pada solusi optimal, apabila $d_i^+ = d_i^- = 0$, maka sasaran telah terpenuhi. Jika $d_i^+ > 0$ dan $d_i^- = 0$, hal ini menunjukkan adanya penyimpangan di atas nilai b_i, yang berarti sasaran tersebut terlampaui. Sebaliknya, jika $d_i^+ = 0$ dan $d_i^- > 0$, maka terjadi penyimpangan di bawah nilai b_i, yang menunjukkan bahwa sasaran tidak berhasil dicapai.

Kemudian untuk mencapai sebuah sasaran dibawah nilai tertentu

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}.X_{ij} - d_i^+ = b_i \quad (5)$$

Oleh karena itu, persamaan fungsi tujuan menjadi persaman 6

$$\text{Meminimumkan} \sum_{j=i}^{n} d_i^+ \quad (6)$$

Pada solusi optimal, apabila $d_i^+ = 0$, maka sasaran telah terpenuhi. Namun, Jika $d_i^+ > 0$, hal ini menunjukkan adanya penyimpangan di atas nilai b_i, yang berarti sasaran tersebut terlampaui. Selanjutnya Untuk mencapai sebuah sasaran diatas nilai tertentu

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}.X_{ij} + d_i^- = b_i \quad (7)$$

Oleh karena itu, persamaan fungsi tujuan menjadi Persamaan 8.

$$Meminimumkan \sum_{j=i}^{n} d_i^- \quad (8)$$

Pada solusi optimal, apabila $d_i^- = 0$, maka sasaran telah terpenuhi. Namun, Jika $d_i^- > 0$, hal ini menunjukkan adanya penyimpangan di atas nilai b_i, yang berarti sasaran tersebut terlampaui. Untuk mencapai sebuah sasaran pada interval nilai tertentu

$$a_i - d_i^- \leq \sum_{j=1}^{n} a_{ij}.X_{ij} \leq b_i + d_i^- \quad (9)$$

Oleh karena itu, persamaan fungsi tujuan menjadi persamaan 10.

$$Meminimumkan \sum_{j=1}^{n} d_i^- + d_i^+ \quad (10)$$

Maka dari itu, dapat didefinisikan bentuk umum dari *Goal Programming*, yaitu sebagai berikut dengan kendala

$$\begin{aligned} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \cdots + a_{1n}X_n + d_1^- - d_1^+ &= b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \cdots + a_{2n}X_n + d_2^- - d_2^+ &= b_2 \\ \cdots & \\ \cdots & \\ a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \cdots + a_{mn}X_n + d_m^- - d_m^+ &= b_m \end{aligned} \quad (11)$$

dengan syarat X_j, d_i^+, dan $d_i^- \geq 0$ untuk $i = 1,2,3, \ldots, m$.

Fuzzy Goal Programming (FGP) merupakan perluasan dari *Goal Programming* (GP) yang dikembangkan untuk menangani ketidakpastian dalam penetapan tujuan. GP tradisional mengasumsikan bahwa semua parameter dan tujuan bersifat pasti dan dapat diukur secara tepat. Secara umum, model FGP kita memiliki tujuan $G1, G2, \ldots, G_m$ yang ingin dicapai dalam suatu sistem. Setiap tujuan G_i memiliki nilai keanggotaan fuzzy, yang mengindikasikan sejauh mana tujuan tersebut tercapai. Kemudian Fungsi keanggotaan fuzzy $\mu G_i(x)$untuk tujuan G_i menggambarkan tingkat kepuasan dari tujuan yang ingin dicapai. Fungsi ini berbentuk suatu nilai antara 0 dan 1, di mana $\mu G_i(x) = 1$ menunjukkan pencapaian sempurna dari tujuan tersebut dan $\mu G_i(x) = 0$ menunjukkan ketidakmampuan untuk mencapai tujuan. Model optimasi FGP dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Max\ Z = \sum_{i=1}^{m} w_i.\mu G_i(x) \quad (12)$$

Di mana: Z=fungsi tujuan total yang harus dimaksimalkan; w_i = bobot untuk tujuan G_i , yang menunjukkan seberapa penting tujuan tersebut; dan $\mu G_i(x)$ = fungsi keanggotaan fuzzy dari tujuan G_i. Setiap model FGP biasanya memiliki beberapa kendala yang harus dipatuhi. Misalnya, kendala yang berbentuk linear dapat ditulis sebagai berikut:

$$a_{ij}x_j \leq b_i, \text{ untuk } j = 1,2, \ldots, n,\ i = 1,2, \ldots, m$$

di mana; a_{ij} adalah koefisien kendala untuk variabel keputusan x_j; b_i adalah nilai batas kendala I; x_j adalah variabel keputusan yang harus ditentukan; dan Model Fuzzy Goal Programming (FGP) dengan Kendala Fuzzy

Jika kendala juga bersifat fuzzy, maka kita perlu memasukkan komponen fuzzy dalam kendala. Misalnya, jika ada kendala yang memiliki batas ketidakpastian, kendala tersebut bisa direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan fuzzy (perasmaan 13)

$$\mu c_i(x) = \frac{b_i - \sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j}{b_i}, \text{untuk } \sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j \leq b_i \quad (13)$$

Secara lengkap, model FGP dengan tujuan dan kendala fuzzy dapat dirumuskan sebagai persamaan 14.

$$Max\ Z = \sum_{i=1}^{m} w_i.\mu G_i(x) \quad (14)$$

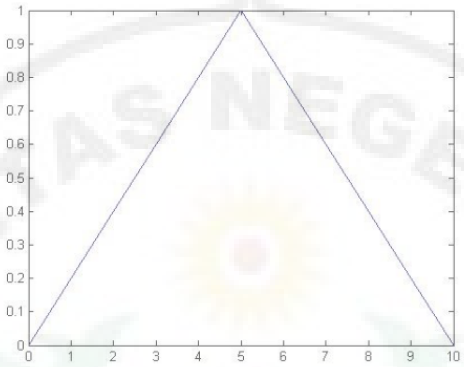
Dengan kendala: $a_{ij}x_j \leq b_i$, untuk $i = 1,2, \ldots, m$, dan $\mu c_i(x) = \frac{b_i - \sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j}{b_i}$, Untuk $i = 1,2, \ldots, m$. Solusi dari model FGP biasanya dicapai dengan menggunakan teknik optimasi fuzzy, seperti metode transformasi fuzzy atau metode goal programming klasik yang disesuaikan dengan elemen fuzzy. Dalam banyak kasus, model ini dapat diselesaikan dengan teknik optimasi linear atau non-linear tergantung pada bentuk fungsi keanggotaan yang digunakan.

Dalam logika tegas, fungsi keanggotaan menyatakan keanggotaan pada suatu himpunan. Fungsi keanggotaan $\chi_A(x)$ bernilai 1 jika x anggota himpunan A, dan bernilai 0 jika x bukan anggota himpunan A. Jadi, fungsi keanggotaan ini hanya bisa bernilai 0 atau 1. $\chi_A: x \rightarrow \{0,1\}$. Sedangkan dalam logika fuzzy, fungsi keanggotaan menyatakan derajat keanggotaan pada suatu himpunan. Nilai dari fungsi keanggotaan ini berada dalam selang $[0,1]$ dan dinyatakan dengan μ_A. Kemudian $\mu_A: x \rightarrow [0,1]$ fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ bernilai 1 jika x anggota penuh himpunan A, dan bernilai 0 jika x bukan anggota himpunan A. Sedangkan, jia derajat keanggotaan berada dalam selang (0,1) misalnya $\mu_A(x) = \mu$, menyatakan x Sebagian anggota himpunan A dengan derajat keanggotaan sebesar μ. fungsi keanggotaan suatu himpunan fuzzy dapat ditentukan dengan beberapa jenis fungsi salah satunya fungsi segitiga. Fungsi keanggotaan segitiga

merupakan kurva linier yang terdiri dari dua garis lurus, yaitu kurva linier naik dan kurva linier turun. Fungsi keanggotaan segitiga memiliki tiga parameter a, b dan c.

$$\mu_{[x]} = \begin{cases} 0; & x \leq a \; atau \; x \geq b \\ \dfrac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \dfrac{b-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases}$$

Persamaan tersebut direpresentasikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 1 Grafik fungsi segitiga

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan Fuzzy Goal Programming (FGP) berbasis data panel. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggabungkan analisis kuantitatif dengan konsep ketidakpastian untuk menghasilkan model optimasi yang lebih realistis dalam menilai kinerja keuangan perbankan. Studi ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari laporan tahunan Bank Negara Indonesia (BNI) untuk periode 2015–2024, yang diunduh dari situs web resmi https://www.bni.co.id. Data tersebut mencakup enam indikator laporan keuangan utama, yaitu total aset, total liabilitas, total ekuitas, total pendapatan, total biaya, dan arus kas. Model yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada prinsip-prinsip Fuzzy Goal Programming, di mana setiap tujuan keuangan diwakili dalam bentuk fungsi tujuan, dengan mempertimbangkan fungsi keanggotaan segitiga untuk menggambarkan batas bawah, nilai ideal, dan batas atas setiap target. Tujuan penelitian ini meliputi memaksimalkan total aset, ekuitas, pendapatan, dan arus kas, serta meminimalkan total liabilitas dan beban. Proses analisis dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu pengumpulan dan pengolahan data panel, penentuan parameter fuzzy untuk setiap variabel, pengembangan model matematis FGP, dan penyelesaian model menggunakan perangkat lunak untuk mendapatkan nilai optimal. Hasil optimasi yang diperoleh kemudian dianalisis untuk melihat tingkat pencapaian setiap tujuan berdasarkan derajat keanggotaan fuzzy yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yaitu data yang diambil dari Laporan Tahunan BNI yang diperoleh dari internet yang sudah di publikasi dengan alamat https://www.bni.co.id/id-id/investor/laporan-keuangan. Data yang digunakan untuk membuat keputusan yaitu aset, liabilitas, ekuitas, pendapatan, beban, dan arus kas dari tahun 2015–2024.

Tabel 1. Data BNI 2015-2024

Tahun	Asset	Liabilitas	Ekuitas	Pendapatan	Beban	Arus kas
2015	1.129.805.637	962.619.084	167.186.553	88894015	55791350	104.074.764
2016	1.086.663.986	931.931.466	154.732.520	81284125	47973688	154.879.093
2017	1.029.836.868	889.639.206	140.197.662	73258352	40397138	163.900.321
2018	964.837.692	838.317.715	126.519.977	66245586	36580108	173.340.293
2019	891.337.425	746.235.663	112.872.199	69.585.452	43.234.661	126.907.599
2020	845.605.208	688.489.442	125.003.948	72.244.771	45.616.898	81.184.598
2021	754.575.210	650.986.134	103.589.076	44.448.932	36.526.242	85.455.451
2022	661.658.373	567.641.116	94.017.257	55.939.047	26.329.893	94.538.443
2023	603.031.880	492.701.125	89.254.000	53.731.122	32.990.220	78.284.151
2024	508.595.288	412.727.677	78.438.222	45.460.110	27.844.783	83.607.533

Variabel Keputusan; X_1 = nilai laporan keuangan pada tahun 2015; X_2 = nilai laporan keuangan pada tahun 2016; X_3 = nilai laporan keuangan pada tahun 2017; X_4 = nilai laporan keuangan pada tahun 2018; X_5 = nilai laporan keuangan pada

tahun 2019; X_6 = nilai laporan keuangan pada tahun 2020; X_7= nilai laporan keuangan pada tahun 2021; X_8 = nilai laporan keuangan pada tahun 2022; X_9 = nilai laporan keuangan pada tahun 2023; X_{10}= nilai laporan keuangan pada tahun 2024. Sedangkan untuk Variabel Deviasi; D_i^- =deviasi negatif dari sasaran ke- i dan D_i^+ =deviasi positif dari sasaran ke- i.

Kendala sasaran memaksimalkan total asset

$$508.595.288X_1 + 603.031.880X_2 + +661.658.373X_3 + 754.575.210X_4 + 845.605.208X_5 + 891.337.425X_6 + +964.837.692X_7 + 1.029.836.868X_8 + 1.086.663.986X_9 + 1.129.805.637X_{10} + d_1^- - d_1^+ = 5.627.377.766$$

Kendala sasaran meminimalkan total liabilitas

$$412.727.677X_1 + 492.701.125X_2 + 567.641.116X_3 + 650.986.134X_4 + 688.489.442X_5 + +746.235.663X_6 + 838.317.715X_7 + 889.639.206X_8 + 931.931.466X_9 + 962.619.084X_{10} + d_2^- - d_2^+ = 4.841.134.721$$

Kendala sasaran memaksimalkan total ekuitas

$$78.438.222X_1 + 89.254.000X_2 + 94.017.257X_3 + 103.589.076X_4 + 125.003.948X_5 + 112.872.199X_6 + 126.519.977X_7 + 140.197.662X_8 + 154.732.520X_9 + 167.186.553X_{10} + d_3^- - d_3^+ = 786.243.045$$

Kendala sasaran memaksimalkan total pendapatan

$$45.460.110X_1 + 53.731.122X_2 + 55.939.047X_3 + 44.448.932X_4 + 72.244.771X_5 + 69.585.452X_6 + 66.245.58X_7 + 73.258.352X_8 + 81.284.125X_9 + 88.894.015X_{10} + d_4^- - d_4^+ = 410.070.057$$

Kendala sasaran meminimalkan total beban

$$27.844.783X_1 + 32.990.220X_2 + 26.329.893X_3 + 36.526.242X_4 + 45.616.898X_5 + 43.234.661X_6 + 36.580.108X_7 + 40.397.138X_8 + 47.973.688X_9 + 55.791.350X_{10} + d_5^- - d_5^+ = 243.598.419$$

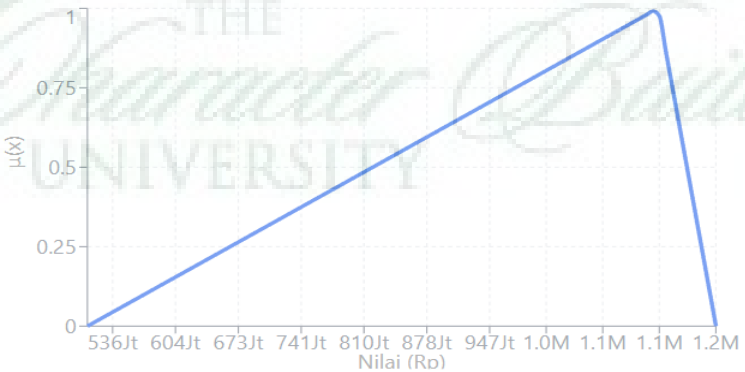
Kendala sasaran memaksimalkan arus kas

$$83.607.533X_1 + 78.284.151X_2 + 94.538.443X_3 + 85.455.451X_4 + 81.184.598X_5 + 126.907.599X_6 + 173.340.293X_7 + 163.900.321X_8 + 154.879.093X_9 + 104.074.764X_{10} + d_6^- - d_6^+ = 776.188.365$$

Sesuai dengan metode penelitian, representasi himpunan fuzzy untuk semua variabel menggunakan fungsi keanggotaan segitiga. Fungsi ini dipilih karena representasinya yang sederhana dan kemampuannya untuk memodelkan ketidakpastian secara efektif. Kurva segitiga didefinisikan oleh tiga parameter (a, b, c), di mana b adalah nilai puncak (derajat keanggotaan = 1), dan a serta c adalah batas bawah dan atas (derajat keanggotaan = 0).Formula matematis untuk fungsi keanggotaan segitiga $(\mu[x])$ adalah:

$$= \begin{cases} 0; & x \le a \; atau \; x \ge b \\ \dfrac{x-a}{b-a}; & a \le x \le b \\ \dfrac{b-x}{c-b}; & b \le x \le c \end{cases}$$

$$a = minx; b = \max x \; ; c = b + 0{,}1(b-a)$$



Gambar 2. Fungsi keanggotaan memaksimalkan total aset

Dengan penerapan fuzzy, peneliti menggunakan fungsi keanggotaan fuzzy untuk menunjukkan pemetaan sasaran ke dalam nilai keanggotaannya dalam interval 0 sampai 1 dengan karakteristik grafiksebagi berikut; Fungsi Maksimalisasi merepresentasikan grafik naik dari a ke b (derajat keanggotaan 0 ke 1), kemudian turun dari b ke c; Fungsi Minimalisasi merepresentasikan grafik turun dari a ke b (derajat keanggotaan 1 ke 0); Setiap grafik (gambar 2) menampilkan parameter

(a, b, c) dan formula yang digunakan; Nilai pada sumbu X diformat dalam jutaan (Jt) dan miliaran (M) untuk kemudahan pembacaan. Grafik berikut ini merepresentasikan tingkat keanggotaan fuzzy (μ) untuk setiap nilai objektif dalam analisis Fuzzy Goal Programming laporan keuangan BNI tahun 2015-2024. Fungsi keanggotaan memaksimalkan total asset

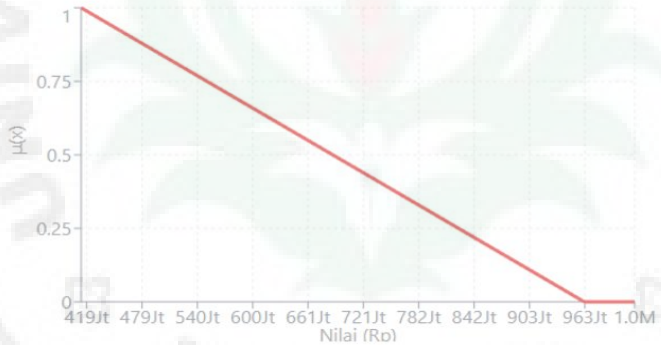
$$\mu(Z_1) = \begin{cases} 0; & Z_1 \leq 508.595.288 \\ \dfrac{Z_1 - 508.595.288}{1.129.805.637 - 508.595.288}; & 508.595.288 < Z_1 \leq 1.129.805.637 \\ \dfrac{1.129.805.637 - Z_1}{1.192.926.672 - 1.129.805.637}; & 1.129.805.637 < Z_1 \leq 1.192.926.672 \end{cases}$$

Dengan demikian nilai keanggotaan fuzzy untuk sasaran memaksimalkan total aset adalah

$$\frac{Z_1 - 508.595.288}{1.129.805.637 - 508.595.288} \geq \lambda$$

$$508.595.288X_1 + 603.031.880X_2 + +661.658.373X_3 + 754.575.210X_4 + 845.605.208X_5 + 891.337.425X_6 + +964.837.692X_7 + 1.029.836.868X_8 + 1.086.663.986X_9 + 1.129.805.637X_{10} - 621.210.349 \geq 6.248.588.115$$

Tingkat kepuasan BNI terhadap total liabilitas yang dimiliki akan semakin tinggi ketika nilai liabilitas semakin kecil. Dengan demikian, fungsi keanggotaannya direpresentasikan dalam bentuk linear turun. Semakin rendah nilai liabilitas, semakin tinggi derajat kepuasan yang diperoleh oleh perusahaan. Berdasarkan data yang ada, fungsi keanggotaan ini akan mencerminkan penurunan liabilitas yang dapat meningkatkan kepuasan finansial BNI.



Gambar 3. Fungsi keanggotaan meminimalkan total liabilitas

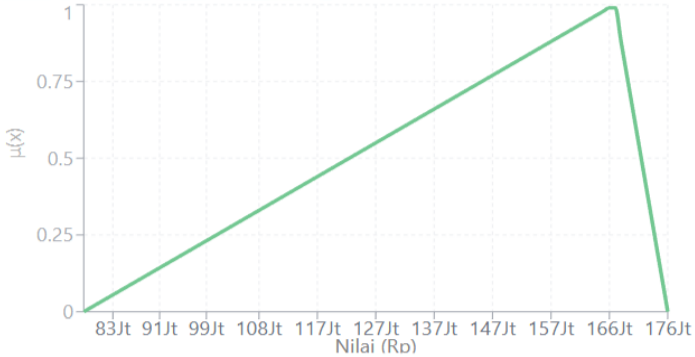
Fungsi keanggotaan meminimalkan total liabilitas

$$\mu(Z_2) = \begin{cases} 0; & Z_2 \geq 412.7272.677 \\ \dfrac{Z_2 - 412.7272.677}{962.691.084 - 412.7272.677}; & 412.7272.677 \leq Z_2 \leq 962.691.084 \\ \dfrac{962.691.084 - Z_2}{1.017.608.224 - 962.691.084}; & 962.691.084 < Z_2 \leq 1.017.608.224 \end{cases}$$

Dengan demikian, nilai keanggotaan fuzzy untuk sasaran meminimalkan liabilitas adalah

$$\frac{Z_2 - 412.7272.677}{962.691.084 - 412.7272.677} \leq \lambda$$

$$412.727.677X_1 + 492.701.125X_2 + 567.641.116X_3 + 650.986.134X_4 + 688.489.442X_5 + +746.235.663X_6 + 838.317.715X_7 + 889.639.206X_8 + 931.931.466X_9 + 962.619.084X_{10} + 549.891.407 \leq 5.391.026.128$$



Gambar 4. Fungsi keanggotaan memaksimalkan total ekuitas

Tingkat kepuasan BNI terhadap total ekuitas yang dimiliki akan semakin tinggi ketika nilai ekuitas semakin besar. Grafik (gambar 4) menunjukkan ekuitas mencapai derajat keanggotaan optimal (μ=1) pada Rp 167.2Jt (tahun 2015), yaitu ekuitas tertinggi. Nilai terendah Rp 78.4Jt (tahun 2024) memiliki μ=0. Semakin tinggi ekuitas, semakin kuat posisi modal perusahaan dan semakin baik derajat keanggotaannya.

Fungsi keanggotaan memaksimalkan ekuitas

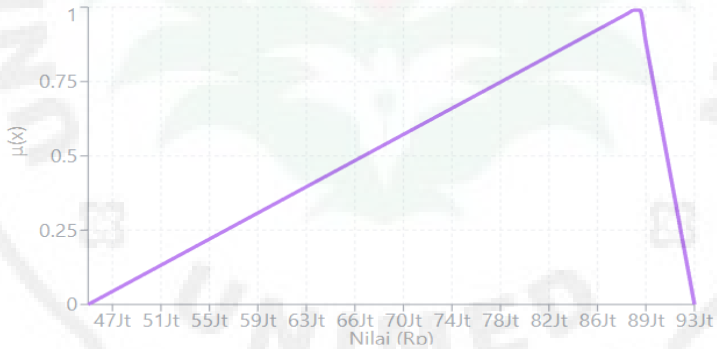
$$\mu(Z_3) = \begin{cases} 0; & Z_3 < 78.438.222 \\ \dfrac{Z_3 - 78.438.222}{167.186.553 - 78.438.222}; & 78.438.222 < Z_3 \leq 167.186.553 \\ \dfrac{167.186.553 - Z_3}{176.061.386 - 167.186.553}; & 167.186.553 < Z_3 \leq 176.061.386 \end{cases}$$

Dengan demikian, niali keanggotaan fuzzy untuk sasaran memaksimalkan ekuitas adalah

$$\frac{Z_3 - 78.438.222}{167.186.553 - 78.438.222} \geq \lambda$$

$$78.438.222X_1 + 89.254.000X_2 + 94.017.257X_3 + 103.589.076X_4 + 125.003.948X_5 + 112.872.199X_6 + 126.519.977X_7 + 140.197.662X_8 + 154.732.520X_9 + 167.186.553X_{10} - 88.748.331 \geq 874.991.376$$

Tingkat kepuasan BNI terhadap total pendapatan yang dimiliki akan semakin tinggi ketika nilai pendapatan semakin besar. Grafik menunjukkan pendapatan optimal pada Rp 88.9Jt (tahun 2015) dengan μ=1. Pendapatan terendah Rp 45.5Jt (tahun 2024) memiliki μ=0. Grafik segitiga ini menunjukkan bahwa peningkatan pendapatan hingga titik puncak sangat diinginkan untuk kesehatan finansial perusahaan.



Gambar 5. Fungsi keanggotaan memaksimalkan total pendapatan

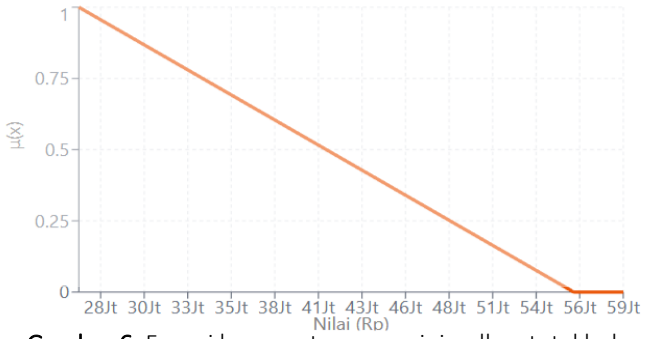
Fungsi keanggotan memaksimalkan total pendapatan

$$\mu(Z_4) = \begin{cases} 0; & Z_4 < 45.460.110 \\ \dfrac{Z_4 - 45.460.110}{88.894.015 - 45.460.110}; & 45.460.110 < Z_4 \leq 88.894.015 \\ \dfrac{88.894.015 - Z_4}{176.061.386 - 88.894.015}; & 88.894.015 < Z_4 \leq 176.061.386 \end{cases}$$

Dengan demikian, nilai keanggotaan fuzzy untuk sasaran memaksimalkan total pendapatan adalah

$$\frac{Z_4 - 45.460.110}{88.894.015 - 45.460.110} \geq \lambda$$

$$5.460.110X_1 + 53.731.122X_2 + 55.939.047X_3 + 44.448.932X_4 + 72.244.771X_5 + 69.585.452X_6 + 66.245.58X_7 + 73.258.352X_8 + 81.284.125X_9 + 88.894.015X_{10} - 43.433.905 \geq 453.503.962$$



Gambar 6. Fungsi keanggotaan meminimalkan total beban Fungsi

Tingkat kepuasan BNI terhadap total beban yang dimiliki akan semakin tinggi ketika nilai beban semakin kecil. Grafik menunjukkan beban terendah Rp 26.3Jt (tahun 2022) sangat diinginkan dengan μ mendekati 1. Semakin tinggi beban menuju Rp 55.8Jt (tahun 2015), derajat keanggotaan menurun ke 0. Ini mencerminkan efisiensi operasional - semakin rendah beban, semakin baik. Fungsi keanggotaan meminimalkan total beban

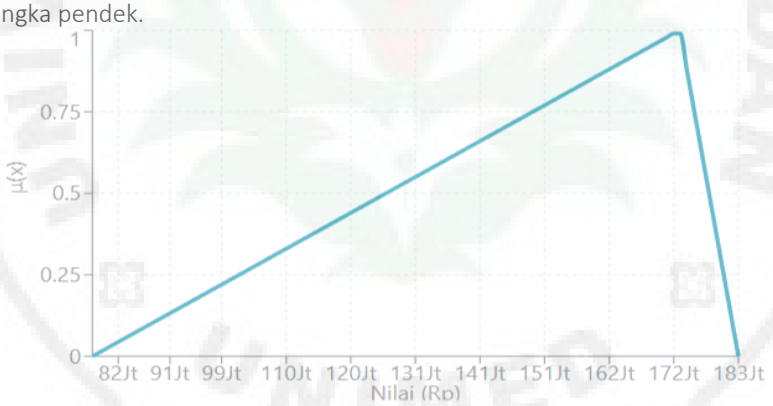
$$\mu(Z_5) = \begin{cases} 0; & Z_5 \geq 26.329.893 \\ \dfrac{Z_5 - 26.329.893}{55.791.350 - 26.329.893}; & 26.329.893 \leq Z_5 \leq 55.791.350 \\ \dfrac{55.791.350 - Z_5}{58.737.495 - 55.791.350}; & 55.791.350 < Z_5 \leq 58.737.495 \end{cases}$$

Dengan demikian, nilai keanggotaan fuzzy untuk sasaran meminimalkan total beban adalah

$$\frac{Z_5 - 26.329.893}{55.791.350 - 26.329.893} \leq \lambda$$

$$27.844.783X_1 + 32.990.220X_2 + 26.329.893X_3 + 36.526.242X_4 + 45.616.898X_5 + 43.234.661X_6 + 36.580.108X_7 + 40.397.138X_8 + 47.973.688X_9 + 55.791.350X_{10} + 29.461.457 \leq 273.059.876$$

Tingkat kepuasan BNI terhadap total arus kas yang dimiliki akan semakin tinggi ketika nilai arus kas semakin besar. Grafik menunjukkan arus kas mencapai optimal pada Rp 173.3Jt (tahun 2018) dengan μ=1. Arus kas terendah Rp 78.3Jt (tahun 2023) memiliki μ=0. Arus kas tinggi menunjukkan likuiditas yang baik dan kemampuan perusahaan memenuhi kewajiban jangka pendek.



Gambar 7. Fungsi keanggotaan memaksimalkan total arus kas

Fungsi keangotaan memaksimalkan total arus kas

$$\mu(Z_6) = \begin{cases} 0; & Z_6 < 78.284.151 \\ \dfrac{Z_6 - 78.284.151}{173.340.293 - 78.284.151}; & 78.284.151 < Z_6 \leq 173.340.293 \\ \dfrac{173.340.293 - Z_6}{182.845.907 - 173.340.293}; & 173.340.293 < Z_6 \leq 182.845.907 \end{cases}$$

Dengan demikian, nilai keanggotaan fuzzy untuk sasarann memaksimalkan total arus kas adalah

$$\frac{Z_6 - 78.284.151}{173.340.293 - 78.284.151} \geq \lambda$$

$$83.607.533X_1 + 78.284.151X_2 + 94.538.443X_3 + 85.455.451X_4 + 81.184.598X_5 + 126.907.599X_6 + 173.340.293X_7 + 163.900.321X_8 + 154.879.093X_9 + 104.074.764X_{10} - 95.056.142 \geq 871.244.507$$

Berdasarkan hasil penyelesaian dengan menggunakan Lingo, diperoleh nilai deviasi dari setiap sasaran seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Nilai deviasi dari setiap sasaran

Kendala Sasaran	Deviasi Negatif	Deviasi Positif
Memaksimalkan total aset ,	4.75M	0
Meminimalkan total liabilitas	0	4.15M
Memaksimalkan total ekuitas	662.8Jt	0
Memaksimalkan total pendapatan	342.2Jt	0
Meminimalkan total beban	0	204.8Jt
Memaksimalkan total arus kas	641.6Jt	0

Untuk menganalisis keoptimalan laporan keuangan, maka yang perlu diperhatikan adalah nilai deviasi dari setiap sasaran yang terdapat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 2, diperoleh nilai deviasi negatif dari sasaran memaksimalkan total aset adalah Rp 4.75M, hal ini menunjukkan bahwa nilai aset yang dicapai masih jauh di bawah target total aset Rp 5.63M. Ini mengindikasikan bahwa portofolio yang dipilih tidak mampu memaksimalkan aset sesuai harapan. Perusahaan perlu meningkatkan alokasi pada periode dengan aset tinggi (2015-2017). Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai deviasi positif dari sasaran meminimalkan liabilitas adalah Rp 4.15M, hal ini menunjukkan pencapaian sangat baik. Liabilitas aktual (Rp 689Jt) jauh lebih rendah dari target maksimal (Rp 4.84M). Ini berarti strategi alokasi berhasil meminimalkan utang, dengan fokus pada periode dengan liabilitas rendah (2022-2024). Kondisi ini sangat menguntungkan untuk kesehatan finansial.

Selanjutnya, pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai deviasi negatif dari sasaran memaksimalkan total ekuitas adalah Rp 662.8Jt, hal ini menunjukkan bahwa ekuitas yang dicapai (Rp 123.5Jt) masih di bawah target (Rp 786.2Jt). Gap yang signifikan ini mengindikasikan bahwa struktur modal belum optimal. Perusahaan perlu meningkatkan bobot alokasi pada periode dengan ekuitas tinggi untuk memperkuat posisi modal. Selanjutnya, pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai deviasi negatif dari sasaran memaksimalkan total pendapatan adalah sebesar Rp 342.2Jt, hal ini menunjukkan pendapatan aktual (Rp 67.9Jt) jauh di bawah target (Rp 410.1Jt). Ini mencerminkan bahwa strategi alokasi belum efektif dalam memaksimalkan revenue. Perlu ada rebalancing menuju periode dengan pendapatan tinggi (2015, 2018-2019) untuk meningkatkan performa pendapatan.

Selanjutnya, pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai deviasi positif dari sasaran meminimalkan total beban adalah sebesar Rp 204.8Jt, hal ini menunjukkan pencapaian excellent. Beban operasional aktual (Rp 38.8Jt) jauh lebih rendah dari target maksimal (Rp 243.6Jt). Ini mengindikasikan efisiensi operasional yang sangat baik, dengan fokus alokasi pada periode beban rendah (2022-2024). Perusahaan berhasil menekan biaya operasional secara signifikan. Tabel 2 juga menunjukkan bahwa nilai deviasi negatif dari sasaran memaksimalkan total arus kas adalah sebesar Rp 641.6Jt, hal ini menunjukkan bahwa arus kas yang dicapai (Rp 134.6Jt) masih jauh di bawah target (Rp 776.2Jt). Gap besar ini mengindikasikan likuiditas yang belum optimal. Perusahaan perlu meningkatkan alokasi pada periode dengan cash flow tinggi (2017-2021) untuk meningkatkan kemampuan memenuhi kewajiban jangka pendek.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa dari enam sasaran utama, yaitu memaksimalkan total aset, meminimalkan total liabilitas, memaksimalkan total ekuitas, memaksimalkan total pendapatan, meminimalkan total beban, dan memaksimalkan total arus kas, secara keseluruhan menunjukkan capaian yang bervariasi. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa BNI berhasil mencapai efisiensi operasional yang sangat baik, khususnya pada sasaran minimalisasi liabilitas dan beban, dengan masing-masing deviasi positif sebesar Rp 4,15 miliar dan Rp 204,8 juta. Capaian ini menunjukkan efektivitas strategi pengelolaan utang dan pengendalian biaya yang diterapkan perusahaan. Namun demikian, empat sasaran lainnya, yakni maksimalisasi aset, ekuitas, pendapatan, dan arus kas, belum mencapai tingkat keoptimalan yang diharapkan. Deviasi negatif sebesar Rp 4,75 miliar pada total aset, Rp 662,8 juta pada total ekuitas, Rp 342,2 juta pada total pendapatan, dan Rp 641,6 juta pada total arus kas menunjukkan bahwa kinerja keuangan perusahaan masih menghadapi tantangan dalam aspek pertumbuhan dan likuiditas. Kondisi ini mengindikasikan bahwa meskipun efisiensi telah tercapai, potensi ekspansi dan produktivitas aset belum dimanfaatkan secara maksimal.

Nilai lambda sebesar 0,6234 menunjukkan tingkat kepuasan moderat terhadap pencapaian seluruh sasaran, yang berarti masih terdapat trade-off antara tujuan efisiensi dan pertumbuhan. Oleh karena itu, diperlukan strategi rebalancing portofolio keuangan dengan peningkatan alokasi pada periode yang menunjukkan kinerja tinggi (2015–2018), serta penguatan strategi peningkatan pendapatan berdasarkan pola kinerja terbaik pada periode 2015 dan 2018–2019. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa BNI telah berhasil mempertahankan efisiensi operasional, tetapi masih perlu melakukan peningkatan kinerja pada aspek pertumbuhan dan profitabilitas. Dengan demikian, arah kebijakan keuangan yang disarankan adalah strategi pertumbuhan seimbang (*balanced growth strategy*), yaitu strategi yang menjaga efisiensi biaya sekaligus memperkuat kemampuan perusahaan dalam meningkatkan aset, ekuitas, pendapatan, dan arus kas secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dana, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Ketersediaan dukungan finansial ini merupakan faktor krusial yang sangat fundamental, yang memungkinkan keseluruhan rangkaian kegiatan penelitian ini dapat terlaksana dan berjalan dengan lancar dari awal hingga akhir. Penghargaan juga disampaikan kepada seluruh tim peneliti atas kontribusi, kerja sama, dan dedikasi yang telah diberikan hingga penelitian ini selesai.

DAFTAR PUSTAKA

Chang, C., Wu, W., & Lin, S. (2021). Fuzzy Multi-choice Goal Programming and Artificial Bee Colony Algorithm for Triangular and Trapezoidal Membership Functions. *IEEE Access*, *PP*, 1. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3093938

Jaba, E. (2017). Panel data analysis applied in financial performance assessment. *Revista Română de Statistică*, *65*(2), 3–20.

Keyser, R. S., & Khalifa, H. A. E. (2024). A Fuzzy Goal Programming Approach for Solving Multi-Objective Minimum Cost Flow Problems with Possibilistic Coefficients. *Uncertainty Discourse and Applications*, 1(1), 29–40.

Kusuma, S. R., Hartati, R. S., & Sukerayasa, I. W. (2020). Pengaruh Jumlah Fungsi Keanggotaan pada Metode Fuzzy Logic Terhadap Hasil Peramalan Beban Listrik Jangka Panjang. *Jurnal SPEKTRUM Vol*, *7*(1).

Kosmidou, Kyriaki & Zopounidis, C. (2004). *Goal Programming Techniques for Bank Asset Liability Management*.

Melina, D., Gurendrawati, E., & Armeliza, D. (2022). Pengaruh Kinerja Keuangan Terhadap Market Share Perbankan Syariah Di Indonesia. *Jurnal Akuntansi, Perpajakan Dan Auditing*, *1*(2), 710–724.

Novianti, S. (2023). Kinerja keuangan bank umum syariah pada perbankan syariah di Indonesia setelah masa pandemi Covid-19. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Bisnis*, *20*(2), 230-237.

Oscar, T. (2010). Panel data analysis fixed and random effects using Stata. *Data and Statistical Services*, *3*(December), 1–40.

Rosidah, A. H., Studi, P., Universitas, M., Yogyakarta, N., Arifah, H., Studi, P., Universitas, M., & Yogyakarta, N. (2025). *Jurnal Kajian dan Terapan Matematika*. *11*, 27–41.

Salsabila, Z., Rhamdani, E. W., Putri, A. N., & Komara, A. (2024). The Impact of Lending Growth and Financial Statistics on Bank Profitability : The Moderating Role of Credit Risk. *International Journal of Business, Economics, and Social Development*, *5*(2), 251–259. https://doi.org/10.46336/ijbesd.v5i2.617

Syahputri, N. I., Chiuloto, K., & Harahap, N. N. A. (2022). Analisa Perbandingan Membership Function Fuzzy Tsukamoto dalam Menentukan Dosen Berprestasi: Studi Kasus Universitas Harapan Medan. *Blend Sains Jurnal Teknik*, *1*(2), 164-170.

Zare, H., Kamali Saraji, M., Tavana, M., Streimikiene, D., & Cavallaro, F. (2021). An Integrated Fuzzy Goal Programming—Theory of Constraints Model for Production Planning and Optimization. *Sustainability*, 13(22), 12728.