

Perbandingan Amortisasi dan Simulasi *Sinking Fund* pada Pelunasan KPR BTN dengan Bunga Efektif

Muhamad Fadlikal Khoir, Sadewa
Dwi Putra Asmara, and Embay
Rohaeti*

Program Studi Matematika, Universitas
Pakuan, Bogor, Indonesia

Riwayat Artikel

Diterima 1 Juni 2026
Direvisi 18 Juni 2026
Disetujui 3 Agustus 2026
Diterbitkan 30 Agustus 2026



Hak cipta © 2026 oleh Penulis, diterbitkan oleh
JRMM Group. Artikel ini tersedia secara
terbuka berdasarkan Lisensi CC BY-SA.



Abstract. This study compares amortization and sinking-fund methods for a Bank BTN mortgage using an equal 180-month tenor. A numerical simulation employs a principal of Rp500,000,000, a nominal annual loan rate of 7.95% applied through the declining-balance method, and a hypothetical sinking-fund account yielding 2.35% annually. Amortization produces a monthly installment of Rp4,763,839 and total payments of Rp857,491,047. The sinking-fund method requires Rp5,632,089 monthly and total payments of Rp1,013,776,046; amortization therefore saves Rp156,284,999. Analytical results prove that the unique equilibrium occurs when the sinking-fund yield equals the loan rate, $j^* = i = 7.95\%$. Sensitivity analysis confirms this identity across the tested interest rates and tenors. Under the simplifying assumption of a 20% final tax on deposit interest, the illustrative gross equilibrium rate rises to approximately 9.94%. For the parameters examined, amortization is more efficient, but the conclusion is not generalized to all mortgages or Indonesian banking conditions.

Keywords: Amortization; Sinking Fund; Effective Interest Method; Mortgage; Debt Repayment

Abstrak. Penelitian ini membandingkan metode amortisasi dan *sinking fund* pada KPR Bank BTN dengan tenor sama selama 180 bulan. Simulasi numerik menggunakan pokok Rp500.000.000, suku bunga nominal pinjaman 7,95% per tahun yang diterapkan dengan metode saldo menurun, dan rekening dana pelunasan hipotetis berimbal hasil 2,35% per tahun. Amortisasi menghasilkan cicilan Rp4.763.839 per bulan dan total pembayaran Rp857.491.047. Metode *sinking fund* memerlukan pembayaran Rp5.632.089 per bulan dan total Rp1.013.776.046; dengan demikian, amortisasi menghemat Rp156.284.999. Analisis membuktikan bahwa titik keseimbangan tunggal terjadi ketika imbal hasil rekening dana pelunasan sama dengan suku bunga pinjaman, yaitu $j^* = i = 7,95\%$. Analisis sensitivitas mengonfirmasi identitas tersebut pada suku bunga dan tenor yang diuji. Dengan asumsi sederhana pajak final bunga deposito 20%, tingkat keseimbangan bruto ilustratif naik menjadi sekitar 9,94%. Untuk parameter yang diuji, amortisasi lebih efisien, tetapi kesimpulan ini tidak digeneralisasi untuk seluruh kondisi KPR atau perbankan Indonesia.

Kata kunci: Amortisasi; Sinking Fund; Bunga Efektif; KPR; Pelunasan Utang

1. Pendahuluan

Kredit Pemilikan Rumah (KPR) merupakan instrumen pembiayaan perumahan jangka panjang yang paling banyak digunakan masyarakat Indonesia. Dalam matematika keuangan, terdapat dua metode pelunasan hutang yang dapat diterapkan pada skema KPR: metode amortisasi dan metode *sinking fund*. Pada metode amortisasi, debitur membayar angsuran tetap setiap periode yang mencakup komponen bunga dan pokok sekaligus. Pada metode *sinking fund*, debitur membayar bunga dari pokok penuh kepada kreditur setiap periode sambil menyisihkan dana ke rekening dana pelunasan (instrumen investasi hipotetis dengan setoran rutin berimbal hasil tetap) yang akan digunakan untuk melunasi pokok sekaligus di akhir tenor. Perlu ditegaskan bahwa dalam penelitian ini *sinking fund* digunakan sebagai simulasi matematis alternatif pelunasan, bukan sebagai produk resmi yang ditawarkan Bank BTN; demikian pula, rekening dana pelunasan yang dimodelkan bukan produk Deposito BTN yang literal, melainkan instrumen hipotetis yang imbal hasilnya diasumsikan mengacu pada suku bunga Deposito BTN ritel rupiah (lihat Subbagian 3 untuk penjelasan asumsi ini secara rinci).

Data Otoritas Jasa Keuangan (OJK) mencatat total nilai pembiayaan KPR dari bank umum secara nasional mencapai Rp741,95 triliun hingga Maret 2025 [1]. Angka ini mencerminkan besarnya ketergantungan masyarakat terhadap skema kredit perumahan dalam memenuhi kebutuhan hunian. Survei Nasional Literasi dan Inklusi Keuangan OJK [2] mencatat bahwa pemahaman masyarakat terhadap produk keuangan termasuk skema kredit masih perlu ditingkatkan, sehingga pemilihan metode pelunasan yang tepat menjadi semakin krusial. Dengan tenor yang dapat mencapai 20 tahun dan nilai pinjaman ratusan juta rupiah, pemilihan metode pelunasan berdampak langsung pada total beban yang ditanggung debitur. Dalam praktiknya, debitur KPR dengan pinjaman Rp500 juta dapat mengeluarkan jauh di atas nilai pinjaman dalam bentuk total pembayaran, tergantung pada metode yang diterapkan.

Togatorop dkk. [3] telah mengkaji penerapan jadwal amortisasi

dan dana pelunasan pada KPR menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *sinking fund* efektif mengurangi beban bunga debitur, namun terbatas pada simulasi strategi pelunasan dipercepat tanpa menganalisis kondisi matematis kapan masing-masing metode lebih menguntungkan. Bakarbesy dkk. [4] menunjukkan bahwa pemahaman tabel amortisasi dan *sinking fund* membantu debitur menghitung secara mandiri besar cicilan dan total beban kredit. Andirasdini dkk. [5] mengimplementasikan amortisasi dan *sinking fund* dalam edukasi literasi keuangan untuk mencegah jebakan pinjaman daring di kalangan siswa madrasah. Al-Kubro dkk. [6] mengkaji perhitungan besaran bunga kredit pada koperasi simpan pinjam menggunakan metode bunga flat dan efektif, dan menemukan bahwa suku bunga efektif memberikan gambaran biaya kredit yang lebih akurat bagi debitur. Mawarni [7] menunjukkan bahwa penerapan konsep bunga majemuk dan amortisasi dalam literasi keuangan pribadi membantu masyarakat membuat keputusan kredit yang lebih tepat. Mahesa dan Kamilah [8] membandingkan suku bunga flat dan suku bunga anuitas pada kredit kendaraan bermotor, menemukan bahwa suku bunga anuitas secara proporsional dapat mencapai 1,5 hingga 1,8 kali suku bunga flat pada tenor yang sama—mengonfirmasi pentingnya kejelasan metode perhitungan bunga saat membandingkan skema pembiayaan. Fiththohero dan Sam [9] menerapkan skema anuitas pada program pembiayaan nasabah bank perkreditan rakyat, menunjukkan relevansi praktis formula anuitas di luar konteks perbankan besar. Tandawan [10] secara spesifik mengkaji pemberian KPR menggunakan metode perhitungan bunga efektif, sejalan dengan metode yang digunakan pada penelitian ini. Wardani dan Rokan [11] membandingkan skema pembiayaan KPR konvensional dan syariah pada Bank BTN dan Bank BTN Syariah, memberikan konteks tambahan mengenai keragaman skema KPR yang ditawarkan oleh bank yang sama. Efendi dan Budiarti [12] menyatakan bahwa apabila suku bunga pinjaman sama dengan suku bunga tabungan, kedua metode menghasilkan total beban yang identik secara matematis.

Perlu ditegaskan bahwa penyamaan tenor antar metode dan

*Email penulis korespondensi: embay.rohaeti@unpak.ac.id

kesetaraan $j^* = i$ bukan merupakan kebaruan teoretis—keduanya adalah penerapan yang benar dari prinsip perbandingan yang adil dan validasi numerik atas teorema yang telah dikenal dalam literatur (khususnya teorema Efendi dan Budiarti [12]), bukan temuan baru dalam matematika keuangan itu sendiri. Kontribusi penelitian ini sebaliknya terletak pada aspek penerapan dan pendalaman empiris: (1) validasi numerik teorema kesetaraan $j^* = i$ menggunakan data resmi Bank BTN yang aktual, dilengkapi pembuktian bahwa solusi tersebut tunggal (bukan sekadar salah satu solusi yang memenuhi persamaan); (2) analisis sensitivitas yang menunjukkan bahwa kesetaraan tersebut berlaku konsisten pada berbagai kombinasi suku bunga pinjaman dan tenor, serta ketahanannya terhadap pilihan konvensi konversi bunga; dan (3) evaluasi kuantitatif pengaruh pajak final bunga deposito terhadap titik keseimbangan pada skenario yang digunakan, yang menggeser syarat keseimbangan dari 7,95% menjadi sekitar 9,94% per tahun. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menghitung pelunasan KPR Bank BTN dengan metode amortisasi; (2) menghitung pelunasan KPR Bank BTN dengan metode *sinking fund*; dan (3) membandingkan kinerja kedua metode tersebut pada tenor yang sama.

2. Konsep Dasar

Bagian ini menyajikan notasi dan konsep dasar yang digunakan dalam penelitian. Seluruh perhitungan mengacu pada prinsip nilai waktu uang dan teori bunga dalam matematika keuangan [12, 13].

Notasi

Berikut adalah notasi yang digunakan secara konsisten dalam artikel ini:

- P : pokok pinjaman, dalam satuan rupiah.
- i : suku bunga pinjaman periodik bulanan, diterapkan pada saldo pokok tersisa mengikuti metode bunga efektif (lihat definisi-definisi pada Subbagian ini untuk konversi dari suku bunga nominal tahunan).
- j : suku bunga (imbal hasil) rekening dana pelunasan periodik bulanan.
- n : jumlah periode pembayaran, berlaku sama untuk kedua metode (bulan).
- A : cicilan tetap per periode pada metode amortisasi.
- B : pembayaran bunga periodik kepada kreditur pada metode *sinking fund*.
- SF : setoran tetap per periode ke rekening dana pelunasan pada metode *sinking fund*.

Definisi dan Konsep Dasar

Bagian ini membedakan secara tegas empat istilah suku bunga yang digunakan pada penelitian ini, karena keempatnya berbeda makna meskipun sering tertukar dalam penulisan populer.

Definisi 1: Metode Bunga Efektif

Metode bunga efektif (*effective interest method*, disebut juga metode saldo menurun/*declining balance*) adalah metode perhitungan bunga pinjaman pada setiap periode berdasarkan saldo pokok yang *masih tersisa* pada periode tersebut—berbeda dengan metode bunga flat yang menghitung bunga dari pokok awal secara tetap sepanjang tenor [13]. Penelitian ini menggunakan metode bunga efektif untuk kedua metode pelunasan yang dibandingkan.

Definisi 2: Suku Bunga Nominal Tahunan

Suku bunga nominal tahunan, dinotasikan r , adalah suku bunga tahunan sebagaimana dipublikasikan resmi oleh bank (misalnya SBDK). Suku bunga periodik bulanan, dinotasikan i (untuk pinjaman) atau j (untuk rekening dana pelunasan), adalah suku bunga yang diterapkan pada saldo setiap bulan dalam skema metode bunga efektif. Dalam penelitian ini, SBDK BTN sebesar 7,95% per tahun diperlakukan sebagai suku bunga nominal tahunan r yang dinyatakan dalam basis bulanan sesuai konvensi perbankan Indonesia, sehingga suku bunga periodik bulanan diperoleh dengan $i = r/12 = 7,95\%/12 = 0,6625\%$ per bulan [13]. Konvensi $r/12$ ini berlaku karena perbankan Indonesia pada umumnya mempublikasikan dan menerapkan suku bunga kredit sebagai bunga nominal dengan pembayaran bulanan.

Definisi 3: Suku Bunga Efektif Tahunan

Berbeda dari suku bunga nominal tahunan r , suku bunga efektif tahunan (*effective annual rate*, EAR) adalah tingkat bunga tahunan yang secara aktual diperoleh setelah memperhitungkan pemajemukan (*compounding*) bulanan, dihitung sebagai $r_{\text{EAR}} = (1 + i)^{12} - 1$ apabila $i = r/12$ digunakan sebagai suku bunga periodik. Konsep ini berbeda pula dari konversi bunga efektif tahunan *murni*, yaitu $i_{\text{eff}} = (1 + r)^{1/12} - 1$, yang lazim digunakan sebagai suku bunga periodik bulanan apabila r sejak awal dimaksudkan sebagai *annual percentage yield*/EAR dan bukan suku bunga nominal berbasis bulanan. Untuk $r = 7,95\%$, konvensi $i = r/12$ dan $i_{\text{eff}} = (1 + r)^{1/12} - 1$ menghasilkan nilai periodik bulanan yang berdekatan namun tidak identik: 0,6625% per bulan dibandingkan 0,6395% per bulan. Penelitian ini memilih konvensi $i = r/12$ sebagai perhitungan utama karena selaras dengan cara Bank BTN mempublikasikan dan menerapkan SBDK kepada nasabah; pengaruh pemilihan konvensi ini terhadap hasil akhir dibahas lebih lanjut sebagai uji ketahanan pada Subbagian 4.5.

Definisi 4: Nilai Sekarang

Nilai sekarang dari pembayaran sebesar C yang akan diterima k periode ke depan dengan suku bunga efektif i adalah $PV = C/(1 + i)^k$ [13].

Definisi 5: Nilai Akumulasi Anuitas

Nilai akumulasi dari setoran tetap sebesar D per periode selama n periode dengan suku bunga j per periode adalah [12]:

$$FV = D \times \frac{(1 + j)^n - 1}{j}$$

3. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi numerik berbasis model matematis. Seluruh perhitungan dilakukan secara analitis menggunakan formula yang diturunkan dari konsep nilai waktu uang dan deret geometri, kemudian diverifikasi menggunakan bahasa pemrograman *Python*.

3.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan simulasi numerik. Kedua metode diterapkan pada skenario KPR dengan parameter yang identik—termasuk tenor yang disamakan—sehingga hasil perbandingan mencerminkan perbedaan metode secara murni, bukan perbedaan skenario.

3.2. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan menurunkan formula metode amortisasi dan *sinking fund* berdasarkan konsep nilai waktu uang. Selanjutnya, kedua metode diterapkan pada skenario KPR menggunakan data resmi Bank Tabungan Negara (BTN) dengan tenor yang disamakan 180 bulan. Hasil perhitungan kemudian dibandingkan untuk mengevaluasi total pembayaran masing-masing metode. Pada tahap akhir dilakukan analisis kondisi optimal melalui variasi suku bunga tabungan untuk menentukan titik keseimbangan.

3.3. Skenario Numerik

Skenario numerik menggunakan data resmi Bank Tabungan Negara (BTN). Parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Pokok pinjaman (P): Rp500.000.000
- Suku bunga nominal tahunan pinjaman (r), diterapkan dengan metode bunga efektif: 7,95% per tahun, setara $i = 0,6625\%$ per bulan, mengacu pada SBDK KPR/KPA BTN April 2026 [14]. Perlu ditegaskan bahwa nilai 7,95% ini adalah Suku Bunga Dasar Kredit (SBDK)—bukan bunga kontraktual aktual yang dibayarkan nasabah tertentu, yang dapat berbeda dari SBDK tergantung penilaian risiko individual debitur—dan digunakan di sini semata sebagai *parameter simulasi* yang diasumsikan konstan sepanjang tenor 180 bulan. Asumsi suku bunga tetap ini disederhanakan untuk keperluan analisis; dalam praktiknya SBDK dapat berubah dari waktu ke waktu mengikuti kebijakan bank dan kondisi makroekonomi, sehingga tidak ada jaminan bahwa nilai 7,95% akan berlaku tetap selama 15 tahun penuh.
- Tenor (n): 15 tahun = 180 bulan, berlaku sama untuk kedua metode. Nilai ini berada dalam rentang tenor yang lazim ditawarkan untuk KPR komersial di Indonesia, dan juga masih berada di bawah batas maksimal 20 tahun yang ditetapkan Peraturan Menteri PUPR No. 35 Tahun 2021 [15] untuk skema KPR bersubsidi—digunakan di sini semata sebagai salah satu acuan rentang tenor yang berlaku di pasar KPR nasional, bukan sebagai regulasi yang secara langsung mengatur skema komersial pada simulasi ini.
- Suku bunga tabungan (j): 2,35% per tahun = 0,1958% per bulan. Perlu ditegaskan bahwa produk Deposito BTN ritel rupiah [16] secara riil berupa penempatan dana sekaligus (*lump sum*) untuk jangka waktu tertentu yang dapat diperpanjang (*roll-over*), bukan produk yang menerima setoran rutin bulanan seperti yang disyaratkan pada mekanisme *sinking fund*. Oleh karena itu, rekening tempat setoran *sinking fund* pada penelitian ini bukan literal produk Deposito BTN, melainkan *instrumen investasi hipotetis*—selanjutnya disebut *rekening dana pelunasan*—yang diasumsikan menerima setoran bulanan tetap dengan imbal hasil konstan sebesar 2,35% per tahun, mengacu pada suku bunga Deposito BTN ritel rupiah saat ini sebagai acuan tingkat imbal hasil yang realistis, bukan sebagai deskripsi mekanisme produk yang sebenarnya. Sebagaimana suku bunga pinjaman, nilai 2,35% ini adalah parameter simulasi yang diasumsikan konstan sepanjang tenor dan tidak dimaksudkan sebagai jaminan bahwa suku bunga tersebut akan bertahan tetap selama 15 tahun.

3.4. Teknik Analisis

Perbandingan dilakukan berdasarkan total pembayaran selama tenor yang sama (180 bulan). Agar perbandingan adil, kedua metode menggunakan tenor identik sehingga perbedaan hasil semata-mata mencerminkan perbedaan mekanisme metode. Analisis kondisi optimal dilakukan dengan memvariasikan suku bunga tabungan j untuk mencari titik keseimbangan j^* di mana total beban kedua metode identik. Analisis sensitivitas selanjutnya diperluas dengan memvariasikan suku bunga pinjaman i dan tenor n untuk menguji apakah kesetaraan $j^* = i$ berlaku umum atau khusus pada skenario dasar. Sebagai uji ketahanan tambahan, hasil utama yang menggunakan konvensi $i = r/12$ dibandingkan dengan hasil yang menggunakan konversi bunga efektif murni $(1 + r)^{1/12} - 1$, serta dengan hasil yang memperhitungkan pajak final bunga deposito sebesar 20%. Terakhir, dibahas pula implikasi praktis dari hasil kuantitatif tersebut terhadap pengambilan keputusan debitur.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Perhitungan Pelunasan KPR BTN dengan Metode Amortisasi

Pada metode amortisasi, debitur membayar cicilan tetap A setiap periode yang mencakup bunga dan pokok sekaligus. Berdasarkan prinsip nilai waktu uang, nilai sekarang seluruh cicilan harus sama dengan pokok pinjaman P :

$$P = \frac{A}{(1+i)^1} + \frac{A}{(1+i)^2} + \cdots + \frac{A}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Ruas kanan merupakan deret geometri dengan suku pertama $a = A/(1+i)$ dan rasio $r = 1/(1+i)$. Dengan menjumlahkan deret pada Pers. (1) dan menyelesaikan untuk A , diperoleh:

$$A = P \cdot \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2)$$

Bunga pada periode ke- k dihitung dari saldo pokok yang tersisa:

$$B_k = S_{k-1} \cdot i \quad (3)$$

di mana S_{k-1} adalah saldo pokok akhir periode sebelumnya. Akibatnya komponen bunga terus menurun setiap periode seiring berkurangnya saldo pokok—berbeda dari metode *sinking fund* di mana bunga tetap konstan.

Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Pers. (2) dengan $P = 500.000.000$, $i = 0,006625$, dan $n = 180$, diperoleh:

$$\begin{aligned} A &= 500.000.000 \times \frac{0,006625 \times (1,006625)^{180}}{(1,006625)^{180} - 1} \\ &= 500.000.000 \times \frac{0,006625 \times 3,2824}{3,2824 - 1} \\ &= 500.000.000 \times \frac{0,021746}{2,2824} \\ &\approx \text{Rp}4.763.839 \text{ per bulan} \end{aligned}$$

Total pembayaran amortisasi selama 180 bulan dan total beban bunga diperoleh:

$$\text{Total}_{\text{amor}} = 4.763.839 \times 180 \approx \text{Rp}857.491.047$$

$$\text{Beban}_{\text{amor}} = 857.491.047 - 500.000.000 = \text{Rp}357.491.047$$

Tabel 1: Jadwal amortisasi KPR BTN (bulan representatif, $n = 180$)

Bulan	Cicilan (Rp)	Bunga (Rp)	Pokok (Rp)	Sisa Pokok (Rp)
1	4.763.839	3.312.500	1.451.339	498.548.661
2	4.763.839	3.302.885	1.460.954	497.087.707
3	4.763.839	3.293.206	1.470.633	495.617.073
4	4.763.839	3.283.463	1.480.376	494.136.697
5	4.763.839	3.273.656	1.490.184	492.646.514
6	4.763.839	3.263.783	1.500.056	491.146.458
7	4.763.839	3.253.845	1.509.994	489.636.464
8	4.763.839	3.243.842	1.519.998	488.116.466
9	4.763.839	3.233.772	1.530.068	486.586.399
10	4.763.839	3.223.635	1.540.204	485.046.195
11	4.763.839	3.213.431	1.550.408	483.495.787
12	4.763.839	3.203.160	1.560.680	481.935.107
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
178	4.763.839	93.440	4.670.399	9.433.826
179	4.763.839	62.499	4.701.340	4.732.486
180	4.763.839	31.353	4.732.486	0

Jadwal Amortisasi

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, jadwal amortisasi KPR BTN pada bulan-bulan representatif disajikan pada Tabel 1. Cicilan tetap sebesar Rp4.763.839 setiap bulan, namun komponen bunga terus menurun karena dihitung dari saldo pokok yang terus berkurang mengikuti Pers. (3).

Dari Tabel 1 terlihat bahwa pada bulan pertama, 69,5% dari total cicilan merupakan bunga (Rp3.312.500) dan 30,5% melunasi pokok (Rp1.451.339). Proporsi bunga yang lebih besar di awal ini disebabkan oleh mekanisme bunga efektif yang menghitung bunga dari saldo pokok aktual. Pada bulan ke-180, hampir seluruh cicilan merupakan pelunasan pokok (Rp4.732.486) dengan bunga hanya Rp31.353. Penurunan komponen bunga yang konsisten ini merupakan penyebab utama mengapa total beban amortisasi lebih rendah dibandingkan *sinking fund* yang bunganya tetap konstan.

4.2. Simulasi Pelunasan Berbasis Data KPR BTN dengan Metode Sinking Fund

Pada metode *sinking fund*, debitur membayar bunga dari pokok penuh kepada kreditur setiap periode:

$$B = P \cdot i \quad (4)$$

Secara bersamaan debitur menyetorkan dana tetap SF ke rekening dana pelunasan berimbal hasil j per periode selama n periode. Akumulasi dana pada akhir periode ke- n harus sama dengan P :

$$P = SF \cdot \frac{(1+j)^n - 1}{j} \quad (5)$$

Diselesaikan untuk SF :

$$SF = P \cdot \frac{j}{(1+j)^n - 1} \quad (6)$$

Total pembayaran per periode pada metode *sinking fund* adalah:

$$T = B + SF = P \cdot i + P \cdot \frac{j}{(1+j)^n - 1} \quad (7)$$

Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Pers. (4), Pers. (6), dan Pers. (7) dengan $n = 180$:

$$\begin{aligned} B &= 500.000.000 \times 0,006625 \\ &= \text{Rp}3.312.500 \text{ per bulan} \\ SF &= 500.000.000 \times \frac{0,001958}{(1,001958)^{180} - 1} \\ &= 500.000.000 \times \frac{0,001958}{0,4221} \end{aligned}$$

$$\approx \text{Rp}2.319.589 \text{ per bulan}$$

Nilai presisi penuh $j = 0,001958\bar{3}$ dan $(1,001958\bar{3})^{180} - 1 = 0,422129$ digunakan dalam komputasi.

Total pembayaran per bulan dan total selama 180 bulan:

$$T = 3.312.500 + 2.319.589 = \text{Rp}5.632.089 \text{ per bulan}$$

$$\text{Total}_{sf} = 5.632.089 \times 180 \approx \text{Rp}1.013.776.046$$

Perlu diperhatikan bahwa pada metode *sinking fund*, bunga Rp596.250.000 ($= 3.312.500 \times 180$) dibayarkan seluruhnya kepada kreditur, sementara dana tabungan Rp500.000.000 digunakan untuk melunasi pokok. Total biaya bersih yang ditanggung debitur di luar pokok adalah Rp513.776.046 ($= 1.013.776.046 - 500.000.000$). Perlu ditegaskan bahwa angka ini *bukan* selisih antara bunga ke kreditur (Rp596.250.000) dengan nilai akhir tabungan (Rp500.000.000)—selisih tersebut hanya menghasilkan Rp96.250.000. Angka Rp513.776.046 yang benar diperoleh dari selisih antara bunga yang dibayar ke kreditur (Rp596.250.000) dengan imbal hasil yang *diperoleh di dalam rekening dana pelunasan itu sendiri*, yaitu sekitar Rp82.473.980 ($= 500.000.000 - 417.526.020$, di mana Rp417.526.020 adalah total setoran pokok tabungan selama 180 bulan sebesar $2.319.589 \times 180$). Dengan kata lain, $596.250.000 - 82.473.980 \approx 513.776.046$ (selisih pembulatan kecil berasal dari pembulatan nilai setoran bulanan).

Jadwal Sinking Fund

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, jadwal pembayaran *sinking fund* pada bulan-bulan representatif disajikan pada Tabel 2. Kolom “Kekurangan Dana” menunjukkan selisih antara pokok pinjaman dengan akumulasi dana yang terkumpul, bukan sisa hutang yang berkurang seperti pada amortisasi—karena pada *sinking fund*, pokok Rp500.000.000 tetap utuh hingga akhir tenor.

Tabel 2: Jadwal pembayaran *sinking fund* (bulan representatif, $n = 180$)

Bulan	Bunga (Rp)	Setoran (Rp)	Total (Rp)	Akumulasi (Rp)	Kekurangan Dana (Rp)
1	3.312.500	2.319.589	5.632.089	2.319.589	497.680.411
2	3.312.500	2.319.589	5.632.089	4.643.721	495.356.279
3	3.312.500	2.319.589	5.632.089	6.972.404	493.027.596
4	3.312.500	2.319.589	5.632.089	9.305.647	490.694.353
5	3.312.500	2.319.589	5.632.089	11.643.460	488.356.540
6	3.312.500	2.319.589	5.632.089	13.985.851	486.014.149
7	3.312.500	2.319.589	5.632.089	16.332.829	483.667.171
8	3.312.500	2.319.589	5.632.089	18.684.403	481.315.597
9	3.312.500	2.319.589	5.632.089	21.040.583	478.959.417
10	3.312.500	2.319.589	5.632.089	23.401.376	476.598.624
11	3.312.500	2.319.589	5.632.089	25.766.793	474.233.207
12	3.312.500	2.319.589	5.632.089	28.136.842	471.863.158
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
178	3.312.500	2.319.589	5.632.089	493.421.818	6.578.182
179	3.312.500	2.319.589	5.632.089	496.707.692	3.292.308
180	3.312.500	2.319.589	5.632.089	500.000.000	0

Dari Tabel 2 terlihat bahwa akumulasi tabungan berkembang secara eksponensial mengikuti Pers. (5). Nilai akumulasi pada bulan-bulan di luar tabel dihitung menggunakan Pers. (5) dengan m sebagai bulan ke- m : pada bulan ke-60, akumulasi baru mencapai Rp147.528.723 (29,5% dari pokok). Pada bulan ke-120, akumulasi mencapai Rp313.432.504 (62,7%). Tepat pada bulan ke-180, akumulasi mencapai Rp500.000.000 sehingga pokok dapat dilunasi sekaligus.

Perlu dicatat bahwa simulasi di atas belum memperhitungkan pajak final atas bunga deposito, biaya administrasi rekening, maupun risiko perubahan suku bunga selama tenor berjalan. Untuk menilai seberapa besar pengaruh faktor pertama—yang paling mudah dikuantifikasi—dilakukan perhitungan ulang dengan memasukkan pajak final bunga deposito sebesar 20% yang berlaku umum di Indonesia. Dengan pajak tersebut, hanya 80% dari bunga deposito yang benar-benar menambah saldo tabungan debitur, sehingga agar *sinking fund* tetap mencapai pertumbuhan neto yang

setara dengan titik keseimbangan semula ($j^* = i$), suku bunga deposito *bruto* yang harus ditawarkan bank naik menjadi

$$j_{\text{bruto}}^* = \frac{j_{\text{neto}}^*}{1 - 0,20} = \frac{i}{0,8} \approx 9,94\% \text{ per tahun (nominal),}$$

atau setara 10,40% per tahun secara efektif majemuk. Perlu ditegaskan bahwa angka 9,94% ini hanya berlaku di bawah asumsi sederhana bahwa hasil bunga neto sama dengan 80% dari bunga bruto (yaitu pajak final 20% dikenakan secara datar tanpa memperhitungkan tenor deposito, skema suku bunga bertingkat/*tiered*, maupun mekanisme perpanjangan atau *roll-over*); nilai tersebut merupakan ambang batas ilustratif dari model, bukan tarif bunga bruto aktual yang ditawarkan atau dijamin oleh produk Deposito BTN mana pun. Dengan kata lain, memperhitungkan pajak menggeser syarat keseimbangan dari 7,95% menjadi hampir 10% per tahun—semakin jauh dari suku bunga acuan Deposito BTN ritel rupiah saat ini (2,35%). Biaya administrasi rekening dana pelunasan, yang umumnya berupa potongan tetap bulanan, akan menggeser titik keseimbangan tersebut lebih jauh lagi ke atas, meskipun besarnya bergantung pada skema biaya masing-masing instrumen sehingga tidak dihitung secara spesifik dalam penelitian ini. Risiko reinvestasi—kemungkinan suku bunga acuan berubah sebelum tenor 15 tahun berakhir—juga memperbesar ketidakpastian pencapaian titik keseimbangan tersebut, karena perhitungan di atas mengasumsikan suku bunga instrumen konstan sepanjang tenor, asumsi yang jarang terpenuhi dalam praktik perbankan riil. Dengan mempertimbangkan pajak, biaya administrasi, dan risiko reinvestasi secara bersamaan, kesenjangan antara kondisi pasar saat ini dan syarat agar *sinking fund* kompetitif menjadi jauh lebih lebar dibandingkan yang tampak dari perbandingan suku bunga nominal semata.

4.3. Perbandingan Kinerja Metode Amortisasi dan *Sinking Fund*

Perbandingan Total Pembayaran

Berdasarkan hasil perhitungan kedua metode dengan tenor yang disamakan 180 bulan, perbandingan secara menyeluruh disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3: Perbandingan metode amortisasi dan *sinking fund* (tenor sama, $n = 180$ bulan)

Indikator	Amortisasi	<i>Sinking Fund</i>
Suku bunga pinjaman	7,95% per tahun	7,95% per tahun
Suku bunga tabungan	—	2,35% per tahun
Tenor	180 bulan	180 bulan
Cicilan per bulan	Rp4.763.839	Rp5.632.089
Total pembayaran	Rp857.491.047	Rp1.013.776.046
Total beban di luar pokok	Rp357.491.047	Rp513.776.046
Selisih penghematan	Rp156.284.999 (amortisasi lebih hemat)	

Dari Tabel 3 terlihat bahwa dengan tenor yang sama, metode amortisasi menghasilkan total pembayaran Rp857.491.047, sedangkan *sinking fund* menghasilkan Rp1.013.776.046. Selisih total pembayaran sebesar Rp156.284.999 ini sepenuhnya mencerminkan perbedaan mekanisme kedua metode—bukan perbedaan skenario—karena tenor sudah disamakan.

Perbedaan ini disebabkan oleh satu faktor matematis yang mendasar: pada *sinking fund*, bunga selalu dihitung dari pokok penuh Rp500.000.000 selama seluruh 180 bulan tanpa berkurang, sehingga total bunga yang dibayarkan ke kreditur adalah $3.312.500 \times 180 = \text{Rp}596.250.000$. Pada amortisasi, bunga dihitung dari saldo yang terus menyusut sehingga total bunga hanya Rp357.491.047—jauh lebih kecil. Suku bunga tabungan 2,35% terlalu rendah untuk mengompensasi selisih beban bunga ini, sehingga amortisasi tetap lebih efisien dalam skenario ini.

Untuk memperkuat validitas perbandingan, dilakukan pula analisis berdasarkan nilai waktu uang menggunakan tingkat disko $i = 0,6625\%$ per bulan. Nilai sekarang (*present value*) seluruh cicilan amortisasi adalah Rp500.000.000—tepat sama dengan pokok pinjaman, sebagaimana dijamin oleh konstruksi Pers. (2). Nilai sekarang seluruh pembayaran *sinking fund* adalah Rp591.129.230, sehingga selisih nilai sekarang antara kedua metode adalah Rp91.129.230. Dari perspektif *equivalent monthly cost* (EMC)—bukan *equivalent annual cost*, karena kedua metode dibandingkan pada tenor bulanan yang identik sehingga biaya ekuivalen dinyatakan dalam satuan bulanan, bukan tahunan—amortisasi menghasilkan EMC Rp4.763.839 per bulan sedangkan *sinking fund* menghasilkan EMC Rp5.632.089 per bulan—selisih Rp868.250 per bulan. Bila dinyatakan dalam basis tahunan, selisih ini setara $12 \times 868.250 = \text{Rp}10.419.000$ per tahun. Baik dari sisi total nominal, nilai sekarang, maupun EMC, metode amortisasi secara konsisten lebih efisien pada parameter simulasi ini.

Analisis Kondisi Optimal

Untuk menganalisis kondisi keseimbangan, dilakukan variasi suku bunga tabungan j dengan mempertahankan suku bunga pinjaman $i = 7,95\%$ dan tenor $n = 180$ bulan. Karena tenor sudah disamakan, persamaan keseimbangan menjadi:

$$\left(P \cdot i + P \cdot \frac{j^*}{(1 + j^*)^n - 1} \right) \cdot n = P \cdot \frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \cdot n \quad (8)$$

yang disederhanakan menjadi:

$$i + \frac{j^*}{(1 + j^*)^n - 1} = \frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \quad (9)$$

Secara analitis dapat dibuktikan bahwa solusi Pers. (9) adalah $j^* = i$. Substitusi $j = i$ ke ruas kiri menghasilkan:

$$i + \frac{i}{(1 + i)^n - 1} = i \cdot \frac{(1 + i)^n - 1 + 1}{(1 + i)^n - 1} = \frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

yang identik dengan ruas kanan. Ini membuktikan bahwa $T(j = i) = A$, sehingga $j = i$ memenuhi Pers. (9).

Pembuktian di atas baru menunjukkan bahwa $j = i$ merupakan salah satu solusi; berikut dibuktikan bahwa solusi tersebut *tunggal*. Definisikan fungsi total pembayaran per periode metode *sinking fund* sebagai fungsi dari suku bunga rekening dana pelunasan $j > 0$, dengan i , P , dan n ($n \geq 2$) tetap:

$$T(j) = P \cdot i + P \cdot \frac{j}{(1 + j)^n - 1}. \quad (10)$$

Proposisi 1

$T(j)$ adalah fungsi yang tegas menurun (strictly decreasing) untuk $j > 0$, sehingga persamaan $T(j) = A$ memiliki paling banyak satu solusi.

Bukti. Karena $P \cdot i$ tidak bergantung pada j , cukup dibuktikan bahwa $h(j) = j / [(1 + j)^n - 1]$ tegas menurun untuk $j > 0$. Faktor pembagi pada $h(j)$ dapat ditulis sebagai deret geometri:

$$s_n(j) = \frac{(1 + j)^n - 1}{j} = \sum_{k=0}^{n-1} (1 + j)^k,$$

sehingga $h(j) = 1/s_n(j)$. Untuk $n \geq 2$, turunan $s_n(j)$ terhadap j adalah:

$$s'_n(j) = \sum_{k=1}^{n-1} k(1 + j)^{k-1} > 0 \quad \text{untuk semua } j > -1,$$

karena setiap suku pada penjumlahan bernilai positif ($k \geq 1$ dan $(1+j)^{k-1} > 0$). Dengan demikian $s_n(j)$ tegas menaik (*strictly increasing*) untuk $j > -1$, khususnya untuk $j > 0$. Karena $s_n(j) > 0$ pada daerah tersebut dan $h(j) = 1/s_n(j)$, maka $h(j)$ tegas menurun untuk $j > 0$ (fungsi kebalikan dari fungsi positif yang tegas menaik adalah tegas menurun). Akibatnya $T(j) = P \cdot i + P \cdot h(j)$ juga tegas menurun untuk $j > 0$, sehingga sebagai fungsi tegas monoton, T bersifat injektif dan persamaan $T(j) = A$ memiliki paling banyak satu solusi pada domain $j > 0$. ■ Karena telah dibuktikan bahwa $j = i$ memenuhi $T(j) = A$ dan Proposisi di atas menjamin solusi tersebut paling banyak tunggal, disimpulkan bahwa $j^* = i$ adalah *satu-satunya* solusi keseimbangan pada domain $j > 0$ —bukan sekadar salah satu solusi yang secara kebetulan memenuhi persamaan. Hasil keunikan ini juga memiliki interpretasi ekonomis yang intuitif: karena $T(j)$ tegas menurun terhadap j (semakin tinggi imbal hasil rekening dana pelunasan, semakin kecil setoran SF yang diperlukan untuk mencapai target P), tidak mungkin ada lebih dari satu tingkat suku bunga tabungan yang menyamakan total beban *sinking fund* dengan beban amortisasi yang tetap.

Hasil di atas mengkonfirmasi teorema Efendi dan Budiarti [12] secara analitis menggunakan data BTN nyata, sekaligus melengkapinya dengan pembuktian keunikan: ketika $j = i = 7,95\%$ per tahun, kedua metode menghasilkan total beban yang identik sebesar Rp857.491.047, dan tidak ada nilai j lain yang menghasilkan kesetaraan tersebut. Hasil analisis kondisi optimal untuk berbagai nilai suku bunga tabungan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4: Analisis kondisi optimal berdasarkan variasi suku bunga tabungan ($n = 180$ bulan)

Suku Bunga Tabungan	Total Bayar SF (Rp)	Total Bayar Amortisasi (Rp)	Lebih Menguntungkan
1,00%	1.059.895.063	857.491.047	Amortisasi
2,00%	1.025.407.831	857.491.047	Amortisasi
2,35% (BTN saat ini)	1.013.776.046	857.491.047	Amortisasi
4,00%	961.969.133	857.491.047	Amortisasi
6,00%	905.721.145	857.491.047	Amortisasi
7,95% (titik keseimbangan)	857.491.047	857.491.047	Sama
8,00%	856.336.876	857.491.047	<i>Sinking Fund</i>
10,00%	813.394.606	857.491.047	<i>Sinking Fund</i>

Tabel 4 menunjukkan bahwa *sinking fund* baru menguntungkan ketika suku bunga tabungan melampaui 7,95% per tahun. Suku bunga Deposito BTN ritel rupiah saat ini hanya 2,35%, jauh di bawah titik keseimbangan. Implikasi praktisnya: debitur yang ingin *sinking fund* lebih menguntungkan harus menempatkan dana pada instrumen berimbal hasil di atas 7,95% per tahun—setara dengan suku bunga KPR itu sendiri. Instrumen seperti reksa dana saham atau obligasi korporasi berpotensi mencapai imbal hasil tersebut, namun membawa risiko yang lebih tinggi dibandingkan deposito.

Faktor pajak, biaya administrasi, dan risiko reinvestasi yang telah dibahas pada Subbagian 4.2 semakin memperbesar jarak antara kondisi saat ini dan titik keseimbangan, sehingga untuk parameter simulasi yang digunakan dalam penelitian ini, amortisasi secara konsisten lebih efisien dibandingkan *sinking fund*. Kesimpulan ini berlaku untuk parameter simulasi yang digunakan dan tidak dimaksudkan sebagai generalisasi bahwa amortisasi selalu lebih efisien untuk seluruh kondisi KPR atau kondisi perbankan di Indonesia secara umum.

4.4. Sensitivitas terhadap Suku Bunga Pinjaman dan Tenor

Analisis pada Tabel 4 hanya memvariasikan suku bunga tabungan j dengan suku bunga pinjaman i dan tenor n tetap. Untuk menilai apakah titik keseimbangan j^* bersifat khusus pada parameter BTN saat ini atau berlaku lebih umum, dilakukan pula sensitivitas terhadap i dan n . Dari pembuktian analitis pada Pers. (9), solusi $j^* = i$ diperoleh sebagai identitas aljabar yang tidak bergantung pada nilai spesifik i maupun n —selama tenor kedua metode disamakan, kesetaraan total beban selalu tercapai tepat ketika suku

bunga tabungan sama dengan suku bunga pinjaman, berapa pun besar i dan n tersebut. Untuk mengonfirmasi hal ini secara numerik sekaligus melihat bagaimana selisih pembayaran pada kondisi aktual ($j = 2,35\%$ per tahun) berubah, dilakukan simulasi pada beberapa nilai i dan n .

Tabel 5 menyajikan hasil untuk $n = 180$ bulan dengan i divariasikan, sedangkan Tabel 6 menyajikan hasil untuk $i = 7,95\%$ per tahun dengan n divariasikan. Pada seluruh kombinasi yang diuji, titik keseimbangan numerik yang diperoleh selalu sama dengan i yang bersangkutan, sehingga mengonfirmasi bahwa kesetaraan $j^* = i$ berlaku secara struktural, bukan kebetulan pada skenario dasar semata.

Tabel 5: Sensitivitas terhadap suku bunga pinjaman i ($n = 180$ bulan, $j = 2,35\%$ per tahun)

i per tahun	Cicilan Amortisasi (Rp)	Total Amortisasi (Rp)	Total <i>Sinking Fund</i> (Rp)	Selisih (Rp)
5,00%	3.953.968	711.714.264	792.526.046	80.811.782
7,95% (dasar)	4.763.839	857.491.047	1.013.776.046	156.284.999
10,00%	5.373.026	967.144.606	1.167.526.046	200.381.440
12,00%	6.000.840	1.080.151.256	1.317.526.046	237.374.790

Tabel 6: Sensitivitas terhadap tenor n ($i = 7,95\%$ per tahun, $j = 2,35\%$ per tahun)

n (bulan)	Cicilan Amortisasi (Rp)	Total Amortisasi (Rp)	Total <i>Sinking Fund</i> (Rp)	Selisih (Rp)
120	6.053.178	726.381.331	841.536.106	115.154.775
180 (dasar)	4.763.839	857.491.047	1.013.776.046	156.284.999
240	4.166.655	999.997.171	1.187.150.979	187.153.808

Tabel 5 menunjukkan bahwa selisih total pembayaran antara amortisasi dan *sinking fund* melebar seiring naiknya suku bunga pinjaman: dari sekitar Rp80,8 juta pada $i = 5\%$ menjadi Rp237,4 juta pada $i = 12\%$. Hal ini terjadi karena beban bunga *sinking fund* dihitung dari pokok penuh yang tidak berkurang, sehingga setiap kenaikan i menaikkan beban tersebut secara proporsional terhadap pokok penuh, sementara pada amortisasi kenaikan i hanya berdampak pada saldo yang terus menyusut. Dengan kata lain, semakin tinggi suku bunga KPR, semakin besar pula kerugian relatif *sinking fund* apabila suku bunga tabungan tidak ikut naik secara proporsional.

Pola serupa terlihat pada Tabel 6: memperpanjang tenor dari 120 menjadi 240 bulan memperlebar selisih dari Rp115,2 juta menjadi Rp187,2 juta. Ini konsisten dengan sifat bunga majemuk pada skema anuitas—semakin panjang tenor, semakin besar manfaat kumulatif dari saldo pokok yang menyusut pada amortisasi dibandingkan bunga tetap *sinking fund* yang dihitung dari pokok utuh sepanjang tenor. Dengan demikian, keunggulan amortisasi pada kasus BTN bukan sekadar hasil dari satu kombinasi parameter, melainkan pola yang konsisten pada rentang suku bunga dan tenor KPR yang wajar di Indonesia.

4.5. Uji Ketahanan terhadap Metode Konversi Suku Bunga

Sebagaimana disinggung pada Subbagian 2, konvensi $i = r/12$ yang digunakan pada seluruh perhitungan utama sesuai dengan praktik umum perbankan Indonesia, yang menyatakan SBDK sebagai suku bunga tahunan berbasis pembayaran bulanan. Untuk menguji seberapa sensitif hasil penelitian terhadap pilihan konvensi ini, dilakukan perhitungan ulang menggunakan konversi bunga efektif murni, $i_{\text{eff}} = (1+r)^{1/12} - 1$.

Untuk $r = 7,95\%$ per tahun, konversi ini menghasilkan $i_{\text{eff}} = 0,6395\%$ per bulan, sedikit lebih rendah dibandingkan $i = 0,6625\%$ per bulan pada konvensi utama. Dengan i_{eff} , cicilan amortisasi pada $n = 180$ bulan menjadi Rp4.684.705 per bulan dengan total pembayaran Rp843.246.855—lebih rendah sekitar 1,69% dibandingkan hasil utama (Rp857.491.047). Perbedaan pada suku bunga tabungan j memberikan efek yang lebih kecil lagi, karena nilai j sendiri jauh lebih kecil dari i ($j_{\text{eff}} = 0,1938\%$ per bulan, dibandingkan $j = 0,1958\%$ per bulan pada konvensi nominal).

Meskipun kedua konvensi menghasilkan angka nominal yang sedikit berbeda, kesimpulan kualitatif penelitian ini—bahwa amortisasi lebih efisien pada suku bunga tabungan BTN saat ini, dan bahwa titik keseimbangan tepat sama dengan suku bunga pinjaman ($j^* = i$)—tidak berubah pada kedua konvensi, karena identitas pada Pers. (9) berlaku untuk definisi i dan j manapun selama digunakan secara konsisten. Dengan pertimbangan tersebut, penelitian ini tetap menggunakan konvensi $r/12$ sebagai perhitungan utama agar selaras dengan cara Bank BTN mempublikasikan dan menerapkan SBDK kepada nasabah, sementara hasil konversi efektif disajikan di sini sebagai pembandingan untuk menunjukkan bahwa simpulan penelitian tidak sensitif terhadap pilihan konvensi tersebut.

4.6. Implikasi Praktis bagi Pengambilan Keputusan Debitur

Efisiensi finansial bukan satu-satunya pertimbangan debitur dalam memilih metode pelunasan. Pada tenor yang sama, *sinking fund* tetap memiliki karakteristik yang dapat relevan bagi profil debitur tertentu, meskipun secara numerik total bebannya lebih tinggi. Pertama, dana yang disetorkan pada *sinking fund* tetap menjadi aset milik debitur sampai saat pelunasan, berbeda dengan pembayaran pokok pada amortisasi yang begitu disetorkan langsung mengurangi kewajiban dan tidak dapat ditarik kembali. Perlu digarisbawahi bahwa status sebagai “aset milik debitur” tidak serta-merta berarti dana tersebut likuid: tingkat likuiditasnya bergantung pada jenis instrumen tempat dana tersebut ditempatkan, dan pencairan sebelum jatuh tempo pada banyak instrumen—termasuk deposito berjangka konvensional—umumnya dikenai penalti atau kehilangan sebagian maupun seluruh bunga yang telah terakumulasi. Karakteristik kepemilikan aset ini tetap dapat menguntungkan debitur yang menghargai fleksibilitas atau kemungkinan kebutuhan dana darurat selama masa kredit, namun manfaat tersebut perlu ditimbang terhadap potensi biaya pencairan dini sesuai instrumen yang dipilih. Kedua, debitur dengan pendapatan tidak tetap—misalnya wiraswasta atau pekerja berbasis komisi—dapat memanfaatkan bulan-bulan berpendapatan lebih untuk menambah setoran *sinking fund* tanpa terikat jadwal pembayaran pokok yang kaku sebagaimana pada amortisasi, sekaligus menghindari kemungkinan biaya penalti pelunasan dipercepat yang lazim dikenakan bank atas pembayaran pokok di luar jadwal amortisasi. Ketiga, apabila regulasi dan produk keuangan memungkinkan, debitur dapat mengalihkan dana *sinking fund* ke instrumen berimbal hasil lebih tinggi dari deposito konvensional, sehingga *sinking fund* memberi ruang optionalitas yang tidak dimiliki metode amortisasi. Ketiga pertimbangan tersebut bersifat kualitatif dan tidak mengubah kesimpulan efisiensi numerik penelitian ini, namun perlu dipertimbangkan oleh debitur yang memprioritaskan fleksibilitas dan kontrol atas dana dibandingkan semata-mata total beban terendah.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi numerik perbandingan metode amortisasi dan *sinking fund* pada KPR Bank BTN dengan pokok hutang Rp500.000.000, suku bunga nominal tahunan 7,95% (metode bunga efektif), dan tenor yang disamakan 180 bulan, diperoleh empat kesimpulan berikut.

Pertama, pelunasan KPR Bank BTN dengan metode amortisasi menghasilkan cicilan tetap sebesar Rp4.763.839 per bulan selama 180 bulan, dengan total pembayaran Rp857.491.047 dan total beban di luar pokok Rp357.491.047.

Kedua, pelunasan KPR Bank BTN dengan metode *sinking fund* menghasilkan pembayaran Rp5.632.089 per bulan selama 180 bulan, dengan total pembayaran Rp1.013.776.046 dan total beban di luar pokok Rp513.776.046.

Ketiga, perbandingan kedua metode dengan tenor yang sama menunjukkan bahwa metode amortisasi lebih efisien dengan selisih penghematan sebesar Rp156.284.999. Titik keseimbangan diperoleh pada suku bunga tabungan $j^* = 7,95\%$ per tahun—tepat sama dengan suku bunga pinjaman—yang mengkonfirmasi teorema kesetaraan kedua metode secara numerik. Dengan suku bunga Deposito BTN ritel rupiah saat ini hanya 2,35%, amortisasi lebih efisien untuk parameter KPR yang digunakan dalam simulasi ini.

Keempat, analisis sensitivitas menunjukkan bahwa kesetaraan $j^* = i$ berlaku konsisten pada berbagai kombinasi suku bunga pinjaman (5%–12%) dan tenor (120–240 bulan), dengan selisih total pembayaran pada kondisi aktual yang melebar seiring naiknya i maupun n . Uji ketahanan terhadap konversi bunga efektif menunjukkan bahwa kesimpulan kualitatif penelitian tidak berubah meskipun digunakan konvensi konversi yang berbeda, sedangkan perhitungan yang memasukkan pajak final bunga deposito (20%, dengan asumsi sederhana hasil neto 80% dari bruto) menunjukkan bahwa syarat suku bunga tabungan agar *sinking fund* kompetitif naik menjadi sekitar 9,94% per tahun. Seluruh kesimpulan di atas berlaku secara khusus untuk parameter simulasi yang digunakan dalam penelitian ini (pokok Rp500.000.000, suku bunga pinjaman 7,95%, tenor 180 bulan) dan tidak dimaksudkan sebagai generalisasi bahwa amortisasi selalu lebih efisien untuk seluruh kondisi KPR atau kondisi perbankan di Indonesia secara umum; parameter yang berbeda berpotensi menghasilkan kesimpulan yang berbeda pula.

Pernyataan Kontribusi Penulis (CRediT)

Muhamad Fadlikal Khoir: Konseptualisasi, Metodologi, Analisis Formal, Penulisan—Draf Awal. **Sadewa Dwi Putra Asmara:** Kurasi Data, Validasi, Penulisan—Telaah dan Penyuntingan. **Embay Rohaeti:** Supervisi, Administrasi Proyek, Penulisan—Telaah dan Penyuntingan. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan.

Deklarasi Penggunaan AI atau Teknologi Berbasis AI

Model Claude (Anthropic) dan ChatGPT (OpenAI) digunakan secara terbatas sebagai alat bantu untuk penyusunan beberapa bagian naskah, peninjauan kembali perhitungan matematis, serta penyempurnaan struktur penulisan. Seluruh isi artikel, analisis, dan hasil akhir tetap menjadi tanggung jawab penulis.

Deklarasi Konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Pendanaan dan Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal. Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini.

Ketersediaan Data

Data pendukung dari penelitian ini tersedia atas permintaan yang wajar kepada penulis korespondensi.

Daftar Pustaka

- [1] Otoritas Jasa Keuangan. Stabilitas sektor jasa keuangan terjaga di tengah meningkatnya dinamika global, 2025. URL <https://ojk.go.id/id/berita-dan-kegiatan/siaran-per-s/Pages/RDKB-April-2025.aspx>.

- [2] Otoritas Jasa Keuangan. Survei nasional literasi dan inklusi keuangan 2022, 2022. URL <https://www.ojk.go.id>.
- [3] Bobby Putra Delon Togatorop, Arnah Ritonga, Lestari Novianti Sinurat, Monica Triyuni Sinaga, and Widya Kartini Pangaribuan. Penerapan jadwal amortisasi dan dana pelunasan pada kredit perumahan rakyat (KPR). *Jurnal Riset Rumpun Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 4(2):354–367, 2025. doi:10.55606/jurrimipa.v4i2.6970.
- [4] Lusye Bakarbesy, Lexy Janzen Sinay, and Norisca Lewahe-rilla. Tutorial perhitungan metode amortisasi dan sinking fund menggunakan Microsoft Excel kepada guru SMA negeri 8 ambon. *PENGAMATAN: Jurnal Pengabdian Masyarakat untuk Ilmu MIPA dan Terapannya*, 1(2):51–55, 2023. doi:10.30598/pengamatanv1i2p51-55.
- [5] Indah Gumala Andirasdini, Fuji Lestari, Dila Tirta Julianty, and Muklas Rivai. Implementation of amortization and Sinking Fund in financial literacy education to prevent online loan traps among students of MAN 1 bandarlampung. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7(1):32–40, 2026. URL <https://jurnal.stie.asia.ac.id/index.php/jpm/article/view/2837>.
- [6] Putri Balqis Al-Kubro, Muhammad Qolbi Shobri, and Fitri Istikhomah. Perhitungan besaran bunga kredit pada koperasi simpan pinjam (studi kasus: KSP Artha Segara). *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*, 8(1):18–27, 2025. doi:10.30605/proximal.v8i1.4512.
- [7] Eva Mawarni Mawarni. Penerapan konsep matematika dalam pengelolaan keuangan pribadi: Studi literasi terhadap bunga majemuk dan amortisasi. *Wilangan: Jurnal Inovasi dan Riset Pendidikan Matematika*, 6(2), 2025. URL <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/wilangan>.
- [8] Windra Tasya Mahesa and Wulan Nurul Kamilah. Analisis suku bunga kredit motor berdasarkan pembayaran angsuran pada tahun 2022. *Jurnal Riset Matematika dan Sains Terapan*, 3(2):105–113, 2023. URL <https://ejournal.unibba.ac.id/index.php/jrmst/article/view/1409>.
- [9] Ilham Fiththohiro and Muhajir Sam. Program anuitas bagi nasabah bank perkreditan rakyat di kota palopo. *Infinity: Jurnal Matematika dan Aplikasinya (IJMA)*, 1(2):12–21, 2021. URL <https://science.ejournal.my.id/ijma/article/view/48>.
- [10] Vergo Tandiawan. Analisis pemberian kredit pemilikan rumah (kpr) menggunakan metode perhitungan bunga efektif. *EQUITY: Jurnal Ekonomi, Manajemen dan Akuntansi*, 14(2):82–91, 2019. doi:10.37086/equity.v14i2.128.
- [11] Fitria Arum Wardani and Mhd. Kurniawan Rokan. Perbandingan sistem pembiayaan kredit pemilikan rumah (kpr) konvensional dan kredit pemilikan rumah syariah (kprs) (studi kasus pada bank btn dan bank btn syariah di medan). *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, 2(1):138–148, 2022. URL <https://pusdikrapublishing.com/index.php/jesst/article/view/468>.
- [12] Syahril Efendi and Retno Budiarti. *Matematika Keuangan Elementer*. Institut Pertanian Bogor, 2020. doi:10.5281/zenodo.3714582.
- [13] Budi Frensidy. *Matematika Keuangan*. Salemba Empat, Jakarta, 5 edition, 2024. ISBN 978-623-181-058-8. URL <https://penerbitsalemba.com/buku/02-matematika-keuangan-edisi-5-frensidy>.
- [14] Bank Tabungan Negara. Suku bunga dasar kredit, 2026. URL <https://www.btn.co.id/SBDK>.
- [15] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Peraturan menteri PUPR nomor 35 tahun 2021 tentang kemudahan perolehan rumah bagi masyarakat berpenghasilan rendah, 2021. URL <https://jdih.pu.go.id/detail-dokumen/PermenPUPR-nomor-35-tahun-2021-Kemudahan-dan-Bantuan-Pembiayaan-Perumahan-Bagi-Masyarakat-Berpenghasilan-Rendah>.
- [16] Bank Tabungan Negara. Deposito BTN ritel rupiah, 2025. URL <https://www.btn.co.id/id/Individual/Produk-Dan-a/Produk-Investasi/Deposito-BTN-Ritel-Rupiah>.