



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 2 (2026) pp: 21271-21283

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Analisis Estimasi IRR Menggunakan Metode Newton Raphson pada Data Arus Kas Saham PT Bank Syariah Indonesia Tbk

Shinta Marchiana Safara¹, Faradiba Saroh², Ari Wibowo³

¹⁻³UIN Raden Mas Said Surakarta

shintamarchiana@gmail.com, faraadibaa1902@gmail.com, ari.wibowo@staff.uinsaid.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat pengembalian investasi saham PT Bank Syariah Indonesia Tbk menggunakan pendekatan metode numerik. Data yang digunakan berupa arus kas investasi yang terdiri dari harga pembelian saham, dividen yang diterima investor, serta nilai terminal pada akhir periode investasi. Arus kas tersebut memiliki interval waktu yang tidak seragam sehingga perhitungan tingkat pengembalian tidak dapat dilakukan dengan metode aljabar biasa. Oleh karena itu digunakan metode Newton–Raphson untuk mencari nilai Internal Rate of Return (IRR) dari fungsi Net Present Value (NPV). Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan model analisis deterministik berbasis data sekunder berbentuk time-series. Proses analisis dilakukan melalui tahap normalisasi waktu, penyusunan model NPV, serta iterasi numerik menggunakan algoritma Newton–Raphson hingga mencapai nilai konvergen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Newton–Raphson mampu menemukan nilai IRR secara cepat dan stabil hanya dalam beberapa iterasi. Berdasarkan data arus kas yang dianalisis diperoleh nilai IRR sebesar sekitar 7,39% per tahun. Nilai ini menggambarkan tingkat pengembalian investasi yang diperoleh investor selama periode penelitian. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode numerik dapat digunakan secara efektif dalam analisis investasi dengan arus kas yang tidak teratur. Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan bahwa penerapan metode matematika numerik dapat memberikan kontribusi dalam pengambilan keputusan keuangan yang lebih akurat dan rasional.

Kata Kunci: Internal Rate of Return, Newton–Raphson, Net Present Value, Analisis Investasi, Bank Syariah Indonesia

1. Latar Belakang

Perkembangan industri perbankan syariah di Indonesia menunjukkan pertumbuhan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Salah satu tonggak penting dalam perkembangan tersebut adalah berdirinya Bank Syariah Indonesia yang merupakan hasil merger tiga bank syariah milik BUMN, yaitu BRI Syariah, BNI Syariah, dan Bank Syariah Mandiri. Pembentukan bank ini bertujuan untuk memperkuat posisi industri keuangan syariah nasional serta meningkatkan daya saing Indonesia dalam ekonomi syariah global. Dengan skala aset yang besar dan jangkauan layanan yang luas, BSI diharapkan mampu menjadi motor penggerak ekonomi syariah sekaligus memberikan alternatif lembaga keuangan bagi masyarakat. Besarnya skala operasional tersebut juga menuntut pengelolaan investasi dan kinerja keuangan yang efisien agar bank dapat terus berkembang secara berkelanjutan (Ulfa, 2021; Yunistiyani & Harto, 2025).

Dalam menjalankan operasionalnya, bank modern termasuk BSI melakukan berbagai investasi strategis, seperti pengembangan teknologi digital, peningkatan layanan, serta ekspansi jaringan bisnis. Setiap keputusan investasi harus didukung oleh analisis keuangan yang tepat agar dapat menghasilkan keuntungan optimal sekaligus meminimalkan risiko. Evaluasi terhadap kinerja keuangan menjadi penting karena keberhasilan merger maupun ekspansi bank sering kali tercermin dari perubahan indikator profitabilitas dan kesehatan keuangan. Oleh sebab itu, analisis terhadap kelayakan investasi menjadi salah satu aspek penting dalam manajemen keuangan perusahaan perbankan (Ferieka et al., 2025; Wulan & Tristiarto, 2023).

Salah satu metode yang sering digunakan dalam menilai kelayakan investasi adalah Internal Rate of Return (IRR). IRR merupakan tingkat pengembalian yang menyebabkan nilai bersih sekarang atau Net Present Value (NPV) sama dengan nol. Metode ini banyak digunakan karena mampu menunjukkan tingkat keuntungan suatu proyek dalam bentuk persentase sehingga memudahkan pengambil keputusan untuk membandingkan

berbagai alternatif investasi. Konsep ini juga merupakan bagian penting dalam analisis arus kas terdiskonto yang digunakan secara luas dalam studikeuangan dan penilaian proyek (Sokolov, 2023; Steiger, 2010).

Namun dalam praktiknya, arus kas suatu proyek tidak selalu stabil atau teratur. Banyak proyek investasi memiliki pola arus kas yang berubah-ubah dari waktu ke waktu sehingga menghasilkan persamaan matematika yang kompleks. Ketika persamaan NPV dibentuk dari arus kas yang tidak seragam, maka persamaan tersebut sering kali menjadi polinomial dengan derajat tinggi yang sulit diselesaikan menggunakan metode aljabar biasa. Kondisi ini menyebabkan proses pencarian nilai IRR menjadi lebih rumit dan membutuhkan pendekatan komputasi atau metode numerik agar solusi dapat diperoleh secara lebih efisien (Sokolov, 2023).

Permasalahan tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan analisis investasi yang cepat dan akurat dengan keterbatasan metode analitik konvensional. Dalam konteks perusahaan besar seperti BSI yang mengelola investasi bernilai besar, ketepatan perhitungan tingkat pengembalian menjadi sangat penting untuk menentukan keberhasilan suatu proyek. Oleh karena itu, diperlukan metode alternatif yang mampu menyelesaikan persamaan nonlinier secara efektif sehingga keputusan investasi dapat diambil secara rasional dan berbasis data (Steiger, 2010)

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah metode Newton–Raphson, yaitu metode numerik iteratif yang digunakan untuk menemukan akar suatu persamaan. Metode ini memanfaatkan turunan fungsi untuk memperkirakan titik solusi secara berulang hingga mencapai nilai yang sangat mendekati hasil sebenarnya. Dalam berbagai bidang ilmu, termasuk keuangan dan teknik, metode Newton–Raphson dikenal memiliki tingkat konvergensi yang cepat sehingga cocok digunakan untuk mencari nilai IRR dari fungsi NPV yang kompleks. Dengan demikian, penerapan metode ini dapat membantu menghasilkan estimasi tingkat pengembalian investasi secara lebih cepat dan akurat (Sokolov, 2023; Steiger, 2010).

Dalam kehidupan sehari-hari, konsep ini sebenarnya sangat dekat dengan aktivitas ekonomi masyarakat. Misalnya seorang pedagang yang mengeluarkan modal besar di awal usaha, sementara keuntungan yang diperoleh setiap hari tidak selalu sama. Pedagang tersebut perlu menghitung apakah total keuntungan yang diperoleh dalam jangka waktu tertentu sudah mampu menutup modal awal sekaligus memberikan keuntungan. Prinsip yang sama juga digunakan dalam analisis IRR, yaitu menentukan titik di mana investasi mulai mencapai kondisi impas. Dengan demikian, penggunaan metode matematika dalam penelitian ini tidak hanya relevan dalam dunia perbankan, tetapi juga mencerminkan proses pengambilan keputusan ekonomi yang terjadi dalam kehidupan nyata (Steiger, 2010).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi investasi pada Bank Syariah Indonesia dengan menggunakan pendekatan metode numerik, khususnya algoritma Newton-Raphson, untuk menentukan nilai Internal Rate of Return dari arus kas investasi yang bersifat fluktuatif. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai kelayakan investasi serta menunjukkan bagaimana metode matematika terapan dapat digunakan dalam analisis keuangan modern (Muna et al., 2023).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan model analisis deterministik untuk mengevaluasi kinerja investasi saham BRIS. Data yang digunakan merupakan data sekunder berbentuk time-series yang diperoleh dari laporan pasar modal, laporan keuangan perusahaan, serta publikasi resmi otoritas keuangan. Data tersebut meliputi arus kas keluar berupa harga pembelian saham pada awal periode investasi, arus kas masuk berupa dividen yang diterima investor, serta nilai terminal berupa harga pasar saham pada akhir periode penelitian. Selain itu, setiap kejadian arus kas memiliki tanggal transaksi yang digunakan untuk menghitung selisih waktu terhadap tanggal awal investasi. Pendekatan ini memungkinkan analisis investasi dilakukan secara objektif karena mempertimbangkan perubahan nilai uang dari waktu ke waktu dan merupakan metode yang umum digunakan dalam penelitian keuangan modern (Magni, 2010; Tandelilin, 2017).

Tahap analisis dimulai dengan proses normalisasi waktu untuk mengubah selisih tanggal menjadi fraksi tahun sehingga tingkat pengembalian yang diperoleh bersifat tahunan. Proses ini penting karena arus kas investasi biasanya terjadi pada waktu yang tidak beraturan. Konversi waktu tersebut dinyatakan sebagai:

$$t_i = \frac{d_i - d_0}{365}$$

di mana d_i merupakan tanggal arus kas ke- i dan d_0 merupakan tanggal awal investasi. Setelah itu disusun model Net Present Value (NPV) untuk menggambarkan hubungan antara arus kas dan tingkat pengembalian investasi. Nilai Internal Rate of Return (IRR) diperoleh ketika fungsi NPV bernilai nol, yang dapat dirumuskan sebagai:

$$f(r) = \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^{t_i}} = 0$$

dengan C_i sebagai arus kas pada periode ke- i dan r sebagai tingkat pengembalian yang dicari. Model ini banyak digunakan dalam penelitian investasi karena mampu mengakomodasi konsep time value of money, sehingga memberikan gambaran yang lebih realistis terhadap pertumbuhan nilai investasi (Husnan, 2015; Sokolov, 2023).

Karena persamaan tersebut bersifat nonlinier dan sulit diselesaikan secara analitik, penelitian ini menggunakan metode numerik Newton–Raphson untuk menemukan nilai IRR secara iteratif. Metode ini memperbaiki tebakan awal secara berulang dengan memanfaatkan turunan pertama fungsi hingga diperoleh solusi yang konvergen. Secara matematis, proses iterasi dinyatakan sebagai:

$$r_{n+1} = r_n - \frac{f(r_n)}{f'(r_n)}$$

Proses iterasi dilakukan hingga selisih antara dua nilai berturut-turut sangat kecil atau berada dalam batas toleransi tertentu. Untuk memastikan akurasi hasil, nilai yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan fungsi XIRR yang umum digunakan dalam perangkat lunak analisis keuangan. Pendekatan numerik ini terbukti efektif dalam menentukan tingkat pengembalian investasi ketika arus kas terjadi secara tidak periodik (Brigham & Gapenski, 1997; YPMA, 1995).

3. Hasil dan Diskusi

Deskripsi Data Arus Kas

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa arus kas investasi yang terdiri dari satu arus kas awal dan beberapa arus kas masuk pada periode berikutnya. Arus kas awal bernilai negatif karena merepresentasikan dana yang dikeluarkan pada awal investasi, sedangkan arus kas selanjutnya merupakan penerimaan yang diperoleh selama periode investasi berlangsung. Dalam penelitian ini, waktu penerimaan arus kas tidak selalu tepat satu tahun sehingga diperlukan konversi waktu ke dalam satuan tahun agar perhitungan nilai sekarang dapat dilakukan secara lebih akurat.

Konversi waktu ini penting karena konsep nilai waktu uang menyatakan bahwa nilai uang pada saat ini tidak sama dengan nilai uang di masa depan. Oleh karena itu setiap arus kas perlu didiskontokan berdasarkan waktu terjadinya. Semakin lama jarak waktu penerimaan arus kas, maka nilai sekarangnya akan semakin kecil. Hal ini sejalan dengan konsep analisis investasi yang menekankan bahwa faktor waktu sangat mempengaruhi kelayakan suatu proyek atau keputusan finansial.

Data arus kas yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel berikut:

DOI: <https://doi.org/10.31004/riggs.v5i2.10729>
Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

A	B	C	D	E	
(Tanggal)		(Arus Kas/CF)		(t dalam Tahun)	
30/12/2021		-1736		0	
30/06/2022		18,41		0,498630137	
23/06/2023		9,24		1,479452055	
20/06/2024		18,55		2,473972603	
19/06/2025		22,78		3,471232877	
30/12/2025		2230		4	

Dari tabel tersebut terlihat bahwa arus kas terbesar terjadi pada akhir periode investasi. Hal ini menunjukkan bahwa keuntungan utama proyek diperoleh pada saat jatuh tempo investasi. Kondisi seperti ini cukup umum terjadi pada investasi jangka menengah hingga panjang, di mana sebagian besar keuntungan baru dirasakan pada periode akhir.

Dalam analisis investasi, salah satu indikator yang sering digunakan untuk menilai kelayakan proyek adalah Internal Rate of Return (IRR). IRR merupakan tingkat suku bunga yang menyebabkan nilai bersih sekarang atau Net Present Value (NPV) sama dengan nol. Jika nilai IRR lebih tinggi dari tingkat pengembalian minimum yang diharapkan investor, maka investasi tersebut dapat dianggap layak untuk dijalankan.

Model Perhitungan Net Present Value

Langkah awal dalam menentukan nilai IRR adalah membentuk fungsi Net Present Value. NPV merupakan jumlah seluruh arus kas yang telah didiskontokan ke waktu sekarang. Metode ini banyak digunakan dalam analisis keuangan karena mampu memperhitungkan nilai waktu uang secara eksplisit.

Secara matematis, NPV dapat dinyatakan sebagai:

$$NPV(r) = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+r)^{t_i}}$$

di mana CF_i adalah arus kas ke- i , r adalah tingkat diskonto, dan t_i adalah waktu terjadinya arus kas dalam satuan tahun. Persamaan ini menunjukkan bahwa setiap arus kas dibagi dengan faktor diskonto yang bergantung pada tingkat bunga dan waktu.

Dalam penelitian ini, fungsi NPV tidak dapat diselesaikan secara langsung untuk memperoleh nilai r . Hal ini disebabkan karena variabel r berada pada pangkat yang tidak sederhana sehingga menghasilkan persamaan nonlinier. Oleh karena itu diperlukan metode numerik untuk mencari akar persamaan tersebut.

Pendekatan numerik dipilih karena mampu memberikan solusi dengan tingkat ketelitian yang tinggi melalui proses iterasi. Metode ini juga banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti matematika terapan, ekonomi, teknik, dan komputasi ilmiah.

Penerapan Metode Newton – Raphson

Untuk mencari nilai IRR pada penelitian ini digunakan metode Newton–Raphson. Metode ini merupakan salah satu metode numerik yang populer untuk menentukan akar persamaan nonlinier karena memiliki tingkat konvergensi yang relatif cepat dibandingkan metode iteratif lainnya.

Prinsip dasar metode Newton–Raphson adalah melakukan pendekatan secara berulang terhadap akar persamaan dengan memanfaatkan turunan pertama fungsi. Dengan menggunakan nilai tebakan awal, metode ini akan menghasilkan nilai pendekatan baru yang semakin mendekati akar sebenarnya.

Secara matematis, rumus iterasi Newton–Raphson dituliskan sebagai:

$$r_{baru} = r - \frac{f(r)}{f'(r)}$$

Dalam konteks penelitian ini, fungsi yang digunakan adalah fungsi NPV sehingga

$$f(r) = NPV(r)$$

Sedangkan turunan pertama dari fungsi tersebut adalah

$$f'(r) = \sum_{i=0}^n \frac{-t_i CF_i}{(1+r)^{t_i+1}}$$

Penggunaan turunan pertama ini memungkinkan metode Newton–Raphson memperbaiki nilai pendekatan secara lebih cepat. Oleh karena itu metode ini sangat cocok digunakan dalam pencarian IRR yang melibatkan persamaan kompleks.

Hasil Iterasi Perhitungan

Perhitungan dilakukan menggunakan bantuan spreadsheet agar proses iterasi dapat dilakukan secara sistematis. Nilai awal yang digunakan sebagai tebakan adalah sebesar 0,1 atau 10%. Nilai ini dipilih karena secara umum tingkat pengembalian investasi berada di kisaran tersebut.

Hasil iterasi yang diperoleh ditunjukkan pada tabel berikut:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
(Tanggal)		(Arus Kas/CF)	(t dalam Tahun)		Iterasi	Tebakan r	NPV / f(r)	Turunan / f'(r)		r Baru
30/12/2021		-1736	0			0,1	-156,2829625	-5941,962883		0,07229989433
30/06/2022		18,41	0,499630137		1	0,07229989433	10,30704396	-6405,574749		0,07229989433
23/06/2023		9,24	1,479452055		2	0,07229989433	10,30704396	-6405,574749		0,07390896831
30/06/2024		18,55	2,473972003		3	0,07390896831	0,0383782328	-6357,943744		0,07390896831
19/06/2025		22,70	3,471232877		4	0,07390896831	0,0383782328	-6357,943744		0,07391500457
30/12/2025		2230	4		5	0,07391500457	0,000005396654001	-6357,765865		0,07391500457

Dari tabel tersebut terlihat bahwa nilai NPV semakin mendekati nol pada setiap iterasi. Hal ini menunjukkan bahwa metode Newton–Raphson bekerja dengan baik dalam mencari akar persamaan. Perubahan nilai r juga semakin kecil yang menandakan bahwa proses iterasi telah mendekati titik konvergensi.

Kecepatan konvergensi ini menjadi salah satu keunggulan utama metode Newton–Raphson. Dalam penelitian ini hanya dibutuhkan beberapa iterasi saja untuk memperoleh nilai yang stabil. Hal ini menunjukkan bahwa metode tersebut cukup efisien untuk digunakan dalam analisis finansial berbasis komputasi.

Nilai Internal Rate of Return

Berdasarkan proses iterasi yang telah dilakukan, diperoleh nilai IRR sebesar

$$IRR \approx 0,073915$$

atau sekitar 7,39% per tahun.

Nilai ini menunjukkan tingkat pengembalian rata-rata dari investasi yang dianalisis. Dengan kata lain, jika investasi tersebut dijalankan hingga akhir periode, maka tingkat keuntungan yang diperoleh setara dengan bunga sebesar 7,39% per tahun.

Dalam praktik analisis investasi, nilai IRR biasanya dibandingkan dengan minimum attractive rate of return (MARR) atau tingkat pengembalian minimum yang diharapkan investor. Jika IRR lebih besar dari MARR,

maka proyek dianggap menguntungkan. Sebaliknya, jika IRR lebih kecil, maka proyek sebaiknya dipertimbangkan kembali.

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa metode Newton–Raphson dapat digunakan secara efektif untuk menghitung IRR pada data arus kas dengan interval waktu yang tidak seragam.

Analisis dan Interpretasi

Secara umum hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan numerik sangat membantu dalam menyelesaikan permasalahan finansial yang tidak dapat diselesaikan secara analitik. Fungsi NPV yang bersifat nonlinier menyebabkan pencarian IRR menjadi cukup kompleks jika dilakukan secara manual. Namun dengan bantuan metode Newton–Raphson, proses tersebut dapat dilakukan secara sistematis dan efisien.

Selain itu, penggunaan spreadsheet dalam penelitian ini juga memberikan kemudahan dalam melakukan perhitungan berulang. Setiap komponen seperti nilai NPV, turunan fungsi, serta nilai iterasi berikutnya dapat dihitung secara otomatis. Hal ini mengurangi kemungkinan kesalahan perhitungan sekaligus mempercepat proses analisis.

Dari sudut pandang finansial, nilai IRR yang diperoleh memberikan gambaran mengenai tingkat keuntungan investasi. Informasi ini sangat penting bagi investor atau pengambil keputusan dalam menentukan apakah suatu proyek layak dijalankan atau tidak. Dengan demikian, metode numerik tidak hanya bermanfaat dalam bidang matematika tetapi juga memiliki aplikasi yang luas dalam bidang ekonomi dan keuangan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode Newton–Raphson dapat menjadi alternatif yang efektif dalam menghitung IRR, terutama pada kasus arus kas yang tidak memiliki interval waktu yang sama. Pendekatan ini memungkinkan perhitungan dilakukan dengan tingkat akurasi yang tinggi serta waktu komputasi yang relatif singkat. Selain itu, metode ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan perangkat lunak pemrograman atau aplikasi statistik. Dengan demikian analisis investasi dapat dilakukan pada data yang lebih besar dan kompleks.

Penelitian ini juga memberikan gambaran bahwa integrasi antara konsep matematika numerik dan analisis finansial dapat menghasilkan metode analisis yang lebih kuat dan fleksibel. Oleh karena itu, pendekatan serupa dapat diterapkan pada berbagai studi yang berkaitan dengan evaluasi proyek, analisis investasi, maupun perencanaan keuangan.

Pendalaman Pembahasan Hasil Penelitian

Pembahasan berikut memperluas interpretasi atas hasil perhitungan tanpa mengubah data dasar, model arus kas, maupun nilai Internal Rate of Return (IRR) yang telah diperoleh. Pendalaman difokuskan pada struktur arus kas, makna ekonomis nilai terminal, proses normalisasi waktu, karakter fungsi Net Present Value (NPV), perilaku konvergensi algoritma Newton–Raphson, serta implikasi hasil bagi analisis investasi saham PT Bank Syariah Indonesia Tbk. Dengan pendekatan tersebut, angka IRR tidak hanya dipandang sebagai keluaran komputasi, tetapi juga sebagai informasi yang perlu dibaca secara kritis dalam konteks risiko, biaya modal, horizon investasi, dan karakteristik instrumen saham.

Nilai IRR sebesar sekitar 7,39% per tahun merupakan titik ketika nilai kini seluruh arus kas masuk sama dengan arus kas keluar awal. Dengan demikian, hasil ini menunjukkan tingkat diskonto internal yang menyeimbangkan investasi awal dengan penerimaan dividen dan nilai terminal. Makna tersebut penting karena IRR bukan sekadar persentase keuntungan nominal. IRR telah memperhitungkan kapan setiap arus kas terjadi, sehingga penerimaan yang diperoleh lebih awal memiliki bobot nilai kini yang lebih besar daripada penerimaan dengan jumlah sama yang diterima lebih lambat.

3.1 Struktur dan Karakteristik Arus Kas Investasi

Struktur arus kas penelitian dapat dikategorikan sebagai arus kas konvensional, yaitu satu arus kas keluar pada awal periode yang kemudian diikuti oleh serangkaian arus kas masuk. Investasi awal sebesar 1.736 ditempatkan pada tanggal 30 Desember 2021, sedangkan penerimaan berikutnya terdiri dari dividen pada beberapa tanggal dan nilai terminal sebesar 2.230 pada akhir tahun 2025. Pola satu perubahan tanda dari negatif menjadi positif memberikan konsekuensi matematis yang menguntungkan karena secara umum mengurangi kemungkinan

munculnya lebih dari satu nilai IRR. Permasalahan multiple IRR biasanya lebih berpotensi terjadi ketika arus kas berubah tanda berkali-kali, misalnya karena terdapat tambahan investasi besar setelah proyek berjalan.

Total nominal arus kas positif pada data penelitian adalah sekitar 2.298,98, sedangkan nilai terminal menyumbang sekitar 97,0% dari seluruh arus kas positif tersebut. Komposisi ini menunjukkan bahwa hasil investasi sangat bergantung pada nilai saham pada akhir periode. Dividen selama masa kepemilikan tetap memberikan kontribusi, tetapi besarnya relatif kecil dibandingkan penerimaan dari pelepasan atau penilaian saham pada akhir horizon investasi. Oleh sebab itu, IRR yang diperoleh terutama merefleksikan kombinasi antara kenaikan nilai terminal dan lamanya dana tertanam, bukan semata-mata hasil dividen tahunan.

Dominasi nilai terminal perlu diperhatikan dalam penafsiran hasil karena nilai tersebut sensitif terhadap kondisi pasar pada tanggal akhir pengamatan. Apabila harga saham pada akhir periode berubah secara material, nilai IRR juga akan ikut berubah. Dalam investasi saham, kondisi ini wajar karena sebagian besar keuntungan atau kerugian sering baru direalisasikan ketika saham dijual. Meskipun demikian, ketergantungan yang tinggi terhadap satu nilai terminal membuat hasil perlu dibaca sebagai estimasi berdasarkan skenario data yang digunakan, bukan sebagai tingkat pengembalian yang pasti akan diterima pada periode lain.

Arus kas dividen yang terjadi pada 30 Juni 2022, 23 Juni 2023, 20 Juni 2024, dan 19 Juni 2025 memperlihatkan interval yang tidak persis sama. Ketidakteraturan ini tampak kecil secara kalender, tetapi tetap relevan dalam analisis nilai waktu uang. Penggunaan eksponen waktu berupa fraksi tahun memungkinkan setiap penerimaan ditempatkan pada posisi waktunya masing-masing. Dengan cara ini, model lebih akurat dibandingkan perhitungan IRR periodik yang menganggap seluruh arus kas terjadi pada jarak satu tahun yang seragam.

3.2 Makna Ekonomis Nilai Terminal dan Dividen

Nilai terminal sebesar 2.230 merupakan komponen paling menentukan dalam model. Secara ekonomis, nilai terminal merepresentasikan nilai yang diterima investor pada akhir periode, umumnya berasal dari harga jual atau nilai pasar saham yang masih dimiliki. Karena penerimaan ini terjadi empat tahun setelah investasi awal, jumlah nominalnya harus didiskontokan sebelum dibandingkan dengan modal awal. Proses diskonto inilah yang menjelaskan mengapa selisih nominal antara total penerimaan dan investasi awal tidak dapat langsung diperlakukan sebagai tingkat keuntungan tahunan.

Dividen memiliki fungsi yang berbeda dari nilai terminal. Dividen adalah arus kas yang diterima selama periode kepemilikan dan dapat digunakan kembali oleh investor tanpa harus menjual saham. Walaupun jumlahnya lebih kecil, dividen yang diterima lebih awal mempunyai nilai kini yang relatif lebih besar dibandingkan nominal sama yang diterima mendekati akhir periode. Oleh karena itu, model NPV memberikan perlakuan yang sesuai dengan waktu penerimaan masing-masing dividen. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *time value of money* yang menjadi dasar penilaian investasi modern (Brealey et al., 2011; Tandelilin, 2017).

Komposisi penerimaan dalam penelitian juga menunjukkan perbedaan antara return berbasis pendapatan dan return berbasis apresiasi harga. Dividen menggambarkan pendapatan periodik, sedangkan nilai terminal mencerminkan perubahan nilai aset. Ketika nilai terminal sangat dominan, investor menghadapi eksposur yang lebih besar terhadap fluktuasi harga pasar. Hal ini tidak berarti investasi otomatis tidak layak, tetapi menegaskan bahwa evaluasi IRR sebaiknya dilengkapi dengan analisis risiko harga, volatilitas, kondisi industri perbankan, serta prospek kinerja emiten.

Dalam konteks saham BRIS, nilai terminal juga berkaitan dengan persepsi pasar terhadap perkembangan Bank Syariah Indonesia setelah merger. Kinerja operasional, pertumbuhan pembiayaan, kualitas aset, efisiensi, digitalisasi layanan, dan kepercayaan investor dapat memengaruhi harga saham. Penelitian mengenai kinerja BSI pascamerger menunjukkan pentingnya menilai perubahan indikator keuangan secara menyeluruh dan tidak hanya berdasarkan satu rasio (Ulfa, 2021; Wulan & Tristiarto, 2023; Ferieka et al., 2025). Oleh sebab itu, IRR dalam penelitian ini dapat diposisikan sebagai salah satu ukuran hasil investasi yang perlu dibaca bersama informasi fundamental perusahaan.

3.3 Normalisasi Waktu pada Arus Kas Tidak Seragam

Normalisasi waktu merupakan tahap penting karena tanggal arus kas pada data tidak berada pada interval tahunan yang identik. Setiap selisih hari dihitung terhadap tanggal awal dan diubah menjadi fraksi tahun. Nilai waktu 0 menunjukkan investasi awal, sedangkan nilai sekitar 0,4986; 1,4795; 2,47397; 3,47123; dan 4 menunjukkan posisi relatif masing-masing penerimaan. Penggunaan fraksi ini membuat model mampu menangkap perbedaan beberapa hari atau beberapa minggu yang akan diabaikan apabila semua arus kas dipaksa berada pada periode bulat.

Secara konsep, perhitungan tersebut mendekati mekanisme XIRR, yaitu tingkat pengembalian internal untuk arus kas yang memiliki tanggal aktual. Perbedaan utama dengan IRR periodik terletak pada eksponen diskonto. Pada IRR periodik, setiap arus kas diasumsikan terjadi dalam jarak periode yang sama, sedangkan pada model berbasis tanggal, eksponen ditentukan oleh selisih waktu aktual. Bagi penelitian ini, penggunaan waktu aktual lebih tepat karena dividen dibayarkan pada tanggal yang berbeda dan tidak seluruhnya tepat satu tahun setelah arus kas sebelumnya.

Akurasi normalisasi waktu juga bergantung pada konvensi jumlah hari dalam satu tahun. Penggunaan 365 hari merupakan pendekatan yang lazim, tetapi dalam aplikasi keuangan terdapat konvensi lain, seperti $\text{actual}/365$, $\text{actual}/360$, atau $\text{actual}/\text{actual}$. Perbedaan konvensi biasanya menghasilkan perubahan yang relatif kecil, namun tetap dapat memengaruhi angka akhir ketika nilai investasi besar atau horizon sangat panjang. Penelitian ini menggunakan satu konvensi waktu secara konsisten, sehingga perbandingan antar arus kas tetap valid dalam kerangka model yang dibangun.

Dari sisi metodologis, normalisasi waktu meningkatkan transparansi analisis. Setiap arus kas dapat ditelusuri kembali kepada tanggal transaksi, sehingga pembaca dapat memeriksa kesesuaian perhitungan. Transparansi ini penting dalam penelitian kuantitatif karena hasil IRR sangat bergantung pada ketepatan input. Kesalahan satu tanggal, tanda arus kas, atau nilai terminal dapat mengubah bentuk fungsi NPV dan menghasilkan akar yang berbeda. Oleh karena itu, verifikasi data awal harus dipandang sebagai bagian yang sama pentingnya dengan proses iterasi numerik.

3.4 Karakter Fungsi NPV dan Keunikan Solusi

Fungsi NPV dalam penelitian dibentuk dengan menjumlahkan setiap arus kas yang telah didiskontokan menggunakan tingkat pengembalian r . Investasi awal tidak didiskontokan karena terjadi pada waktu nol, sedangkan seluruh penerimaan dibagi dengan faktor $(1+r)^t$ yang dipangkatkan sesuai fraksi waktu. Nilai IRR dicari dengan menetapkan fungsi tersebut sama dengan nol. Pada titik ini, nilai kini penerimaan tepat menutup investasi awal, sehingga tidak terdapat surplus atau defisit nilai kini.

Hubungan antara tingkat diskonto dan NPV bersifat berlawanan untuk pola arus kas konvensional. Ketika tingkat diskonto meningkat, nilai kini arus kas masuk menurun sehingga NPV cenderung mengecil. Sebaliknya, ketika tingkat diskonto menurun, nilai kini penerimaan meningkat dan NPV cenderung membesar. Sifat monotonik tersebut membantu menjelaskan mengapa satu arus kas negatif yang diikuti seluruh arus kas positif umumnya menghasilkan satu akar ekonomis. Pada data penelitian, struktur tanda arus kas mendukung interpretasi bahwa nilai 7,39% merupakan solusi utama yang relevan.

Walaupun demikian, keunikan solusi tidak hanya ditentukan oleh algoritma, tetapi juga oleh bentuk arus kas. Newton-Raphson dapat menemukan akar yang dekat dengan tebakan awal, tetapi tidak menjamin bahwa akar tersebut satu-satunya apabila fungsi memiliki beberapa titik potong. Karena data penelitian tidak menunjukkan perubahan tanda berulang, risiko multiple IRR relatif lebih rendah. Penjelasan ini penting agar keberhasilan konvergensi tidak semata-mata dianggap sebagai bukti bahwa seluruh persoalan IRR selalu sederhana.

NPV dan IRR memiliki fungsi analitis yang saling melengkapi. IRR menyajikan tingkat pengembalian dalam bentuk persentase yang mudah dikomunikasikan, sedangkan NPV menyajikan nilai tambah dalam satuan moneter pada tingkat diskonto tertentu. Literatur keuangan menekankan bahwa keputusan investasi sebaiknya tidak hanya bergantung pada IRR, terutama ketika ukuran investasi, pola arus kas, atau asumsi reinvestasi berbeda (Magni, 2010; Sokolov, 2023). Dalam penelitian ini, IRR digunakan sebagai fokus utama, tetapi hasilnya akan lebih kuat apabila pada pengembangan berikutnya disertai perhitungan NPV pada beberapa tingkat biaya modal.

3.5 Konvergensi Metode Newton-Raphson

Metode Newton-Raphson memperbaiki nilai tebakan dengan memanfaatkan rasio antara nilai fungsi dan turunan pertamanya. Secara geometris, pada setiap iterasi dibuat garis singgung terhadap kurva NPV, kemudian titik potong garis tersebut dengan sumbu horizontal digunakan sebagai pendekatan berikutnya. Ketika tebakan awal cukup dekat dengan akar dan turunan fungsi tidak mendekati nol, metode ini biasanya memiliki konvergensi yang cepat. Temuan penelitian yang hanya membutuhkan beberapa iterasi menunjukkan bahwa kondisi numerik data mendukung proses konvergensi tersebut.

Tebakan awal 10% berada cukup dekat dengan hasil akhir 7,39%. Kedekatan ini membantu algoritma bergerak menuju akar tanpa lompatan yang ekstrem. Setiap iterasi menghasilkan nilai NPV yang semakin mendekati nol dan perubahan tingkat pengembalian yang semakin kecil. Pola tersebut merupakan indikator konvergensi yang lebih informatif daripada hanya melihat jumlah iterasi. Sebuah proses dapat berhenti cepat, tetapi tetap perlu dipastikan bahwa residual NPV telah berada dalam batas toleransi yang ditetapkan.

Kecepatan Newton-Raphson menjadi keunggulan utama dibandingkan pencarian manual berbasis percobaan tingkat diskonto. Pada pencarian manual, analisis harus menghitung NPV berulang kali pada berbagai tingkat bunga sampai menemukan dua nilai dengan tanda NPV berbeda, kemudian melakukan interpolasi. Newton-Raphson menggunakan informasi turunan sehingga arah dan besar koreksi ditentukan secara matematis. Studi perbandingan metode akar nonlinier juga menunjukkan bahwa Newton-Raphson dapat memberikan penyelesaian yang efisien ketika turunan tersedia dan tebakan awal dipilih dengan baik (Sunandar & Indrianto, 2020).

Efisiensi komputasi menjadi semakin penting ketika jumlah arus kas lebih banyak. Pada data penelitian, jumlah transaksi masih terbatas sehingga perhitungan spreadsheet relatif mudah. Namun pada portofolio dengan dividen, tambahan pembelian, penjualan sebagian, biaya transaksi, dan pajak pada banyak tanggal, jumlah komponen fungsi akan meningkat. Algoritma Newton-Raphson tetap dapat diterapkan karena setiap iterasi hanya memerlukan evaluasi fungsi NPV dan turunannya. Hal ini menunjukkan skalabilitas metode untuk analisis yang lebih kompleks.

3.6 Sensitivitas terhadap Tebakan Awal dan Toleransi

Walaupun hasil penelitian menunjukkan konvergensi yang stabil, kinerja Newton-Raphson secara umum sensitif terhadap nilai awal. Tebakan yang terlalu jauh dari akar dapat menyebabkan iterasi bergerak ke wilayah yang tidak ekonomis, menghasilkan nilai di bawah -100%, atau berosilasi. Selain itu, apabila turunan fungsi sangat kecil pada suatu titik, pembagian terhadap turunan dapat menghasilkan koreksi yang sangat besar. Oleh karena itu, pemilihan nilai awal sebaiknya didasarkan pada rentang return yang wajar atau didahului dengan pemeriksaan NPV pada beberapa tingkat diskonto.

Dalam penelitian ini, nilai awal 10% dapat dianggap rasional karena berada pada kisaran tingkat pengembalian yang umum digunakan sebagai titik uji awal. Namun, penelitian belum menampilkan uji sensitivitas dengan beberapa tebakan awal. Karena itu, klaim stabilitas sebaiknya dipahami berdasarkan jalur iterasi yang digunakan, bukan sebagai bukti bahwa semua nilai awal pasti menghasilkan solusi yang sama. Pengembangan analisis dapat menguji nilai awal 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% untuk melihat apakah seluruhnya menuju akar sekitar 7,39%.

Toleransi penghentian juga memengaruhi jumlah iterasi dan presisi. Toleransi yang terlalu longgar dapat menghentikan proses ketika NPV masih cukup jauh dari nol, sedangkan toleransi yang sangat ketat dapat menambah iterasi tanpa manfaat praktis yang berarti. Dalam aplikasi keuangan, tingkat presisi perlu disesuaikan dengan kebutuhan keputusan. Pelaporan IRR dua angka di belakang koma, seperti 7,39%, sudah mudah dipahami, tetapi proses internal dapat menggunakan presisi lebih tinggi untuk memastikan pembulatan tidak menggeser interpretasi.

Praktik yang baik adalah menggunakan dua kriteria penghentian sekaligus, yaitu selisih antara r baru dan r sebelumnya serta nilai absolut NPV. Kombinasi ini mencegah algoritma berhenti hanya karena perubahan r sangat kecil padahal residual fungsi masih besar. Selain itu, batas maksimum iterasi perlu ditetapkan agar proses tidak berjalan tanpa akhir apabila gagal konvergen. Unsur-unsur tersebut dapat memperkuat replikasi penelitian ketika algoritma diimplementasikan dalam bahasa pemrograman.

3.7 Validasi Hasil dan Keterkaitan dengan Fungsi XIRR

Validasi merupakan tahap penting untuk memastikan bahwa nilai 7,39% bukan akibat kesalahan rumus atau implementasi. Penelitian menyebutkan perbandingan dengan fungsi XIRR pada perangkat lunak keuangan. Secara prinsip, nilai Newton-Raphson dan XIRR seharusnya sangat dekat apabila menggunakan arus kas, tanggal, konvensi hari, dan toleransi yang sama. Kesesuaian tersebut menunjukkan bahwa algoritma yang dibangun mampu mereplikasi mekanisme perhitungan standar secara independen.

Validasi dengan XIRR tidak mengurangi kontribusi metode numerik. Sebaliknya, perbandingan tersebut menunjukkan bahwa proses komputasi dapat dijelaskan secara transparan. Fungsi spreadsheet biasanya memberikan hasil akhir tanpa menampilkan tahapan perbaikan akar, sedangkan implementasi Newton-Raphson memperlihatkan nilai tebakan, NPV, turunan, dan koreksi pada setiap iterasi. Bagi pembelajaran metode numerik, transparansi ini penting karena menghubungkan teori kalkulus dengan aplikasi analisis investasi.

Selain membandingkan nilai IRR, validasi dapat dilakukan dengan memasukkan nilai 7,39% kembali ke fungsi NPV. Apabila residual mendekati nol, hasil telah memenuhi definisi matematis IRR. Pemeriksaan substitusi balik merupakan prosedur sederhana tetapi efektif untuk menghindari ketergantungan pada satu keluaran perangkat lunak. Pengujian juga dapat dilengkapi dengan menghitung NPV pada tingkat sedikit di bawah dan di

atas 7,39%. Untuk arus kas konvensional, NPV seharusnya berubah dari positif menjadi negatif ketika melewati akar.

Pendekatan validasi berlapis meningkatkan reliabilitas penelitian. Pertama, input arus kas dan tanggal diverifikasi terhadap sumber data. Kedua, hasil iterasi diperiksa melalui residual NPV. Ketiga, nilai akhir dibandingkan dengan XIRR. Keempat, perilaku tanda NPV di sekitar akar diperiksa. Dengan empat langkah ini, analisis tidak hanya menghasilkan angka, tetapi juga menyediakan jejak perhitungan yang dapat direplikasi oleh pembaca.

3.8 Interpretasi IRR 7,39% dalam Keputusan Investasi

Nilai IRR 7,39% menunjukkan tingkat pengembalian tahunan internal berdasarkan arus kas yang diamati. Namun, kelayakan investasi belum dapat ditetapkan hanya dari besarnya IRR. Keputusan memerlukan tingkat pembandingan, seperti required rate of return, biaya peluang modal, atau Minimum Attractive Rate of Return (MARR). Apabila tingkat pembandingan berada di bawah 7,39%, investasi menghasilkan NPV positif dan secara finansial dapat dipertimbangkan. Jika tingkat pembandingan lebih tinggi, NPV menjadi negatif sehingga hasil investasi belum memenuhi target pengembalian.

Pemilihan MARR harus mencerminkan risiko instrumen. Saham memiliki risiko pasar yang berbeda dari deposito, obligasi pemerintah, atau pembiayaan dengan pendapatan tetap. Karena harga saham dapat berfluktuasi, investor biasanya menuntut premi risiko. Oleh sebab itu, membandingkan IRR 7,39% dengan tingkat bebas risiko saja belum cukup. Analisis ideal juga mempertimbangkan volatilitas saham, kondisi pasar, risiko likuiditas, serta risiko spesifik perusahaan.

IRR juga mengandung asumsi implisit mengenai reinvestasi arus kas antara. Dalam interpretasi klasik, dividen yang diterima selama periode investasi dianggap dapat diinvestasikan kembali pada tingkat yang sebanding dengan IRR. Asumsi ini belum tentu selalu realistis. Apabila dividen hanya disimpan atau diinvestasikan pada instrumen dengan tingkat lebih rendah, hasil aktual portofolio dapat berbeda. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian lanjutan dapat menggunakan Modified Internal Rate of Return (MIRR) yang memisahkan tingkat pembiayaan dan tingkat reinvestasi.

Selain itu, hasil 7,39% belum memperhitungkan biaya transaksi, pajak, bid-ask spread, serta kemungkinan biaya penyimpanan atau administrasi. Pada investasi riil, komponen tersebut mengurangi arus kas bersih yang diterima investor. Jika biaya dimasukkan, IRR bersih dapat lebih rendah. Karena itu, angka penelitian lebih tepat disebut sebagai IRR berdasarkan arus kas yang dimodelkan. Penjelasan ruang lingkup ini menjaga agar hasil tidak ditafsirkan sebagai jaminan return bersih bagi setiap investor.

3.9 Relevansi terhadap Saham BRIS dan Perbankan Syariah

Pemilihan saham PT Bank Syariah Indonesia Tbk memberikan konteks yang relevan karena BSI merupakan hasil konsolidasi tiga bank syariah milik negara. Merger menciptakan skala aset, jaringan, dan basis nasabah yang lebih besar, tetapi juga menimbulkan kebutuhan integrasi sistem, budaya organisasi, dan operasional. Perubahan tersebut dapat memengaruhi persepsi investor dan pergerakan nilai saham selama periode penelitian. Kajian terdahulu mengenai BSI menekankan perlunya menilai kinerja sebelum dan sesudah merger melalui indikator profitabilitas, efisiensi, likuiditas, dan kualitas pembiayaan (Ulfa, 2021; Muna et al., 2023; Wulan & Tristiarto, 2023).

Dalam perspektif keuangan syariah, analisis return tetap diperlukan untuk mengukur hasil ekonomi investasi selama instrumen dan aktivitas yang mendasarinya sesuai dengan prinsip syariah. Iqbal dan Mirakhor (2011) menjelaskan bahwa pengelolaan keuangan syariah menekankan keterkaitan dengan aktivitas riil, pembagian risiko, transparansi, dan tata kelola. IRR sebagai alat matematika bersifat netral dan dapat digunakan untuk mengevaluasi arus kas, tetapi keputusan akhir juga perlu memperhatikan aspek kepatuhan syariah dan kualitas fundamental emiten.

Nilai IRR dari satu periode kepemilikan tidak secara langsung menggambarkan kesehatan bank. Harga saham dapat dipengaruhi oleh sentimen pasar, kondisi makroekonomi, tingkat suku bunga, kebijakan regulator, dan ekspektasi investor. Oleh karena itu, hubungan antara return saham dan kinerja keuangan tidak selalu bergerak satu arah dalam jangka pendek. Analisis IRR lebih tepat dipahami sebagai evaluasi pengalaman investasi berdasarkan arus kas tertentu, sedangkan analisis kesehatan bank memerlukan rasio dan indikator operasional yang lebih luas.

Meskipun demikian, hasil penelitian menunjukkan manfaat penggabungan data pasar dengan metode numerik. Investor, mahasiswa, dan analis dapat menyusun arus kas aktual dari transaksi saham, memasukkan dividen dan nilai akhir, lalu menghitung tingkat pengembalian tahunan yang konsisten. Pendekatan ini lebih

informatif dibandingkan hanya menghitung persentase kenaikan harga karena memperhitungkan waktu dan penerimaan antara. Dengan demikian, penelitian memiliki nilai praktis dalam literasi keuangan dan pembelajaran matematika terapan.

3.10 Perbandingan dengan Metode Numerik Alternatif

Newton-Raphson bukan satu-satunya metode untuk mencari akar fungsi NPV. Metode biseksi dapat digunakan apabila tersedia dua tingkat diskonto yang menghasilkan NPV dengan tanda berbeda. Biseksi memiliki keunggulan berupa jaminan konvergensi pada fungsi kontinu dalam interval tersebut, tetapi kecepatannya cenderung lebih lambat. Metode secant tidak memerlukan turunan eksplisit dan menggunakan dua pendekatan sebelumnya untuk memperkirakan arah akar. Metode ini dapat menjadi pilihan ketika turunan sulit dihitung, walaupun kestabilannya tetap dipengaruhi nilai awal.

Dibandingkan biseksi, Newton-Raphson lebih cepat ketika tebakan awal baik dan turunan tersedia. Dibandingkan secant, Newton-Raphson menggunakan informasi turunan yang lebih lengkap sehingga berpotensi mencapai konvergensi kuadratik. Namun, kebutuhan turunan dapat menjadi kelemahan pada fungsi yang sangat kompleks atau diimplementasikan dari data diskret. Dalam penelitian ini, fungsi NPV memiliki turunan analitik yang jelas sehingga Newton-Raphson merupakan pilihan yang logis.

Strategi hibrida dapat meningkatkan keandalan. Analisis dapat terlebih dahulu mencari interval akar menggunakan evaluasi NPV pada beberapa tingkat diskonto, kemudian menjalankan Newton-Raphson dari titik tengah interval. Jika iterasi keluar dari interval atau turunan terlalu kecil, algoritma dapat kembali menggunakan langkah biseksi. Pendekatan semacam ini mempertahankan kecepatan Newton-Raphson sekaligus memperoleh keamanan metode bracketed.

Perbandingan metode juga dapat dinilai melalui jumlah iterasi, waktu komputasi, residual NPV, dan sensitivitas terhadap nilai awal. Penelitian saat ini telah menunjukkan efisiensi Newton-Raphson pada satu data arus kas. Studi selanjutnya dapat menjalankan Newton-Raphson, secant, dan biseksi pada data yang sama sehingga keunggulan dan keterbatasan masing-masing metode dapat diamati secara empiris, sebagaimana pembahasan perbandingan metode akar nonlinier oleh Sunandar dan Indrianto (2020).

3.11 Implikasi Implementasi pada Spreadsheet dan Pemrograman

Penggunaan spreadsheet membuat metode mudah direplikasi karena setiap kolom dapat mewakili tanggal, arus kas, fraksi waktu, faktor diskonto, NPV, turunan, dan nilai iterasi. Struktur tersebut membantu pengguna memeriksa sumber kesalahan pada setiap tahap. Selain itu, spreadsheet memungkinkan pembuatan tabel iterasi yang memperlihatkan bagaimana tebakan awal bergerak menuju solusi. Dalam konteks pendidikan, tampilan tersebut dapat memperkuat pemahaman tentang hubungan antara fungsi, turunan, dan proses konvergensi.

Meskipun praktis, spreadsheet memiliki risiko kesalahan referensi sel, penguncian alamat yang tidak tepat, atau perubahan formula tanpa disadari. Untuk menjaga reliabilitas, formula sebaiknya diuji pada data sederhana yang hasilnya dapat dihitung secara manual. Sel input juga perlu dipisahkan dari sel formula dan diberi label yang jelas. Penggunaan pembatasan data serta dokumentasi asumsi akan mengurangi risiko kesalahan ketika model digunakan kembali.

Implementasi dalam Python, R, MATLAB, atau bahasa pemrograman lain memungkinkan otomatisasi untuk banyak transaksi dan banyak saham. Fungsi dapat dirancang menerima daftar tanggal dan arus kas, menghitung fraksi waktu, menjalankan iterasi, memeriksa konvergensi, dan mengembalikan pesan kesalahan apabila solusi tidak ditemukan. Penggunaan kode juga mempermudah uji sensitivitas terhadap tebakan awal, toleransi, nilai terminal, dan skenario dividen.

Untuk penerapan praktis, keluaran algoritma sebaiknya tidak hanya menampilkan IRR. Sistem dapat menampilkan jumlah iterasi, residual NPV, status konvergensi, interval waktu, dan peringatan apabila terdapat lebih dari satu perubahan tanda arus kas. Informasi tersebut membantu pengguna memahami kualitas solusi dan mencegah penggunaan angka IRR secara mekanis. Dengan demikian, pengembangan perangkat analisis perlu menggabungkan ketepatan matematis dengan antarmuka yang menjelaskan asumsi dan batasan.

3.12 Implikasi Manajerial dan Literasi Keuangan

Bagi pengambil keputusan, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode numerik dapat menyediakan ukuran pengembalian yang konsisten pada arus kas tidak teratur. Hal ini bermanfaat ketika transaksi investasi tidak mengikuti jadwal tahunan yang tetap. Manajemen investasi dapat menggunakan pendekatan serupa untuk

mengevaluasi kinerja aktual portofolio, membandingkan hasil antarperiode, dan menilai apakah return telah melampaui target yang ditetapkan.

Namun, penggunaan IRR perlu ditempatkan dalam kerangka keputusan yang lebih luas. Investor sebaiknya menilai kesesuaian horizon, toleransi risiko, kebutuhan likuiditas, dan diversifikasi. Tingkat pengembalian 7,39% dapat dianggap memadai bagi satu investor tetapi kurang bagi investor lain yang memiliki target atau profil risiko berbeda. Oleh karena itu, hasil analisis harus dikaitkan dengan tujuan investasi, bukan diperlakukan sebagai rekomendasi yang berlaku universal.

Dari sisi literasi keuangan, penelitian membantu menjelaskan bahwa keuntungan investasi tidak cukup dihitung dari selisih harga beli dan harga jual. Waktu penerimaan dividen, lamanya dana ditempatkan, dan nilai akhir perlu diperhitungkan secara bersama. Pemahaman tersebut dapat mengurangi kesalahan umum ketika membandingkan investasi dengan periode berbeda. Dua investasi yang memiliki keuntungan nominal sama dapat menghasilkan tingkat tahunan yang berbeda apabila jangka waktunya tidak sama.

Penelitian juga memperlihatkan manfaat kolaborasi antara matematika, komputasi, dan keuangan. Konsep turunan yang sering dipandang abstrak dapat digunakan untuk menyelesaikan persoalan nyata berupa estimasi return. Integrasi tersebut mendukung pembelajaran berbasis kasus dan memperlihatkan bahwa metode numerik memiliki nilai langsung dalam pengambilan keputusan berbasis data.

3.13 Keterbatasan Penelitian

Penelitian memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, analisis menggunakan satu rangkaian arus kas dan satu horizon investasi sehingga hasil tidak dapat digeneralisasi sebagai tingkat pengembalian saham BRIS pada seluruh periode. Perubahan tanggal pembelian, harga beli, jumlah saham, dividen, dan harga akhir akan menghasilkan IRR yang berbeda. Oleh karena itu, nilai 7,39% merupakan hasil spesifik dari skenario data yang dianalisis.

Kedua, model belum memasukkan biaya transaksi, pajak, serta friksi pasar lainnya. Komponen tersebut dapat mengurangi penerimaan bersih dan mengubah IRR. Ketiga, penelitian menggunakan nilai terminal pada satu tanggal akhir sehingga belum menguji sensitivitas terhadap fluktuasi harga. Padahal, dominasi nilai terminal menyebabkan hasil sangat dipengaruhi oleh kondisi pasar pada tanggal tersebut.

Keempat, analisis berfokus pada ukuran return dan belum mengukur risiko. IRR tidak menunjukkan volatilitas, potensi penurunan harga, atau probabilitas kerugian. Kelima, pengujian metode numerik belum membandingkan beberapa tebakan awal, toleransi, dan algoritma alternatif. Dengan demikian, efisiensi yang dilaporkan relevan untuk implementasi yang digunakan, tetapi belum menjadi perbandingan menyeluruh antar metode.

Keenam, data sekunder perlu dipastikan konsisten dalam satuan dan dasar perhitungan. Angka harga, dividen, serta nilai terminal harus merujuk pada jumlah saham atau skala investasi yang sama. Penelitian telah menyusun arus kas dalam satu rangkaian, tetapi dokumentasi lebih rinci mengenai sumber setiap angka akan meningkatkan keterlacakan dan replikasi. Pengakuan terhadap keterbatasan ini tidak mengurangi manfaat hasil, melainkan memberikan batas interpretasi yang jelas.

3.14 Arah Pengembangan Penelitian

Penelitian lanjutan dapat memperluas periode pengamatan dan membentuk beberapa skenario tanggal pembelian serta penjualan. Dengan cara ini, distribusi IRR antarperiode dapat dianalisis untuk melihat kestabilan hasil. Peneliti juga dapat membandingkan strategi buy and hold dengan strategi yang melibatkan pembelian bertahap atau reinvestasi dividen. Arus kas yang lebih beragam akan menguji kemampuan algoritma dalam kondisi yang mendekati praktik investasi aktual.

Pengembangan berikutnya dapat memasukkan biaya transaksi, pajak dividen, dan pajak capital gain sesuai ketentuan yang relevan pada periode pengamatan. Hasil bruto dan bersih kemudian dibandingkan untuk menunjukkan pengaruh friksi pasar. Selain itu, analisis sensitivitas terhadap nilai terminal dapat dilakukan dengan beberapa skenario harga akhir, misalnya skenario pesimis, moderat, dan optimis. Pendekatan ini akan memberikan rentang return, bukan hanya satu estimasi titik.

Dari sisi metode, Newton-Raphson dapat dibandingkan dengan biseksi, secant, dan fungsi XIRR. Indikator perbandingan dapat meliputi jumlah iterasi, waktu komputasi, residual, stabilitas terhadap tebakan awal, dan keberhasilan menemukan akar. Pengembangan algoritma hibrida juga layak diuji untuk menggabungkan kecepatan dan jaminan konvergensi.

Analisis return dapat dipadukan dengan ukuran risiko, seperti standar deviasi return, downside risk, Value at Risk, atau rasio Sharpe, sesuai ketersediaan data. Pada tingkat perusahaan, hasil saham dapat dibandingkan dengan perkembangan indikator kinerja BSI, seperti profitabilitas, efisiensi, kualitas pembiayaan, dan pertumbuhan aset. Integrasi tersebut akan menghasilkan pemahaman yang lebih utuh mengenai hubungan antara kinerja fundamental dan hasil investasi.

Secara keseluruhan, pembahasan yang diperluas menegaskan bahwa nilai IRR sekitar 7,39% merupakan hasil numerik yang valid dalam kerangka arus kas dan asumsi penelitian. Newton-Raphson memberikan solusi yang cepat karena struktur arus kas mendukung akar yang stabil dan tebakan awal berada dekat dengan hasil. Namun, interpretasi ekonomis tetap memerlukan tingkat pembandingan, analisis risiko, dan perhatian terhadap dominasi nilai terminal. Dengan batasan tersebut, metode yang digunakan tetap memberikan kontribusi penting sebagai contoh penerapan matematika numerik dalam analisis investasi berbasis tanggal aktual.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, metode Newton–Raphson terbukti efektif digunakan untuk menentukan nilai *Internal Rate of Return* (IRR) pada arus kas investasi yang tidak teratur. Melalui proses iterasi numerik terhadap fungsi *Net Present Value* (NPV), penelitian ini menunjukkan bahwa nilai IRR investasi saham BRIS dapat diperoleh secara cepat dan akurat. Dari data arus kas yang terdiri dari investasi awal, penerimaan dividen, dan nilai terminal pada akhir periode, diperoleh tingkat pengembalian investasi sekitar 7,39% per tahun. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan metode numerik mampu memberikan estimasi tingkat pengembalian yang lebih efisien dibandingkan metode analitik konvensional, terutama ketika menghadapi arus kas yang bersifat fluktuatif. Dengan demikian, penggunaan metode Newton–Raphson dapat menjadi alternatif yang relevan dalam analisis investasi modern serta membantu pengambilan keputusan keuangan yang lebih rasional dan berbasis data.

Referensi

1. Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2011). *Principles of Corporate Finance*. The McGraw-Hill Companies.
2. Brigham, E. F., & Gapenski, L. C. (1997). *Financial Management: Theory and Practice*.
3. Ferieka, H., Aini, A., Hasanah, I., & Wulandari, R. (2025). PERFORMANCE ANALYSIS OF BANK SYARIAH INDONESIA POST-. *Banque Syar'i: Jurnal Ilmiah Perbankan Syariah*, 11(2), 121–131.
4. Husnan, S. (2015). *Dasar-Dasar Teori Portofolio & Analisis Sekuritas*.
5. Iqbal, Z., & Mirakhor, A. (2011). *An Introduction to Islamic Finance Theory and Practice*.
6. Magni, C. A. (2010). Average Internal Rate of Return and investment decisions : a new perspective Updated version : January 14 th 2011. *The Engineering Economist*, 55(2), 150–180.
7. Mohaiyadi, N. M. H., Aman, A., Palil, M. R., & Suzana Muhamad Said. (2022). ADDRESSING ACCOUNTABILITY AND TRANSPARENCY CHALLENGES IN WAQF MANAGEMENT USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY. *Journal of Islamic Monetary Economics and Financ*, 8, 53–80.
8. Muna, N. A., Ramadhan, F. I., & Citradewi, A. (2023). Analisis Perkembangan Profitabilitas Bank Syariah di Indonesia Pasca Merger Menjadi Bank Syariah Indonesia. *El Mudhorib Jurnal Kajian Ekonomi Dan Perbankan Syariah*, 4, 12–25.
9. Sokolov, M. V. (2023). NPV, IRR, PI, PP, and DPP: a unified view Mikhail V. Sokolov. *ArXiv: Cornell University*, 7, 1–46.
10. Steiger, F. (2010). The Validity of Company Valuation Using Discounted Cash Flow Methods. *ArXiv Cornell University*, 2.
11. Sunandar, E., & Indrianto. (2020). Perbandingan Metode Newton-Raphson & Metode Secant Untuk Mencari Akar Persamaan Dalam Sistem Persamaan Non-Linier. *PETIR: Jurnal Pengkajian Dan Penerapan Teknik Informatika*, 13(1), 72–79.
12. Tandelilin, E. (2017). *Pasar Modal: Manajemen Portofolio dan Investasi*.
13. Ulfa, A. (2021). Dampak Penggabungan Tiga Bank Syariah di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Islam*, 7(02), 1101–1106.
14. Wulan, K. A. D., & Tristiarto, Y. (2023). ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA KEUANGANPT. BANK SYARIAH INDONESIA SEBELUM DAN SESUDAH MERGER. *Accounting Student Research Journal*, 2(2), 152–165.
15. YPMA, T. J. (1995). Historical Development of The Newton-Raphson Method. *Siam Review*, 37(003).
16. Yunistiyani, V., & Harto, P. (2025). Kinerja PT Bank Syariah Indonesia , Tbk setelah Merger : Apakah Lebih Baik ? *Reviu Akuntansi Dan Bisnis Indonesia*, 6(2), 67–84. <https://doi.org/10.18196/rabin.v6i2.15621>