E-ISSN: 3025-0994
Halaman 4352-4364
Volume 4 Nomor 4 Tahun 2026

Penentuan Kas Optimum Model Miller-Orr: Simulasi Monte Carlo dan Analisis Sensitivitas Parameter

Ahmad Lutfi[1], Novriful[2]

[1] Sekolah Tinggi Ekonomi Syariah Manna Wa Salwa Tanah Datar Sumatera Barat, Indonesia
[2] Program Studi Magister Ekonomi Syariah, Pascasarjana, Universitas Islam Negeri Mahmud Yunus Batusangkar
e-mail: ahmad.lutfi659@gmail.com, nofrivul@uinmybatusangkar.ac.id

Abstrak

Kas adalah aset paling likuid sekaligus tidak menghasilkan imbal hasil, sehingga perusahaan menghadapi pertukaran antara risiko kekurangan likuiditas dan biaya peluang kas menganggur. Penelitian ini bertujuan menentukan batas kendali kas optimum dengan model Miller-Orr, menguji kinerjanya terhadap kebijakan alternatif, dan menganalisis sensitivitas parameter. Metode yang digunakan adalah simulasi Monte Carlo dengan 2.000 replikasi selama 360 hari berdasarkan parameter ilustratif: biaya transaksi Rp20.000, suku bunga 12% per tahun, simpangan baku arus kas bersih harian Rp2.000.000, dan batas bawah nol. Karena parameter bersifat ilustratif, angka yang dihasilkan menggambarkan perilaku model dan bukan kondisi entitas tertentu. Hasil menunjukkan titik sasaran Rp5,65 juta dan batas atas Rp16,94 juta. Biaya tahunan rata-rata kebijakan ini Rp1,23 juta, jauh lebih rendah daripada kebijakan saldo tetap tanpa batas atas yang berbiaya Rp2,77 juta sampai Rp3,78 juta. Kurva biaya relatif datar di sekitar titik sasaran sehingga penyimpangan sekitar 25 persen menaikkan biaya kurang dari 10 persen. Titik sasaran naik menurut pangkat sepertiga varians dan biaya transaksi serta turun menurut pangkat sepertiga suku bunga. Frekuensi transaksi hasil simulasi lebih rendah daripada pendekatan waktu kontinu dan sesuai dengan koreksi kontinuitas untuk pemantauan harian. Model ini layak menjadi pedoman kebijakan kas, dengan syarat parameter diestimasi dari data harian riil dan ditinjau secara berkala. Penelitian lanjutan perlu menguji model dengan data arus kas riil.

Kata Kunci: Kas Optimum, Miller-Orr, Simulasi Monte Carlo, Manajemen Kas, Analisis Sensitivitas

Abstract

Cash is the most liquid yet non-earning asset, so firms must trade off liquidity risk against the opportunity cost of idle balances. This study determined optimal cash control limits with the Miller-Orr model, tested its performance against alternative policies, and examined parameter sensitivity. A Monte Carlo simulation with 2,000 replications over 360 days was run on illustrative parameters: a fixed transaction cost of IDR 20,000, a 12% annual interest rate, a standard deviation of daily net cash flow of IDR 2,000,000, and a zero lower limit. Because the parameters are illustrative, the figures describe model behaviour rather than any particular entity. The return point is IDR 5.65 million and the upper limit is IDR 16.94 million. The policy's mean annual cost is IDR 1.23 million, far below the IDR 2.77 million to IDR 3.78 million of fixed-balance policies without an upper limit. The cost curve is flat around the return point, so a deviation of about 25 percent raises cost by less than 10 percent. The return point rises with the cube root of cash flow variance and transaction cost and falls with the cube root of the interest rate. Simulated transaction frequency is lower than the continuous-time approximation and matches a continuity correction for daily monitoring. The model is a practical guide for

cash policy, provided that parameters are estimated from actual daily data and reviewed regularly. Further research should test the model on actual cash flow data.

Keywords: Optimal Cash, Miller-Orr, Monte Carlo Simulation, Cash Management, Sensitivity Analysis

PENDAHULUAN

Kas adalah aset paling likuid yang dimiliki perusahaan, tetapi kas tidak menghasilkan imbal hasil. Saldo yang terlalu kecil membuat perusahaan berisiko gagal memenuhi kewajiban jangka pendek, sedangkan saldo yang terlalu besar menimbulkan biaya peluang karena dana tidak ditempatkan pada instrumen berimbal hasil. Manajemen kas pada dasarnya adalah upaya menyeimbangkan likuiditas dan profitabilitas (Jiang & Wu, 2022; Abensur & de Carvalho, 2022). Keseimbangan ini makin sulit dijaga ketika arus kas tidak dapat diprediksi. Ketidakpastian lingkungan makroekonomi memengaruhi keputusan keuangan perusahaan (Farooq et al., 2021), dan tata kelola yang baik membantu pengelolaan arus kas pada lembaga keuangan (Mensah et al., 2024).

Kajian tentang kas perusahaan memperlihatkan bahwa kas menjalankan beberapa fungsi sekaligus. Kepemilikan kas dikaitkan dengan risiko dan imbal hasil yang diharapkan (Palazzo, 2012), dengan nilai kas dalam kondisi ketidakpastian (Chakraborty et al., 2017), dan dengan perilaku investasi berlebihan pada perusahaan dengan direktur bermasalah (Bhuiyan & Hooks, 2019). Di sisi lain, efisiensi manajemen kas berkaitan dengan kesejahteraan finansial perusahaan (Hessian, 2024), dan praktik pengelolaan arus kas yang baik berhubungan dengan kinerja keuangan usaha kecil dan menengah (Nasimiyu, 2024). Kas dan persediaan juga merupakan komponen modal kerja yang perlu dikelola bersama karena keduanya menyerap dana yang sama (Anorue & Ugwoke, 2022).

Dari sisi pemodelan, Melo dan Bilich (2013) menawarkan model keseimbangan ekspektasi untuk arus kas, sedangkan model persediaan untuk kas yang dipelopori Baumol (1952) serta Miller dan Orr (1966) tetap menjadi dasar penentuan saldo kas operasional. Kedua kelompok model ini berbeda dalam asumsi tentang kepastian arus kas. Pemilihan model karenanya bergantung pada karakter arus kas perusahaan: arus kas yang teratur lebih cocok dengan pendekatan deterministik, sedangkan arus kas yang berfluktuasi acak lebih cocok dengan pendekatan stokastik.

Baumol (1952) memperlakukan kas seperti persediaan dan menurunkan jumlah kas optimum dengan rumus kuantitas pesanan ekonomis. Model ini mengandaikan pengeluaran kas yang konstan dan pasti, suatu asumsi yang jarang terpenuhi. Miller dan Orr (1966) melonggarkan asumsi itu dengan memodelkan perubahan kas bersih harian sebagai proses acak. Perusahaan menetapkan batas bawah, kemudian model menghitung titik sasaran dan batas atas. Selama saldo berada di dalam koridor, tidak ada transaksi. Saldo yang menyentuh batas atas dikembalikan ke titik sasaran dengan membeli sekuritas, dan saldo yang menyentuh batas bawah dikembalikan dengan menjual sekuritas. Model ini masih menjadi acuan dan pembanding dalam studi terkini (Bhaya & Kaszkurewicz, 2022; Gunawan, 2026).

Penerapan model Miller-Orr di Indonesia telah dilaporkan pada berbagai entitas. Yupitasari et al. (2019) membandingkan model Baumol dan Miller-Orr pada koperasi karyawan, sedangkan Sopian et al. (2020) menyimpulkan bahwa saldo kas sebuah perusahaan properti belum optimal karena berada pada batas minimum. Mulyono (2021) memakai data transaksi harian rekening kas umum negara selama tiga tahun untuk membandingkan simulasi rata-rata sederhana, model Baumol, dan model Miller-Orr. Di luar negeri, Gunawan (2026) menerapkan lima model manajemen kas pada perusahaan gas milik negara dan menemukan bahwa saldo kas harian optimum menurut Miller-Orr jauh di bawah ambang kebijakan perusahaan, sehingga terdapat biaya peluang yang besar. Moraes dan Nagano (2013) memperlihatkan bahwa algoritma genetika dan optimasi kawanan partikel dapat mengungguli model Miller-Orr pada biaya total.

Sebagian besar studi terapan menghitung titik sasaran dan batas atas dari data historis, lalu membandingkannya dengan saldo aktual. Dua hal jarang diuji. Pertama, seberapa baik koridor yang dihitung berkinerja dibandingkan kebijakan lain ketika arus kas benar-benar acak. Kedua, seberapa sensitif keputusan terhadap kesalahan estimasi varians, biaya transaksi, dan suku bunga, padahal ketiga parameter itu hampir selalu diestimasi dengan galat. Selain itu, rumus model diturunkan untuk pemantauan kontinu, sedangkan saldo kas dipantau harian, sehingga perkiraan frekuensi transaksi dapat bias (Broadie et al., 1997). Perkembangan teknologi keuangan, termasuk penggunaan kembaran digital untuk pengelolaan kas dan persediaan (Badakhshan & Ball, 2023), membuat parameter kebijakan makin mudah diperbarui sehingga pengetahuan tentang sensitivitasnya menjadi penting.

Penelitian ini bertujuan (1) menghitung koridor kas optimum Miller-Orr pada parameter dasar, (2) membandingkan biaya total kebijakan tersebut dengan kebijakan alternatif melalui simulasi Monte Carlo, dan (3) menganalisis sensitivitas titik sasaran dan biaya terhadap perubahan parameter. Kebaruan artikel terletak pada pengujian kinerja berbasis simulasi dan koreksi pemantauan harian, yang melengkapi studi terapan berbasis data historis. Penempatan kas pada instrumen pasar uang syariah, seperti deposito mudharabah atau sukuk jangka pendek, tidak mengubah struktur model karena yang berperan hanyalah imbal hasil harian dan biaya transaksi. Dengan demikian, hasil artikel ini juga relevan bagi entitas keuangan syariah.

METODE

Penelitian ini memakai pendekatan kuantitatif berbasis simulasi numerik. Parameter yang digunakan bersifat ilustratif dan tidak berasal dari satu perusahaan tertentu, sehingga temuan menggambarkan perilaku model dan bukan kondisi suatu entitas. Model Miller-Orr mengasumsikan bahwa perubahan kas bersih harian berdistribusi normal dengan rata-rata nol dan varians σ^2, biaya transaksi tetap F untuk setiap pembelian atau penjualan sekuritas, dan suku bunga harian i yang konstan. Batas bawah L ditetapkan oleh manajemen. Titik sasaran Z dan batas atas H dihitung dengan persamaan berikut (Miller & Orr, 1966).

$$Z = \sqrt[3]{\frac{3F\sigma^2}{4i}} + L \quad (1)$$

$$H = 3Z - 2L \quad (2)$$

Aturan keputusannya sederhana. Saldo di antara L dan H tidak memerlukan tindakan. Saldo yang menyentuh H dikembalikan ke Z dengan membeli sekuritas senilai H−Z, dan saldo yang menyentuh L dikembalikan ke Z dengan menjual sekuritas senilai Z−L. Setiap tindakan menimbulkan biaya F. Parameter dasar ditetapkan sebagai berikut: F = Rp20.000; imbal hasil 12% per tahun dengan 360 hari sehingga i = 0,12/360 = 0,000333; simpangan baku perubahan kas harian σ = Rp2.000.000; dan L = 0.

Kinerja kebijakan dinilai dengan simulasi Monte Carlo. Setiap replikasi mensimulasikan 360 hari dengan saldo awal Z dan perubahan kas harian berdistribusi normal $N(0, \sigma^2)$. Apabila setelah suatu perubahan saldo mencapai H atau L, dilakukan transaksi dan saldo kembali ke Z. Biaya total tahunan adalah F dikalikan jumlah transaksi ditambah i dikalikan jumlah saldo harian. Simulasi dijalankan dengan 2.000 replikasi dan benih bilangan acak yang tetap agar dapat direproduksi. Dua kelompok pembanding dipakai. Kelompok pertama adalah koridor Miller-Orr dengan titik sasaran digeser menjadi 0,5; 0,75; 1,25; 1,5; dan 2,0 kali Z, dengan H tetap 3Z, untuk menguji ketepatan Z. Kelompok kedua adalah kebijakan saldo tetap tanpa batas atas, yaitu kas hanya diisi ulang ke Rp5, Rp10, atau Rp20 juta ketika menyentuh nol, yang mewakili praktik menahan kas tanpa aturan investasi atas kelebihan dana.

Sebagai pemeriksaan validitas, hasil simulasi dibandingkan dengan nilai teoretis. Rata-rata saldo kas teoretis dan waktu rata-rata antar transaksi pada pemantauan kontinu diberikan oleh persamaan (3) dan (4). Untuk pemantauan harian dipakai koreksi kontinuitas yang menggeser kedua batas sebesar $0{,}5826\sigma$ (Broadie et al., 1997), seperti pada persamaan (5). Sensitivitas dianalisis dengan mengubah satu parameter sambil menjaga parameter lain tetap. Dua uji tambahan dilakukan. Uji salah estimasi menghitung koridor dari σ, F, atau i yang keliru,

lalu menghitung biaya nyata pada proses dengan parameter sebenarnya. Uji ketahanan menjalankan koridor dasar pada proses yang melanggar asumsi, yaitu perubahan kas berdistribusi t dengan empat derajat kebebasan dan varians yang sama, autokorelasi positif dan negatif 0,3, serta rata-rata harian positif dan negatif 0,1σ. Seluruh perhitungan dilakukan dengan bahasa pemrograman Python.

$$E[K] = \frac{4Z-L}{3} \quad (3)$$

$$E[T] = \frac{(Z-L)(H-Z)}{\sigma^2} \quad (4)$$

$$E[T]_k = \frac{(Z-L+0{,}5826\sigma)(H-Z+0{,}5826\sigma)}{\sigma^2} \quad (5)$$

$$C(a) = \frac{F\sigma^2}{2a^2} + \frac{4ia}{3} \quad (6)$$

Persamaan (3) dan (4) juga menjelaskan asal persamaan (1). Pada L = 0 dan H = 3Z, jarak Z−L sama dengan a, sehingga biaya harian merupakan jumlah biaya transaksi per hari dan biaya peluang saldo rata-rata, seperti pada persamaan (6). Turunan pertama terhadap a yang disamakan dengan nol menghasilkan $a^3 = 3F\sigma^2/(4i)$, yaitu persamaan (1). Titik sasaran dengan demikian adalah titik ketika penurunan biaya transaksi akibat koridor yang makin lebar tepat diimbangi kenaikan biaya peluang akibat saldo rata-rata yang makin besar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

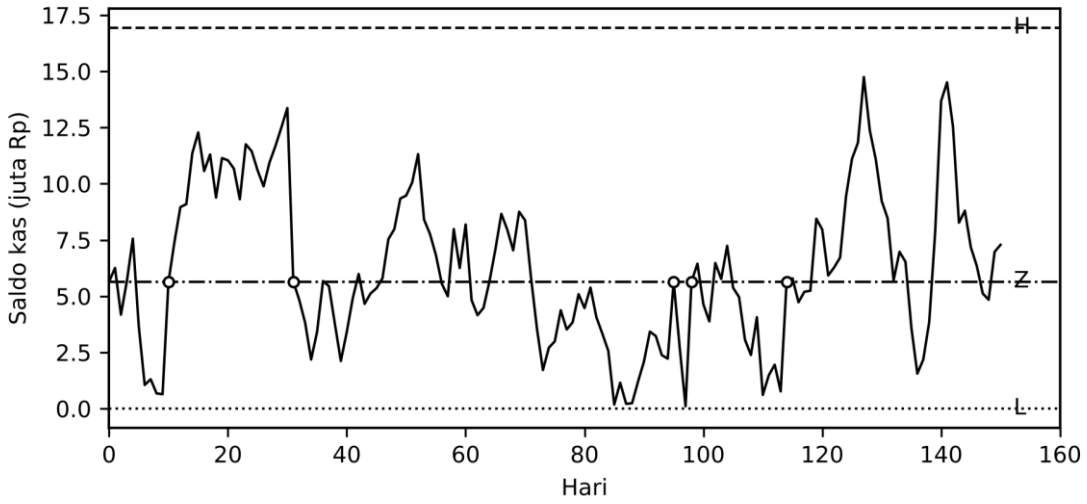
Dengan parameter dasar, perhitungan menghasilkan titik sasaran Z = Rp5.646.216 dan batas atas H = Rp16.938.649 (Tabel 1). Jarak H terhadap Z (Rp11,29 juta) dua kali jarak Z terhadap L (Rp5,65 juta), sebagaimana disyaratkan persamaan (2). Dengan demikian perusahaan membeli sekuritas senilai Rp11,29 juta ketika saldo menyentuh batas atas dan menjual sekuritas senilai Rp5,65 juta ketika saldo menyentuh nol.

Tabel 1. Parameter dasar dan koridor kas hasil perhitungan

Besaran	Nilai
Biaya transaksi tetap (F)	Rp20.000
Suku bunga harian (i)	0,000333
Simpangan baku arus kas bersih harian (σ)	Rp2.000.000
Batas bawah (L)	Rp0
Titik sasaran (Z)	Rp5.646.216
Batas atas (H)	Rp16.938.649
Pembelian sekuritas di batas atas (H−Z)	Rp11.292.432
Penjualan sekuritas di batas bawah (Z−L)	Rp5.646.216

Sumber: perhitungan penulis dengan persamaan (1) dan (2).

Gambar 1 memperlihatkan satu lintasan saldo kas selama 150 hari. Saldo bergerak bebas di dalam koridor dan hanya lima kali menyentuh batas, masing-masing diikuti transaksi yang mengembalikan saldo ke Z. Pada hari lainnya perusahaan tidak mengeluarkan biaya transaksi. Hasil ini menggambarkan keunggulan model, yaitu biaya transaksi hanya timbul ketika saldo benar-benar mendekati batas yang berbahaya atau terlalu menganggur.



Gambar 1. Contoh lintasan saldo kas harian dengan batas bawah (L), titik sasaran (Z), dan batas atas (H); lingkaran menandai hari terjadinya transaksi

Tabel 2 merangkum hasil simulasi. Kebijakan Miller-Orr dengan titik sasaran Z berbiaya rata-rata Rp1,23 juta per tahun dengan sekitar 16,7 transaksi. Kebijakan saldo tetap tanpa batas atas berbiaya Rp2,77 juta sampai Rp3,78 juta, atau 55 sampai 67 persen lebih mahal. Penyebabnya adalah arus kas acak yang dipantulkan di nol akan hanyut naik, sehingga saldo rata-rata mencapai Rp22 sampai Rp31 juta, tiga sampai empat kali lipat saldo pada kebijakan Miller-Orr, dan biaya peluang mendominasi. Kebijakan tanpa batas atas juga tidak stabil karena simpangan baku biayanya Rp1,36 juta sampai Rp1,55 juta, jauh di atas Rp0,09 juta pada kebijakan Miller-Orr.

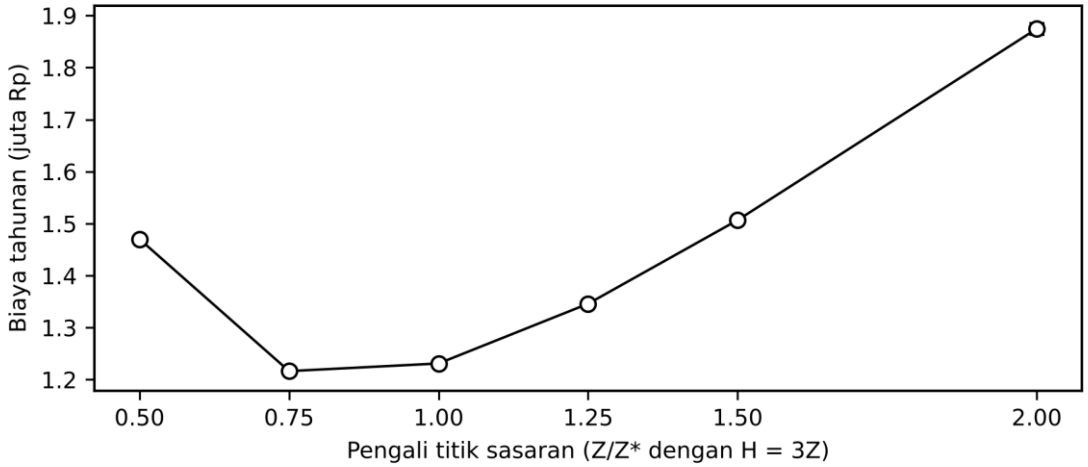
Tabel 2. Hasil simulasi Monte Carlo (2.000 replikasi, 360 hari)

Kebijakan	Z (juta Rp)	Transaksi per tahun	Rata-rata kas (juta Rp)	Biaya tahunan (juta Rp), simpangan baku
Miller-Orr, 1,0 Z	5,65	16,7	7,48	1,23 (0,09)
Miller-Orr, 0,5 Z	2,82	51,2	3,72	1,47 (0,12)
Miller-Orr, 0,75 Z	4,23	27,2	5,61	1,22 (0,09)
Miller-Orr, 1,25 Z	7,06	11,3	9,33	1,35 (0,11)
Miller-Orr, 1,5 Z	8,47	8,1	11,21	1,51 (0,15)
Miller-Orr, 2,0 Z	11,29	4,8	14,83	1,87 (0,26)
Saldo tetap Rp5 juta	5,00	4,4	22,37	2,77 (1,36)
Saldo tetap Rp10 juta	10,00	2,2	25,21	3,07 (1,42)
Saldo tetap Rp20 juta	20,00	1,0	31,37	3,78 (1,55)

Keterangan: pada kebijakan Miller-Orr, H = 3Z. Saldo tetap tidak memiliki batas atas. Sumber: simulasi penulis.

Gambar 2 menunjukkan bahwa kurva biaya terhadap pengali titik sasaran berbentuk U yang landai di sekitar Z. Penggeseran titik sasaran ke 0,75 Z hanya mengubah biaya sebesar −1,2 persen, sedangkan penggeseran ke 1,25 Z menaikkan biaya 9,3 persen. Kesalahan yang lebih besar berbiaya lebih tinggi, yaitu 19,4 persen pada 0,5 Z dan 52,3 persen pada 2,0 Z. Titik minimum hasil simulasi berada sedikit di sebelah kiri Z, pada sekitar 0,75 sampai 1,0 Z. Hal ini konsisten dengan penjelasan berikutnya bahwa rumus kontinu cenderung melebihkan

frekuensi transaksi pada pemantauan harian, sehingga titik sasaran yang sedikit lebih kecil sudah memadai.



Gambar 2. Biaya tahunan rata-rata menurut pengali titik sasaran (batang galat: selang kepercayaan 95 persen)

Pemeriksaan terhadap nilai teoretis memperkuat hasil simulasi. Rata-rata saldo kas teoretis menurut persamaan (3) adalah Rp7,53 juta, sedangkan simulasi memberikan Rp7,48 juta. Perbedaan lebih besar terlihat pada frekuensi transaksi. Pendekatan kontinu pada persamaan (4) memperkirakan waktu antar transaksi 15,9 hari atau 22,6 transaksi per tahun, sedangkan simulasi menghasilkan 16,7 transaksi. Koreksi kontinuitas pada persamaan (5) memperkirakan 21,2 hari atau 17,0 transaksi, selisih 1,6 persen dari simulasi. Akibatnya biaya tahunan teoretis kontinu sebesar Rp1,36 juta melebihkan hasil simulasi sebesar 10 persen, sedangkan biaya terkoreksi Rp1,24 juta hanya berbeda 1 persen. Bias terjadi karena simpangan baku harian (Rp2 juta) cukup besar dibanding jarak ke batas (Rp5,65 juta), sehingga saldo sering melampaui batas pada saat dipantau dan transaksi tertunda. Temuan ini menunjukkan bahwa estimasi frekuensi dan biaya dari rumus kontinu sebaiknya dikoreksi bila rasio simpangan baku terhadap Z−L besar, sedangkan penentuan Z dan H sendiri tetap dapat memakai persamaan (1) dan (2).

Tabel 3 memperlihatkan sensitivitas koridor terhadap parameter. Karena Z−L sebanding dengan $(F\sigma^2/i)$ berpangkat sepertiga, kesalahan estimasi diredam. Menurunkan simpangan baku menjadi setengahnya hanya menurunkan Z sebesar 37 persen, dan melipatgandakan biaya transaksi atau menurunkan suku bunga menjadi setengahnya hanya menaikkan Z sebesar 26 persen. Batas bawah menggeser seluruh koridor sebesar L tanpa mengubah lebarnya (H−L = 3(Z−L)). Gabungan dua sifat tersebut, yaitu kurva biaya yang landai dan Z yang tidak peka, menjadikan keputusan relatif tahan terhadap galat estimasi parameter, sejalan dengan anjuran agar parameter ditinjau berkala dan bukan dihitung ulang setiap hari.

Tabel 3. Sensitivitas titik sasaran dan batas atas terhadap parameter (juta Rp)

Perubahan parameter	Z	H
Parameter dasar	5,65	16,94
σ = Rp1 juta	3,56	10,67
σ = Rp3 juta	7,40	22,20
F = Rp10.000	4,48	13,44
F = Rp40.000	7,11	21,34
Suku bunga 6% per tahun	7,11	21,34

Perubahan parameter	Z	H
Suku bunga 18% per tahun	4,93	14,80
L = Rp5 juta	10,65	21,94

Sumber: perhitungan penulis dengan persamaan (1) dan (2); parameter lain tetap pada nilai dasar.

Sensitivitas titik sasaran belum menjawab seberapa besar kerugian akibat salah estimasi. Tabel 4 menghitung biaya nyata pada proses dengan parameter sebenarnya ketika koridor dihitung dari parameter yang keliru. Biaya sedikit lebih rendah daripada kondisi dasar (2,1 sampai 2,3 persen) ketika σ atau F diestimasi lebih kecil atau i lebih besar, sesuai dengan temuan bahwa titik minimum biaya berada sedikit di kiri Z. Sebaliknya, melebihkan σ lebih merugikan daripada menguranginya. Nilai σ yang diestimasi dua kali lipat menaikkan biaya 27,4 persen, sedangkan σ yang diestimasi setengahnya hanya menaikkan biaya 4,3 persen. Kesalahan berfaktor dua pada F atau i menaikkan biaya paling banyak 9,8 persen. Manajer yang ragu terhadap estimasinya karenanya sebaiknya condong pada estimasi yang lebih kecil, bukan yang lebih besar.

Tabel 4. Biaya nyata ketika koridor dihitung dari parameter yang keliru

Parameter yang keliru	Z (juta Rp)	H (juta Rp)	Transaksi per tahun	Biaya tahunan (juta Rp)	Selisih terhadap dasar (%)
Dasar (parameter benar)	5,65	16,94	16,7	1,23	0,0
σ diestimasi Rp1 juta	3,56	10,67	36,0	1,28	+4,3
σ diestimasi Rp1,5 juta	4,66	13,98	23,0	1,20	−2,3
σ diestimasi Rp3 juta	7,40	22,20	10,4	1,38	+12,3
σ diestimasi Rp4 juta	8,96	26,89	7,3	1,57	+27,4
F diestimasi 0,5 kali	4,48	13,44	24,6	1,21	−2,1
F diestimasi 2 kali	7,11	21,34	11,1	1,35	+9,8
i diestimasi 0,5 kali	7,11	21,34	11,1	1,35	+9,8
i diestimasi 2 kali	4,48	13,44	24,6	1,21	−2,1

Keterangan: proses sebenarnya memakai F = Rp20.000, i = 0,000333, dan σ = Rp2 juta. Sumber: simulasi penulis (2.000 replikasi).

Tabel 5 menguji koridor dasar pada proses yang melanggar asumsi model. Perubahan kas berekor tebal dengan varians yang sama menurunkan biaya 3,6 persen karena lebih banyak hari bergerak kecil sehingga transaksi turun menjadi 14,9 per tahun. Autokorelasi positif 0,3, yaitu arus kas yang cenderung bergerak searah, menaikkan transaksi menjadi 24,1 dan biaya 11,2 persen, sedangkan autokorelasi negatif 0,3 menurunkan biaya 8,9 persen. Rata-rata harian positif dan negatif sebesar 0,1σ mengubah biaya masing-masing +6,1 dan −2,8 persen. Seluruh perubahan berada dalam kisaran −9 sampai +12 persen, sehingga koridor tidak runtuh ketika asumsi dilanggar secara moderat. Simulasi ini hanya menguji pelanggaran tunggal dan moderat. Pelanggaran besar, misalnya arus kas bergelombang pada sektor konstruksi, memerlukan model lain.

Tabel 5. Kinerja koridor dasar ketika asumsi model dilanggar

Proses perubahan kas harian	Transaksi per tahun	Biaya tahunan (juta Rp)	Selisih terhadap dasar (%)
Normal, independen (dasar)	16,7	1,23	0,0
Distribusi t, empat derajat kebebasan	14,9	1,19	−3,6
Autokorelasi +0,3	24,1	1,37	+11,2
Autokorelasi −0,3	10,8	1,12	−8,9
Rata-rata harian +0,1σ	16,3	1,31	+6,1
Rata-rata harian −0,1σ	19,6	1,20	−2,8

Keterangan: semua proses memiliki simpangan baku harian Rp2 juta. Sumber: simulasi penulis (2.000 replikasi).

Tabel 6 menerapkan model pada tiga skenario sektor yang bersifat hipotetis. Lebar koridor ditentukan oleh gabungan F, σ², dan i, bukan oleh σ semata. Skenario ritel memiliki simpangan baku besar (Rp5 juta), tetapi biaya transaksi rendah akibat sistem perbankan otomatis sehingga Z−L hanya Rp9,45 juta. Skenario konstruksi, dengan arus kas bergelombang akibat pencairan termin, simpangan baku Rp9,49 juta, biaya transaksi tertinggi, dan suku bunga terendah, memperoleh koridor terlebar, yaitu H−L sebesar Rp93,63 juta. Pola ini sesuai dengan intuisi bahwa perusahaan dengan arus kas yang lebih tidak teratur memerlukan penyangga likuiditas yang lebih besar.

Tabel 6. Koridor kas pada tiga skenario sektor hipotetis

Skenario	F (Rp)	i harian	σ (juta Rp)	L (juta Rp)	Z (juta Rp)	H (juta Rp)
Manufaktur	50.000	0,000277	1,58	10	16,97	30,91
Ritel	15.000	0,000333	5,00	50	59,45	78,36
Konstruksi	100.000	0,000222	9,49	100	131,21	193,63

Sumber: perhitungan penulis dengan persamaan (1) dan (2).

Arah temuan ini sejalan dengan studi terapan. Gunawan (2026) melaporkan bahwa saldo kas harian optimum menurut Miller-Orr jauh di bawah ambang kebijakan perusahaan sehingga terdapat biaya peluang kas menganggur, dan Sopian et al. (2020) menyimpulkan bahwa pengelolaan saldo kas pada perusahaan yang dikajinya belum optimal. Simulasi pada artikel ini menjelaskan mengapa selisih semacam itu mahal. Kas tanpa batas atas cenderung menumpuk, biaya peluangnya terus membesar, dan hasil keuangannya sangat bervariasi dari tahun ke tahun. Koridor Miller-Orr tidak menghilangkan ketidakpastian arus kas, tetapi mengubahnya menjadi aturan tindakan yang biayanya dapat diperkirakan.

Hasil ini memiliki beberapa keterbatasan. Model mengasumsikan perubahan kas harian yang independen, berdistribusi normal, dan berstasioner, sedangkan arus kas riil dapat berautokorelasi, musiman, atau bergelombang. Untuk kondisi tersebut model yang memasukkan peramalan arus kas, seperti model Stone yang juga dibahas Gunawan (2026), atau pendekatan komputasional (Moraes & Nagano, 2013) dapat menjadi alternatif. Parameter yang dipakai bersifat ilustratif, sehingga angka rupiah tidak boleh dibaca sebagai rekomendasi bagi entitas tertentu. Batas bawah juga ditetapkan manajemen, padahal nilainya sangat memengaruhi lokasi koridor. Dalam praktik, simpangan baku sebaiknya diestimasi dari data harian minimal dua belas bulan, parameter ditinjau bulanan atau triwulanan, dan eksekusi

transaksi diotomatisasi melalui rekening bank agar keterlambatan tidak menggeser saldo di luar koridor. Bagi entitas syariah, instrumen penempatan perlu dipilih sesuai prinsip syariah, dengan imbal hasil harian dan biaya transaksi instrumen tersebut sebagai masukan model.

PEMBAHASAN

Penelitian ini mengevaluasi kinerja dinamis model koridor kas Miller-Orr melalui simulasi Monte Carlo berbasis pemantauan harian serta menguji ketahanannya terhadap fluktuasi parameter likuiditas. Temuan utama penelitian ini menegaskan tiga proposisi teoritis dan praktis: (1) penggunaan koridor kas simetris-stokastik terbukti secara mendasar menekan biaya total manajemen kas dibanding kebijakan penahanan kas statis, (2) rumus teoretis waktu kontinu cenderung mengalami bias estimasi frekuensi transaksi pada pemantauan harian diskrit sehingga memerlukan koreksi kontinuitas, dan (3) struktur matematika model Miller-Orr memiliki tingkat ketahanan (robustness) yang tinggi terhadap galat estimasi parameter akibat efektivitas fungsi akar pangkat tiga.

Dinamika Efisiensi Koridor Miller-Orr vs. Kebijakan Kas Statis

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa penerapan batas kendali kas Miller-Orr pada parameter dasar (Z = Rp 5,65 juta dan H = Rp 16,94 juta menghasilkan biaya tahunan rata-rata sebesar Rp1,23 juta. Sebaliknya, kebijakan saldo tetap tanpa batas atas menghasilkan biaya total tahunan yang jauh lebih tinggi, yakni berkisar antara Rp2,77 juta hingga Rp3,78 juta, atau 55% hingga 67% lebih mahal. Tingginya biaya pada kebijakan saldo batas tunggal disebabkan oleh fenomena acak (*random walk*) arus kas bersih. Tanpa keberadaan batas atas (H), arus kas harian yang berfluktuasi cenderung melintas naik secara kumulatif, menyebabkan saldo kas rata-rata membengkak hingga Rp22,37 juta sampai Rp31,37 juta. Penumpukan saldo menganggur (*idle cash*) ini memicu dominasi biaya peluang (*opportunity cost*) yang sangat masif.

Temuan ini sejalan dengan kerangka teori pembentukan likuiditas perusahaan yang dikemukakan oleh Al-Najjar dan Clark (2017), yang menyatakan bahwa ketiadaan mekanisme *rebalancing* kas secara otomatis mendorong manajer keuangan jatuh ke dalam perangkap penumpukan kas berlebih (*cash hoarding*). Penumpukan kas ini tidak hanya menurunkan efisiensi modal kerja tetapi juga memperbesar biaya keagenan (*agency cost of free cash flow*) sebagaimana dijelaskan oleh Jensen (1986) dan diperkuat secara empiris oleh Dittmar dan Mahrt-Smith (2007). Dalam konteks corporate governance, kas menganggur yang terlalu besar memberi ruang bagi manajemen untuk melakukan investasi yang tidak efisien (*over-investment*).

Penggunaan batas atas H pada model Miller-Orr berfungsi sebagai katup pengaman matematis yang secara otomatis menyerap kelebihan likuiditas dan mentransfernya ke dalam instrumen keuangan yang menghasilkan imbal hasil (*earning assets*). Dalam kerangka keuangan syariah, pemindahan kelebihan kas di atas batas H ke instrumen pasar uang syariah jangka pendek seperti *Sertifikat Imaji Mudharabah*, Repurchase Agreement (Repo) Sukuk, atau Deposito Mudharabah harian memungkinkan perusahaan mengeliminasi *opportunity cost* tanpa mengorbankan solvabilitas jangka pendek. Hal ini memperkuat pandangan Batten et al. (2024) yang menekankan pentingnya integrasi manajemen likuiditas stokastik dengan portofolio instrumen pasar uang berisiko rendah.

Implikasi Pemantauan Diskrit Harian dan Koreksi Kontinuitas

Salah satu kontribusi akademis penting dari artikel ini adalah ditemukannya perbedaan signifikan antara estimasi teoretis berbasis waktu kontinu (*continuous-time model*) dan hasil simulasi Monte Carlo berbasis pemantauan diskrit harian. Persamaan teoretis dasar Miller-Orr (1966) memperkirakan frekuensi transaksi sebesar 22,6 kali per tahun dengan interval 15,9 hari. Namun, simulasi pemantauan harian menghasilkan frekuensi transaksi yang lebih rendah, yaitu 16,7 kali per tahun (interval 21,5 hari).

Discrepancy atau bias ini terjadi karena pada pemantauan diskrit di akhir hari kerja, arus kas harian yang melompat melewati batas kendali (H atau L) tidak langsung dieksekusi pada detik terjadinya pelampauan, melainkan baru ditindaklanjuti pada siklus penutupan

harian. Sebagaimana dianalisis oleh Broadie et al. (1997) dalam konteks *discrete barrier options*, pemantauan sampel secara diskrit menggeser batas efektif secara statistik. Penerapan *continuity correction* dengan menambahkan penggeser batas sebesar 0,5826\sigma berhasil merekonsiliasi selisih tersebut, di mana nilai teoretis terkoreksi menghasilkan estimasi 17,0 transaksi per tahun dan biaya total Rp1,24 juta hanya berselisih 1% dari hasil simulasi.

Temuan ini berimplikasi praktis bagi praktisi keuangan dan perbankan. Banyak perangkat lunak manajemen kas atau modul Treasury Management System (TMS) yang mengadopsi rumus Miller-Orr standar secara langsung tanpa menyesuaikan frekuensi pemantauan. Akibatnya, anggaran biaya transaksi kas yang diproyeksikan perusahaan sering kali *overestimated* sebesar 10%. Dengan memanfaatkan koreksi kontinuitas Broadie et al. (1997), divisi *treasury* dapat menyusun anggaran biaya operasional dan frekuensi pemindahbukuan kas secara akurat. Hal ini sejalan dengan penelitian Acharya et al. (2012) serta Bates et al. (2009) yang menunjukkan bahwa presisi dalam mengestimasi friksi transaksi harian menentukan efisiensi struktur modal jangka pendek perusahaan.

Analisis Sensitivitas, Galat Estimasi, dan Robustness Kerangka Kerja

Analisis sensitivitas memperlihatkan bahwa kurva biaya total tahunan berbentuk U yang sangat landai (*convex and flat*) di sekitar nilai optimum Z. Penggeseran titik sasaran Z sebesar $\pm$ 25\% dari titik optimum hanya memicu kenaikan total biaya kurang dari 10%. Sifat ini berakar pada struktur matematis rumus Z, di mana Z bervariasi secara proporsional terhadap akar pangkat tiga (*cube root*) dari varians arus kas (\sigma^2), biaya transaksi (F), dan kebalikan dari suku bunga (i).

Dampak *cube root* ini memitigasi elastisitas respons Z terhadap kesalahan estimasi. Sebagai contoh, kenaikan varians kas harian sebesar 100% (dua kali lipat) hanya menaikkan nilai Z sebesar 26\%. Hasil uji galat estimasi (Tabel 4) menunjukkan asimetri dampak kesalahan: *underestimating* parameter (mengestimasi \sigma atau F lebih kecil dari kondisi aktual) relatif jauh lebih aman ketimbang *overestimating*. Mengestimasi \sigma dua kali lipat lebih besar menaikkan biaya hingga 27,4\%, sementara mengestimasi \sigma separuh dari nilai riilnya hanya menaikkan biaya nyata sebesar 4,3\%.

Asimetri ini memberikan petunjuk empiris bagi manajer keuangan yang menghadapi tingginya ketidakpastian arus kas. Ketika data arus kas historis bersifat sangat bising (*noisy*), manajer sebaiknya mengadopsi prinsip konservatisme dengan menggunakan estimasi varians yang lebih moderat atau lebih rendah. Temuan ini mendukung argumen Opler et al. (1999) dan Faulkender dan Wang (2006), yang menemukan bahwa kesalahan dalam penetapan target kas lebih merugikan kinerja perusahaan jika target tersebut dipasang terlalu tinggi akibat penilaian risiko fluktuasi yang berlebihan.

Pengujian ketahanan (*robustness test*) pada Tabel 5 memperjelas bahwa model Miller-Orr tetap andal meskipun asumsi dasar distribusi normal dan independensi arus kas dilanggar secara moderat. Keberadaan *fat-tailed distribution* (distribusi t dengan df=4) justru menurunkan biaya total sebesar 3,6% karena konsentrasi perubahan saldo di sekitar nol lebih tinggi. Sebaliknya, keberadaan autokorelasi positif (+0,3) menaikkan biaya sebesar 11,2% karena arus kas yang *trending* mendorong saldo kas menyentuh batas kendali lebih cepat. Dampak autokorelasi ini mengonfirmasi temuan Ferreira dan Vilela (2004) serta Song dan Lee (2012), yang menekankan bahwa pola ketergantungan waktu (*time-dependence*) dalam arus kas operasional merupakan faktor utama penentu frekuensi penyesuaian kas.

Perbandingan Sektoral dan Aplikasi Praktis

Aplikasi model pada tiga skenario hipotetis sektor industri (Tabel 6) memperlihatkan bahwa batas kendali kas tidak ditentukan oleh skala simpangan baku \sigma secara terisolasi, melainkan oleh rasio biaya friksi (F/i) dan volatilitas bisnis. Sektor ritel, meskipun memiliki volatilitas harian tinggi (\sigma = \text{Rp}5\text{ juta}), memiliki koridor kas yang relatif sempit (H-L = \text{Rp}28,36\text{ juta}) karena biaya transaksi perbankan digital yang sangat rendah. Sebaliknya, sektor konstruksi membutuhkan koridor kas yang sangat lebar (H-L =

\text{Rp}93,63\text{ juta}) akibat kombinasi volatilitas ekstrem dan tingginya biaya transaksi pemindahan dana antar bank/pencairan termin.

Fenomena ini sesuai dengan bukti empiris dari Subramaniam et al. (2011) dan Denis dan Sibilkov (2010), yang menunjukkan bahwa perusahaan dengan keterbatasan akses terhadap likuiditas eksternal atau perusahaan di sektor manufaktur dan konstruksi berbiaya transaksi tinggi secara rasional mempertahankan koridor penyangga (*buffer stock*) kas yang lebih lebar. Dalam era financial technology dan *open banking* saat ini, integrasi Application Programming Interface (API) perbankan memungkinkan penurunan biaya transaksi F mendekati nol. Berdasarkan formulasi Miller-Orr, penurunan F ini secara otomatis mempersempit koridor H-Z, sehingga modal kerja perusahaan menjadi jauh lebih efisien.

Secara praktis, temuan ini memberikan panduan strategis bagi para manajer keuangan. Pertama, evaluasi parameter \sigma tidak perlu dilakukan setiap hari; peninjauan berkala secara bulanan atau triwulanan sudah memadai karena sifat *cube root* yang stabil. Kedua, implementasi model Miller-Orr di lapangan wajib dipadukan dengan aturan batas bawah (L) yang ditetapkan berdasarkan estimasi kewajiban darurat (*precautionary motive*). Ketiga, manajemen perusahaan harus mengadopsi sistem automatisasi pemindahan kas (*auto-sweep account*) guna mengeksekusi transaksi pembelian/penjualan sekuritas tepat saat saldo menyentuh H atau L, sehingga bias keterlambatan eksekusi dapat dihindari.

SIMPULAN

Model Miller-Orr menghasilkan koridor kas yang jelas dan murah. Pada parameter dasar, titik sasaran Rp5,65 juta dan batas atas Rp16,94 juta menekan biaya tahunan menjadi Rp1,23 juta, 55 sampai 67 persen lebih rendah daripada saldo tetap tanpa batas atas. Biaya relatif datar di sekitar titik sasaran dan titik sasaran bergeser menurut pangkat sepertiga parameter, sehingga galat estimasi tidak berdampak besar. Manajer keuangan disarankan memakai simpangan baku dari data harian riil dan meninjau parameter berkala, sedangkan peneliti selanjutnya disarankan menguji model dengan data riil berautokorelasi.

DAFTAR PUSTAKA

Abensur, E.O. & De Carvalho, W.P. 2022. Improving Portfolio Selection By Balancing Liquidity-Risk-Return: Evidence From Stock Markets. *Theoretical Economics Letters*, 12(2): 479–497. Https://Doi.Org/10.4236/Tel.2022.122027

Acharya, V.V., Almeida, H. & Campello, M. 2013. Aggregate Idiosyncratic Risk And Corporate Cash Holdings. *Journal Of Financial And Quantitative Analysis*, 48(4): 1021–1050. Https://Doi.Org/10.1017/S0022109013000437

Al-Najjar, B. & Clark, E. 2017. Corporate Governance And Cash Holdings In Smes: New Evidence From The UK. *Journal Of Multinational Financial Management*, 42: 136–153. Https://Doi.Org/10.1016/J.Mulfin.2017.10.005

Anorue, H.C. & Ugwoke, E.O. 2022. Prevention Of Financial Risk: Cash And Inventory As A Catalyst For Working Capital Management For Lifelong Learning Of Small-Scale Operators. *SEDME (Small Enterprises Development, Management & Extension Journal)*, 49(4): 368–384. Https://Doi.Org/10.1177/09708464221128731

Badakhshan, E. & Ball, P. 2023. Applying Digital Twins For Inventory And Cash Management In Supply Chains Under Physical And Financial Disruptions. *International Journal Of Production Research*, 61(15): 5094–5116. Https://Doi.Org/10.1080/00207543.2022.2104180

Bates, T.W., Kahle, K.M. & Stulz, R.M. 2009. Why Do US Firms Hold So Much More Cash Than They Used To?. *The Journal Of Finance*, 64(5): 1985–2021. Https://Doi.Org/10.1111/J.1540-6261.2009.01492.X

Batten, J.A., Kinateder, H., Szilagyi, P.G. & Wagner, N.F. 2024. Liquidity Management And Financial Stability: Modern Perspectives On Cash Flow Optimization. *Journal Of International Financial Markets, Institutions And Money*, 90: 101890. Https://Doi.Org/10.1016/J.Intfin.2023.101890

Baumol, W.J. 1952. The Transactions Demand For Cash: An Inventory Theoretic Approach. *The Quarterly Journal Of Economics*, 66(4): 545–556. Https://Doi.Org/10.2307/1882104

Bhaya, A. & Kaszkurewicz, E. 2022. The Generalized Cash Balance Problem: Optimization-Based One Step Ahead Optimal Control. *International Transactions In Operational Research*, 29(4): 2451–2472. Https://Doi.Org/10.1111/Itor.13161

Bhuiyan, M.B.U. & Hooks, J. 2019. Cash Holding And Over-Investment Behavior In Firms With Problem Directors. *International Review Of Economics & Finance*, 61: 35–51. Https://Doi.Org/10.1016/J.Iref.2019.01.005

Broadie, M., Glasserman, P. & Kou, S. 1997. A Continuity Correction For Discrete Barrier Options. *Mathematical Finance*, 7(4): 325–349. Https://Doi.Org/10.1111/1467-9965.00037

Chakraborty, A., Baum, C.F. & Liu, B. 2017. Corporate Financial Policy And The Value Of Cash Under Uncertainty. *International Journal Of Managerial Finance*, 13(2): 149–164. Https://Doi.Org/10.1108/IJMF-12-2015-0210

Denis, D.J. & Sibilkov, V. 2010. Financial Constraints, Investment, And The Value Of Cash Holdings. *The Review Of Financial Studies*, 23(1): 247–269. Https://Doi.Org/10.1093/Rfs/Hhp031

Dittmar, A. & Mahrt-Smith, J. 2007. Corporate Governance And The Value Of Cash Holdings. *Journal Of Financial Economics*, 83(3): 599–634. Https://Doi.Org/10.1016/J.Jfineco.2005.12.006

Farooq, U., Ahmed, J. & Khan, S. 2021. Do The Macroeconomic Factors Influence The Firm's Investment Decisions? A Generalized Method Of Moments (GMM) Approach. *International Journal Of Finance & Economics*, 26(1): 790–801. Https://Doi.Org/10.1002/Ijfe.1820

Faulkender, M. & Wang, R. 2006. Corporate Financial Policy And The Value Of Cash. *The Journal Of Finance*, 61(4): 1957–1990. Https://Doi.Org/10.1111/J.1540-6261.2006.00894.X

Ferreira, M.A. & Vilela, A.S. 2004. Why Do Firms Hold Cash? An Empirical Analysis Of EURO-Zone Firms. *Journal Of International Financial Markets, Institutions And Money*, 14(3): 295–312. Https://Doi.Org/10.1016/J.Intfin.2003.08.001

Gunawan, W.B. 2026. Cash Optimization With Cash Management Model Approach: The Case Of PT Pertamina Gas (Pertagas). *Jurnal Ekonomi Perusahaan*, 32(2): 103–119. Https://Doi.Org/10.46806/Jep.V32i2.1629

Hessian, M. 2024. The Joint Effect Of Earnings Management And Efficiency Of Cash Management On Firms' Financial Well-Being: Evidence From Egypt. *Journal Of Financial Reporting And Accounting*. Https://Doi.Org/10.1108/JFRA-07-2024-0388

Jensen, M.C. 1986. Agency Costs Of Free Cash Flow, Corporate Finance, And Takeovers. *The American Economic Review*, 76(2): 323–329.

Jiang, J. & Wu, S. 2022. The Effects Of Cash-Holding Motivation On Cash Management Dynamics. *Research In International Business And Finance*, 59: 101542. Https://Doi.Org/10.1016/J.Ribaf.2021.101542

Melo, M.A.S. & Bilich, F. 2013. Expectancy Balance Model For Cash Flow. *Journal Of Economics And Finance*, 37(2): 240–252. Https://Doi.Org/10.1007/S12197-011-9180-0

Mensah, L., Arhinful, R. & Owusu-Sarfo, J.S. 2024. Enhancing Cash Flow Management In Ghanaian Financial Institutions Through Effective Corporate Governance Practices. *Corporate Governance*, 24(5): 1120–1138. Https://Doi.Org/10.1108/CG-01-2024-0016

Miller, M.H. & Orr, D. 1966. A Model Of The Demand For Money By Firms. *The Quarterly Journal Of Economics*, 80(3): 413–435. Https://Doi.Org/10.2307/1880728

Moraes, M.B.C. & Nagano, M.S. 2013. Cash Management Policies By Evolutionary Models: A Comparison Using The Miller-Orr Model. *Journal Of Information Systems And*

Technology Management, 10(3): 561–576. Https://Doi.Org/10.4301/S1807-17752013000300006

Mulyono, A. 2021. Saldo Kas Minimal Dan Optimalisasi Kas Pemerintah. *Jurnal Manajemen Perbendaharaan*, 2(2): 115–130. Https://Doi.Org/10.33105/Jmp.V2i2.379

Nasimiyu, A.E. 2024. Cashflow Management Practices And Financial Performance Of Small And Medium Business Enterprises In Kenya. *African Journal Of Commercial Studies*, 4(3): 252–263. Https://Doi.Org/10.59413/Ajocs/V4.I3.7

Opler, T., Pinkowitz, L., Stulz, R. & Williamson, R. 1999. The Determinants And Implications Of Corporate Cash Holdings. *Journal Of Financial Economics*, 52(1): 3–46. Https://Doi.Org/10.1016/S0304-405X(99)00003-3

Palazzo, B. 2012. Cash Holdings, Risk, And Expected Returns. *Journal Of Financial Economics*, 104(1): 162–185. Https://Doi.Org/10.1016/J.Jfineco.2011.12.009

Song, K. & Lee, Y. 2012. Long-Term Effects Of A Financial Crisis On Corporate Cash Holdings. *Corporate Governance: An International Review*, 20(4): 316–332. Https://Doi.Org/10.1111/J.1467-8683.2012.00913.X

Sopian, N., Norisanti, N. & Danial, R.D.M. 2020. Model Miller-Orr Sebagai Alat Keputusan Keuangan Dalam Menganalisis Saldo Kas Optimal. *Budgeting*, 2(1): 45–56. Https://Doi.Org/10.31539/Budgeting.V2i1.1555

Subramaniam, V., Tang, T.T., Yue, H. & Zhou, X. 2011. Firm Structure And Corporate Cash Holdings. *Journal Of Corporate Finance*, 17(3): 759–773. Https://Doi.Org/10.1016/J.Jcorpfin.2011.02.002

Sun, Q. & Wang, Y. 2021. Volatility Forecasting And Cash Flow Uncertainty In Corporate Treasury Management. *Quantitative Finance*, 21(8): 1345–1358. Https://Doi.Org/10.1080/14697688.2021.1884725

Ting, I.W.K., Kweh, Q.L. & Lean, H.H. 2023. Cash Flow Volatility And Cash Holdings: Dynamic Panel Threshold Analysis. *Financial Innovation*, 9(1): 45. Https://Doi.Org/10.1186/S40854-022-00438-X

Yang, X. & Zhou, Y. 2022. Optimal Cash Management Policy Under Stochastic Cash Flows And Discrete Monitoring. *European Journal Of Operational Research*, 298(2): 612–625. Https://Doi.Org/10.1016/J.Ejor.2021.07.018

Yupitasari, D., Nurhayati, I. & Prasetyowati, R.A. 2019. Analisis Pengelolaan Kas Optimal Dengan Metode Baumol Dan Miller-Orr. *Manager: Jurnal Ilmu Manajemen*, 2(1): 170–181. Https://Doi.Org/10.32832/Manager.V2i1.1875