

---

## Optimalisasi Penjadwalan Pencairan Pinjaman dan Ketersediaan Kas untuk Mengurangi Keterlambatan Fulfillment pada Permintaan Pencairan Besar

Dicky Aditya<sup>1</sup>, M. Muammal<sup>2</sup>, M. Ainul Yaqin<sup>3</sup>

Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

<sup>1</sup>dickyadty2004@gmail.co.id, <sup>2</sup>mohmuammal1935@gmail.com, <sup>3</sup>yaqinov@ti.uin-malang.ac.id

### Abstract

*Fulfillment delays in large loan disbursements represent a critical operational challenge for cooperatives. This study aims to analyze disbursement scheduling policies using stochastic discrete-event simulation. Three policies Shortest First (SF), Largest First (LF), and First Come First Served (FCFS) as a baseline—were tested across three cash safety level scenarios (Low, Medium, and High). The simulation results show the primary failure mode was approval failure (Total Failure) due to cash constraints. Aggregate data proves that the LF (Largest First) policy is significantly superior, recording both the lowest Total Failures (average 4.22) and the lowest Total "Large" Failures (2.11). This performance surpassed FCFS (Total Failures 4.67; Large Failures 3.11) and SF (Total Failures 5.11; Large Failures 2.56). These findings recommend adopting the LF policy to optimize cash availability, prioritize high-value clients, and maintain operational efficiency.*

**Keywords:** Stochastic Simulation, Cash Management, Priority Queueing, Loan Disbursement, Scheduling Algorithms.

### Abstrak

Keterlambatan pemenuhan (*fulfillment*) pencairan pinjaman dalam jumlah besar merupakan tantangan operasional kritis bagi koperasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis kebijakan penjadwalan pencairan menggunakan simulasi stokastik kejadian diskrit. Tiga kebijakan *Smallest First* (SF), *Largest First* (LF), dan *First Come First Served* (FCFS) sebagai *baseline* diuji pada tiga skenario tingkat kas aman (*Low*, *Medium*, *High*). Hasil simulasi menunjukkan bahwa kegagalan utama bukanlah keterlambatan (SLA), melainkan kegagalan persetujuan (Total Gagal) akibat keterbatasan kas. Data agregat membuktikan bahwa kebijakan LF (*Largest First*) secara signifikan lebih unggul, mencatatkan Total Gagal terendah (rata-rata 4.22) sekaligus Total Gagal Besar terendah (2.11). Kinerja ini mengungguli FCFS (Total Gagal 4.67; Gagal Besar 3.11) dan SF (Total Gagal 5.11; Gagal Besar 2.56). Temuan ini merekomendasikan adopsi kebijakan LF untuk mengoptimalkan ketersediaan kas, memprioritaskan klien bernilai tinggi, dan menjaga efisiensi operasional.

Kata kunci: Simulasi Stokastik, Manajemen Kas, Antrian Prioritas, Pencairan Pinjaman, Algoritma Penjadwalan

© 2025 Author  
Creative Commons Attribution 4.0 International License



## 1. Pendahuluan

Layanan tabungan dan pinjaman di koperasi semakin diakui sebagai inovasi yang meningkatkan keterlibatan anggota dan efisiensi operasional. Pemanfaatan teknologi digital, seperti aplikasi seluler dan web, memungkinkan koperasi merampingkan proses bisnis, mempercepat transaksi, dan meningkatkan efisiensi serta transparansi data [1], [2]. Teknologi ini juga mempermudah akses anggota terhadap layanan keuangan dan memperbaiki manajemen data seiring dengan peningkatan jumlah anggota dan volume transaksi [3], [4]. Namun, integrasi teknologi juga menimbulkan kekhawatiran terhadap pergeseran orientasi koperasi dari kesejahteraan anggota menuju orientasi keuntungan, terutama akibat kebijakan yang memperbolehkan pelayanan untuk non-anggota [5]. Oleh karena itu, penerapan teknologi harus diimbangi dengan tata kelola yang berorientasi pada nilai dasar koperasi agar transformasi digital tetap mendukung tujuan utama koperasi, yaitu meningkatkan kesejahteraan anggota.

Pencairan dana dalam jumlah besar pada layanan pinjaman koperasi menghadirkan tantangan dalam hal stabilitas kas dan pengelolaan likuiditas. Koperasi seperti Adi Wiyata Mandiri mampu mencairkan pinjaman lebih dari 4 miliar rupiah dengan tingkat kredit bermasalah stabil di bawah 10%, meskipun terjadi fluktuasi musiman [6]. Studi di Ekuador melalui Koperasi Tabungan dan Kredit: *Acción Tungurahua Cooperativa de Ahorro y Crédito* yang berbasis di provinsi Provincia de Tungurahua, Ecuador, juga menunjukkan pentingnya pengendalian biaya administrasi untuk menjaga likuiditas dalam mendukung pencairan besar [7]. Penegasan ini menunjukkan bahwa efisiensi administratif dan stabilitas kas menjadi faktor krusial dalam menjaga kelancaran arus dana koperasi. Permintaan pencairan yang tidak diimbangi dengan pengelolaan kas adaptif dapat memicu ketidakseimbangan dana, menurunkan efektivitas pemanfaatan tabungan anggota, serta menyebabkan keterlambatan *fulfillment* [8]. Faktor eksternal seperti penurunan hasil usaha, cuaca, dan fluktuasi ekonomi turut memperburuk kondisi kas koperasi, sebagaimana terjadi pada kasus KSP Baitul Qirad [9], sementara lemahnya regulasi dan pengawasan risiko likuiditas memperbesar potensi keterlambatan pencairan [10]. Kondisi ini menegaskan bahwa keterlambatan *fulfillment* tidak hanya disebabkan oleh faktor operasional internal, tetapi juga oleh volatilitas eksternal yang memengaruhi ketersediaan kas.

Berbagai metode penjadwalan dan manajemen kas telah dikembangkan untuk mengatasi tantangan tersebut. Model penjadwalan berbasis keuangan membantu menyelaraskan pengeluaran dengan ketersediaan kas guna mengurangi biaya pembiayaan [11]. Integrasi model arus kas dengan teknik penjadwalan seperti CPM/LOB dan algoritma genetik

terbukti meningkatkan efisiensi arus kas proyek [12]. Dalam konteks transfer dana, metode penjadwalan transfer tunai memastikan konsentrasi kas dan pendanaan pencairan yang efisien [13]. Pendekatan optimasi multi-tujuan seperti NSGA-II dan SPEA-II digunakan untuk menyeimbangkan kebutuhan kas dengan batasan anggaran [14], sementara pendekatan berbasis AI dan blockchain meningkatkan transparansi dan pengelolaan risiko dalam pencairan pinjaman [15], [16]. Meskipun berbagai metode tersebut menawarkan efisiensi dan keamanan, karakteristik koperasi yang berbasis anggota dan berorientasi kesejahteraan memerlukan model penjadwalan yang lebih adaptif dan kontekstual agar strategi likuiditas tidak bertentangan dengan prinsip partisipasi dan nilai sosial koperasi. Dengan kata lain, efektivitas teknologi finansial perlu disesuaikan dengan karakteristik ekonomi kolektif koperasi.

Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa keterbatasan likuiditas dapat diatasi melalui pendekatan optimasi berbasis simulasi stokastik yang memungkinkan pengambilan keputusan adaptif dalam kondisi ketidakpastian arus kas [17]. Model manajemen kas multikriteria diterapkan untuk menyesuaikan strategi alokasi dana sesuai urgensi pencairan dan toleransi risiko manajer kas, termasuk teknik alokasi *float* pada jalur kritis untuk mencegah keterlambatan *fulfillment* [18], [19]. Penegasan dari hasil-hasil ini menunjukkan pentingnya mekanisme prediktif dan simulatif dalam menyeimbangkan arus kas secara dinamis. Pendekatan-pendekatan ini menjadi dasar bagi pengembangan model penjadwalan adaptif yang relevan untuk koperasi.

Meskipun demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian terkait pengelolaan penjadwalan pencairan pinjaman dalam skala besar yang mempertimbangkan dinamika ketersediaan kas secara spesifik pada konteks koperasi. Sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada manajemen kas korporasi atau lembaga keuangan formal, sementara karakteristik koperasi yang bergantung pada simpanan anggota dan memiliki pola pencairan musiman menuntut pendekatan yang lebih kontekstual dan adaptif. Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan model optimasi penjadwalan pencairan pinjaman yang terintegrasi dengan simulasi ketersediaan kas berbasis *Discrete Event Simulation* (DES) untuk mengurangi keterlambatan *fulfillment* pada permintaan pencairan besar di koperasi. Model ini dibangun dengan pendekatan stokastik menggunakan data historis dan disimulasikan dengan kas tetap sebesar Rp500 juta serta tiga tingkat *safety level* (low, medium, dan high) untuk menganalisis stabilitas pencairan dan respons sistem terhadap variasi permintaan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berupaya menjawab bagaimana penjadwalan pencairan pinjaman dan pengelolaan ketersediaan kas dapat dioptimalkan agar koperasi mampu memenuhi

permintaan pencairan besar secara tepat waktu tanpa mengganggu stabilitas likuiditas. Melalui model ini, diharapkan tercapai keseimbangan antara efisiensi likuiditas dan ketepatan waktu pencairan, sekaligus memperkuat landasan teoritis mengenai pengelolaan kas berbasis simulasi stokastik pada lembaga keuangan anggota seperti koperasi.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif berbasis simulasi stokastik untuk mengevaluasi pengaruh kebijakan penjadwalan dan manajemen kas terhadap kinerja operasional pencairan pinjaman. Algoritma penjadwalan (*scheduling algorithm*) merupakan metode yang mapan dalam ilmu komputer dan riset operasi untuk menentukan urutan eksekusi tugas dalam sebuah antrian guna mengoptimalkan metrik tertentu. Dalam konteks ini, pengajuan pinjaman dianggap sebagai *tugas (job)* dan kas tersedia sebagai sumber daya terbatas yang harus dialokasikan secara efisien. Penelitian ini secara spesifik membandingkan tiga kebijakan penjadwalan non-preemptif, yaitu First Come First Served (FCFS), Smallest First (SF), dan Largest First (LF), untuk menganalisis dampaknya terhadap waktu tunggu pencairan dan tingkat utilisasi kas. Untuk mendukung proses simulasi tersebut, diperlukan data input yang mampu merepresentasikan kondisi operasional koperasi secara realistik. Oleh karena itu, tahap pengumpulan data difokuskan pada perolehan data transaksional yang mencerminkan aliran kerja aktual dalam sistem koperasi.

### 2.1. Pengumpulan Data

Prosedur yang digunakan memanfaatkan data transaksional yang dihasilkan oleh sistem simulasi yang memodelkan struktur alur kerja koperasi. Data yang diperoleh berasal dari sheet-sheet yang terintegrasi dalam sistem ERP koperasi, yang berfungsi untuk merepresentasikan berbagai proses bisnis yang terjadi dalam pengelolaan pinjaman dan kas. Setiap sheet merekam status dan aliran data yang terkait dengan pengajuan pinjaman, persetujuan pinjaman, pencairan dana, serta saldo kas.

Dalam penelitian ini, saldo kas awal ditetapkan secara tetap (*fixed cash balance*) sebesar Rp 500.000.000, sehingga tidak terdapat arus kas masuk harian. Seluruh proses simulasi difokuskan pada pengaruh penjadwalan pencairan pinjaman terhadap pemanfaatan kas yang tersedia dan keterlambatan *fulfillment* berdasarkan tingkat *safety cash* yang berbeda. Parameter simulasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Deskripsi Atribut dan Data Kunci

Parameter	Tipe	Nilai/Rentang
Saldo Kas Awal	Tetap	Rp 500.000.000
Safety Cash Level	Diskrit	Low, Medium, High

Volume Penerimaan Harian	Stokastis	4 Pengajuan
Distribusi Penerimaan Harian	Stokastis (Berbobot)	50% Kecil dan 50% Besar
Kebijakan Penjadwalan	Kategorikal	FCFS, SF, LF

Saldo kas awal dalam simulasi ditetapkan secara tetap sebesar Rp 500.000.000 tanpa adanya arus kas masuk harian. Dengan demikian, ketersediaan kas hanya dipengaruhi oleh aktivitas pencairan pinjaman selama periode simulasi. Volume permintaan harian untuk pengajuan pinjaman tetap bersifat stokastis, yaitu antara 3 pengajuan per hari. Dalam hal distribusi nominal pinjaman, penelitian ini menggunakan pembagian berbobot sebesar 50% untuk pinjaman kecil dan 50% untuk pinjaman besar. Pembagian ini digunakan untuk mensimulasikan karakteristik realistik dari pola pengajuan anggota koperasi serta menguji bagaimana variasi nominal memengaruhi kestabilan kas dan ketepatan waktu pencairan pada berbagai tingkat *safety cash*.

### 2.2. Model Simulasi dan Alur Kerja

Model simulasi dibangun menggunakan Google Sheets yang diintegrasikan dengan Google Apps Script untuk memfasilitasi implementasi *Discrete Event Simulation* (DES). Pendekatan ini memungkinkan pemodelan sistem antrian dengan mekanisme stokastik secara terukur, serta mendukung pencatatan dan analisis data transaksional secara langsung dalam lembar kerja.

Struktur model terdiri dari beberapa sheet yang merepresentasikan entitas dan proses utama koperasi. Sheet Saldo Kas berfungsi sebagai model inventori kas yang mencatat saldo aktual dan batas *safety cash*, sementara sheet Fulfilment Pengajuan, Fulfilment Persetujuan, dan Fulfilment Pencairan bertindak sebagai antrian proses yang diperbarui secara dinamis oleh mesin simulasi. Selain itu, sheet CRM Master Data dan PLM Produk digunakan sebagai basis data anggota dan produk pinjaman.

Mesin simulasi dijalankan melalui skrip utama jalankanSimulasiMultiHari() yang melakukan iterasi proses harian. Alur proses harian ini dieksekusi dengan urutan yang spesifik untuk mencerminkan realitas operasional:

- internal\_generateAplikasiBaru(currentDate): Pertama, 3 pengajuan baru di-generate secara stokastik untuk hari itu dan ditambahkan ke sheet Fulfilment Persetujuan dengan status "Menunggu".
- submitPencairan(currentDate): Fungsi ini dieksekusi kedua. Ia mengambil seluruh antrian dari Fulfilment Pencairan (termasuk yang gagal dari hari-hari sebelumnya). Di sinilah kebijakan penjadwalan (SF/LF/FCFS) diterapkan untuk mengurutkan antrian. Skrip kemudian mencoba

- mengeksekusi pencairan berdasarkan saldo kas aktual dan mencatat kegagalan (Gagal: saldo tidak cukup) atau keberhasilan (Selesai).
3. submitPersetujuanHariIni(currentDate): Fungsi ini dieksekusi terakhir. Ia memproses pengajuan yang masih "Menunggu" di Fulfilment Persetujuan. Ia memeriksa *sisa* saldo kas (setelah dikurangi proses pencairan) dan menentukan apakah pengajuan baru dapat disetujui untuk masuk ke antrean Fulfilment Pencairan untuk hari berikutnya. Jika sisa kas tidak cukup, pengajuan tetap "Menunggu" (inilah yang dihitung sebagai Total Gagal dalam hasil).

Simulasi ini membandingkan tiga kebijakan penjadwalan non-preemptif:

1. First Come First Served (FCFS), sebagai kebijakan dasar yang melayani pengajuan sesuai urutan kedatangan;
2. Smallest First (SF), yang memprioritaskan nominal pinjaman terkecil; dan
3. Largest First (LF), yang memprioritaskan pencairan dengan nominal terbesar.

Ketiga kebijakan ini dievaluasi terhadap dampaknya pada utilisasi kas dan tingkat kegagalan persetujuan di bawah tiga skenario *safety cash level* (rendah, sedang, tinggi). Mekanisme pengendalian saldo dilakukan melalui fungsi updateKasSaldo() yang memastikan saldo kas tidak melampaui ambang batas *safety cash*, sementara setiap transaksi dicatat dalam sheet Log Transaksi Kas.

Kode utama yang menjalankan proses multi-hari (disederhanakan) ditunjukkan pada code 1, dan contoh data hasil simulasi ditampilkan pada Tabel 2.

#### Code 1

```
function jalankanSimulasiMultiHari(jumlahHari) {
  const startDate = new Date();
  for (let i = 0; i < jumlahHari; i++) { const currentDate = new Date(startDate); currentDate.setDate(startDate.getDate() + i);

  _internal_generateAplikasiBaru(currentDate);
  submitPencairan(currentDate);
  submitPersetujuanHariIni(currentDate);
  }
}
```

Tabel 2. Contoh Data Hasil Simulasi

ID Persetujuan	Nama	Jumlah di setujui	Tanggal Pengajuan
A001	Hanif Hakim	Rp 14.441.000	22/10/2022
A002	Zahra Syaputra	Rp 20.000.000	22/10/2025
A003	Wawan Ginting	Rp 24.897.000	22/10/2025
A004	Oki Rahma	Rp 49.458.000	22/10/2025
A005	Oki Wawan	Rp 12.187.000	22/10/2025

#### 2.3 Variabel Penelitian dan Implementasi Algoritma

Penelitian ini memfokuskan analisis pada satu variabel bebas utama, yaitu Kebijakan Prioritas Antrean (FCFS, SF, LF), dan satu variabel bebas sekunder, yaitu Tingkat Kas Aman (Low, Medium, High).

Tujuan dari manipulasi variabel-variabel ini adalah untuk mengukur pengaruhnya terhadap dua variabel terikat (dependent variables) utama:

1. Total Gagal Persetujuan: Jumlah total pengajuan yang gagal disetujui (tetapi berstatus "Menunggu") karena saldo kas harian tidak mencukupi. Metrik ini mengukur efisiensi operasional secara keseluruhan.
2. Total Gagal Besar: Jumlah kegagalan persetujuan yang terjadi khusus pada pinjaman "Besar" (nominal  $\geq$  Rp 25jt). Metrik ini mengukur efektivitas kebijakan dalam menjawab fokus utama penelitian.

Implementasi dari tiga kebijakan antrean—First Come First Served (FCFS), Smallest First (SF), dan Largest First (LF)—merupakan inti dari mesin simulasi. Berbeda dari sistem antrean standar yang mungkin menerapkan logika pada saat persetujuan, model ini menerapkannya pada tahap yang paling kritis: pencairan dana.

Logika penjadwalan (algoritma *sorting*) secara sengaja ditempatkan di dalam fungsi submitPencairan(). Setiap hari, fungsi ini mengambil *seluruh* antrean "Menunggu Pencairan", lalu mengurutkan antrean tersebut berdasarkan kebijakan (SF, LF, atau FCFS) yang aktif (dibaca dari *PRIORITY\_CELL*) sebelum mencoba mengeksekusi pembayaran.

Logika *sorting* (disederhanakan) yang diimplementasikan dalam submitPencairan() ditunjukkan pada Code 2.

#### Code 2

```
// Code 2: Logika Pengurutan Kebijakan dalam submitPencairan()

// (Di dalam fungsi submitPencairan)
const { policy } = getKas();
const jmlIndex = 4;
const tglJadwallIndex = 5;

// Terapkan kebijakan sorting
data.sort((a, b) => {
  // 1. Hitung selisih tanggal (Prioritas Utama)
  const tglA = new Date(a[tglJadwallIndex] || 0).getTime();
  const tglB = new Date(b[tglJadwallIndex] || 0).getTime();
  const selisihTgl = tglA - tglB;

  // 2. Terapkan kebijakan (Prioritas Kedua)
  switch (policy) {
    case 'SF':
      // Cek tanggal dulu; JIKA SAMA (selisihTgl == 0),
      // urutkan berdasarkan jumlah (Kecil ke Besar)
      return selisihTgl || (a[jmlIndex] - b[jmlIndex]);
  }
});
```

```

case 'LF':
    // Cek tanggal dulu; JIKA SAMA (selisihTgl == 0),
    // urutkan berdasarkan jumlah (Besar ke Kecil)
    return selisihTgl || (b[jmlIndex] - a[jmlIndex]);

default: // FCFS
    // Hanya urutkan berdasarkan tanggal
    return selisihTgl;
}
);

```

Implementasi ini memungkinkan sistem untuk menjalankan simulasi berulang dengan konfigurasi kebijakan yang berbeda tanpa mengubah struktur dasar model. Hasil dari setiap kebijakan kemudian dibandingkan untuk menilai dampaknya terhadap efisiensi pencairan dan ketahanan kas pada tiga tingkat *safety cash level*: low (Rp 25.000.000), medium (Rp 50.000.000), dan high (Rp 75.000.000) dari saldo tetap sebesar Rp 500 juta.

#### 2.4. Desain dan Skenario Eksperimen

Eksperimen dirancang untuk menguji dua variabel bebas utama: Kebijakan Prioritas Antrean dan Tingkat Kas Aman (Safety Cash Level).

Kebijakan prioritas antrean menentukan urutan pemrosesan pengajuan dengan tiga pendekatan berbeda:

1. SF (Smallest First): Memprioritaskan pengajuan dengan nominal pinjaman terkecil. Tujuannya adalah memaksimalkan jumlah total transaksi yang diselesaikan (*throughput*).
2. LF (Largest First): Memprioritaskan pengajuan dengan nominal pinjaman terbesar. Tujuannya adalah memitigasi beban antrean dari segi nilai moneter terbesar, sesuai fokus penelitian.
3. FCFS (First Come First Served): Memproses pengajuan murni berdasarkan urutan waktu kedatangan (tanggal pengajuan). Kebijakan ini berfungsi sebagai *baseline* atau skenario kontrol.

Tingkat kas aman, sebagai ambang batas saldo minimum, diuji pada tiga level (Low, Medium, dan High). Dampak dari manipulasi variabel-variabel ini diukur melalui dua variabel terikat utama, yaitu Total Gagal Persetujuan (Total Gagal) dan Total Gagal Besar, seperti yang telah dijelaskan di Bagian 2.3.

Kombinasi dari tiga kebijakan prioritas dan tiga tingkat kas aman ini membentuk 9 skenario eksperimen unik, yang dirangkum pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks Skenario Eksperimen

Skenario	Kebijakan	Safety Cash Level
1	SF (Smallest First)	Low
2	SF (Smallest First)	Medium

3	SF (Smallest First)	High
4	LF (Largest First)	Low
5	LF (Largest First)	Medium
6	LF (Largest First)	High
7	FCFS (First Come First Serve)	Low
8	FCFS (First Come First Serve)	Medium
9	FCFS (First Come First Serve)	High

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Simulasi Kinerja Kibjakan

Eksekusi simulasi dilakukan selama 7 hari virtual pada tiga tingkat *Safety Cash Level* (Low, Medium, High). Setiap hari, 3 permintaan pinjaman baru degenerate, sehingga total terdapat 21 pengajuan untuk setiap skenario simulasi. Untuk mengurangi bias data, setiap skenario unik (misal: SF-Low) direplikasi sebanyak 3 kali. Hasil mentah dari 27 *run* simulasi yang mencatat jumlah total pencairan berhasil (Total Cair), jumlah kegagalan persetujuan (Total Gagal), dan jumlah kegagalan untuk pinjaman "Besar" (Total Gagal Besar) disajikan pada Tabel 4, 5, dan 6.

Tabel 4. Data Hasil Simulasi SF

Safety Cash Level	Replikasi ke -	Total Cair	Total Gagal	Total Gagal Besar
Low	1	18	3	1
	2	17	4	3
	3	15	6	3
Medium	1	17	4	2
	2	16	5	1
	3	19	3	2
High	1	13	8	4
	2	14	7	2
	3	15	6	5

Tabel 5. Data Hasil Simulasi LF

Safety Cash Level	Replikasi ke -	Total Cair	Total Gagal	Total Gagal Besar
Low	1	18	3	1
	2	18	3	1
	3	17	4	2
Medium	1	15	6	3
	2	18	3	1
	3	19	4	3
High	1	16	5	2
	2	14	7	4
	3	15	6	5

		3	18	3	2		% Berhasil Cair	66.67%	76.19%	76.19%
Tabel 6. Data Hasil Simulasi FCFS										
Safety Cash Level	Replikasi ke -	Total Cair	Total Gagal	Total Gagal Besar		Agregat	Total Gagal	5.11	4.22	4.67
Low	1	17	3	2			Total Gagal Besar	2.56	2.11	3.11
	2	17	3	2			% Total Berhasil Cair	75.66%	79.90%	77.78%
	3	17	3	2						
Medium	1	14	7	5						
	2	16	5	5						
	3	15	6	3						
High	1	17	4	2						
	2	16	5	2						
	3	15	6	5						

Data mentah dari ketiga tabel tersebut (Tabel 4, 5, dan 6) lalu dihitung untuk menghasilkan data kinerja rata-rata. Analisis ini menunjukkan adanya perbedaan kinerja yang signifikan antara kebijakan *Smallest First* (SF), *Largest First* (LF), dan *First Come First Served* (FCFS). Data kuantitatif dari ketiga skenario tersebut kemudian diekstraksi dan dirangkum pada Tabel 7.

Tabel 7. Tabel Perbandingan Kinerja Safety Cash Level di Kebijakan SF, LF dan FCFS

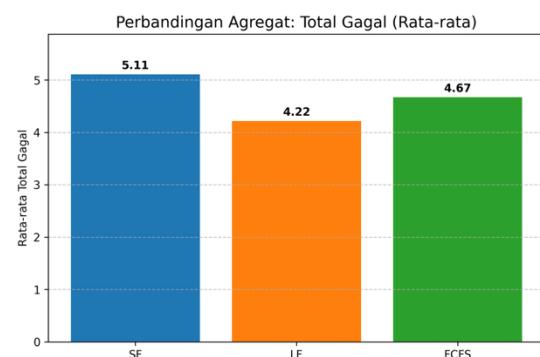
Safety Cash	Matrik Kinerja	SF	LF	FCFS
Low	Total Pengajuan	21	21	21
	Total Gagal	4.33	3.33	3.00
	Total Gagal Besar	2.33	1.33	2.00
	% Berhasil Cair	79.38%	84.14%	85.71%
Medium	Total Pengajuan	21	21	21
	Total Gagal	4.00	4.33	6.00
	Total Gagal Besar	1.67	2.33	4.33
	% Berhasil Cair	80.95.%	79.38%	71.43%
High	Total Pengajuan	21	21	21
	Total Gagal	7.00	5.00	5.00
	Total Gagal Besar	3.67	2.67	3.00

### 3.2. Penentuan Perhitungan

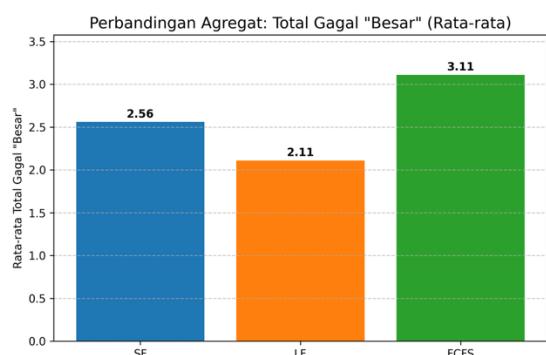
Data rata-rata pada Tabel 7 menunjukkan perbandingan kinerja antara ketiga kebijakan penjadwalan, baik dari segi efisiensi operasional (Total Gagal) maupun fokus utama penelitian (Total Gagal Besar).

Secara agregat (Total), kebijakan LF (Largest First) menunjukkan kinerja paling optimal secara keseluruhan. LF mencatatkan rata-rata Total Gagal terendah (4.22) dan juga rata-rata Total Gagal Besar terendah (2.11). Kebijakan FCFS menempati posisi kedua secara operasional (Total Gagal 4.67), namun berkinerja paling buruk dalam melindungi pinjaman "Besar" (Total Gagal Besar 3.11). Kebijakan SF (Shortest First) berkinerja terburuk secara operasional (Total Gagal 5.11).

Temuan agregat ini, yang merupakan kesimpulan utama penelitian, divisualisasikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Perbandingan Agregat Total Gagal

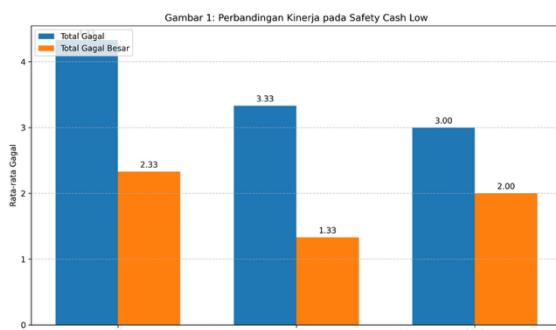


Gambar 2. Perbandingan Agregat Total Gagal "Besar"

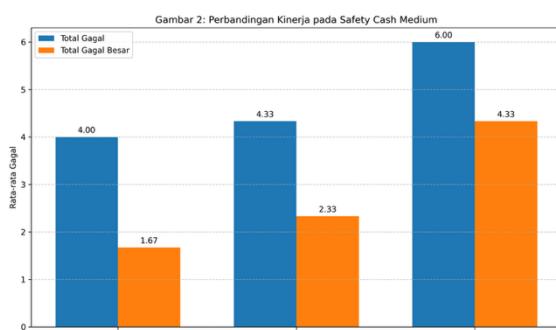
Analisis terperinci pada setiap *Safety Cash Level* mengungkap dinamika yang lebih kompleks:

1. Pada level *Low* (25jt), kebijakan FCFS secara mengejutkan berkinerja paling baik (Total Gagal 3.00). Namun, LF tetap unggul dalam fokus penelitian (Gagal Besar 1.33 vs 2.00 milik FCFS).
2. Pada level *Medium* (50jt), SF menjadi yang paling unggul (Total Gagal 4.00 dan Gagal Besar 1.67). Ini adalah satu-satunya skenario di mana SF mengungguli LF secara signifikan. FCFS berkinerja sangat buruk pada level ini.
3. Pada level *High* (75jt), ketika ketersediaan kas paling terbatas, LF dan FCFS menunjukkan resiliensi operasional yang identik (Total Gagal 5.00). Namun, LF secara signifikan lebih baik dalam melindungi pinjaman "Besar" (Gagal Besar 2.67 vs 3.00 untuk FCFS dan 3.67 untuk SF).

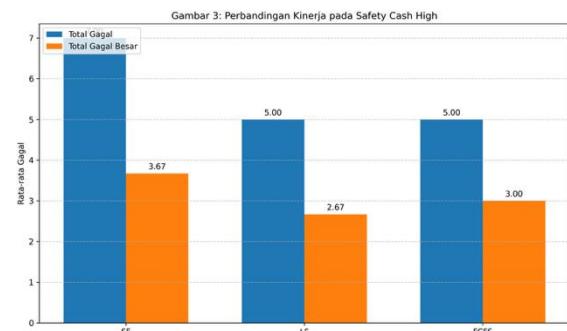
Perbedaan kinerja antar kebijakan pada setiap level ini divisualisasikan secara rinci pada Gambar 3, 4, dan 5.



Gambar 3. Perbandingan Kinerja pada *Safety Cash Low*



Gambar 4. Perbandingan Kinerja pada *Safety Cash Medium*



Gambar 5. Perbandingan Kinerja pada *Safety Cash High*

Untuk mengilustrasikan mekanisme kegagalan "Total Gagal" (kegagalan persetujuan) ini secara mikro, perhatikan cuplikan data dari Fulfilment Persetujuan pada salah satu *run* simulasi (Tabel 8).

Tabel 8. Cuplikan Mekanisme SLA

ID Persetujuan	Tgl Pengajuan	Jumlah Disetujui Rp.	Keputusan Akhir
P013	16/11/2025	30.000.000	Selesai
P014	16/11/2025	42.000.000	Selesai
P015	16/11/2025	37.000.000	Menunggu
P016	17/11/2025	28.000.000	Selesai
P017	17/11/2025	13.000.000	Menunggu
P018	17/11/2025	33.000.000	Menunggu
P019	18/11/2025	25.000.000	Menunggu
P020	18/11/2025	22.000.000	Menunggu
P021	18/11/2025	16.000.000	Menunggu

Cuplikan pada Tabel 8 dengan jelas menunjukkan momen ketika kas habis (pada 16 Nov) dalam fungsi submit Persetujuan Hari Ini.

1. Skrip berhasil menyetujui P013 dan P014.
2. Namun, ketika mencoba memproses P015 (Rp 37jt) di hari yang sama, fungsi mendeteksi saldoSim (sisa kas harian) tidak mencukupi (akan jatuh di bawah *safety cash*). Akibatnya, P015 ditandai "Menunggu".
3. Pada 17 Nov, skrip berhasil memproses P016 (Rp 28jt), tetapi saldoSim kembali habis, menyebabkan P017, P018, dan semua pengajuan berikutnya gagal lolos persetujuan.

Ini adalah contoh nyata dari data mikro yang menjelaskan mengapa data makro Total Gagal dan Total Gagal Besar pada Tabel 7 terjadi.

Analisis ini menantang hipotesis awal bahwa LF akan menciptakan *bottleneck* operasional. Sebaliknya, data menunjukkan dinamika yang berbeda:

1. Keunggulan LF: Dengan memprioritaskan dan menyelesaikan pengajuan bernali moneter terbesar terlebih dahulu, kebijakan LF berhasil menstabilkan *cash flow*. Dengan "membersihkan" liabilitas terbesar selagi kas masih melimpah (sesuai data Agregat Gagal Besar 2.11), kebijakan ini mencegah pinjaman besar tersebut tertunda dan menumpuk di hari-hari berikutnya.
2. Kelemahan SF: Kebijakan SF, meskipun secara teoritis memaksimalkan *throughput* (jumlah transaksi), menunjukkan kinerja operasional terburuk (Total Gagal 5.11). Dengan menunda pinjaman "Besar" hingga akhir antrean, SF berisiko lebih tinggi gagal memprosesnya ketika kas menipis.
3. Kelemahan FCFS: Kebijakan FCFS, yang berfungsi sebagai *baseline*, terbukti paling tidak efisien dalam melindungi pinjaman "Besar" (Total Gagal Besar 3.11). Karena tidak memiliki strategi optimasi, kinerjanya murni bergantung pada urutan kedatangan yang acak, membuatnya sangat rentan terhadap kegagalan.

Oleh karena itu, data simulasi ini tidak menunjukkan adanya "trade-off" yang merugikan, melainkan menunjukkan keunggulan strategis yang jelas dari kebijakan LF dalam memenuhi kedua tujuan: melayani klien bernali tinggi dan menjaga efisiensi operasional secara keseluruhan.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa pilihan kebijakan penjadwalan pencairan pinjaman memiliki dampak krusial terhadap efisiensi operasional dan kegagalan pemenuhan (*fulfillment*) di lingkungan koperasi. Melalui model simulasi stokastik, disimpulkan bahwa kegagalan utama bukanlah keterlambatan (SLA), melainkan kegagalan persetujuan (Total Gagal) akibat ketersediaan kas yang terbatas.

Kebijakan Largest First (LF) terbukti menjadi strategi optimal. Berdasarkan data agregat (Tabel 7), LF tidak hanya menjadi yang terbaik untuk fokus utama penelitian mengurangi kegagalan pada pencairan "Besar" (rata-rata 2.11) tetapi juga paling efisien secara operasional (Total Gagal keseluruhan terendah, 4.22). Kinerja ini secara signifikan mengungguli FCFS (Total Gagal 4.67; Gagal Besar 3.11) dan SF (Total Gagal 5.11; Gagal Besar 2.56).

Berdasarkan temuan ini, direkomendasikan bagi koperasi untuk mengadopsi kebijakan penjadwalan LF (Largest First). Kebijakan ini terbukti mampu mengoptimalkan ketersediaan kas dengan memitigasi risiko dari nilai moneter terbesar terlebih dahulu, yang secara bersamaan juga menghasilkan Total Gagal (kegagalan persetujuan) paling sedikit.

Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi kebijakan hibrida yang mengkombinasikan elemen

LF dengan mekanisme batas waktu (*aging*) dari FCFS untuk mencegah pinjaman kecil tertunda terlalu lama.

#### Daftar Rujukan

- [1] M. Sarosa, D. K. Bhakti, P. E. Mas'udia, Y. M. Azis, N. Muna, and E. S. Putra, "The development and implementation of an android-based saving and loan cooperative application," *Bull. Electr. Eng. Inform.*, vol. 10, no. 6, pp. 3481–3488, Dec. 2021, doi: 10.11591/eei.v10i6.3247.
- [2] S. Susilowati, H. M. Valentine, and S. Ramos, "Rancang Bangun Aplikasi Simpan Pinjam Koperasi Pegawai Pada Komisi Yudisial RI Berbasis Android," *Eksplorasi Teknologi Enterprise dan Sistem Informasi (EKSTENSI)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, Nov. 2022, doi: 10.59039/ekstensi.v1i1.1.
- [3] A. D. Hartanto and Y. W. Sakti, "Analisis dan Perancangan Sistem Informasi Simpan Pinjam di Koperasi KOPMA UGM Menggunakan Framework Codelgniter," *Jurnal DASI*, vol. 13, no. 2, pp. 1–6, 2012. [Online]. Available: <https://journal.amikom.ac.id/index.php/dasi>
- [4] M. Maimunah, D. Isnaeni, and A. Ferdiansyah, "Rancang Bangun Aplikasi Simpan Pinjam Pada Koperasi SAMI Berbasis Web," *Journal CERITA*, vol. 2, no. 1, pp. 23–34, Feb. 2016, doi: 10.33050/cerita.v2i1.210.
- [5] B. A. Wiguna and Y. Sumiyati, "Pelayanan Koperasi Simpan Pinjam Kepada Masyarakat (Menurut UU Cipta Kerja & PP No. 7 Tahun 2021)," *Bandung Conference Series: Law Studies (BCSLS)*, vol. 2, no. 1, pp. 1–?, Jan. 2022, doi: 10.29313/bcsls.v2i1.703.
- [6] A. W. Aji, "Evaluasi Pengawasan Pinjaman Modal Kerja Guna Menekan Terjadinya Penunggakan Pinjaman (Studi pada Koperasi Simpan Pinjam Adi Wiyata Mandiri Kabupaten Blitar Tahun 2011–2013)," *Jurnal Administrasi Bisnis*, vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2014. [Online]. Available: <https://administrasibisnis.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jab/article/view/XXX>
- [7] M. Chadan and L. Ibet, "Control de gastos administrativos y operativos y la liquidez en la Cooperativa de Ahorro y Crédito ACCIÓN TUNGURAHUA Ltda., de la ciudad de Ambato," *Universidad Técnica de Ambato*, 2016. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Control-de-gastos-administrativos-y-operativos-y-la-Chadan-Ibet/c091bf66bbd7d90c1a695f605acf47a22fa69949>
- [8] K. Fujita, "The Excess Funds Problem of the Savings Groups in Laos: Case Study of a Village in Vientiane Municipality" *Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University*, 2015. [Online]. Available: [https://doi.org/10.20495/seas.3.SupplementaryIssue\\_135](https://doi.org/10.20495/seas.3.SupplementaryIssue_135)
- [9] B. Ib, M. Mustamim, and J. Majid, "Mekanisme Penyelesaian Pembiayaan Macet pada Baitul Qiradh Baiturrahman Banda Aceh," *EKALAYA: Jurnal Ekonomi Akuntansi*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, Mar. 31, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.kalimasadagroup.com/index.php/ekalaya/article/view/1496>. doi: 10.59966/ekalaya.v3i1.1496.
- [10] V. Antoni and A. F. Razaga, "Permasalahan Hukum pada Kegiatan Koperasi Simpan Pinjam di Indonesia," *Veritas et Justitia*, vol. 10, no. 1, pp. 179–201, Jun. 29, 2024. [Online]. Available: <https://journal.unpar.ac.id/index.php/veritas/article/view/7801>. doi: 10.25123/vej.v10i1.7801.
- [11] W. Tabyang and V. Benjaoran, "Modified finance-based scheduling model with variable contractor-to-subcontractor payment arrangement," *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 20, no. 5, pp. 1621–1630, Jul. 2016, doi: 10.1007/s12205-015-0581-z.

- [13] B. K. Stone and N. C. Hill, "Cash Transfer Scheduling for Efficient Cash Concentration," *Financial Management*, vol. 9, no. 3, pp. 35–?, 1980, doi: 10.2307/3664891
- [14] A. Fares, A. Elazouni, and M. I. Al-Alaw, "Finance-based Scheduling for Cash-flow Management of Maintenance Portfolios: Multi-objective Optimization Approach," *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, vol. 7, no. 2, pp. 355–379, May 29, 2024, doi: 10.31181/dmame7220241136.
- [15] Z. Zheng, S. Xie, H. Dai, X. Chen, and H. Wang, "An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends," in *Proc. 2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)*, Honolulu, HI, USA, Jun. 2017, pp. 557–564, doi: 10.1109/BigDataCongress.2017.85.
- [16] N. Sonawane, P. Gupta, L. C, and H. S. Gururaja, "A Blockchain Solution for Enhancing Risk Management and Transparency in Loan Disbursements," in *Proc. 2023 International Conference on Evolutionary Algorithms and Soft Computing Techniques (EASCT)*, Bengaluru, India, Oct. 2023, pp. 1–6, doi: 10.1109/EASCT59475.2023.10392836.
- [17] G. Infanger, *Planning under Uncertainty Solving Large-Scale Stochastic Linear Programs*, Report No. SOL-92-8, 10158866, Dec. 1992. [Online]. Available: <http://www.osti.gov/servlets/purl/10158866-Kk1qVA/>. doi: 10.2172/10158866.
- [18] F. Salas-Molina, D. Pla-Santamaría, A. García-Bernabeu, and F. Mayor-Vitoria, "Multiple-criteria cash-management policies with particular liquidity terms," *IMA Journal of Management Mathematics*, Jul. 24, 2019, doi: 10.1093/imaman/dpz010.
- [19] G. Lucko and R. C. Thompson, "Simulated schedule delay mitigation via float allocation," *University of British Columbia*, pp. 1–10, 2015, doi: 10.14288/1.0076311.