

## Evaluasi Strategi Versioning Produk terhadap Retensi dan Profitabilitas

Nida Rahmatina<sup>1</sup>, Aisyah Dwi Permatasari<sup>2</sup>, Muhammad Ainul Yaqin<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup>nidarahmatina12@gmail.com, <sup>2</sup>aisyahd307@gmail.com, <sup>3</sup>yaqinov@ti.uin-malang.ac.id

### Abstract

*Savings and Loan Cooperatives (KSP) face ongoing challenges in maintaining member loyalty and improving profitability amid increasing competition in financial services. To address this issue, this study analyzes the effectiveness of two information system versioning strategies—minor releases and major releases—which are commonly applied by KSP as periodic updates to loan services, such as feature adjustments, loan limit enhancements, and operational process changes. This research was conducted because no existing studies have used Agent-Based Modeling (ABM) to directly compare the effectiveness of minor and major versioning strategies within the context of KSP information systems. The ABM method was used to simulate the behavior of 50 agents over 24 months, with ten repetitions for each scenario. The simulations were run using NetLogo, and the results were analyzed in Python through the calculation of mean, variance, standard deviation, and 95% confidence intervals. The findings show that the major release strategy outperforms the minor release, indicated by a higher average number of transactions (96 vs. 82.7), greater total profit (Rp1.76 billion vs. Rp1.07 billion), and slightly better member retention (28% vs. 26%). Although major releases require higher development costs, this strategy proves more effective in improving profitability and maintaining member engagement.*

**Keywords:** savings and loan cooperative, agent-based modeling, product versioning, major release, minor release

### Abstrak

Koperasi Simpan Pinjam (KSP) menghadapi tantangan dalam menjaga loyalitas anggota dan meningkatkan profitabilitas di tengah persaingan layanan keuangan. Untuk menjawab masalah tersebut, penelitian ini menganalisis perbandingan dua strategi versioning sistem informasi, yaitu rilis minor dan rilis mayor, yang umum diterapkan KSP sebagai pembaruan berkala pada layanan pinjaman, seperti penyesuaian fitur, peningkatan batas pinjaman, serta perubahan proses operasional. Penelitian ini dilakukan karena belum ada studi yang menggunakan Agent-Based Modeling (ABM) untuk membandingkan secara langsung efektivitas strategi versioning minor dan mayor dalam konteks sistem informasi KSP. Metode ABM digunakan untuk mensimulasikan perilaku 50 agent selama 24 bulan, dengan sepuluh pengulangan untuk setiap skenario. Simulasi dijalankan pada NetLogo, dan hasilnya dianalisis menggunakan Python melalui perhitungan mean, variance, standard deviation, dan interval kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa major release menghasilkan kinerja lebih tinggi dibandingkan minor release, ditandai dengan rata-rata total transaksi lebih besar (96 vs 82,7), profit lebih tinggi (Rp1,76 miliar vs Rp1,07 miliar), serta retensi anggota yang sedikit lebih baik (28% vs 26%). Meskipun biaya pengembangan major release lebih besar, strateginya terbukti lebih efektif dalam meningkatkan profitabilitas dan mempertahankan anggota.

**Kata kunci:** koperasi simpan pinjam, agent-based modeling, versioning produk, rilis mayor, rilis minor

## 1. Pendahuluan

Secara teoritis koperasi memiliki karakteristik yang berpotensi menjadi keunggulan sebagai badan usaha yang dapat berperan penting dalam pemberdayaan ekonomi masyarakat [1]. Ada berbagai jenis koperasi di Indonesia, salah satunya adalah Koperasi Simpan Pinjam. KSP adalah jenis koperasi yang menyediakan layanan simpanan dan pinjaman untuk anggotanya dengan bunga yang lebih rendah [2]. Menurut Kementerian Koperasi dan UKM (2022), terdapat lebih dari 127.846 koperasi aktif di Indonesia, dan sekitar 60% di antaranya bergerak di sektor simpan pinjam [3]. Hal ini menunjukkan bahwa koperasi memiliki potensi besar dalam memperkuat inklusi keuangan di berbagai daerah.

KSP memiliki peran krusial di Indonesia karena memenuhi kebutuhan kredit usaha bagi sektor informal yang sulit dijangkau lembaga non-koperasi, seperti bank [4]. Meskipun KSP beroperasi secara konvensional, mereka sangat mengandalkan Sistem Informasi Manajemen (SIM) internal sebagai tulang punggung operasional untuk mengelola data sensitif (simpanan, pinjaman, dan administrasi anggota). Oleh karena itu, pengelolaan dan pembaruan sistem internal memerlukan strategi *versioning* produk yang tepat guna menjamin keamanan, kepatuhan, dan efisiensi

Studi oleh Haniyah, dkk. menunjukkan bahwa pembaruan sistem melalui ERP pada perusahaan transportasi mampu meningkatkan efisiensi operasional, termasuk pengelolaan jadwal, alokasi sumber daya, dan pengambilan keputusan berbasis data [5]. Meskipun konteksnya berbeda, prinsip integrasi sistem dan pembaruan strategis yang diterapkan dalam ERP relevan dengan strategi *versioning* produk KSP, yang bertujuan memperkuat efisiensi layanan dan retensi anggota. Agar tetap bersaing, pembaruan produk simpanan dan pinjaman perlu dilakukan secara berkelanjutan melalui Product Lifecycle Management (PLM), yang mengatur seluruh siklus perjalanan produk.

Secara umum, *versioning* bukan hanya proses teknis, tetapi adalah masalah optimalisasi strategis yang harus dihadapi oleh penyedia produk untuk memaksimalkan keuntungan [6]. Tujuannya adalah untuk memastikan kualitas produk yang ditawarkan dapat disesuaikan dengan preferensi anggota yang heterogen [7]. Hal ini mencakup *versioning* rilis minor dan rilis mayor.

*Versioning* rilis minor adalah strategi pembaruan sistem yang bersifat inkremental (bertahap) dan defensif. Pembaruan ini dicirikan dengan frekuensi tinggi (sering dilakukan) namun memiliki perubahan yang kecil. Tujuannya utamanya bukan untuk

memperkenalkan fitur baru yang besar, melainkan untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas produk khususnya bagi anggota yang sudah ada.

Sedangkan *versioning* rilis mayor merupakan strategi *versioning* sistem yang bersifat substansial dan ofensif, ditandai dengan frekuensi rendah (jarang dilakukan) dan perubahan yang besar. Tujuannya untuk menarik permintaan dari anggota baru (*switching consumers*) dan mencapai keunggulan kompetitif melalui lompatan fungsionalitas atau efisiensi yang fundamental.

Dalam KSP, penerapan *versioning* sistem informasi dan produk layanan dilakukan secara terstruktur, mulai dari perencanaan hingga peluncuran. Rilis minor biasanya berbasis umpan balik anggota dan disetujui manajemen operasional sebelum diterapkan secara bertahap melalui pembaruan panduan kerja. Sebaliknya, rilis mayor membutuhkan studi pasar, validasi finansial, serta pengesahan RAT atau badan legislatif internal. Proses ini juga mencakup manajemen perubahan untuk memastikan kesiapan petugas dan sosialisasi kepada anggota. Karena itu, pemilihan strategi *versioning* yang tepat berpengaruh langsung pada retensi anggota, biaya pengembangan, pemeliharaan sistem, dan profitabilitas produk simpanan maupun pinjaman.

Berdasarkan riset oleh Zhang, Ghosh, dan Ali [8], disediakan kerangka manajemen pemasaran krusial yang menekankan bahwa retensi pelanggan adalah strategi utama untuk profitabilitas jangka panjang dan keunggulan kompetitif. Secara metodologis, studi ini menggunakan *Customer Lifetime Value* (CLV) sebagai prediktor nilai dan memvalidasi pentingnya memaksimalkan loyalitas melalui faktor seperti kepuasan dan inovasi produk. Meskipun demikian, studi tersebut tidak menganalisis dan membandingkan dampak strategis dari *versioning* produk (Minor versus Major Releases) terhadap dinamika retensi dan CLV. Kesenjangan fokus pada detail kebijakan *versioning* inilah yang menjadi motivasi utama penelitian ini.

Krusialnya isu retensi diperkuat oleh tekanan pasar jasa keuangan itu sendiri. Penelitian Hadiyanto [9], menunjukkan bahwa produk yang homogen dan diatur ketat menuntut fokus manajerial pada upaya mempertahankan nasabah. Secara empiris, retensi dipengaruhi oleh variabel spesifik produk pinjaman (misalnya rasio loan to value) serta kondisi nasabah (seperti jarak domisili). Temuan ini memberi justifikasi bahwa keputusan strategis KSP terkait *versioning* produk pinjaman berpengaruh langsung terhadap probabilitas churn. Namun, pendekatan statistik berbasis data historis belum mampu memprediksi dinamika jangka panjang antara inovasi

dan retensi, aspek yang menjadi pusat pemodelan versioning ini.

Selain faktor produk pinjaman, strategi versioning yang tepat menjadi kunci profitabilitas KSP. Penelitian Kaiser, Kesler, dan Reisinger [10] menetapkan temuan mendasar bahwa investasi pada ragam produk baru dan investasi pada retensi pelanggan cenderung bersifat substitusi. Implikasinya, peningkatan ragam produk berfokus pada penarikan konsumen yang berpindah (*switching consumers*), sedangkan retensi berfokus pada stabilitas anggota saat ini. Temuan ini membenarkan *trade-off* inti yang dihadapi KSP, yaitu alokasi sumber daya antara dua strategi *versioning* yang substitutif: rilis mayor (inovasi dan variasi produk) dan rilis minor (investasi retensi). Meskipun demikian, karena fokusnya pada produk digital (*video game*), studi ini tidak menganalisis implikasi *trade-off* ini dalam konteks jasa keuangan di mana faktor sensitivitas harga dan risiko *churn* sangat spesifik. Kompleksitas inilah yang perlu dimodelkan secara khusus untuk penentuan titik ekuilibrium *versioning* KSP yang optimal demi memaksimalkan CLV.

Kompleksitas pertukaran strategis (*trade-off*) antara *versioning* (yang menghasilkan gangguan) dan retensi anggota (yang bergantung pada perilaku) sulit dianalisis oleh pendekatan statistik tradisional. Untuk mengatasinya, Model Berbasis Agen (ABM) terbukti unggul karena mampu memecahkan masalah yang terlalu kompleks dan lintas level [11]. ABM, yang dirancang untuk memodelkan sistem yang didorong oleh agen yang heterogen, berinteraksi, dan membuat keputusan adaptif [11], divalidasi oleh studi "Agent-Based Simulation of Consumer Purchase Behaviour Based on Quality, Price and Promotion" [12]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa ABM mampu memprediksi dampak bauran pemasaran melalui model fungsi utilitas yang kuat. Keunggulan ABM ini—yaitu kemampuan memodelkan sensitivitas dan heterogenitas individu terhadap perubahan produk—sangat relevan dengan strategi *versioning* pinjaman KSP. Namun, studi [12] memiliki keterbatasan karena berfokus pada pasar buatan dan mengabaikan faktor internal konsumen seperti hubungan sosial dan kebiasaan. Dalam konteks KSP, di mana interaksi sosial dan kepercayaan sangat krusial bagi retensi, model ABM harus dikembangkan lebih lanjut untuk memasukkan dinamika jejaring sosial.

Meskipun ABM memiliki banyak keunggulan, model ini sering dikritik karena sifatnya yang probabilistik sehingga hasil simulasi dapat bervariasi. Untuk mengatasinya, literatur merekomendasikan pendekatan robustness seperti pengulangan simulasi

dan analisis statistik deskriptif untuk mengevaluasi kestabilan model [13]. Pendekatan ini membantu memastikan hasil lebih dapat diandalkan serta mengidentifikasi elemen model yang paling memengaruhi variasi output [13]. Dengan menerapkan protokol ini, penelitian dapat membandingkan dampak *versioning* rilis minor dan mayor secara lebih objektif.

Meskipun retensi pelanggan dan *Customer Lifetime Value* (CLV) telah ditetapkan sebagai metrik strategis, dan adanya *trade-off* antara *versioning* (variasi produk) dan retensi telah diakui [8], [10] terdapat kesenjangan signifikan dalam penerapannya pada konteks KSP. Secara teoretis, studi *versioning* masih fokus pada produk digital, sementara analisis retensi jasa keuangan yang ada bersifat statis [10], [9], sehingga gagal menangkap dinamika proses *churn* dan akumulasi CLV jangka panjang. Secara metodologis, meskipun Model Berbasis Agen (ABM) terbukti mampu memodelkan perilaku konsumen, studi ABM dasar mengabaikan faktor internal dan sosial (jejaring anggota) yang krusial bagi komunitas KSP konvensional [12]. Kesenjangan ini mengindikasikan bahwa belum ada penelitian yang menggunakan Model Berbasis Agen (ABM) untuk membandingkan secara eksplisit dampak strategis *versioning* rilis minor dan mayor terhadap retensi dan profitabilitas dalam konteks sistem informasi KSP, yang disesuaikan dengan dinamika sosial dan heterogenitas anggota.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membangun dan mensimulasikan ABM yang disesuaikan guna mengevaluasi strategi *versioning* produk pinjaman (rilis minor vs rilis mayor) KSP dalam memaksimalisasi retensi anggota dan profitabilitas produk (CLV) melalui analisis *lifetime revenue*. Secara kuantitatif, penelitian ini berupaya mengevaluasi dampak kedua strategi *versioning* tersebut terhadap retensi dan profitabilitas produk selama siklus 24 bulan. Dengan pendekatan ABM, penelitian ini akan mensimulasikan perilaku anggota koperasi yang heterogen terhadap perubahan fitur dan gangguan layanan, serta menganalisis *trade-off* antara frekuensi inovasi dan keuntungan jangka panjang produk pinjaman KSP. Hal ini penting untuk memberikan bukti yang objektif, terukur, dan robust mengenai dampak *versioning* (*Minor vs Major Releases*) terhadap variabel profitabilitas dan retensi.

Untuk memastikan hasil yang objektif, terukur, dan robust, penelitian ini menerapkan mekanisme pengulangan simulasi dan analisis statistik deskriptif sebagaimana direkomendasikan dalam studi-studi pemodelan berbasis agent [13]. Setiap strategi *versioning* dijalankan sebanyak beberapa kali guna mengurangi bias yang berasal dari karakter

probabilistik ABM, seperti variasi perilaku pinjam-bayar, probabilitas churn, dan sensitivitas agent. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi yang lebih stabil terhadap dampak rilis minor dan mayor terhadap profitabilitas serta retensi anggota.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Agent Based Modeling

Pendekatan Agent-Based Modeling digunakan dalam penelitian untuk mensimulasikan perilaku anggota koperasi sepanjang siklus hidup produk selama 24 bulan. Pemodelan dan seluruh proses simulasi dijalankan menggunakan NetLogo, sebuah platform yang populer untuk membangun model berbasis agent. NetLogo menyediakan bahasa pemrograman yang sederhana namun sangat kuat untuk ABM, serta antarmuka grafis yang penting untuk pengujian dan pemahaman model [11]. Selain itu, platform ini juga memiliki keunggulan dalam menangani agent yang heterogen, interaksi kompleks, serta visualisasi dinamika sistem secara real time. Penggunaan NetLogo memungkinkan penelitian merepresentasikan perubahan perilaku peminjam secara detail serta mengamati dampak strategi versioning terhadap retensi, jumlah transaksi, dan profitabilitas.

Dalam model ini, setiap peminjam didefinisikan sebagai agent dengan karakteristik yang beragam. Heterogenitas tersebut meliputi sensitivitas terhadap tingkat bunga, preferensi terhadap fitur baru yang memengaruhi kecenderungan agent untuk melakukan upgrade ketika terjadi *product release* dan probabilitas *churn* atau kemungkinan agent berhenti melanjutkan pinjaman. Selain itu, setiap agent memiliki riwayat pembayaran yang dapat mencakup keterlambatan pembayaran bulanan dan akumulasi denda.

Pada setiap langkah simulasi bulanan, agent melakukan serangkaian keputusan yang mencerminkan perilaku peminjam dalam kondisi nyata. Keputusan-keputusan ini termasuk mengambil pinjaman baru, melanjutkan tenor, melunasi lebih awal, mengalami default, atau menentukan apakah mereka tetap menggunakan layanan setelah terjadi pembaruan produk (minor maupun mayor). Dengan demikian, retensi dapat diukur secara langsung berdasarkan perilaku agent dalam merespons update.

Melalui NetLogo, dinamika perubahan perilaku agent, aliran transaksi, serta perbedaan dampak strategi versioning dapat diamati dan dianalisis secara visual maupun numerik, sehingga memberikan gambaran yang komprehensif mengenai performa produk dalam jangka waktu menengah.

### 2.2 Versioning Minor

Strategi versioning minor dalam penelitian ini diterapkan setiap enam bulan dan berfokus pada perubahan berskala kecil yang meningkatkan efisiensi serta kenyamanan layanan tanpa mengubah struktur utama produk. Dalam lingkungan koperasi simpan pinjam, pembaruan minor mencakup penyederhanaan formulir pengajuan pinjaman sehingga hanya memerlukan fotokopi KTP dan bukti kebutuhan, perpanjangan jam layanan dari 08.00–15.00 menjadi 08.00–16.00, percepatan pencairan dana untuk pinjaman di bawah Rp10 juta dari tiga hari menjadi dua hari, serta penyediaan sesi konsultasi keuangan bulanan sebagai dukungan literasi dan peningkatan kualitas interaksi anggota.

Dalam model Agent-Based Modeling berbasis NetLogo, pembaruan minor direpresentasikan sebagai perubahan nilai beberapa parameter operasional, seperti waktu pemrosesan pinjaman, waktu pencairan dana, serta variabel kenyamanan layanan yang memengaruhi interaksi agent. Parameter-parameter tersebut digunakan agent dalam proses pengambilan keputusan bulanan, termasuk keputusan untuk mengajukan pinjaman, melanjutkan tenor, atau menghentikan hubungan transaksi.

Minor release tidak memengaruhi parameter inti seperti *loan limit* maupun tingkat bunga. Dalam horizon simulasi 24 bulan, pembaruan minor dijalankan sebagai *event* pada bulan ke-6, ke-12, dan ke-18. Setiap *event* memperbarui variabel operasional sesuai konfigurasi rilis minor dan berfungsi sebagai input dalam dinamika perilaku agent, tanpa membahas implikasi atau hasilnya pada bagian metode.

### 2.3 Versioning Mayor

Strategi versioning mayor dalam penelitian ini diterapkan dengan frekuensi rendah, yaitu satu kali setiap dua belas bulan, dan berfokus pada perubahan berskala besar yang memengaruhi struktur utama produk pinjaman. Tidak seperti pembaruan minor yang bersifat inkremental, pembaruan mayor diarahkan untuk meningkatkan kapasitas pembiayaan, memperbarui kebijakan inti, dan melakukan penyesuaian sistem yang berdampak jangka panjang terhadap layanan koperasi.

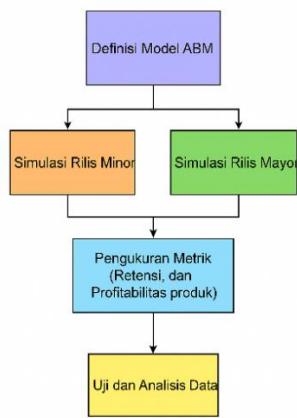
Dalam penelitian ini, versioning mayor direpresentasikan melalui dua perubahan struktural. Pertama, peningkatan batas maksimal pinjaman dari Rp25 juta menjadi Rp35 juta sebagai perluasan kapasitas pembiayaan dan respons terhadap kebutuhan modal anggota. Kedua, penyesuaian tingkat bunga melalui pengurangan satu persen dari suku bunga awal dirancang untuk menjaga daya tarik produk pinjaman dan meningkatkan kemungkinan

anggota melanjutkan transaksi pada periode berikutnya.

Pada model Agent-Based Modeling berbasis NetLogo, pembaruan mayor diimplementasikan sebagai pembaruan parameter utama yang memengaruhi perilaku agent secara langsung, terutama pada keputusan pinjaman dengan nominal besar dan evaluasi biaya pinjaman jangka panjang. Pembaruan mayor dijalankan sebagai event pada bulan ke-12 dalam siklus simulasi 24 bulan. Perubahan parameter ini memengaruhi proses pengambilan keputusan agent tanpa memasukkan pembahasan mengenai hasil atau dampaknya, sebagaimana bagian ini difokuskan sepenuhnya pada aspek metode.

#### 2.4 Desain Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan dampak dua strategi *versioning* produk rilis minor dan rilis mayor terhadap kinerja produk sepanjang siklus hidup 24 bulan, khususnya pada retensi pengguna dan profitabilitas. Evaluasi akan menggunakan simulasi ABM untuk membuktikan apakah rilis minor atau rilis mayor memberikan keseimbangan optimal antara retensi pengguna yang tinggi dan profitabilitas produk yang maksimal. Proses penelitian ini didasarkan pada tahapan metodologi simulasi yang mapan, yang meliputi spesifikasi model, implementasi, verifikasi, validasi, dan analisis [14]. Secara operasional, penelitian akan dilakukan dengan empat tahapan utama yang mencerminkan kerangka tersebut. Tahapan ini meliputi: (1) Definisi ABM; (2) Simulasi dua strategi versioning; (3) Pengukuran metrik retensi dan profitabilitas; (4) Uji dan analisis data. Tahap-tahap penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap-tahap penelitian

Tahap pertama adalah ABM, di mana karakteristik agent ditetapkan, termasuk perilaku pinjam-bayar, sensitivitas terhadap perubahan produk, dan probabilitas churn. Struktur lingkungan simulasi, aturan interaksi, serta parameter awal seperti jumlah

agent, bunga pinjaman, batas pinjaman, dan biaya operasional juga didefinisikan pada tahap ini.

Tahap kedua adalah simulasi strategi versioning, di mana dua skenario diterapkan secara terpisah: rilis minor dengan perubahan operasional kecil dan rilis mayor dengan perubahan struktural seperti peningkatan batas pinjaman dan penurunan bunga. Kedua skenario dijalankan selama 24 bulan untuk mengamati dinamika perilaku anggota terhadap update yang diberikan. Dalam tahap ini, seluruh siklus pinjaman—mulai dari pengajuan, pembayaran cicilan, keterlambatan, hingga kemungkinan churn—dimodelkan secara stokastik berdasarkan aturan agent.

Pada tahap ketiga dilakukan pengukuran yang dihitung langsung dari proses simulasi berbasis NetLogo. Total transaksi diperoleh dari jumlah agen yang memulai pinjaman selama periode 24 bulan. Retensi diukur menggunakan pendekatan *active-agent-based retention*, yaitu perbandingan antara jumlah agen yang masih aktif pada akhir simulasi dengan jumlah agen awal. Sementara itu, profitabilitas dihitung dengan mengurangkan biaya operasional dan biaya pengembangan dari total pendapatan yang diperoleh selama simulasi. Simulasi dijalankan sebanyak sepuluh kali untuk masing-masing strategi versioning. Pengulangan ini dilakukan untuk mengurangi bias hasil yang muncul bila simulasi hanya dijalankan sekali, karena model ABM memiliki unsur probabilistik seperti churn, motivasi meminjam, dan sensitivitas agen. Data hasil sepuluh kali simulasi disimpan dalam file excel.

Tahap keempat bertujuan melakukan analisis terhadap output simulasi yang telah dijalankan sebanyak sepuluh kali untuk masing-masing strategi versioning. Data hasil sepuluh kali simulasi yang telah disimpan dalam file excel, kemudian diekstraksi dan dibersihkan menggunakan Python. Setiap baris yang awalnya berupa satu string dipisahkan kembali menjadi enam variabel numerik: *Run*, *Total Transactions*, *Total Revenue*, *Total Profit*, *Active Agents*, dan *Retention*. Setelah data bersih, perhitungan statistik dilakukan meliputi *mean*, *variance*, *standard deviation*, dan *confidence interval 95%*. Hasil analisis ini digunakan untuk membandingkan stabilitas, konsistensi performa, serta keunggulan antara versioning minor dan mayor berdasarkan distribusi nilai dari sepuluh kali pengulangan simulasi.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Simulasi dengan NetLogo

Dalam model ABM, setiap peminjam direpresentasikan sebagai agent dengan atribut

heterogen, meliputi status pinjaman (*no-loan*, *on-loan*, atau *late*), *loan-amount*, *monthly-payment*, *cycle-month*, *sensitivity* terhadap bunga, serta *churn-prob* yang menunjukkan probabilitas agent meninggalkan koperasi. Model juga menggunakan *globals* untuk mengatur parameter sistem, seperti bulan simulasi (*month*), tipe versioning (*version-type*), batas pinjaman (*loan-limit*), tingkat bunga (*interest-rate*), biaya pengembangan (*dev-cost*), biaya operasional (*operational-cost*), serta variabel akumulasi seperti *total-revenue*, *total-profit*, dan *total-transactions*. Simulasi yang dilakukan ditunjukkan pada kode sebagai berikut.

#### Program Simulasi Koperasi Simpan Pinjam

```

globals [
  month version-type loan-limit interest-rate
  dev-cost operational-cost total-revenue
  total-profit total-transactions initial-agents
]

turtles-own [status loan-amount monthly-payment cycle-month sensitivity churn-prob]

;; Setup awal
to setup
  clear-all reset-ticks
  set month 0 total-revenue 0 total-profit 0 total-transactions 0
  set operational-cost 36400000
  create-turtles 50 [
    setxy random-xcor random-ycor
    set status "no-loan"
    set sensitivity random-float 1
    set churn-prob random-float 0.15
    set color blue
  ]
  set initial-agents count turtles
end

;; Versioning
to set-minor [] [ set version-type "minor" set loan-limit 25000000 set interest-rate 0.10 set dev-cost 6000000 ]
to set-major [] [ set version-type "major" set loan-limit 35000000 set interest-rate 0.09 set dev-cost 7500000 ]

;; Main loop
to go
  if month >= 24 [ finish-simulation stop ]
  set month month + 1
  ask turtles [
    if random-float 1 < churn-prob [ die stop ]
    agent-behavior
  ]
  tick
end

;; Perilaku agent
to agent-behavior
  if status = "on-loan" [
    set cycle-month cycle-month + 1
    set total-revenue total-revenue + monthly-payment
    if random-float 1 < sensitivity * 0.3 [ set status "late" set color red set total-revenue total-revenue + 50000 ]
    if cycle-month >= 6 [ set status "no-loan" set color blue set cycle-month 0 ]
    stop
  ]
  if status = "late" [ set total-revenue total-revenue + monthly-payment set status "on-loan" set color green stop ]
  if status = "no-loan" [
    let motivation ifelse-value version-type = "minor" [0.3 + (1 - sensitivity) * 0.3] [0.5 + (1 - sensitivity) * 0.5]
    if random-float 1 < motivation [ start-loan ]
  ]
end

to start-loan
  set loan-amount (random-float 0.8 * loan-limit) + (loan-limit * 0.2)
  set monthly-payment (loan-amount / 6) + (loan-amount * interest-rate / 6)
  set cycle-month 0 status "on-loan" color green
  set total-transactions total-transactions + 1
end

to finish-simulation
  set total-profit total-revenue - operational-cost - dev-cost
  let active count turtles
  let retention active / initial-agents
  print (word "===== SIMULATION RESULT (" version-type ") =====")
  print (word "Total Transactions : " total-transactions)
  print (word "Total Revenue : Rp" total-revenue)
  print (word "Total Profit : Rp" total-profit)
  print (word "Active Agents : " active)

```

```

print (word "Retention      : " precision retention 3)
print "
end

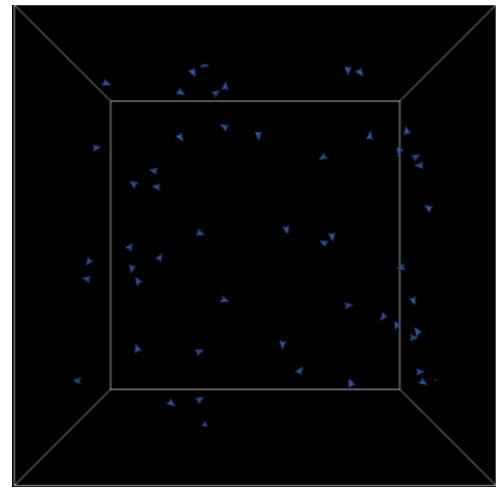
```

Tahap setup awal menetapkan 50 agent yang ditempatkan secara acak di world NetLogo, dengan semua atribut agent diinisialisasi sesuai karakteristik masing-masing. Parameter operasional, biaya pengembangan, dan versi produk ditetapkan sesuai skenario minor atau major release. Perilaku agent diatur melalui mekanisme keputusan bulanan. Agent yang berstatus *no-loan* dapat memulai pinjaman berdasarkan tingkat motivation, yang berbeda antara skenario minor dan major. Agent yang *on-loan* melakukan pembayaran cicilan setiap bulan, memiliki kemungkinan terlambat bayar, dan memperbarui *cycle-month*. Agent *late* membayar cicilan termasuk denda sebelum kembali ke status *on-loan*. *Churn agent* terjadi probabilistik sesuai atribut *churn-prob*, di mana agent yang keluar dari koperasi akan dihapus dari simulasi.

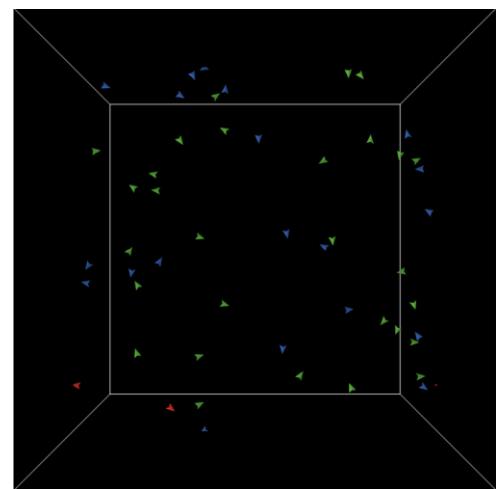
Setiap kali agent memulai pinjaman, model menghitung *loan-amount* dan *monthly-payment*, kemudian memperbarui total transaksi. Sepanjang simulasi, total revenue dan total profit dihitung. Setelah 24 bulan, retensi agent dihitung sebagai rasio jumlah agent aktif (status *on-loan* dan *no-loan*) terhadap jumlah agent awal, memberikan indikator langsung tentang keberhasilan strategi versioning dalam menjaga partisipasi anggota.

Output simulasi mencakup ringkasan hasil seperti jumlah total transaksi, total revenue, total profit, jumlah agent aktif, dan retensi. Simulasi ini dirancang agar dapat dijalankan berulang (multi-run) untuk analisis statistik yang lebih stabil, sehingga memungkinkan evaluasi lebih mendalam mengenai pengaruh minor dan major release terhadap perilaku agent serta kinerja finansial koperasi. Seluruh mekanisme ini membentuk dasar bagi pengukuran metrik retensi dan profitabilitas yang akan dibahas pada subbab berikutnya.

Pada tahap setup Gambar 2, seluruh agent dibuat dengan status awal "*no-loan*" dan ditampilkan dengan warna biru. Agent ditempatkan secara acak di area simulasi, dengan parameter heterogen seperti sensitivitas terhadap bunga dan probabilitas churn. Pada tahap ini, total transaksi, pendapatan, dan profit masih nol. Setelah simulasi berjalan beberapa bulan melalui prosedur go Gambar 3, agent mengalami perubahan status sesuai perilaku bulanan. Agent yang mengambil pinjaman berwarna hijau (*on-loan*), sedangkan agent yang terlambat membayar cicilan berwarna merah (*late*).



Gambar 2. Kondisi agent awal



Gambar 3. Kondisi agent setelah prosedur

### 3.2 Pengukuran Metrik Retensi

Retensi agent dalam simulasi ABM diukur sebagai proporsi agent yang tetap aktif pada akhir periode simulasi 24 bulan dibandingkan dengan jumlah agent awal. Setiap agent memiliki status yang diperbarui setiap bulan berdasarkan perilaku pinjaman. Mekanisme ini memungkinkan model meniru keputusan agent terkait melanjutkan pinjaman, mengajukan pinjaman baru, melunasi lebih awal, atau berhenti bertransaksi, dengan mempertimbangkan parameter heterogen agent seperti sensitivitas terhadap bunga dan probabilitas churn.

Perhitungan retensi dilakukan dengan menghitung jumlah agent yang masih aktif pada akhir simulasi dan membandingkannya dengan jumlah agent awal sebelum simulasi dimulai, sesuai rumus:

$$\text{Retention} = \frac{\text{Active Agents}}{\text{Initial Agent}} \quad (1)$$

Untuk mengurangi efek acak dari probabilitas churn dan perilaku agent yang bersifat stochastik, setiap skenario versioning, baik minor maupun major release, dijalankan sebanyak sepuluh kali. Hasil dari

sepuluh kali run untuk versioning minor disajikan dalam Tabel 1. dan versioning mayor dalam Tabel 2.

Tabel 1. Retensi versioning minor

Run	Total Transaksi	Agen Aktif	Retensi
1	82	15	0.30
2	98	16	0.32
3	77	15	0.30
4	69	7	0.14
5	75	11	0.22
6	78	14	0.28
7	87	10	0.20
8	96	17	0.34
9	83	12	0.24
10	82	13	0.26

Tabel 2. Retensi versioning mayor

Run	Total Transaksi	Agen Aktif	Retensi
1	76	6	0.12
2	100	13	0.26
3	95	16	0.32
4	100	16	0.32
5	106	16	0.32
6	109	18	0.36
7	101	15	0.30
8	85	14	0.28
9	97	13	0.26
10	91	14	0.28

Dengan demikian, metrik retensi menjadi indikator kunci untuk menilai efektivitas strategi minor dan major release dalam mempertahankan agent aktif pada koperasi simpan pinjam.

### 3.3 Pengukuran Metrik Profitabilitas

Profitabilitas produk mencerminkan kemampuan koperasi dalam menghasilkan keuntungan bersih dari aktivitas pinjaman setelah penerapan strategi versioning. Analisis ini membandingkan kinerja antara versioning minor dan versioning mayor berdasarkan total pendapatan pinjaman atau laba bersih yang didapatkan. Perbandingan ini menjadi krusial karena fluktuasi kinerja keuangan dan profitabilitas koperasi, yang terjadi dari tahun ke tahun, secara langsung memengaruhi laba yang dihasilkan [15].

Profitabilitas dihitung sebagai selisih antara total pendapatan yang diperoleh dari seluruh pembayaran agent dengan biaya operasional dan biaya pengembangan produk. Total pendapatan (total-revenue) merupakan akumulasi semua cicilan pinjaman yang dibayarkan oleh agent tepat waktu ditambah denda keterlambatan sebesar Rp50.000 untuk setiap pembayaran terlambat. Biaya pengembangan (*dev-cost*) berbeda untuk masing-masing strategi, yaitu Rp6.000.000 untuk minor release dan Rp7.500.000 untuk major release, sedangkan biaya operasional tahunan (*operational-cost*) diasumsikan tetap sebesar Rp36.400.000 per siklus 24 bulan, atau setara dengan Rp18.200.000 per tahun. Rincian biaya versioning dan biaya operasional tahunan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Biaya versioning

	Versi	Komponen	Biaya (Rp)
Minor	1.1	Cetak formular dan revisi sistem	800.000
		Sosialisasi anggota	200.000
	1.2	Lembur staf	1.000.000
		Penyesuaian jadwal	500.000
	1.3	Pembaruan sistem	1.000.000
		Pelatihan staf	500.000
	1.4	Gaji konsultan	1.800.000
		Brosur dan promosi	200.000
Mayor	2.1	Revisi kebijakan	1.000.000
		Tambahan modal cadangan	5.000.000
	2.2	Update system bunga	1.000.000
		Sosialisasi anggota	500.000

Tabel 4. Biaya operasional tahunan

Kegiatan	Biaya (Rp)
Gaji staf	10.000.000
Listrik, air, dan internet	2.000.000
Peningkatan kapasitas partisipasi anggota	2.500.000
Penambahan jumlah anggota	700.000
Administrasi dan izin koperasi	2.000.000
Dana sosial	1.000.000

Simulasi perhitungan profitabilitas ini dijalankan selama 24 bulan dengan mekanisme multi-run sebanyak sepuluh kali seperti dalam perhitungan retensi. Nilai total profit dari tiap run versioning minor dan mayor dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Profitabilitas versioning minor

Run	Total Revenue	Total Profit
1	Rp 1.203.919.779	Rp 1.161.519.779
2	Rp 1.403.145.427	Rp 1.360.745.427

3	Rp 1.082.763.519	Rp 1.040.363.519
4	Rp 871.345.405	Rp 828.945.405
5	Rp 1.014.591.933	Rp 972.191.933
6	Rp 924.070.992	Rp 881.670.992
7	Rp 1.117.749.409	Rp 1.075.349.409
8	Rp 1.312.587.659	Rp 1.270.187.659
9	Rp 1.082.042.122	Rp 1.039.642.122
10	Rp 1.178.931.141	Rp 1.136.531.141

Tabel 6. Profitabilitas versioning mayor

Run	Total Revenue	Total Profit
1	Rp 1.199.184.034	Rp 1.155.284.034
2	Rp 1.887.875.370	Rp 1.843.975.370
3	Rp 1.732.721.731	Rp 1.688.821.731
4	Rp 1.946.772.079	Rp 1.902.872.079
5	Rp 2.010.413.208	Rp 1.966.513.208
6	Rp 2.089.381.984	Rp 2.045.481.984
7	Rp 1.906.761.115	Rp 1.862.861.115
8	Rp 1.714.464.962	Rp 1.670.564.962
9	Rp 2.091.138.008	Rp 2.047.238.008
10	Rp 1.547.808.929	Rp 1.503.908.929

Dengan pendekatan ini, analisis profitabilitas memungkinkan perbandingan langsung antara minor dan major release sekaligus mengevaluasi kontribusi biaya pengembangan dan operasional terhadap keuntungan koperasi. Pendekatan multi-run memberikan informasi lebih akurat mengenai variasi profitabilitas dan keandalan performa finansial dari kedua strategi versioning yang diterapkan.

### 3.4 Analisis Strategi Versioning

Analisis strategi versioning dilakukan dengan menggabungkan hasil sepuluh kali simulasi untuk masing-masing strategi, yaitu minor release dan major release. Setiap run mencatat metrik penting seperti total transaksi, total profit, dan retensi anggota. Data hasil simulasi disimpan dalam file excel terpisah untuk setiap strategi, kemudian diolah menggunakan program Python yang memanfaatkan library pandas, numpy, dan scipy.stats, kode program python dapat dilihat dibawah ini.

#### Program Python

```
import pandas as pd
import numpy as np
from scipy import stats
from google.colab import files

uploaded_minor = files.upload()
minor_file = list(uploaded_minor.keys())[0]

uploaded_major = files.upload()
```

```
major_file = list(uploaded_major.keys())[0]

def load_and_split(path):
    df_raw = pd.read_excel(path, header=None)
    df = df_raw[0].str.split(",", expand=True)
    df.columns = ["Run", "Total Transactions", "Total Revenue",
                 "Total Profit", "Active Agents", "Retention"]

    df = df.drop(0).reset_index(drop=True)
    df = df.apply(pd.to_numeric)
    return df

minor = load_and_split(minor_file)
major = load_and_split(major_file)

def summarize(df, label):
    print(f"\n==== {label.upper()} =====")
    metrics = ["Total Transactions", "Total Profit",
               "Retention"]
    for col in metrics:
        x = df[col]
        n = len(x)
        mean = x.mean()
        var = x.var(ddof=1)
        sd = x.std(ddof=1)
        ci_low, ci_high = stats.t.interval(0.95, df=n-1,
                                           loc=mean, scale=sd/np.sqrt(n))
        print(f"\n{col}")
        print(f"Mean: {mean}")
        print(f"Variance: {var}")
        print(f"Std Dev: {sd}")
        print(f"95% CI Low : {ci_low}")
        print(f"95% CI High: {ci_high}")

    summarize(minor, "MINOR")
    summarize(major, "MAJOR")
```

Proses analisis dimulai dengan mengunggah file hasil simulasi ke Google Colab menggunakan perintah `files.upload()`. Setiap file dibaca sebagai satu kolom tunggal, kemudian dipisahkan menjadi enam kolom utama: run, total transactions, total revenue, total profit, active agents, dan retention. Baris pertama yang berisi header asli dihapus, dan seluruh kolom diubah menjadi tipe numerik agar dapat dianalisis secara statistik.

Setelah data dibersihkan, dilakukan perhitungan statistik pada tahap analisis untuk mengolah data

hasil sepuluh kali run simulasi. Nilai mean dihitung untuk memperoleh rata-rata dari tiap metrik seperti total transaksi, profit, dan retensi. Selanjutnya, variance dan standard deviation dihitung untuk mengetahui tingkat penyebaran data terhadap nilai rata-ratanya, menggunakan metode *sample variance* (ddof=1) agar perhitungan lebih akurat pada jumlah sampel yang kecil. Untuk memastikan estimasi lebih kuat, digunakan confidence interval 95% yang dihitung berdasarkan distribusi t. CI ini dihitung dengan formula:

$$CI = \bar{x} t_{\alpha/2} \times \frac{SD}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

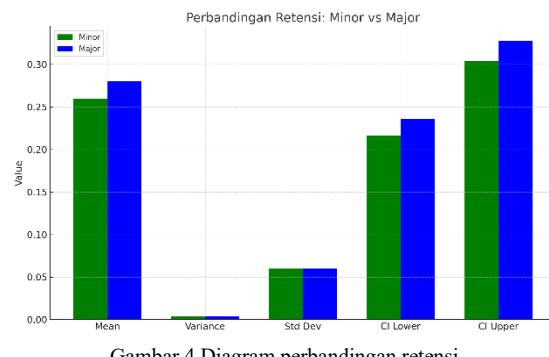
Dimana  $\bar{x}$  adalah nilai rata-rata dari sepuluh run,  $t_{\alpha/2}$  merupakan nilai kritis distribusi t, dan n adalah jumlah sampel. Interval kepercayaan 95% ini memberikan rentang estimasi yang menunjukkan batas bawah dan batas atas nilai sebenarnya dengan tingkat keyakinan 95%. Interpretasi metrik-metrik tersebut memberikan dasar kuat untuk membandingkan performa minor dan major release secara lebih objektif dan statistik.

Berdasarkan hasil run sepuluh kali, minor release menghasilkan rata-rata total transaksi sebesar 82,7 dengan variance sebesar 81,34 dan standar deviasi sebesar 9,01. Interval kepercayaan 95% berada pada rentang 76,25 hingga 89,15, yang menunjukkan bahwa rata-rata total transaksi cenderung stabil meskipun ada variasi antar-run. Total profit rata-rata mencapai Rp1.076.714.739, dengan variance  $2,69 \times 10^{16}$  dan standar deviasi sebesar Rp163.954.400. Interval kepercayaan 95% berada pada rentang Rp959.428.810 hingga Rp1.194.000.668, menunjukkan adanya variasi moderat antar-run, tetapi masih dalam batas wajar untuk model berbasis probabilitas. Sementara itu, retensi anggota memiliki rata-rata 0,26 atau 26%, dengan variance 0,0037 dan standar deviasi 0,06. Interval kepercayaan 95% berada pada 0,216 hingga 0,304, yang mengindikasikan bahwa retensi minor relatif stabil meskipun agent memiliki probabilitas churn acak.

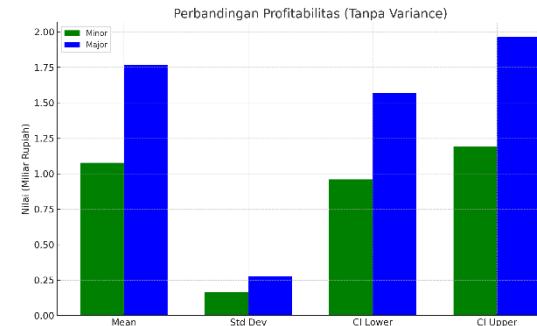
Skenario major menghasilkan performa lebih tinggi dibandingkan minor. Rata-rata total transaksi mencapai 96, dengan variance 97,11 dan standar deviasi 9,85. Interval kepercayaan 95% berada pada 88,95 hingga 103,05, yang menunjukkan tingkat aktivitas pinjaman yang lebih tinggi dan lebih konsisten. Total profit rata-rata adalah Rp1.768.752.142, dengan variance  $7,64 \times 10^{16}$  dan standar deviasi Rp276.538.300 lebih besar dibanding minor karena skala transaksi juga lebih besar. Interval kepercayaan 95% berada pada Rp1.570.928.535 hingga Rp1.966.575.750, menunjukkan peningkatan profit yang signifikan. Rata-rata retensi mencapai 0,28 atau 28%, dengan variance 0,0042 dan standar

deviasi 0,06. Interval kepercayaan 95% berada pada 0,236 hingga 0,328, mencerminkan bahwa major release sedikit meningkatkan kemampuan mempertahankan anggota.

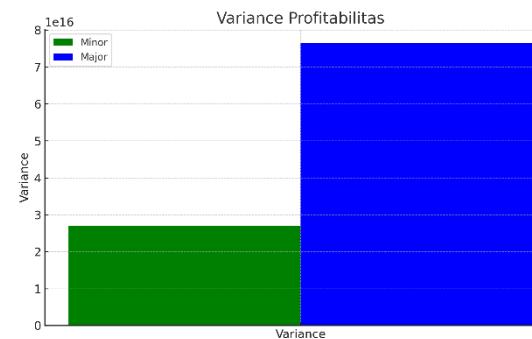
Hasil ini menunjukkan bahwa strategi major release cenderung memberikan nilai total transaksi, profit, dan retensi yang lebih tinggi dibandingkan minor release. Analisis ini mendukung pemilihan strategi versioning yang lebih efektif dalam meningkatkan kinerja koperasi melalui kombinasi pertumbuhan anggota dan profitabilitas. Untuk memudahkan dalam membandingkan hasilnya, diagram batang dapat dilihat pada Gambar 4 untuk perhitungan retensi. Diagram perhitungan profitabilitas dapat dilihat pada Gambar 5, disini untuk perhitungan variasi digambarkan pada diagram batang yang berbeda pada Gambar 6 dikarenakan perbedaan satuan nilai



Gambar 4 Diagram perbandingan retensi



Gambar 5. Diagram perbandingan profitabilitas



Gambar 6. Diagram perbandingan profitabilitas dengan variasi

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini membangun dan mensimulasikan Model Berbasis Agen untuk mengevaluasi strategi versioning produk pinjaman pada Koperasi Simpan Pinjam, yaitu rilis minor dan rilis mayor, selama periode 24 bulan. Melalui pemodelan perilaku agent yang heterogen, simulasi mampu menangkap dinamika keputusan peminjaman, keterlambatan pembayaran, churn, serta respons terhadap perubahan fitur produk. Untuk memastikan hasil yang robust, setiap strategi versioning dijalankan sebanyak sepuluh kali dan dianalisis menggunakan statistik deskriptif, meliputi mean, variance, standard deviation, dan interval kepercayaan 95%.

Hasil menunjukkan bahwa major release secara konsisten menghasilkan kinerja yang lebih tinggi dibanding rilis minor, baik dalam total transaksi, profitabilitas, maupun tingkat retensi. Rata-rata total transaksi dan total profit meningkat signifikan pada major release berkat kenaikan batas pinjaman dan penyesuaian suku bunga yang meningkatkan daya tarik produk. Retensi anggota juga lebih tinggi dibanding minor release, meskipun perbedaannya tidak terlalu besar. Sementara itu, minor release tetap memberikan performa stabil dengan biaya pengembangan lebih rendah, namun tidak mampu melampaui dampak struktural dari major release.

Walaupun demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Model ABM yang digunakan belum memasukkan dinamika sosial antar-anggota, faktor eksternal seperti kondisi ekonomi, serta variasi produk simpanan lain di luar pinjaman. Parameter agent seperti churn-prob dan sensitivity juga masih bersifat statis serta belum divalidasi dengan data empiris koperasi nyata.

Berdasarkan temuan ini, penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk mengembangkan model yang lebih realistik dengan menambahkan jejaring sosial antar-agent, parameter perilaku berbasis data historis, serta skenario ekonomi makro. Dari sisi teknologi informasi, sistem KSP disarankan mengadopsi arsitektur versioning modular, otomatisasi evaluasi fitur, dan mekanisme *A/B testing* untuk menguji dampak perubahan fitur secara real time sebelum diterapkan secara penuh.

Secara keilmuan, penelitian ini memberikan kontribusi pada bidang ilmu komputer dengan menunjukkan bahwa ABM dapat digunakan sebagai alat analisis strategis dalam pengambilan keputusan versioning produk keuangan. Model ini membuka peluang untuk pengembangan pendekatan simulasi dalam manajemen produk, pemodelan retensi pelanggan, dan evaluasi kebijakan berbasis data dalam sistem informasi koperasi.

#### Daftar Rujukan

- [1] Ryan Irwansyah Pasaribu and Kusmilawaty Kusmilawaty, “Analisis Peran Koperasi Dalam Meningkatkan Kesejahteraan Anggotanya,” *Jurnal Mutiara Ilmu Akuntansi*, vol. 2, no. 2, pp. 359–368, Apr. 2024, doi: 10.55606/jumia.v2i2.2940.
- [2] B. M. Jum’atin Arti, M. Ali Albar, and N. Alamsyah, “Sistem Informasi Koperasi Simpan Pinjam Pada Ksp Mitra Mandiri Berbasis Website (Web-Based Savings And Loan Cooperative Information System At Ksp Mitra Mandiri),” *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer dan Aplikasinya (JTIKA)*, vol. 7, no. 1, Mar. 2025, doi: <https://doi.org/10.29303/jtika.v7i1.458>.
- [3] B. J. Nadadapad, M. Parsaulian, and D. R. W. Napitupulu, “Regulasi Dan Dampak Koperasi Simpan Pinjam (Ksp) Terhadap Pemberdayaan Umkm Dan Masyarakat Pedesaan,” *Jurnal Dimensi Hukum*, vol. 9, no. 3, pp. 168–176, Mar. 2025, Accessed: Nov. 09, 2025. [Online]. Available: <https://law.ojs.co.id/index.php/jdh/article/view/636>
- [4] J. Juswadi and P. Sumarna, “Perkembangan Usaha Koperasi Simpan Pinjam Indonesia dan Faktor yang Mempengaruhinya Periode 2013-2020,” *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, vol. 11, no. 1, p. 74, Mar. 2023, doi: 10.35138/paspalum.v11i1.541.
- [5] D. Zuhdi Syahada and M. Ainul Yaqin, “Enhancing Operational Efficiency in Bus Companies Through Effective ERP Implementation,” *Journal of Computing and Data Science (JOCDAS)*, vol. 2, no. 2, pp. 1–10, 2024, doi: <https://doi.org/10.18860/jocdas.v2i2.30268>.
- [6] W. Shu, Z. Xiao, R. Zhang, and Q. Cao, “Optimal Software Versioning Strategy Considering Customization and Consumer Deliberation Behavior,” *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, vol. 18, no. 1, pp. 257–272, Mar. 2023, doi: 10.3390/jtaer18010014.
- [7] L. Zhang *et al.*, “Has My Release Disobeyed Semantic Versioning? Static Detection Based on Semantic Differencing,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Sep. 2022. doi: 10.1145/3551349.3556956.
- [8] X. Zhang, A. Ghosh, and A. Ali, “Academic Journal of Management and Social Sciences Research on Marketing Strategy Management based on Customer Retention,” vol. 6, no. 2, p. 66, 2024.
- [9] H. S. Hadiyanto, “Customer Retention and Related Factors Analysis in Financial Services Company,” *Binus Business Review*, vol. 12, no. 2, pp. 93–101, Jul. 2021, doi: 10.21512/bbr.v12i2.6546.
- [10] U. Kaiser, R. Kesler, and M. Reisinger, “The Interplay Between Product Variety and Customer Satisfaction: Theory and Evidence,” 2023. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:264155147>
- [11] S. F. Railsback and V. Grimm, *Agent-Based and Individual-Based Modeling*, 2nd ed. New Jersey: Princeton University Press, 2019.
- [12] N. Zhang and X. Zheng, “Agent-based simulation of consumer purchase behaviour based on quality, price and promotion,” *Enterp Inf Syst*, vol. 13, no. 10, pp. 1427–1441, Nov. 2019, doi: 10.1080/17517575.2019.1654133.
- [13] E. Borgonovo, M. Pangallo, J. Rivkin, L. Rizzo, and N. Sigelkow, “Sensitivity analysis of agent-based models: a new protocol,” *Computational and Mathematical Organization Theory*, vol. 28, no. 1, pp. 52–94, Mar. 2022, doi: 10.1007/s10588-021-09358-5.

- [14] N. Gilbert and K. G. Troitzsch, *Simulation for the Social Scientist*, 2nd ed. Maidenhead, UK: Open University Press, 2005.
- [15] Y. Sun, “Versioning for information goods with development costs,” *Information Technology and Management*, vol. 26, no. 2, pp. 235–246, Jun. 2025, doi: 10.1007/s10799-023-00410-1.
- [16] Ilham and Arfianty, “Analisis Kinerja Keuangan Berdasarkan Rasio Likuiditas, Solvabilitas Dan Rentabilitas Pada Koperasi Simpan Pinjam Sh Jaya Mandiri Kabupaten Sidenreng Rappang,” *DECISION: Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, vol. 3, no. 1, pp. 41–53, Feb. 2022, doi: <https://doi.org/10.31850/decision.v3i1.1496>.