

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Valuta asing yang juga dikenal sebagai valas atau *foreign exchange (forex)* adalah pasar aset terbesar dan paling likuid di dunia. Perdagangan valuta asing telah menjadi semakin populer dalam beberapa tahun terakhir, dengan banyaknya pelaku perdagangan valas yang berdagang di pasar valas sebagai cara untuk mendapatkan keuntungan. Survey yang dilakukan oleh (Business Research Insight, 2023; Drehmann & Sushko, 2022) pada laporan per kuartal bahwa rata-rata perputaran uang di pasar valas global mencapai \$7,53 triliun pada tahun 2022. Meskipun lembaga keuangan besar dan bank masih mendominasi keseluruhan transaksi, pedagang valas telah mengalami peningkatan partisipasi, mencakup 5,5% dari total transaksi pasar valas global.

Kemajuan dalam teknologi keuangan modern, termasuk perkembangan algoritma perdagangan menggunakan *platform trading online*, telah membuat pasar valas lebih mudah diakses oleh pedagang individu. Laporan penelitian yang dilakukan oleh (Chaboud et al., 2023) menunjukkan adanya peningkatan aktivitas perdagangan dengan banyak model algoritma oleh bank dan non-bank. Begitu juga laporan dari OPIPAS (Balluffi, 2022), menunjukkan bahwa sekitar 70% volume transaksi di pasar valas dihasilkan oleh aktivitas perdagangan algoritmik oleh pedagang individu. Dalam era perdagangan modern, pendekatan secara algoritmik melibatkan strategi berbasis aturan dan pembelajaran mesin (*Machine Learning*), seperti yang dijelaskan oleh (Moody et al., 1998). Penelitian oleh (Kercheval & Zhang, 2015) dan (Cao & Tay, 2003) menunjukkan bahwa penggunaan *support vector machine (SVM)* dalam *limit order* diklaim mengungguli metode konvensional dalam prediksi bidang keuangan.

Meskipun strategi perdagangan ini bertujuan untuk otomatisasi dan optimalisasi kompleksitas data keuangan, ketidakpastian dan volatilitas sering membuat model prediksi yang ada kurang memadai. Hal ini diakibatkan oleh volatilitas pasar, sifat *non-linier*, serta ketidakpastian pergerakan harga yang dipicu

oleh pengumuman makroekonomi menjadi tantangan utama bagi sistem prediksi tradisional. Memprediksi perilaku pasar valas tetap menjadi tantangan karena pengumuman makroekonomi dirilis dengan waktu dan dampak yang sulit diprediksi. Model tradisional sering kali kesulitan mengantisipasi pergerakan pasar secara akurat karena sifat pasar valas yang acak, banyak *noise*, dan tidak stabil membuat sulit untuk mengidentifikasi sinyal perdagangan yang dapat diandalkan. Prediksi yang salah dikaitkan dengan tingkat risiko tinggi, yang dapat menyebabkan kerugian yang dramatis (Wanniarachchi et al., 2021; Yıldırım et al., 2021). Sementara itu, likuiditas tinggi dan fluktuasi pasar akibat pengumuman makroekonomi dapat menghambat model perdagangan dalam mengidentifikasi peluang maupun identifikasi resiko (Jamali et al., 2023). Secara khusus, pasar valas diibaratkan seperti sistem *blackbox* yang kompleks dan non-linier, di mana informasi terbatas mengenai mekanisme internalnya menambah kesulitan dalam membuat prediksi yang akurat (Anastasakis & Mort, 2009).

Menyikapi keterbatasan tersebut, *Reinforcement Learning* (RL) muncul sebagai solusi inovatif dalam lingkup perdagangan secara algoritmik, karena menawarkan kemampuan adaptasi dan pembelajaran dari interaksi langsung dengan data pasar yang dinamis. Dalam konteks ini, dibutuhkan pendekatan RL yang tidak hanya mampu beradaptasi terhadap perubahan kondisi pasar, tetapi juga sanggup memproses *state* berdimensi tinggi yang terbentuk dari kombinasi data harga historis, indikator teknikal, dan pengumuman makroekonomi. Oleh karena itu, penelitian ini memilih pendekatan *deep reinforcement learning* berbasis arsitektur *Actor-Critic*, yang memanfaatkan jaringan saraf dalam sebagai *function approximator* bagi *actor* dan *critic*. Dengan konfigurasi tersebut, model diharapkan mampu menangkap hubungan nonlinier yang kompleks antara pergerakan harga, indikator teknikal, dan respons pasar terhadap berita makroekonomi, sehingga lebih potensial untuk meningkatkan profitabilitas sekaligus memperkuat manajemen risiko dalam perdagangan valuta asing yang sangat volatil.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Dempster & Leemans, 2006; Moody & Saffell, 2001) menunjukkan profitabilitas agen RL yang menjanjikan dalam aktivitas perdagangan valas. Melihat potensi ini, perhatian peneliti berlanjut

ke pendekatan *model-free* RL yang lebih spesifik pada prediksi keuangan, seperti algoritma *Actor-Critic*, yang mengintegrasikan metode berbasis nilai (*value-based*) dan metode berbasis kebijakan (*policy-based*) dalam proses pengambilan keputusan keuangan. Metode ini menjanjikan kemajuan signifikan dengan memungkinkan model untuk menyesuaikan tindakannya secara waktu nyata, berdasarkan umpan balik terus-menerus mengenai kinerja di pasar online (Carapuço et al., 2018).

Algoritma *Actor-Critic* memfasilitasi pembelajaran berkelanjutan dalam pengambilan keputusan, dengan *actor* sebagai penentu aksi dan *critic* sebagai pemberi umpan balik. Untuk mengelola kompleksitas data pasar finansial yang dinamis, pengembangan lanjutan DDPG dilakukan melalui berbagai pendekatan. (J. Wu et al., 2018) mengusulkan *Multi-Critic* DDPG (MCDDPG) dengan dua *critic* independen dan *Double Experience Replay* untuk meningkatkan stabilitas dan generalisasi. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan lebih dari satu *critic* dapat mengurangi kesalahan estimasi dan meningkatkan kinerja dibandingkan DDPG standar, sehingga menjadi rujukan arsitektural bagi penelitian ini. Penelitian ini mengadaptasi konsep *multi-critic* tersebut ke dalam konteks perdagangan valas yang dipengaruhi pengumuman makroekonomi secara waktu nyata, dengan mengembangkan MC-DDPG yang menggunakan tiga *critic* paralel untuk mengurangi *overestimation bias*. Model yang diusulkan juga membangun *state* berbasis peristiwa yang menggabungkan data harga, indikator teknikal, dan puluhan jenis pengumuman makroekonomi, sementara fungsi *reward* dirumuskan berdasarkan profitabilitas dan risiko perdagangan, sehingga lebih selaras dengan tujuan pengendalian *drawdown* dan peningkatan keuntungan nyata. Kemudian penelitian oleh (Jia et al., 2021) memperkuat DDPG dengan LSTM untuk mengatasi kondisi pasar yang parsial *observabel*, menghasilkan model LSTM-DDPG yang mampu menyesuaikan arah dan ukuran posisi transaksi secara dinamis.

Pendekatan manajemen risiko diintegrasikan dalam *Hierarchical* DDPG dan *Distributional* DDPG oleh (Wang & Ku, 2022), masing-masing menambahkan kontrol bertingkat berbasis CVaR dan optimisasi terhadap distribusi pengembalian. Sementara itu, (Vishal et al., 2024) menunjukkan efektivitas DDPG dalam konfigurasi *ensemble* bersama TD3, PPO, dan SAC, meningkatkan adaptabilitas

strategi portofolio pada pasar volatil. Inovasi terbaru datang dari (Majidi et al., 2024) melalui penggunaan *Twin-Delayed DDPG* (TD3), yang mengurangi *overestimation bias* dengan dua *critic* dan pembaruan *actor* yang ditunda, sehingga menghasilkan pengambilan keputusan kontinu yang lebih stabil dan akurat.

Mengatasi prediksi harga dan volatilitas pasar melibatkan lebih dari sekedar peningkatan teknologi perdagangan algoritmik, informasi pengumuman makroekonomi juga penting untuk diketahui sebagai penyebab terjadinya perubahan harga secara spontan. Pengumuman makroekonomi seperti inflasi, suku bunga, kebijakan moneter lainnya memiliki dampak signifikan pada perdagangan valas. Penelitian oleh (Ai & Bansal, 2018) dan (Fisher et al., 2022) menyoroti resiko tinggi dalam perdagangan valas selama pengumuman makroekonomi karena adanya lonjakan harga "*price jump*" yaitu volatilitas pasar yang meningkat dan fluktuasi harga bergerak cepat menunjukkan bahwa rilis pengumuman makroekonomi dapat memicu perubahan harga antara 0,1% hingga 0,5% hanya dalam beberapa menit pertama setelah pengumuman, terutama pada pasangan mata uang utama seperti EUR/USD dan GBP/USD (Evans, 2011). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan batas operasional bahwa *price jump* terjadi apabila harga mengalami perubahan minimal 0,1% dalam rentang 1–5 menit setelah rilis pengumuman makroekonomi berdampak menengah atau tinggi. Lebih lanjut, (Plihal, 2021) menganalisa bahwa pengumuman makroekonomi di Amerika Serikat seperti *Nonfarm Payrolls*, GDP, dan pengumuman suku bunga oleh *Federal Reserve* memiliki dampak signifikan terhadap volatilitas harga valas. Hal ini diperkuat oleh (Kočenda & Moravcová, 2018) yang menemukan dampak besar pengumuman makroekonomi dan kebijakan moneter oleh The FED terhadap mata uang Euro dan Dollar AS, serta bagaimana berbagai jenis pengumuman makroekonomi menghasilkan reaksi yang berbeda.

Dalam perdagangan valas, misi utama dalam prediksi harga adalah mengidentifikasi arah pergerakan pasangan mata uang. Keakuratan prediksi ini menentukan apakah pedagang valas akan meraih keuntungan atau mengalami kerugian (Ni et al., 2019). Meskipun perdagangan algoritmik dapat meningkatkan kecepatan dan efisiensi dalam perdagangan, tetap terdapat risiko dari pergerakan

pasar yang tak terduga. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengatasi tantangan-tantangan tersebut dengan mengembangkan pendekatan berbasis *reinforcement learning* yang mampu memprediksi secara akurat reaksi pasar terhadap pengumuman ekonomi makro dan indikator teknikal, sehingga dapat meningkatkan profitabilitas dan mengurangi dampak risiko perdagangan. Manajemen risiko yang efektif terutama mengenai waktu rilis pengumuman makroekonomi menjadi momen krusial. Data pengumuman makroekonomi yang digunakan sudah berbentuk nilai numerik (*actual value*). Agar dapat diproses oleh model MC-DDPG, nilai tersebut dikodekan melalui perhitungan deviasi terhadap nilai *forecast*. Deviasi yang memberikan tekanan penguatan direpresentasikan sebagai nilai positif, sedangkan deviasi yang memberikan tekanan pelemahan direpresentasikan sebagai nilai negatif. Dengan cara ini, pengumuman makroekonomi dapat diwujudkan sebagai variabel numerik yang dapat dipelajari oleh model. Dengan mengintegrasikan faktor-faktor pengumuman makroekonomi ke dalam strategi perdagangan algoritmik, terutama saat mendekati pengumuman makroekonomi penting, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi manajemen risiko.

1.2. Perumusan Masalah

Pasar valas sering kali mengalami fluktuasi harga yang tajam akibat pengumuman makroekonomi yang dirilis secara waktu nyata. Meskipun perdagangan algoritmik berbasis *machine learning* telah banyak diterapkan, banyak model yang ada masih gagal mengantisipasi kondisi volatilitas pasar valas yang dipicu pengumuman makroekonomi yang sering kali tidak dapat diprediksi perubahan harganya. Kondisi ini menyebabkan kesalahan prediksi yang tinggi dan berisiko menimbulkan kerugian besar bagi pedagang valas. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan baru yang lebih adaptif, yang menggabungkan analisis indikator teknikal dan fundamental untuk meningkatkan akurasi prediksi dan manajemen risiko. Penelitian ini mengusulkan pengembangan model berbasis Multi-Critic DDPG untuk mengatasi masalah ini serta meningkatkan stabilitas dan profitabilitas dalam perdagangan valas. Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan

utama penelitian ini adalah keterbatasan model perdagangan algoritmik yang ada dalam mengantisipasi lonjakan volatilitas harga valas akibat pengumuman makroekonomi dan mengintegrasikan sinyal teknikal dan fundamental secara efektif dalam satu kerangka *reinforcement learning*.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pertanyaan penelitian (*research questions*) yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana arsitektur *Actor-Critic* dalam *Reinforcement Learning* dapat dioptimalkan untuk meningkatkan profitabilitas dan mengendalikan risiko pada model perdagangan valuta asing (*forex*) di bawah kondisi pasar dengan fluktuasi tinggi ?
2. Bagaimana integrasi pengumuman makroekonomi dan indikator teknikal memengaruhi profitabilitas model *reinforcement learning* dalam perdagangan valuta asing ?

1.3. Keaslian Penelitian

Untuk mendapatkan keaslian dalam penelitian yaitu dengan membuat matriks penelitian dengan membandingkan artikel penelitian sejenis yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan *Actor-Critic Reinforcement Learning* untuk prediksi harga valas pada jurnal-jurnal bereputasi.

Tabel 1.1 Matriks penelitian untuk menentukan keaslian penelitian.

No.	Author	Prediction Method	Technical Indicator	Macroeconomic Announcement	Market Sentiment
1	(S. Y. Yang et al., 2018)	<i>Gaussian Inverse Reinforcement Learning</i>	-	-	✓
2	(Ma et al., 2021)	<i>Parallel Multi-Modul Deep Reinforcement Learning (PMMRL)</i>	✓	-	-
3	(Nguyen & Luong, 2021)	<i>Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG)</i>	-	-	-
4	(Jia et al., 2021)	LSTM-DDPG	-	-	-
5	(Sun & Si, 2022)	<i>Twin Delayed Deep Deterministic Policy Gradient (TD3)</i>	-	-	✓
6	(Nan et al., 2022)	<i>Deep Reinforcement Learning</i>	-	-	✓

No.	Author	Prediction Method	Technical Indicator	Macroeconomic Announcement	Market Sentiment
7	(Wang & Ku, 2022)	<i>Hierarchical</i> DDPG dan <i>Distributional</i> DDPG	-	-	-
8	(Vishal et al., 2024)	<i>Ensemble</i> DDPG, TD3, PPO dan SAC	✓	-	-
9	(Majidi et al., 2024)	<i>Twin-Delayed</i> DDPG (TD3)	✓	-	-
10	(Baradja et al., 2025)	<i>Multi-Critic Deep Deterministic Policy Gradient</i> (MC-DDPG)	✓	✓	-

Penelitian ini menawarkan kontribusi pada bidang Sistem Informasi dan perdagangan valas berbasis algoritma, dengan kebaruan utama pada pendekatan inovatif melalui integrasi data pengumuman makroekonomi terjadwal dan indikator teknikal ke dalam model *Multi-Critic* DDPG untuk prediksi harga valas. Model yang dikembangkan memanfaatkan tiga *critic networks* untuk mengurangi *overestimation* bias yang umum pada DDPG, sehingga mampu memperkirakan pergerakan harga valas dan mengurangi risiko kesalahan prediksi akibat volatilitas pasar yang dipicu oleh pengumuman makroekonomi.

Meskipun prediksi harga valas berbasis makroekonomi dan indikator teknikal telah banyak diteliti, sebagian besar studi hanya menjadikan pengumuman makroekonomi sebagai pengukur volatilitas, bukan sebagai input langsung bagi keputusan perdagangan otomatis. Penelitian ini mengintegrasikan keduanya dalam model *Multi-Critic* DDPG untuk membangun sistem perdagangan yang adaptif terhadap berita makroekonomi dan menghasilkan keputusan yang lebih stabil.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengembangkan model prediksi harga valas berbasis *Multi-Critic* DDPG (MC-DDPG) yang mengintegrasikan pengumuman makroekonomi dan indikator teknikal untuk meningkatkan profitabilitas dalam perdagangan valas.
- b. Menerapkan tiga *critic networks* secara paralel untuk meningkatkan stabilitas serta ketepatan pengambilan keputusan dalam perdagangan valas, sehingga mampu mengendalikan risiko pada kondisi pasar dengan volatilitas tinggi.

- c. Mengoptimalkan respons pasar terhadap pengumuman makroekonomi secara waktu nyata yang memproses dan mengintegrasikan pengumuman berdampak tinggi untuk menghasilkan keputusan perdagangan valas yang lebih efisien dan berorientasi pada peningkatan profitabilitas.

1.5. Manfaat Penelitian

Dari tujuan penelitian diatas, maka manfaat yang bisa diambil dari penelitian ini antara lain:

- a. Meningkatkan kemampuan pengambilan keputusan untuk prediksi harga valas dan mendukung peningkatan profitabilitas dengan menggunakan pengumuman makroekonomi ke dalam model MC-DDPG.
- b. Mengurangi kesalahan prediksi serta menurunkan risiko kerugian bagi pedagang valas, terutama pada kondisi volatilitas tinggi yaitu pada saat pengumuman makroekonomi dirilis.
- c. Merespons pengumuman makroekonomi secara otomatis, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan perdagangan valas yang lebih cepat, efisien dan adiptif terhadap perubahan pasar yang dipicu oleh pengumuman tersebut.
- d. Memberikan kontribusi pada pengembangan sistem informasi yang mampu memproses data makroekonomi untuk digunakan dalam keputusan perdagangan otomatis.

1.6. Pembatasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

- a. Data yang digunakan terbatas pada pasangan mata uang berikut: Euro dengan Dollar AS (EUR/USD), Poundsterling Inggris dengan Dollar AS (GBP/USD), dan Dollar Australia dengan Dollar AS (AUD/USD), dalam rentang waktu mulai dari tahun 2017 hingga 2024.
- b. Penelitian ini hanya mencakup pengumuman makroekonomi kategori *medium* dan *high impact*, yaitu kelompok berita yang secara empiris berasosiasi dengan

- kemunculan perubahan harga pasangan mata uang $\geq 0,1\%$ dari harga awal dalam beberapa menit setelah rilis.
- c. Penelitian ini hanya memanfaatkan indikator teknikal dasar sebagai fitur input model, dan tidak mencakup seluruh kategori indikator teknikal yang dapat digunakan dalam perdagangan valas.
 - d. Model yang dikembangkan diujikan menggunakan data historis dan simulasi *backtesting* tanpa pengujian langsung di pasar valas dengan akun real.

1.7. Sistematika Penulisan

Penulisan disertasi ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

- a. Bab I Pendahuluan
Membahas latar belakang masalah, identifikasi masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, kebaruan penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.
- b. Bab II Tinjauan Pustaka
Mengulas teori-teori yang mendasari penelitian ini, termasuk teori reinforcement learning, DDPG, multi-critic models, serta penelitian terkait lainnya yang relevan dengan perdagangan valas dan pengelolaan risiko.
- c. Bab III Metodologi Penelitian
Menyajikan metode yang digunakan dalam penelitian ini, termasuk desain eksperimen, pengumpulan data, pengembangan model MC-DDPG, serta teknik evaluasi model.
- d. Bab IV Hasil dan Pembahasan
Menyajikan hasil eksperimen dan analisis performa model yang dikembangkan, serta membandingkan dengan model-model sebelumnya. Pembahasan mengenai kelebihan dan kekurangan model juga akan dijelaskan di sini.
- e. Bab V Kesimpulan dan Saran
Merangkum kesimpulan dari hasil penelitian, membahas keterbatasan penelitian, dan memberikan saran untuk penelitian lebih lanjut.