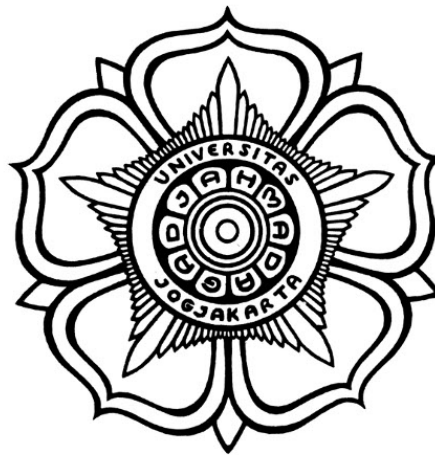


SKRIPSI

**PERAMALAN NILAI TUKAR RUPIAH TERHADAP DOLAR DENGAN
METODE AA**

***FORECASTING OF RUPIAH EXCHANGE RATE TO DOLLARS WITH AA
METHOD***



BUNGA MELATI HARUM
10/123456/PA/12345

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA**

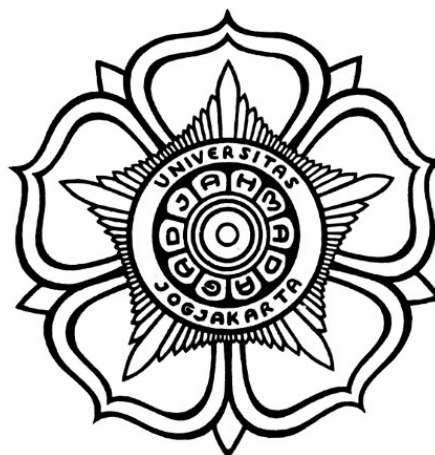
2017

SKRIPSI

**PERAMALAN NILAI TUKAR RUPIAH TERHADAP DOLAR DENGAN
METODE AA**

***FORECASTING OF RUPIAH EXCHANGE RATE TO DOLLARS WITH AA
METHOD***

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh derajat
Sarjana Sains Matematika



BUNGA MELATI HARUM
10/123456/PA/12345

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA**

2017

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

PERAMALAN NILAI TUKAR RUPIAH TERHADAP DOLAR DENGAN METODE AA

Telah dipersiapkan dan disusun oleh

BUNGA MELATI HARUM
10/123456/PA/12345

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 30 Februari 2017

Susunan Tim Penguji

Alice, Ph.D.
Pembimbing

Bob, M.Sc.
Ketua Penguji

Eve, Ph.D.
Anggota Penguji

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 30 Februari 2017

Bunga Melati Harum

DAFTAR ISI

Halaman Judul	ii
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Pernyataan	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Synthesis / Discussion	5
2.1.1 Asumsi perilaku lawan apa saja yang digunakan dalam <i>opponent modelling</i> untuk <i>Repeated Games</i> ?	5
2.1.2 Pendekatan metodologis apa saja dalam <i>opponent modelling</i> yang telah diterapkan pada <i>Repeated Games</i> ?	7
2.1.3 Bagaimana efektivitas strategi <i>opponent modelling</i> dievaluasi dalam <i>Repeated Games</i> ?	9
2.2 Kesimpulan	11
III LANDASAN TEORI	13
IV ANALISIS DAN PERANCANGAN	14
V HASIL DAN PEMBAHASAN	15

VI KESIMPULAN DAN SARAN	16
DAFTAR PUSTAKA	17
LAMPIRAN	18

DAFTAR TABEL

2.1	Asumsi perilaku lawan berdasarkan dependensi perilaku yang dapat diamati.	6
2.2	Perbandingan pendekatan <i>opponent modelling</i> berdasarkan paradigma pemodelan dominan dan mekanisme pembelajaran.	8
2.3	Lingkungan evaluasi dan metrik dalam penelitian	10

DAFTAR GAMBAR

Cooperation and conflict are fundamental features of interaction in human societies, biological systems, and artificial-agent environments, where agents repeatedly face strategic trade-offs between short-term self-interest and long-term collective outcomes. Opponent modelling plays a central role in such settings by enabling agents to infer, anticipate, and adapt to the behavior of others, with applications ranging from negotiation and market interactions to multi-agent artificial intelligence systems. This literature review synthesizes prior work on opponent modelling in repeated strategic games, using the Iterated Prisoner’s Dilemma as a canonical instantiation of repeated social dilemmas rather than as a restrictive domain. The review analyzes existing approaches along three dimensions: assumptions about opponent behavior, opponent-modelling methodologies, and evaluation practices. The surveyed literature exhibits substantial diversity in opponent behavior assumptions, including stationary, reactive, learning-based, and population-mediated opponents, often embedded implicitly within experimental setups. Methodologically, approaches span gradient-based learning, deep reinforcement learning, recursive belief reasoning, evolutionary dynamics, and system identification. Evaluation practices predominantly emphasize outcome-based metrics such as cooperation rate, average payoff, and equilibrium-related measures. While informative for long-horizon performance, these metrics are typically applied under unconstrained interaction horizons, limiting insight into the efficiency and timeliness of opponent identification and adaptation. This review highlights a structural gap in existing evaluations and underscores the need for horizon-aware assessment frameworks that better reflect the constraints of real-world repeated interactions.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dalam beberapa dekade terakhir menunjukkan peningkatan signifikan, khususnya pada metode pembelajaran mesin dan pembelajaran penguatan (reinforcement learning). Sistem AI semakin banyak digunakan untuk mengambil keputusan secara otonom dalam lingkungan yang dinamis dan interaktif. Salah satu konteks yang sering digunakan untuk mempelajari pengambilan keputusan strategis adalah permainan berulang (iterated games), seperti *Iterated Prisoner's Dilemma* (IPD). IPD menyediakan kerangka formal yang sederhana namun kaya untuk menganalisis perilaku kooperatif, kompetitif, dan adaptif antar agen.

Dalam skenario IPD, performa suatu agen sangat dipengaruhi oleh kemampuannya memahami dan memprediksi perilaku lawan. Oleh karena itu, pemodelan lawan (opponent modelling) menjadi komponen penting dalam perancangan agen cerdas. Pemodelan lawan bertujuan untuk membangun representasi atau estimasi kebijakan lawan berdasarkan riwayat interaksi, sehingga agen dapat menyesuaikan strateginya secara adaptif. Berbagai pendekatan telah diusulkan, mulai dari model probabilistik sederhana hingga model berbasis pembelajaran mesin dan jaringan saraf.

Namun, banyak pendekatan pemodelan lawan modern bersifat *black-box*, sehingga sulit untuk dipahami, dianalisis, dan dipercaya. Kurangnya transparansi ini menjadi permasalahan tersendiri, terutama ketika model digunakan untuk tujuan analisis ilmiah atau pengambilan keputusan yang membutuhkan justifikasi. Hal ini mendorong berkembangnya bidang *Explainable Artificial Intelligence* (XAI), yang berfokus pada pengembangan model dan metode yang tidak hanya akurat, tetapi juga dapat dijelaskan.

Salah satu model yang berpotensi digunakan dalam pemodelan lawan yang relatif lebih terstruktur adalah *Nonlinear AutoRegressive with eXogenous input* (NARX). Model NARX memanfaatkan hubungan temporal antara keluaran masa lalu dan masukan eksternal (eksogen) untuk memprediksi keluaran di masa depan. Dalam konteks IPD, tindakan lawan pada langkah sebelumnya dapat dipandang sebagai sinyal temporal, sementara tindakan agen sendiri dapat diperlakukan sebagai masukan

eksogen. Struktur ini membuka peluang untuk melakukan analisis kausal dan interpretasi terhadap pengaruh riwayat interaksi terhadap prediksi perilaku lawan.

Selain isu keterjelasan, pemodelan lawan dalam IPD juga menghadapi keterbatasan praktis, seperti horizon interaksi yang terbatas. Dalam banyak studi teoretis, agen diasumsikan berinteraksi dalam horizon tak terbatas, sementara dalam praktik (dan eksperimen), jumlah iterasi sering kali dibatasi. Keterbatasan horizon ini memengaruhi kualitas pembelajaran, kemampuan generalisasi model, serta evaluasi kinerja pemodelan lawan. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang secara eksplisit mempertimbangkan keterbatasan horizon dalam perancangan dan evaluasi model.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan model NARX untuk pemodelan lawan pada permainan Iterated Prisoner's Dilemma dengan horizon terbatas, serta menganalisis aspek keterjelasan (explainability) dari model yang dihasilkan. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam memahami trade-off antara performa prediksi, keterbatasan interaksi, dan keterjelasan model dalam konteks pemodelan lawan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang model pemodelan lawan pada Iterated Prisoner's Dilemma menggunakan pendekatan NARX dengan horizon interaksi terbatas?
2. Sejauh mana model NARX mampu memprediksi perilaku lawan secara akurat dalam kondisi horizon terbatas?
3. Bagaimana aspek keterjelasan (explainability) dari model NARX dapat dianalisis dan disajikan dalam konteks pemodelan lawan?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan ketercapaian penelitian, batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

- Lingkungan yang digunakan adalah permainan Iterated Prisoner's Dilemma dua pemain.

- Pemodelan lawan dilakukan dari sudut pandang satu agen terhadap satu lawan.
- Horizon interaksi dibatasi pada jumlah iterasi tertentu yang telah ditetapkan dalam eksperimen.
- Model yang digunakan untuk pemodelan lawan dibatasi pada pendekatan NARX.
- Evaluasi keterjelasan model dilakukan tanpa melibatkan subjek manusia secara langsung.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan model NARX untuk pemodelan lawan pada Iterated Prisoner's Dilemma dengan horizon terbatas.
2. Mengevaluasi kinerja prediksi model NARX terhadap perilaku lawan.
3. Menganalisis dan menyajikan aspek keterjelasan model NARX dalam konteks pemodelan lawan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

- Memberikan kontribusi akademik dalam kajian pemodelan lawan dan explainable AI pada permainan berulang.
- Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang mengkaji pemodelan lawan dengan keterbatasan interaksi.
- Memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai penggunaan model NARX sebagai alternatif model yang lebih dapat dijelaskan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

- Bab I Pendahuluan, berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.
- Bab II Tinjauan Pustaka, membahas penelitian-penelitian terkait yang relevan dengan topik pemodelan lawan, Iterated Prisoner's Dilemma, dan explainable AI.
- Bab III Landasan Teori, menjelaskan konsep dan teori yang mendasari penelitian, termasuk IPD, pemodelan lawan, dan model NARX.
- Bab IV Analisis dan Perancangan, memaparkan analisis masalah serta perancangan sistem dan metode yang digunakan.
- Bab V Hasil dan Pembahasan, menyajikan hasil eksperimen dan pembahasan terhadap temuan penelitian.
- Bab VI Kesimpulan dan Saran, berisi kesimpulan penelitian serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Synthesis / Discussion

Bagian ini mengintegrasikan temuan dari berbagai perspektif analitis untuk mengidentifikasi keterbatasan serta merumuskan celah penelitian. Meskipun sejumlah atribut diekstraksi dari studi-studi yang disertakan, hanya dimensi yang bersifat diskriminatif secara metodologis yang digunakan untuk perbandingan langsung; atribut lingkungan dan evaluasi dirangkum secara terpisah.

2.1.1 Asumsi perilaku lawan apa saja yang digunakan dalam *opponent modeling* untuk *Repeated Games*?

Untuk mengoperasionalkan asumsi perilaku lawan pada lingkup yang variatif, tinjauan ini merangkum properti perilaku yang dapat diamati. Tabel 2.1 menyajikan kategorisasi deskriptif berdasarkan apakah aksi lawan (i) bergantung pada kondisi lingkungan, (ii) dimediasi oleh interaksi pada tingkat populasi, (iii) merespons secara langsung aksi agen, dan (iv) menunjukkan divergensi aksi pada riwayat interaksi terkini yang ekuivalen. Kriteria-kriteria ini berorientasi pada perilaku dan dievaluasi pada tingkat riwayat interaksi (*interaction traces*), tanpa mengasumsikan adanya akses terhadap model internal lawan, aturan pembaruan, maupun tujuan optimisasi yang digunakan.

Kategorisasi ini tidak dimaksudkan sebagai taksonomi formal atau komprehensif dari metode *opponent modelling*. Sebaliknya, kategorisasi ini berfungsi sebagai alat analitis untuk mendukung perbandingan lintas studi yang mengadopsi pengaturan permainan, paradigma pembelajaran, dan abstraksi pemodelan yang berbeda. Dalam kasus di mana sebuah studi tidak mendefinisikan asumsi lawan secara eksplisit, klasifikasi diturunkan secara konservatif dari pengaturan eksperimen dan dinamika interaksi di dalam studi.

Sejumlah pola yang konsisten muncul dari kategorisasi perilaku pada Tabel 2.1. Sebagian besar studi terkini memodelkan lawan yang aksinya secara eksplisit responsif terhadap agen dan menunjukkan divergensi aksi [qiao_o2m_2024](#); [zhu_evolutionary_2025](#); [lv_inducing_2023](#); [di_coupling_2023](#); [perera_learning_2025](#); [li_exploiting_2025](#); [freire_modeling_2023](#); [hu_modeling_2023](#); [wang_achieving_2019](#); [de_weerd_higher-order_202](#)

Tabel 2.1 Asumsi perilaku lawan berdasarkan dependensi perilaku yang dapat diamati.

Env.	Pop.	Agent	Div.	Kategori Perilaku Lawan	Ref.
—	—	✓	—	Reactive	jin_achieving_2025
—	✓	—	—	Population-Conformist	gomez_grounded_2025
—	✓	✓	—	Contextual Reactive	elhamer_effects_2020
—	—	✓	✓	Learning Opponent	qiao_o2m_2024; lv_inducing_2023; li_exploiting_2025; freire_modeling_2023; hu_modeling_2023; wang_achieving_2019; de_weerd_higher-order_2022
—	✓	✓	✓	Population-Contextual Strategic	perera_learning_2025
✓	✓	—	✓	Heterogeneous Collective Behavior	zhu_evolutionary_2025
✓	✓	✓	✓	Environment-Conditioned Strategic	di_coupling_2023

Catatan:

Env. — perilaku bervariasi lintas lingkungan dalam permainan yang sama;

Pop. — perilaku dimediasi oleh interaksi tingkat populasi;

Agent — perilaku merespons secara langsung aksi agen;

Div. — divergensi aksi terjadi pada riwayat interaksi terkini yang ekuivalen.

Tanda centang menunjukkan adanya dependensi.

yang mengindikasikan asumsi adanya pembelajaran atau adaptasi strategis. Hal ini mencerminkan meningkatnya penekanan riset pada ketahanan terhadap lawan yang tidak tetap strateginya dan adaptif, dibandingkan optimisasi terhadap strategi yang tetap.

Selain itu, perilaku yang dimediasi oleh populasi terutama dalam studi-studi pada lingkungan evolusioner atau berbasis jaringan, di mana aksi lawan dibentuk secara tidak langsung melalui dinamika agregat [zhu_evolutionary_2025](#); [gomez_grounded_2025](#); [di_coupling_2023](#); [perera_learning_2025](#); [elhamer_effects_2020](#). Pengaturan semacam ini sering kali memisahkan responsivitas agen individual dari perubahan pada tingkat populasi, sehingga menghasilkan pola perilaku yang berbeda secara kualitatif dibandingkan dengan skenario pembelajaran berpasangan. Secara khusus, hanya sebagian kecil karya yang mengombinasikan perilaku yang bergantung pada lingkungan, dimediasi populasi, dan responsif terhadap agen secara simultan [di_coupling_2023](#), yang menunjukkan bahwa lawan strategis yang sepenuhnya terkondisi oleh konteks masih relatif kurang dieksplorasi.

2.1.2 Pendekatan metodologis apa saja dalam *opponent modelling* yang telah diterapkan pada *Repeated Games*?

Distribusi asumsi perilaku lawan pada Tabel 2.1 merefleksikan pergeseran metodologis yang lebih luas dalam riset *opponent modelling*, dari asumsi yang terkontrol dan tetap strateginya menuju lawan yang kaya secara perilaku, adaptif, dan heterogen. Meskipun karakterisasi tersebut menyoroti sifat lawan yang dipertimbangkan, pendekatan ini belum menangkap bagaimana agen dirancang untuk menghadapi kompleksitas tersebut. Oleh karena itu, pada Tabel 2.2 penelitian-penelitian terdahulu direorganisasi dari perspektif pemodelan di sisi agen, dengan mengelompokkan pendekatan berdasarkan paradigma *opponent modelling* yang dominan serta mekanisme pembelajaran yang menyertainya.

Tabel 2.2 mengelompokkan karya-karya terdahulu berdasarkan paradigma pemodelan dan mekanisme pembelajaran. Pendekatan-pendekatan tersebut juga berbeda dalam hal apakah adaptasi terhadap lawan ditangani secara eksplisit atau implisit. Pendekatan *opponent modelling* yang eksplisit, seperti *gradient-based opponent shaping* [qiao_o2m_2024](#); [hu_modeling_2023](#); [wang_achieving_2019](#), *recursive belief reasoning* [freire_modeling_2023](#); [de_weerd_higher-order_2022](#), dan *system identification* [li_exploiting_2025](#), membangun representasi internal terhadap peri-

Tabel 2.2 Perbandingan pendekatan *opponent modelling* berdasarkan paradigma pemodelan dominan dan mekanisme pembelajaran.

Paradigma Pemodelan	Mekanisme Pembelajaran / Pembaruan	Makalah
Reactive reinforcement learning	RL berbasis nilai (DQN)	lv_inducing_2023
Gradient-based opponent shaping	<i>Gradient descent</i> / pembaruan sadar lawan	qiao_o2m_2024; hu_modeling_2023; wang_achieving_2019
Recursive belief reasoning	Pembaruan keyakinan Bayesian / <i>cognitive hierarchy</i>	freire_modeling_2023; de_weerd_higher-order_20
Population-based training	<i>Policy-gradient</i> MARL (sampling populasi)	perera_learning_2025
Evolutionary population dynamics	Imitasi strategi berbasis <i>fitness</i>	zhu_evolutionary_2025; di_coupling_2023; elhamer_effects_2020
Bandit-based learning-in-games	<i>Multi-armed bandit</i> / <i>smooth best response</i>	gomez_grounded_2025
System identification	Model autoregresif dengan input eksogen (NARX)	li_exploiting_2025
Communication-driven coordination	<i>Policy-gradient</i> dengan objektif komunikasi	jin_achieving_2025

laku lawan. Sebaliknya, pendekatan implisit termasuk *reactive reinforcement learning* **lv_inducing_2023**, *population-based training* **perera_learning_2025**, dinamika evolusioner **zhu_evolutionary_2025**; **di_coupling_2023**; **elhamer_effects_2020**, serta *bandit-based learning-in-games* **gomez_grounded_2025**, beradaptasi tanpa mempertahankan model lawan yang eksplisit. Perbedaan ini menyoroti filosofi perancangan alternatif dalam menghadapi ketidak-tetapan perilaku lawan.

2.1.3 Bagaimana efektivitas strategi opponent modelling dievaluasi dalam *Repeated Games*?

Pilihan evaluasi secara implisit mendefinisikan apa yang dianggap sebagai keberhasilan dalam interaksi multi-agent yang adaptif, seperti hasil kerja sama, ketahanan terhadap eksploitasi, stabilitas perilaku, atau akurasi prediksi. Tabel 2.3 menyajikan hasil deskriptif mengenai lingkungan evaluasi dan metrik yang digunakan dalam penelitian-penelitian sebelumnya, dengan tujuan memungkinkan perbandingan lintas studi serta menyoroti pola evaluasi yang berulang maupun aspek-aspek yang masih terabaikan, bukan untuk standarisasi atau peneringkatan kriteria.

Tabel 2.3 menunjukkan adanya konsentrasi yang kuat pada praktik evaluasi berbasis keluaran kinerja agregat, khususnya tingkat kerja sama **di_coupling_2023**; **elhamer_effects_2020**; **wang_achieving_2019**; **jin_achieving_2025**, payoff rata-rata **lv_inducing_2023**; **perera_learning_2025**; **li_exploiting_2025**; **wang_achieving_2019**; **de_weerd_higher-order_2022**, serta konvergensi menuju equilibrium **gomez_grounded_2025**; **hu_modeling_2023**; **jin_achieving_2025**. Metrik-metrik ini lebih sesuai untuk skenario interaksi berulang jangka panjang, di mana kerugian eksplorasi pada tahap awal dapat diabaikan seiring waktu dan pola perilaku yang stabil pada akhirnya muncul.

Namun demikian, perhatian terhadap kendala interaksi relatif masih terbatas, seperti panjang permainan yang pendek, biaya pembelajaran yang terbatas, atau biaya peluang yang timbul selama proses pengecekan mendalam terhadap lawan. Bahkan ketika lawan tidak tetap atau adaptif dipertimbangkan, evaluasi umumnya dilakukan dalam kondisi yang mengasumsikan interaksi berkepanjangan **qiao_o2m_2024**, dan kinerja dinilai setelah proses konvergensi, bukan selama fase pembelajaran berlangsung.

Akibatnya, evaluasi yang ada cenderung kurang merepresentasikan skenario di mana eksplorasi bersifat mahal, salah koordinasi tidak dapat dipulihkan, atau keputusan awal sangat berpengaruh pada hasil akhir. Kesenjangan ini sangat relevan

Tabel 2.3 Lingkungan evaluasi dan metrik dalam penelitian

Ref.	Lingkungan Evaluasi	Metrik
qiao_o2m_2024	Self-play simetris	MSE selama pelatihan offline; akurasi memori laten
zhu_evolutionary_2025	Jaringan scale-free dengan strategi zero-determinant	Frekuensi kerja sama (C) dan eksploitasi (E)
lv_inducing_2023	Opponent adaptif (dirata-ratakan pada beberapa opponent)	Nilai reward
gomez_grounded_2025	Simulator teamwork-game khusus (aggregative public good games); eksperimen sintetis	Produktivitas tim agregat; uji kecocokan χ^2 terhadap equilibrium; konvergensi ke Nash equilibrium; kontribusi individu
di_coupling_2023	Simulator evolutionary game pada jaringan terstruktur	Tingkat kerja sama; fraksi kooperator; ambang fase transisi
perera_learning_2025	Repeated matrix games dengan populasi opponent sintetis	Payoff rata-rata; tingkat kerja sama; robustness terhadap himpunan opponent; generalisasi
li_exploiting_2025	Repeated zero-sum games melawan Hedge, OMD, dan Regret Matching	Galat prediksi; payoff kumulatif; robustness terhadap non-stationarity
freire_modeling_2023	Repeated matrix games; simulasi robotik embodied waktu-kontinu	Efektivitas; stabilitas; akurasi prediksi
hu_modeling_2023	Simulasi repeated matrix game	Payoff rata-rata; kecepatan konvergensi; pemilihan equilibrium
elhamer_effects_2020	Simulasi continuous-space skala besar (FLAME GPU)	Tingkat kerja sama; ukuran dan jumlah klaster kooperatif; kecepatan agen; stabilitas klaster
wang_achieving_2019	Lingkungan SPD 2D khusus (Fruit Gathering; Apple–Pear games)	Reward individu rata-rata; total kesejahteraan sosial; akurasi deteksi derajat kerja sama
jin_achieving_2025	Benchmark MAPI	Return ternormalisasi;

dalam konteks *opponent modelling* secara *online* atau langsung, di mana identifikasi perilaku lawan secara mendalam memerlukan intervensi melalui aksi, tetapi biaya dari intervensi tersebut jarang dianggap sebagai dimensi evaluasi tersendiri. Oleh karena itu, metrik yang digunakan saat ini masih memberikan wawasan yang terbatas mengenai seberapa efisien agen menyeimbangkan identifikasi lawan dengan kinerja langsung dalam pengaturan interaksi yang terbatas.

2.2 Kesimpulan

Tinjauan ini mensintesis literatur *opponent modelling* dalam interaksi strategis berulang dengan mengkaji bagaimana perilaku lawan diasumsikan, bagaimana perilaku tersebut dimodelkan, serta bagaimana efektivitas pemodelannya dievaluasi, dengan fokus utama pada pengaturan dilema sosial yang umumnya diwujudkan melalui Iterated Prisoner's Dilemma. Analisis menunjukkan adanya keragaman yang signifikan dalam asumsi perilaku lawan, mulai dari lawan yang reaktif hingga dinamika yang adaptif dan dimediasi oleh populasi. Meskipun banyak penelitian secara implisit mempertimbangkan ketidak-tetapan yang muncul akibat dinamika pembelajaran atau keterkaitan dengan lingkungan, asumsi-asumsi tersebut sering kali tertanam dalam desain eksperimen dan tidak dinyatakan secara eksplisit. Akibatnya, pendekatan pemodelan yang secara metodologis tampak serupa dapat beroperasi di bawah asumsi perilaku lawan yang secara fundamental berbeda, sehingga menyulitkan perbandingan langsung antar penelitian.

Dalam literatur yang ditinjau, beragam metodologi pemodelan telah digunakan, mencerminkan perbedaan pandangan mengenai tingkat abstraksi yang tepat untuk merepresentasikan lawan yang adaptif. Praktik evaluasi didominasi oleh metrik berbasis hasil, seperti tingkat kerja sama, hasil rata-rata, dan konvergensi menuju equilibrium. Metrik-metrik ini efektif untuk menilai kinerja dan stabilitas dalam jangka interaksi panjang, tetapi umumnya diterapkan pada pengaturan di mana jangka interaksi tidak dibatasi atau cukup panjang untuk mengabaikan biaya eksplorasi. Oleh karena itu, meskipun identifikasi dan adaptasi terhadap lawan merupakan motivasi utama dari *opponent modelling*, perhatian terhadap efisiensi dan ketepatan saat proses identifikasi tersebut dalam jangka interaksi yang terbatas masih relatif minim. Temuan ini menyoroti peluang bagi penelitian selanjutnya untuk mengkaji efektivitas *opponent modelling* dalam proses *online* atau langsung, di mana kesempatan interaksi terbatas, eksplorasi bersifat mahal, dan adaptasi pada tahap awal menjadi faktor yang

krusial.

BAB III
LANDASAN TEORI

BAB IV

ANALISIS DAN PERANCANGAN

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN