

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

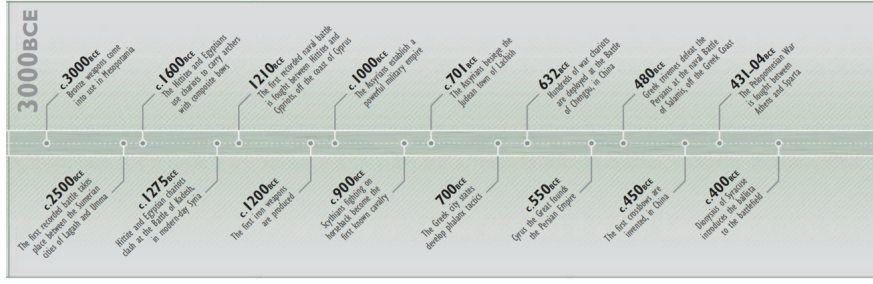
Teori *No Free Lunch* (NFL) [2] menyebutkan bahwa tidak ada algoritma optimasi, termasuk algoritma *metaheuristic* yang dapat memberikan solusi optimum untuk semua jenis problem optimasi. Masing-masing algoritma memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Jika suatu algoritma bagus untuk menyelesaikan satu jenis problem, maka untuk jenis problem yang lain akan ada algoritma yang lebih baik. Sampai saat ini belum ada yang sepenuhnya mampu untuk membuktikan bahwa teori tersebut tidak valid. Belum ada satu pun algoritma yang dapat menyelesaikan semua jenis problem dengan optimal, meskipun sejak diterbitkannya teori NFL (tahun 1997) sampai tahun 2022 telah terjadi peningkatan kemampuan algoritma optimasi menjadi lebih baik.

Dua parameter utama yang mempengaruhi performa suatu algoritma adalah stabilitas dan skalabilitas [3, 4]. Algoritma yang memiliki stabilitas baik akan mampu menjaga konsistensi dalam mendapatkan solusi berkualitas tinggi [5]. Stabilitas algoritma didapatkan jika algoritma tersebut dapat menyeimbangkan proses eksplorasi dan eksploitasi [6], berhasil melakukan *parameter tuning* [7], atau mampu beradaptasi dengan baik terhadap perubahan problem [8].

Sementara itu, algoritma yang memiliki skalabilitas yang baik akan mampu menyelesaikan problem dengan dimensi yang besar. Hal ini terkait dengan *computing time* [5]. Ketika dimensi dari problem meningkat, *Curse of Dimensionality* (CoD) dapat terjadi [9]. CoD terjadi karena peningkatan dimensi problem yang bersifat linier dapat menyebabkan *computing time* meningkat secara eksponensial. Hal ini menyebabkan pada suatu titik dimensi tertentu solusi optimum tidak dapat dihasilkan karena *computing time* yang terlalu tinggi. Dengan demikian, maka skalabilitas suatu algoritma menjadi terbatas karena hanya mampu menyelesaikan suatu problem optimasi sampai dimensi tertentu.

Sebagian besar algoritma *metaheuristic* terinspirasi (mengambil metafora) dari kejadian yang ada di alam, perilaku manusia, perilaku hewan, dan lain-lain yang sering disebut sebagai *nature-inspired algorithm* atau *metaphor-based algorithm* [10]. Kejadian-kejadian tersebut diambil sebagai inspirasi dikarenakan adanya kemiripan antara prosesnya dengan proses pencarian nilai optimal dalam algoritma optimasi. Sayang sekali, dari semua metafora yang ada, sampai saat ini hampir tidak ada yang mengambil inspirasi dari strategi perang atau taktik pertempuran. Saat ini baru ada satu algoritma yang mengambil inspirasi dari taktik/ strategi perang, yaitu *War Strategy Optimization Algorithm* (WSO) [11]. Mengingat bahwa peperangan telah ada sejak lama (dengan perang yang pertama tercatat terjadi pada 3000 tahun Sebelum Masehi (SM) [1]), sebetulnya perang dapat lebih banyak menginspirasi algoritma *metaheuristic*, karena selama 5.000 tahun, strategi perang telah berkembang dan mengalami banyak peningkatan (Gambar 1.1).

Dalam beberapa aspek, perang memiliki kemiripan dengan algoritma optimasi. Dalam perang/ pertempuran terdapat proses mengejar posisi musuh yang dapat dianalogikan dengan pencarian titik optimum dalam algoritma optimasi. Pola pergerakan pasukan dalam perang/ pertempuran memiliki pola eksplorasi (ketika mencari posisi lawan) dan eksploitasi (ketika menyerang lawan untuk mengalahkan). Dalam algoritma optimasi, dua pergerakan tersebut (eksplorasi dan eksploitasi) merupakan komponen utama dalam mencari titik optimum. Proses pertempuran antara dua pihak juga dapat dianalogikan dengan proses pencarian titik optimum antara dua pasukan yang berlawanan. Dengan masing-masing pasukan memiliki kemampuan untuk melakukan eksplorasi dan eksploitasi. Dengan demikian keseimbangan



Gambar 1.1: Sejarah perang sejak awal tercatat [1]

gan antara proses eksploitasi dan proses eksplorasi dapat dijaga. Hal ini penting untuk dilakukan karena salah satu kunci utama dari algoritma *metaheuristic* yang baik adalah keseimbangan antara proses eksploitasi dan eksplorasi [12]. Keseimbangan antara dua kelompok populasi ini belum pernah digunakan oleh algoritma-algoritma *metaheuristic* yang ada. Algoritma yang menggunakan dua kelompok populasi selama ini selalu menempatkan satu populasi sebagai pihak yang kuat (untuk melakukan eksploitasi) dan pihak kedua menjadi pihak yang lemah (untuk melakukan eksplorasi). Salah satu contoh algoritma tersebut adalah *Marine Predator Algorithm* (MPA) yang menggunakan dua kelompok populasi: *predator* dan *prey*. *Predator* melakukan eksploitasi, sedangkan *prey* melakukan eksplorasi.

Tabel 1.1: Perbandingan fungsi perang dengan algoritma *metaheuristic*

Pasukan	Fungsi	Analogi
Kavaleri	Menyerang musuh dengan kecepatan tinggi	<i>high exploitation</i>
Infanteri	Menyerang musuh dengan kecepatan rendah	<i>medium exploitation</i>
Spy/Scout	Mencari posisi komandan musuh	<i>high exploration</i>

seperti yang dapat dilihat pada tabel 1.1, fungsi dan pola pergerakan pasukan dalam peperangan dapat dianalogikan ke dalam fungsi/hirarki dan pola pergerakan agen/anggota populasi dalam algoritma *metaheuristic*. Dengan membuat simulasi pertempuran antara dua pasukan yang sama-sama memiliki kekuatan dalam hal eksplorasi dan eksploitasi, serta kolaborasi antara keduanya, hal ini dapat membuat keseimbangan antara kedua proses tersebut dapat terjaga, dan hal ini belum pernah diterjemahkan ke dalam suatu metafora algoritma *metaheuristic*, sehingga merupakan suatu *novelty* atau kebaruan dalam bidang algoritma *metaheuristic*. Kemudian, dengan banyaknya variasi strategi/ taktik perang dan pertempuran, serta banyaknya pertempuran-pertempuran besar yang dapat disimulasikan, maka kemungkinan untuk mendapatkan suatu strategi algoritma *metaheuristic* yang optimal menjadi sangat terbuka.

1.2 Perumusan Masalah

Sampai saat ini belum ada algoritma yang mampu membantah teori NFL secara menyeluruh. Meskipun demikian, dari studi literatur dapat terlihat bahwa perkembangan ke arah itu telah didapatkan. Semakin lama semakin banyak problem optimasi yang dapat diselesaikan oleh algoritma yang semakin berkembang. Dengan stabilitas dan skalabilitas yang lebih baik, maka kualitas suatu algoritma akan meningkat dan akan semakin mendekati kemungkinan untuk membantah teori NFL. Dengan adanya kemiripan taktik pertempuran dengan algoritma *metaheuristic* ditambah dengan perkembangan taktik pertempuran yang berevolusi selama lebih dari 5.000 tahun, maka hal ini memunculkan suatu pertanyaan yang diformulasikan menjadi sebuah *Research Question* pertama (RQ1).

RQ1: Bagaimana mengadopsi taktik atau simulasi pertempuran menjadi suatu algoritma optimasi yang memiliki stabilitas dan skalabilitas lebih baik dari algoritma yang ada?

Pertanyaan berikutnya yang muncul adalah jika ternyata algoritma tersebut ternyata memiliki stabilitas dan skalabilitas yang baik, apakah kemudian algoritma tersebut mampu mensolusikan suatu problem optimasi secara nyata, bukan hanya *benchmark function* sebagai validasi.

RQ2: Apakah algoritma yang dihasilkan mampu menyelesaikan suatu problem optimasi dunia nyata dengan performa yang baik?

1.3 Batasan Masalah

Agar fokus penelitian tetap terjaga dan memastikan hasil yang relevan dan terukur, maka perlu ditetapkan batasan-batasan pada penelitian ini. Batasan-batasan tersebut dibuat untuk menyelaraskan ruang lingkup penelitian dengan tujuannya, yaitu untuk mengusulkan suatu algoritma *metaheuristic* baru yang mengambil inspirasi dari taktik pertempuran, serta implementasi algoritma tersebut pada problem optimasi dunia nyata. Berikut adalah batasan-batasan dalam penelitian ini:

1. Perancangan algoritma dilakukan dengan melakukan simulasi pertempuran antara dua pasukan yang berbeda, dengan menggunakan taktik/ strategi yang berbeda.
2. Pengujian utama algoritma meliputi pengujian stabilitas, dan skalabilitas, dan dilakukan secara empiris melalui percobaan.
3. Implementasi untuk problem dunia nyata meliputi pemodelan dari problem dan pengujian secara empiris melalui percobaan.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang muncul pada perumusan masalah dengan rincian sebagai berikut:

1. Mengusulkan suatu algoritma *metaheuristic* baru dengan mengambil inspirasi dari taktik/ simulasi pertempuran.
2. Mengimplementasikan algoritma yang diusulkan ke dalam suatu problem optimasi dunia nyata beserta pembuatan model matematis dari problem optimasi tersebut jika diperlukan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dari sisi teoritik dan praktik.

Manfaat yang diharapkan muncul dari sisi teoritik:

1. Penelitian ini berkontribusi untuk menghasilkan suatu algoritma *metaheuristic* yang *novel* yang diharapkan dapat meningkatkan pemahaman yang lebih baik terhadap perancangan algoritma yang memiliki stabilitas dan skalabilitas yang baik.
2. Dengan keberhasilan penelitian ini dalam menghasilkan algoritma yang terinspirasi dari taktik/ simulasi pertempuran, diharapkan akan menjadi inspirasi untuk algoritma lain yang mengambil inspirasi dari taktik pertempuran lain yang mungkin lebih cocok untuk menyelesaikan suatu problem optimasi.

Manfaat yang diharapkan muncul dari sisi praktik:

1. Algoritma yang dihasilkan diharapkan mampu untuk menyelesaikan problem-problem optimasi yang bersifat *NP-hard* yang selama ini sulit untuk diselesaikan oleh algoritma lain.

1.6 Hipotesis Penelitian

Sesuai dengan pembahasan pada Latar Belakang dan Perumusan Masalah, maka hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Algoritma yang memiliki stabilitas dan skalabilitas yang baik akan mampu menyelesaikan lebih banyak jenis problem optimasi yang bersifat *NP-Hard*, sehingga dapat mematahkan teori NFL.

Premis 1:

Stabilitas dan skalabilitas adalah dua parameter utama yang mempengaruhi performa suatu algoritma [3, 4]. Algoritma yang memiliki stabilitas baik akan mampu menjaga konsistensi dalam

mendapatkan solusi berkualitas tinggi [5]. Sedangkan algoritma yang memiliki skalabilitas yang baik akan mampu mensolusikan problem-problem berdimensi tinggi. Dengan konsistensi untuk mendapatkan solusi berkualitas tinggi dan kemampuan untuk mensolusikan problem berdimensi tinggi, maka algoritma tersebut akan mampu mensolusikan lebih banyak jenis problem optimasi, dan pada akhirnya akan dapat membuat teori NFL menjadi berkurang validitasnya.

2. Dengan keseimbangan yang lebih baik antara eksplorasi dan eksploitasi akan didapatkan algoritma *metaheuristic* yang lebih baik dalam stabilitas dan skalabilitas.

Premis 2:

Stabilitas algoritma didapatkan jika algoritma tersebut dapat menyeimbangkan proses eksplorasi dan eksploitasi [6]. Dengan keseimbangan yang didapatkan, maka algoritma akan mampu stabil dalam mendapatkan solusi berkualitas tinggi. Keseimbangan tersebut juga akan meningkatkan kemampuan suatu algoritma dalam menghindari area optimum lokal, sehingga dapat membantu meningkatkan skalabilitas algoritma karena *computing time* yang diperlukan akan berkurang secara signifikan.

3. Dengan membuat dua kelompok populasi berbeda yang memiliki fungsi yang berbeda seperti pada simulasi pertempuran, akan membuat suatu algoritma *metaheuristic* dapat menyeimbangkan antara eksplorasi dan eksploitasi.

Premis 3:

Dengan membagi populasi menjadi beberapa kelompok/ hirarki yang berbeda dan memiliki tugas berbeda dapat membuat algoritma memiliki keseimbangan antara eksplorasi dan eksploitasi [13, 14]. Pertempuran terdiri dari dua kelompok berbeda yang masing-masing memiliki hirarki dengan peran berbeda-beda [15]. Setiap pasukan dalam suatu pertempuran menggunakan taktik pertempuran, dan taktik pertempuran telah berkembang dan berevolusi menjadi semakin matang selama 5.000 tahun.

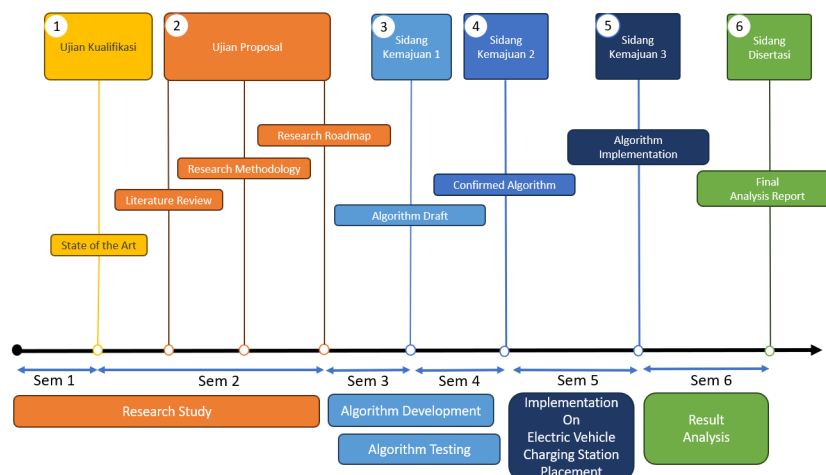
1.7 Kontribusi Penelitian

Penelitian ini menghasilkan kontribusi sebagai berikut:

1. Satu algoritma *metaheuristic* yang *novel* yang terinspirasi dari taktik/ simulasi pertempuran.
2. Satu model matematis untuk mensolusikan problem penempatan *charging station* berdasarkan kapasitas populasi.

1.8 Peta Jalan Penelitian

Sesuai dengan metodologi penelitian yang telah disusun sebelumnya, peta jalan penelitian dapat dilihat pada gambar 1.2 berikut:



Gambar 1.2: Peta Jalan Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dalam durasi enam semester dalam tiga tahapan besar:

- Tahap 1 - *Research Study* : *Research Study* dilaksanakan pada semester satu dan dua sebagai tahapan persiapan penelitian. Dalam tahap ini dilakukan studi literatur tersistematis untuk mempelajari lebih dalam tentang topik yang terkait. Luaran dari tahap ini adalah *State of the Art*, Studi Literatur, Metodologi Penelitian, dan Peta Jalan Penelitian.
- Tahap 2 - Pengembangan dan Pengujian Algoritma : Berdasarkan hasil *research study* pada tahap pertama kemudian dilakukan pengembangan algoritma beserta pengujiannya. Proses ini dilaksanakan pada semester tiga dan empat. Luaran akhir dari tahap ini adalah algoritma yang sudah teruji.
- Tahap 3 - Implementasi Algoritma dan Analisa Akhir : Setelah algoritma tervalidasi, pada semester lima direncanakan untuk membuat implementasi dari algoritma tersebut pada sebuah *real world case*. Dalam hal ini kasus optimasi yang dipilih adalah optimasi penempatan *charging station* kendaraan listrik berdasarkan kepadatan penduduk. Setelah itu, pada semester enam akan dilakukan analisa akhir keseluruhan yang menghasilkan buku disertasi.

1.9 Daftar Publikasi Penelitian Disertasi

Publikasi yang telah terbit dan sedang dalam proses terkait dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- **Dadang Setiawan, Suyanto Suyanto, Bayu Erfianto, Alfian Akbar Gozali.** "Battlefield Optimization Algorithm", *Expert Systems With Applications* (Q1, SJR 1,88), 2024.
Artikel ini membahas tentang perancangan algoritma *Battlefield Optimization Algorithm* yang mengambil inspirasi dari simulasi pertempuran, beserta pengujian secara empiris. Dalam pengujian dapat dibuktikan bahwa algoritma yang dihasilkan memiliki stabilitas dan skalabilitas yang sangat baik.
- **Dadang Setiawan, Suyanto Suyanto, Bayu Erfianto, Alfian Akbar Gozali.** "Battlefield Optimization Algorithm to Optimize Electric Vehicle Charging Station Placement", *Engineering Applications of Artificial Intelligence* (Q1, SJR 1,75), status: Submitted (27 Januari 2025).
Artikel ini membahas implementasi pada optimasi penempatan *charging station* kendaraan listrik, dengan mempertimbangkan kepadatan penduduk pada suatu area sebagai parameter utama.