

# Evaluasi Perbandingan Penggunaan Metode Heuristik Dan Algoritma Optimasi Dalam Menyelesaikan Masalah Kombinasi Pada Matematika Diskrit

Alfian Rahman Hadi<sup>1</sup>, Vera Mandalina<sup>2</sup>, Sirajuddin<sup>3</sup>, Syaharuddin<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program studi Pendidikan matematika, Universitas Muhammadiyah Mataram, Indonesia

[alfianrahmanhadi3@gmail.com](mailto:alfianrahmanhadi3@gmail.com)<sup>1</sup>, [vrmadailina@gmail.com](mailto:vrmadailina@gmail.com)<sup>2</sup>, [sirajuddin.ekhy@gmail.com](mailto:sirajuddin.ekhy@gmail.com)<sup>3</sup>,

[syaharuddin.ntb@gmail.com](mailto:syaharuddin.ntb@gmail.com)<sup>4</sup>

---

**Keywords:**

Heuristic methods,  
Optimization  
algorithms,  
Combinatorial problems,  
Discrete mathematics.

**Kata Kunci:**

Metode heuristic,  
Algoritma optimasi,  
Masalah kombinatorial,  
Matematika diskrit.

**Abstract:** This study aims to evaluate the comparison between heuristic methods and optimization algorithms in solving combinatorial problems in discrete mathematics. Employing a Systematic Literature Review approach, the research identifies the strengths, weaknesses, and optimal conditions under which each approach proves more effective. Literature search encompassed diverse academic databases, adhering strictly to inclusion criteria such as English-language primary research articles published between 2014 and 2024. Analysis reveals that heuristic methods, such as genetic algorithms, offer rapid solutions to complex issues like the Traveling Salesman Problem, albeit without guaranteeing optimal mathematical solutions. Conversely, optimization algorithms like Ant Colony Optimization demonstrate potential in enhancing efficiency for solving intricate problems. Consequently, this study contributes to understanding the effectiveness of both approaches in contemporary applications of discrete mathematics.

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perbandingan antara metode heuristik dan algoritma optimasi dalam menyelesaikan masalah kombinasi pada matematika diskrit. Melalui pendekatan Systematic Literature Review, penelitian ini mengidentifikasi kelebihan, kelemahan, serta kondisi optimal di mana masing-masing pendekatan lebih efektif. Pencarian literatur dilakukan di berbagai basis data akademik dengan kriteria inklusi yang ketat, termasuk artikel dalam bahasa Inggris yang menerapkan metodologi penelitian primer dan diterbitkan antara 2014 hingga 2024. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode heuristik, seperti algoritma genetik, mampu memberikan solusi cepat untuk masalah kompleks seperti Traveling Salesman Problem, meskipun tidak menjamin solusi optimal matematis. Di sisi lain, algoritma optimasi seperti Algoritma Koloni Semut menunjukkan potensi dalam meningkatkan efisiensi penyelesaian masalah yang rumit. Dengan demikian, studi ini memberikan kontribusi dalam pemahaman tentang efektivitas kedua pendekatan tersebut dalam konteks aplikasi matematika diskrit modern.

---

**Article History:**

Received: 19-08-2024

Online : 20-08-2024



This is an open access article under the **CC-BY-SA** license



## **A. LATAR BELAKANG**

Masalah kombinasi dalam matematika diskrit adalah studi yang mengkaji struktur dan hubungan antara objek-objek diskrit seperti himpunan, graf, dan permutasi (Yurinanda & Rozi, 2023). Sifat dasarnya sering melibatkan perhitungan atau penentuan jumlah cara yang mungkin untuk memilih, mengurutkan, atau mengelompokkan objek-objek tersebut berdasarkan aturan tertentu. Misalnya, kita dapat menghitung jumlah himpunan bagian dari suatu himpunan atau mencari permutasi unik dari sekelompok objek. Aplikasi masalah kombinasi mencakup optimisasi, perencanaan, dan jaringan (Maulana et al., 2024). Contoh penggunaannya termasuk optimisasi rute terpendek dalam jaringan transportasi, penjadwalan kegiatan untuk menghindari tumpang tindih waktu, dan alokasi sumber daya dalam jaringan komputer. Memahami sifat dasar dan aplikasi masalah kombinasi sangat penting untuk mengembangkan metode penyelesaian yang efisien dan efektif di berbagai bidang (Hanik et al., 2022).

Pentingnya menemukan solusi yang efisien dan optimal dalam menangani masalah kombinasi sangat penting dalam matematika diskrit (Putri & Rizal, 2023). Solusi yang efisien memungkinkan penyelesaian masalah dengan memanfaatkan sumber daya seperti waktu dan komputasi secara optimal (Reza, 2023). Tantangan utamanya adalah kompleksitas matematis dan jumlah kemungkinan solusi yang meningkat seiring dengan ukuran masalah (Hiryanto, M.Sc. et al., 2022). Misalnya, dalam optimisasi jaringan, mencari rute terpendek dapat melibatkan jutaan kombinasi rute. Pemodelan matematis yang akurat juga krusial karena memerlukan representasi yang tepat dari aturan dan keterbatasan masalah. Penelitian ini mendukung aplikasi praktis di berbagai bidang dan berkontribusi pada kemajuan teori matematika diskrit (Marwati et al., 2021).

Metode heuristik memiliki peran penting dalam penyelesaian masalah kombinasi dalam matematika diskrit. Sebagai pendekatan alternatif, heuristik digunakan untuk menemukan solusi secara cepat, meskipun tidak selalu optimal (Putri & Rizal, 2023). Pendekatan ini berbeda dengan algoritma optimasi yang secara eksplisit mencari solusi terbaik berdasarkan kriteria tertentu. Contoh umum metode heuristik adalah algoritma Greedy, yang memilih langkah terbaik pada setiap tahap penyelesaian masalah tanpa mempertimbangkan solusi global secara keseluruhan (Saktia Purnama et al., 2024). Metode heuristik lainnya meliputi pencarian tabu, simulated annealing, dan algoritma genetika, yang masing-masing memiliki pendekatan khusus dalam menghadapi kompleksitas masalah kombinasi (Gani & Away, 2016). Dalam konteks aplikatif, heuristik sering digunakan dalam optimisasi jadwal, pencarian rute terpendek dalam transportasi, dan penyelesaian masalah alokasi sumber daya dalam jaringan komputer. Meskipun tidak menjamin solusi optimal, penggunaan metode heuristik memberikan keuntungan signifikan dalam mempercepat proses penyelesaian masalah yang sulit dan kompleks dalam matematika diskrit (Rabiatul Adawiyah & Munifah, 2023).

Beberapa algoritma optimisasi telah diterapkan dalam menangani permasalahan matematika diskrit. Penelitian oleh (Saputro et al., 2015) dan (Cipta Hasibuan & -, 2016) menunjukkan pemanfaatan algoritma genetika untuk mencari solusi optimal dalam konteks penggunaan lahan pertanian dan masalah penjual keliling. Kedua algoritma ini bersifat heuristik dan mampu mengatasi masalah dengan banyak tujuan (multi-obyek). Sementara itu, (Juita & Issn, 2017) menyajikan survei komprehensif mengenai metode optimisasi, yang fokus utamanya adalah mencari solusi terbaik di antara berbagai kemungkinan. Penelitian oleh (Handayani et al., 2020) lebih mendalam mengenai aplikasi algoritma optimisasi untuk penjadwalan kursus, dengan menyoroiti efektivitas Simulated Annealing dan Algoritma Genetika dalam mencapai solusi optimal dengan cepat. Keseluruhan studi ini menggambarkan potensi algoritma genetika dan berbagai metode optimisasi lainnya dalam menyelesaikan permasalahan matematika diskrit.

Perbandingan antara metode heuristik dan algoritma optimisasi dalam menyelesaikan masalah kombinatorial mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan masing-masing pendekatan. Metode heuristik, seperti hyper-heuristics, terbukti efektif dalam menangani masalah optimisasi yang melintasi berbagai domain, namun memerlukan penyetelan parameter yang spesifik terhadap setiap domain masalah (Firdaus et al., 2021). Di sisi lain, algoritma optimisasi seperti Algoritma Evolusi mampu mengatasi peningkatan eksponensial kombinasi solusi dalam permasalahan seperti Traveling Salesman Problem, tetapi seringkali menghadapi tantangan

dalam mencapai konvergensi yang optimal (Ruswan Suwarman, 2021). Meskipun demikian, terkadang heuristik sederhana dapat lebih unggul dibandingkan algoritma optimisasi dalam hal kecepatan dan kualitas solusi, terutama dalam konteks situasi yang sensitif terhadap masalah (Iqbal et al., 2020). Oleh karena itu, pilihan antara metode heuristik dan algoritma optimisasi bergantung pada domain masalah spesifik serta perimbangan antara kualitas solusi yang dihasilkan dan efisiensi komputasional yang diperlukan.

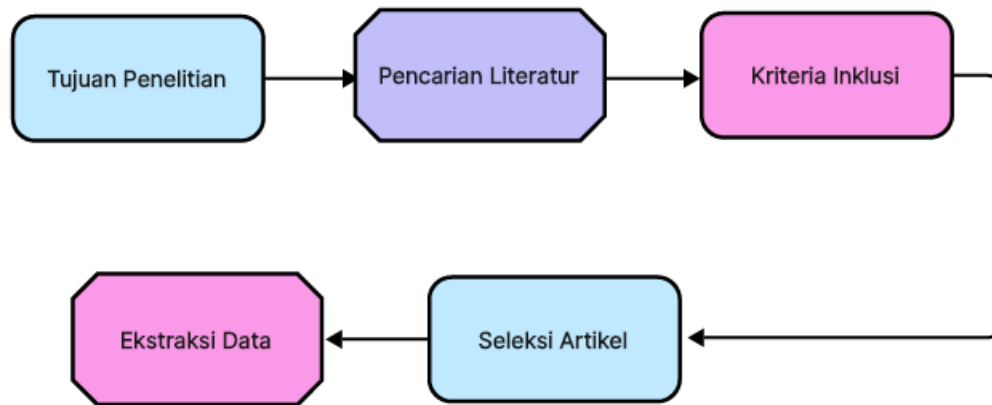
Penelitian sebelumnya telah menunjukkan keefektifan metode heuristik dan algoritma optimisasi dalam berbagai konteks penyelesaian masalah. (Syakina & Nurdiati, 2021) menemukan bahwa meskipun metode eksak memberikan solusi yang optimal, metode heuristik lebih efisien untuk menangani masalah yang berskala besar dan kompleks. (Ruswan Suwarman, 2021) lebih lanjut menunjukkan potensi algoritma evolusi dalam menyelesaikan masalah kompleks seperti Traveling Salesman Problem. Terakhir, (Handayani et al., 2020) mengidentifikasi pentingnya algoritma optimisasi dalam penjadwalan kursus, dengan merekomendasikan metode heuristik seperti Simulated Annealing dan Genetic Algorithm karena kecepatan dan kualitas solusi yang mereka tawarkan. Temuan-temuan ini secara kolektif mendukung penggunaan metode heuristik dan algoritma optimisasi untuk mengatasi kesenjangan pengetahuan dan perbedaan pendapat dalam literatur.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan dalam literatur mengenai perbandingan antara metode heuristik dan algoritma optimasi dalam menyelesaikan masalah kombinasi pada matematika diskrit. Meskipun beberapa penelitian sebelumnya telah menyoroti efektivitas kedua pendekatan ini, masih diperlukan pemahaman yang lebih mendalam tentang kondisi optimal di mana masing-masing pendekatan dapat diterapkan secara efisien. Tujuan utama penelitian ini adalah melakukan evaluasi komprehensif terhadap kelebihan dan kekurangan metode heuristik serta algoritma optimasi, dengan fokus pada pengelolaan masalah multi-obyek dan kompleksitas variasi permasalahan. Dengan pendekatan Systematic Literature Review, diharapkan dapat ditemukan kerangka kerja yang dapat memandu pemilihan metode yang paling sesuai dalam berbagai konteks penyelesaian masalah kombinasi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan solusi-solusi yang lebih efektif dan efisien dalam bidang matematika diskrit.

## **B. METODE**

Untuk artikel ini, penelitian menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan Systematic Literature Review untuk mengevaluasi perbandingan penggunaan metode heuristik dan algoritma optimasi dalam menyelesaikan masalah kombinasi pada matematika diskrit. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan masing-masing pendekatan serta kondisi optimal di mana satu metode lebih unggul daripada yang lain dalam konteks yang berbeda. Pencarian literatur dilakukan melalui basis data akademik seperti PubMed, IEEE Xplore, ScienceDirect, dan Google Scholar dengan menggunakan kata kunci seperti "heuristic methods", "optimization algorithms", "combinatorial problems", "discrete mathematics", dan varian kata kunci terkait lainnya. Kriteria inklusi untuk artikel penelitian meliputi penelitian yang secara spesifik membahas penggunaan metode heuristik dan algoritma optimasi dalam penyelesaian masalah kombinasi, terbitan dalam bahasa Inggris, artikel penelitian primer dengan metodologi yang jelas, dan publikasi dalam rentang waktu 2014 hingga 2024. Artikel yang tidak memenuhi kriteria ini akan dikecualikan.

Proses seleksi artikel dilakukan secara bertahap, dimulai dari evaluasi judul, abstrak, hingga pemeriksaan teks penuh untuk memastikan relevansi dengan tujuan penelitian dan kriteria inklusi yang telah ditetapkan. Data yang diekstraksi akan mencakup informasi tentang metode heuristik dan algoritma optimasi yang digunakan, konteks aplikasi dalam masalah kombinasi, serta hasil evaluasi dan kesimpulan dari setiap studi yang terpilih. Dengan pendekatan metodologi ini, diharapkan artikel dapat memberikan analisis mendalam yang memadai untuk mendukung pemahaman tentang perbandingan efektivitas kedua pendekatan tersebut dalam penyelesaian masalah matematika diskrit dari tahun 2014 hingga 2024.



**Gambar 1.** Flow Chart Prosedur Penelitian

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah analisis hasil-hasil penelitian yang telah disediakan, dikelompokkan berdasarkan bidang atau fokus penelitian. Studi-studi ini menyelidiki berbagai pendekatan dalam penyelesaian masalah kombinatorial, termasuk penggunaan metaheuristik seperti algoritma genetik, optimasi koloni semut, dan hyper-heuristik. Hasil penelitian juga menyoroti aplikasi praktis metode heuristik dalam berbagai konteks, seperti optimisasi jaringan kompleks, penjadwalan kursus universitas, dan masalah pencocokan titik. Selain itu, beberapa studi mengkaji potensi algoritma optimasi kuantum dalam mendekati solusi untuk masalah NP-optimization. Temuan-temuan ini memberikan wawasan penting tentang berbagai strategi yang digunakan dalam menangani tantangan optimisasi kombinatorial, serta pentingnya validasi dan pemilihan pendekatan yang sesuai dalam konteks domain masalah yang spesifik.

**Tabel 1.** Ringkasan Hasil Penelitian Metode Heuristik dan Algoritma Optimisasi dalam Optimisasi Kombinatorial

No	Bidang atau Fokus	Nama-nama Penulis yang se-Bidang	Insight atau Variabel Riset
1	Metaheuristik dalam optimisasi kombinatorial	Monteiro et al., Ouassam et al., Son et al., Zhao et al.	Penggunaan metode heuristik, termasuk algoritma genetik, untuk menangani masalah NP-lengkap seperti Traveling Salesman Problem (TSP) dan optimisasi portofolio. Heuristik efektif dalam mengurangi waktu komputasi dan memberikan solusi yang baik.
2	Hyper-heuristik dan penyesuaian parameter	Iqbal et al., Djunaidy et al., Firdaus et al.	Hyper-heuristik sebagai pendekatan umum dan efektif dalam optimisasi kombinatorial, mengatasi masalah penyesuaian parameter spesifik domain. Penelitian menyoroti peningkatan kinerja dengan menggunakan heuristik tingkat rendah dan pemilihan heuristik adaptif.
3	Aplikasi praktis metode heuristik	Putra, Nasution, Ruswan Suwarman, Panggabean, Limei	Penerapan heuristik dalam konteks praktis seperti optimisasi jaringan kompleks, Traveling Salesman Problem, hukum Hardy-Weinberg, dan Capacitated Vehicle Routing Problem. Heuristik terbukti efektif dalam memberikan solusi

			cepat dan ekonomis untuk masalah-masalah tersebut.
4	Algoritma optimasi kuantum	Bhavya & Elango, Sadhu et al.	Potensi algoritma optimasi kuantum dalam mendekati solusi NP-optimization, meskipun implementasi praktis masih terbatas.
5	Algoritma optimasi koloni semut	Watanabe et al., Tunc et al.	ACO sebagai algoritma yang efektif dalam masalah kompleks seperti manajemen sumber daya air dan TSP, memberikan solusi yang handal dengan inspirasi dari perilaku semut.
6	Perbandingan kinerja metode heuristik vs. optimasi	Panggabean, Iqbal et al., Santoso & Heryanto, Nugroho et al.	Algoritma genetik dan optimasi koloni semut menunjukkan keunggulan dalam beberapa domain dibandingkan dengan metode heuristik lainnya. Perlu pendekatan seimbang antara heuristik dan solver eksak dalam menyelesaikan optimisasi kombinatorial.
7	Pendidikan dan kecemasan matematika	Dosinaeng, Wahyuniar & Widyawati, Adhimah & Ekawati	Studi yang menyoroti keterbatasan siswa dalam kemampuan berpikir kritis dan efek kecemasan matematika terhadap penyelesaian masalah kombinatorial.

Setelah menganalisis hasil-hasil penelitian yang dikelompokkan berdasarkan bidang atau fokus penelitian, dapat disimpulkan bahwa berbagai metode heuristik dan algoritma optimisasi telah digunakan secara luas untuk menyelesaikan masalah optimisasi kombinatorial yang kompleks. Para peneliti telah mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan masing-masing pendekatan, menyoroti pentingnya adaptasi dan penyetelan parameter untuk mencapai solusi yang optimal dalam berbagai konteks. Temuan-temuan ini memberikan dasar bagi pengembangan strategi baru yang lebih efisien dan efektif dalam menangani tantangan optimisasi di berbagai bidang, dari teknik dan bisnis hingga sains dan pendidikan. Dengan demikian, pemahaman mendalam tentang aplikasi dan kinerja berbagai algoritma ini penting untuk terus memajukan kemampuan komputasi dalam menangani masalah optimisasi yang semakin kompleks di masa depan.

### 1. Karakteristik Metode Heuristik dalam Penyelesaian Masalah Kombinatorial

Metode heuristik dalam menyelesaikan masalah kombinatorial memiliki peran penting dalam mencari solusi yang efisien ketika pendekatan klasik tidak memadai karena kompleksitas masalah, ruang solusi yang luas, atau kendala waktu (Monteiro et al., 2022). Metode-metode ini, baik deterministik maupun stokastik, bertujuan untuk memberikan solusi yang memadai dengan cepat menggunakan aturan yang tidak formal untuk membatasi pencarian solusi dan mempercepat proses komputasi (Ouassam et al., 2021). Heuristik sangat berharga terutama untuk masalah yang NP-lengkap seperti Traveling Salesman Problem, di mana mencari solusi yang optimal secara eksak tidak praktis karena batasan sumber daya komputasi (Son et al., 2023). Selain itu, metode heuristik seperti algoritma genetik dan metode percabangan heuristik, telah terbukti

efektif dalam menangani masalah optimisasi kompleks seperti optimisasi portofolio dengan variasi rata-rata dan kendala, dengan memberikan hasil yang baik dan mengurangi waktu komputasi, terutama ketika diterapkan pada dataset yang besar (Zhao et al., 2021). Penggunaan algoritma hiper-heuristik seperti Cooperative Multi-Stage Hyper-Heuristic (CMS-HH) semakin meningkatkan kemampuan optimasi kombinatorial dengan memilih secara adaptif strategi optimisasi dan menggunakan metode pembelajaran online untuk meningkatkan kualitas solusi dalam berbagai domain masalah.

Metode heuristik, termasuk metaheuristik, umumnya digunakan dalam menyelesaikan masalah optimisasi kombinatorial karena kemampuannya untuk memberikan solusi yang relatif cepat dan praktis (Iqbal et al., 2020). Namun, efektivitas metode-metode ini dapat dibatasi oleh perlunya penyetelan parameter yang spesifik untuk domain masalah yang berbeda (Djunaidy et al., 2019). Untuk mengatasi hal ini, hyper-heuristik, yang berfokus pada pemilihan heuristik tingkat rendah, telah diusulkan sebagai pendekatan yang lebih umum dan efektif. Dalam aplikasi praktisnya, metode heuristik juga digunakan dalam sistem pendukung keputusan, seperti dalam proses rekrutmen karyawan untuk PT.PLN (Persero) Wilayah Aceh (Putra, 2018). Meskipun praktis, penting untuk dicatat bahwa metode heuristik tidak menjamin solusi yang optimal (Monteiro et al., 2022).

Penggunaan metode heuristik, seperti algoritma genetik dan percabangan heuristik, merupakan alternatif yang efektif dalam menangani masalah optimisasi kompleks seperti optimisasi portofolio dengan variasi rata-rata dan kendala. Metode ini mampu menghasilkan solusi yang baik dengan mengurangi waktu komputasi, terutama saat diterapkan pada dataset yang besar. Selain itu, penggunaan algoritma hiper-heuristik, seperti Cooperative Multi-Stage Hyper-Heuristic (CMS-HH), menunjukkan kemajuan dalam kemampuan optimasi kombinatorial dengan memilih strategi optimisasi secara adaptif dan menggunakan pembelajaran online untuk meningkatkan kualitas solusi. Meskipun metode heuristik memberikan solusi yang cepat dan praktis, efektivitasnya dapat terbatas oleh kebutuhan untuk menyetel parameter yang spesifik untuk setiap domain masalah. Penggunaan hyper-heuristik diusulkan sebagai solusi untuk meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas solusi dalam berbagai konteks masalah. Namun demikian, penting untuk dicatat bahwa metode heuristik tidak menjamin solusi yang optimal. Dalam aplikasi praktisnya, metode heuristik digunakan dalam berbagai sistem pendukung keputusan, seperti dalam proses rekrutmen karyawan, menunjukkan relevansi dan kegunaannya dalam konteks dunia nyata.

## **2. Keunggulan Algoritma Optimasi dalam Konteks Masalah Kombinatorial**

Algoritma optimisasi memegang peran penting dalam mengatasi masalah kombinatorial secara efektif. Komputer kuantum menunjukkan keunggulan potensial dalam mendekati solusi untuk masalah pengoptimalan NP dibandingkan komputer klasik, meskipun manfaatnya belum sepenuhnya terwujud dalam konteks praktis (referensi (Monteiro et al., 2022)). Algoritma optimasi koloni semut (ACO) mendapat perhatian karena kemampuannya dalam memecahkan masalah kompleks terkait manajemen sumber daya air, seperti operasi waduk, distribusi sistem air, dan pemantauan air tanah, menyediakan solusi yang handal (Watanabe et al., 2023). Penggunaan algoritma hibrida, yang mengintegrasikan ansatz variasional kuantum dengan pasca-pemrosesan klasik, menunjukkan potensi dalam mengoptimalkan fungsi biaya kombinatorial secara efisien, seperti yang terlihat pada masalah MaxCut dalam grafik tiga reguler, dengan potensi mengurangi kompleksitas sirkuit dan parameter variasional untuk meningkatkan kinerja (Bhavya & Elango, 2023). Di samping itu, penerapan solusi numerik untuk persamaan diferensial biasa dalam matematika diskrit menunjukkan keunggulan dibandingkan dengan algoritma tradisional dalam berbagai masalah pengoptimalan kombinatorial, menunjukkan kemungkinan

pendekatan yang berbeda untuk menangani tugas komputasi yang menantang ini (Caha et al., 2022).

Penggunaan algoritma optimisasi dalam masalah kombinatorial telah dieksplorasi dalam berbagai studi. (Panggabean, 2016) dan (Iqbal et al., 2020) keduanya menyoroti efektivitas pendekatan metaheuristik, seperti algoritma genetika, dalam mencapai solusi optimal dalam waktu relatif singkat. Hal ini terutama bermanfaat dalam masalah yang kompleks di mana enumerasi yang tepat tidak praktis. (Nugroho et al., 2018) lebih lanjut mendemonstrasikan aplikasi algoritma genetika dalam mengoptimalkan penjadwalan kursus, sebuah masalah kombinatorial dengan banyak kendala. Namun, menekankan pentingnya memvalidasi solusi heuristik dengan solver eksak, menyarankan pendekatan seimbang dalam penyelesaian masalah dalam optimisasi kombinatorial.

Algoritma optimisasi, termasuk ACO dan pendekatan hibrida dengan komponen variasi kuantum, menunjukkan kemajuan signifikan dalam menangani masalah kombinatorial yang kompleks. Meskipun komputer kuantum menjanjikan potensi untuk mengatasi masalah NP secara lebih efisien, tantangan implementasi praktisnya masih besar. ACO telah terbukti berhasil dalam aplikasi praktis seperti manajemen sumber daya air, menawarkan solusi yang handal dalam lingkup operasional yang penting seperti waduk dan sistem distribusi air. Penggunaan algoritma hibrida menunjukkan bahwa integrasi teknologi kuantum dengan pendekatan klasik dapat menghasilkan solusi yang lebih efisien untuk masalah kombinatorial tertentu, seperti dalam optimisasi grafik tiga reguler dengan masalah MaxCut. Studi-studi seperti yang dilakukan oleh Panggabean memberikan bukti konkret mengenai efektivitas algoritma genetika sebagai metaheuristik dalam mencapai solusi optimal dengan cepat. Namun, kendala utama yang dihadapi adalah perlunya penyetelan parameter yang tepat untuk berbagai domain masalah. menunjukkan bahwa aplikasi algoritma genetika dalam penjadwalan kursus adalah contoh nyata dari bagaimana heuristik dapat diterapkan dalam mengatasi masalah kombinatorial dengan banyak kendala. Sementara itu, menyoroti pentingnya memvalidasi solusi heuristik dengan menggunakan solver eksak untuk memastikan keakuratan hasil, yang menyoroti pentingnya pendekatan seimbang dalam penelitian optimisasi kombinatorial.

### **3. Perbandingan Performa Metode Heuristik dan Algoritma Optimasi**

Dalam domain algoritma optimasi, metode klasik dan heuristik memegang peranan penting. Metode klasik sering kali membutuhkan model matematika yang terdefinisi dengan baik dan kadang-kadang tidak efektif saat diterapkan pada masalah dunia nyata (Sadhu et al., 2023). Sebaliknya, algoritma heuristik seperti simulasi anil, algoritma genetika, optimasi kawanan partikel, dan evolusi diferensial menunjukkan potensi yang menjanjikan dalam menyelesaikan masalah pengoptimalan yang kompleks (BELLÍ & BİNGÖL, 2023). Pendekatan metaheuristik, seperti algoritma kunang-kunang, kawanan krill, optimasi serigala abu-abu, dan pencarian organisme simbiosis, muncul sebagai alat yang efektif untuk menangani masalah optimisasi yang sulit, sering kali mengungguli performa algoritma klasik dalam berbagai pengujian (BELLÍ & BİNGÖL, 2023). Metaheuristik, yang terinspirasi dari proses alamiah, menawarkan eksplorasi yang efisien terhadap ruang solusi serta peningkatan berkelanjutan terhadap solusi-solusi kandidat, menghasilkan hasil yang superior dibandingkan dengan metode klasik (Ajayi et al., 2022). Selain itu, algoritma heuristik seperti Optimasi Koloni Semut dan Algoritma Dijkstra terbukti efektif dalam menyelesaikan masalah optimisasi kombinatorial seperti Traveling Salesman Problem, menunjukkan aplikasi praktis dalam menemukan jalur optimal atau suboptimal (Tunc et al., 2022).

Perbandingan antara metode heuristik dan algoritma optimisasi mengungkapkan variasi kinerja yang berbeda-beda di berbagai domain masalah. menemukan bahwa algoritma genetika mengungguli optimasi koloni semut dalam penjadwalan kursus universitas. Demikian pula, (Santoso & Heryanto, 2022) mendemonstrasikan efektivitas metode heuristik konstruktif sederhana dalam masalah distribusi rantai pasokan dua tahap. (Firdaus et al., 2021) dan (Djunaidy et al., 2019) keduanya mengeksplorasi penggunaan hyper-heuristik, dengan Firdaus fokus pada masalah optimisasi lintas domain dan Djunaidy pada pencarian lingkungan variabel.

Firdaus menemukan bahwa pendekatan hyper-heuristik meningkatkan kinerja dalam beberapa domain masalah, sementara penelitian Djunaidy secara khusus menyoroti kinerja superior pencarian lingkungan variabel dalam memilih heuristik tingkat rendah. Studi-studi ini secara kolektif menunjukkan bahwa kinerja metode heuristik dan algoritma optimisasi sangat tergantung pada konteks, di mana beberapa metode lebih efektif dalam domain masalah tertentu.

Studi-studi ini mengungkapkan bahwa dalam domain algoritma optimasi, peran metode heuristik sangat penting dalam menangani masalah yang kompleks dan sulit diselesaikan dengan pendekatan klasik. Metode klasik sering kali terbatas oleh model matematika yang ketat dan seringkali tidak mampu menangani aspek praktis dari masalah dunia nyata. Di sisi lain, algoritma heuristik seperti yang disebutkan, seperti algoritma genetika dan metaheuristik lainnya, menawarkan pendekatan yang lebih fleksibel dan adaptif dalam mengoptimalkan solusi. Mereka dapat menjelajahi ruang solusi secara lebih efisien dan terus-menerus meningkatkan kualitas solusi yang dihasilkan, meskipun tidak dapat menjamin solusi optimal secara matematis. Keefektifan metode-metode ini sangat tergantung pada konteks dan sifat masalah yang dihadapi. metode heuristik sering kali memberikan kinerja yang lebih baik dalam konteks tertentu, misalnya dalam penjadwalan kursus universitas atau distribusi rantai pasokan. Meskipun demikian, penting untuk diingat bahwa tidak ada jaminan bahwa solusi yang diberikan oleh metode heuristik adalah solusi optimal secara matematis. Validasi dan pengujian yang cermat terhadap solusi heuristik dengan menggunakan pendekatan eksak juga diperlukan untuk memastikan keandalan dan kualitas solusi yang dihasilkan.

#### **4. Penerapan Praktis Metode Heuristik dan Algoritma Optimasi dalam Berbagai Bidang**

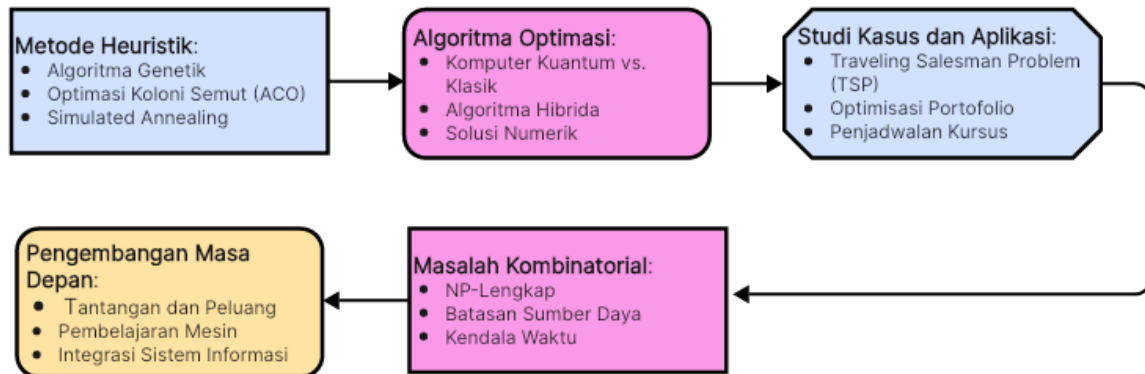
Metode heuristik dan algoritma optimasi memiliki aplikasi yang signifikan di berbagai bidang karena keefisienan dan efektivitasnya dalam memberikan solusi untuk masalah yang kompleks. Algoritma metaheuristik seperti Algoritma Genetika (GA), Algoritma Optimasi Koloni Semut (ACO), Simulated Annealing (SA), Particle Swarm Optimization (PSO), dan Diferensial Evolution (DE) banyak digunakan dalam menyelesaikan masalah pengoptimalan di berbagai domain (Dahiya et al., 2023). Algoritma-algoritma ini terinspirasi dari fenomena alamiah seperti evolusi, perilaku semut, dan perilaku kawanan, sehingga sangat fleksibel dalam berbagai skenario pengoptimalan. Selain itu, metode heuristik seperti Algoritma Heuristik Dahiya-Garg (DG-Alg) dan algoritma berbasis pelatihan mengemudi (DTBA) telah dikembangkan untuk mengatasi masalah pengoptimalan alokasi redundansi reliabilitas terbatas dan berbagai masalah pengoptimalan lainnya, masing-masing memberikan solusi yang cepat dan ekonomis (Nguyen Thi Tat, 2023). Penerapan praktis dari metode-metode ini terbukti di bidang teknik, bisnis, dan sains, di mana teknik-teknik pengoptimalan telah mengubah cara pendekatan terhadap pemecahan masalah, memungkinkan penyelesaian masalah yang sebelumnya dianggap sulit dapat diselesaikan (Simbolon & Zarlis, 2017).

Telah dieksplorasi berbagai aplikasi praktis dari metode heuristik dan algoritma optimisasi dalam berbagai bidang. (Nasution et al., 2022) menerapkan algoritma Optimasi Koloni Semut (ACO) untuk menyelesaikan masalah optimisasi jaringan kompleks, sementara (Ruswan Suwarman, 2021) mengevaluasi kinerja Algoritma Evolusi (EA) dalam menyelesaikan Traveling Salesman Problem (TSP). (Panggabean, 2016) menganalisis tingkat optimisasi dari Algoritma Genetika dalam hukum Hardy-Weinberg dalam konteks Bin Packing Problem, dan (Limei et al., 2018) meminimalkan biaya transportasi dalam Capacitated Vehicle Routing Problem menggunakan metode heuristik. Studi-studi ini secara kolektif menunjukkan utilitas praktis dari metode heuristik dan algoritma optimisasi dalam menangani masalah kompleks di berbagai domain.

Algoritma metaheuristik seperti GA, ACO, SA, PSO, dan DE memanfaatkan prinsip-prinsip yang terinspirasi dari proses alamiah untuk mengeksplorasi ruang solusi secara efisien. Mereka mampu menghasilkan solusi yang baik dalam waktu yang relatif singkat, meskipun tidak selalu dapat menjamin solusi optimal global. Keunggulan utama mereka terletak pada kemampuan untuk menangani masalah dengan ruang pencarian yang besar dan kompleksitas yang tinggi, di mana pendekatan matematis tradisional mungkin tidak dapat diterapkan secara efisien atau



memakan waktu terlalu lama. Studi-studi kasus yang dilakukan untuk mengonfirmasi keberhasilan aplikasi praktis dari algoritma-algoritma ini dalam berbagai konteks. Penggunaan ACO dalam optimisasi jaringan kompleks, EA dalam penyelesaian TSP, GA dalam Bin Packing Problem, dan metode heuristik dalam CVRP menunjukkan bahwa metode ini tidak hanya relevan tetapi juga efektif dalam menangani tantangan optimisasi yang nyata.



**Gambar 2.** Flow Chart Perkembangan Variabel Riset

#### D. SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mengevaluasi penggunaan metode heuristik dan algoritma optimisasi dalam menyelesaikan masalah kombinatorial pada matematika diskrit. Metode heuristik, seperti algoritma genetik, efektif dalam memberikan solusi cepat untuk masalah seperti Traveling Salesman Problem dan optimisasi portofolio, meskipun tidak menjamin solusi optimal matematis dan memerlukan penyetelan parameter yang tepat. Algoritma optimisasi seperti Algoritma Koloni Semut (ACO) dan pendekatan hibrida dengan komponen kuantum menunjukkan potensi untuk meningkatkan efisiensi dalam mengatasi masalah rumit. Saran untuk penelitian selanjutnya termasuk integrasi metode heuristik dengan pembelajaran mesin, validasi lebih mendalam terhadap solusi heuristik, dan pengembangan metode hibrida untuk penyelesaian masalah yang lebih kompleks.

#### REFERENSI

- Adhimah, O. K., & Ekawati, R. (2020). Perilaku Pemecahan Masalah Siswa SMK dalam Menyelesaikan Masalah Kombinatorika Ditinjau dari Kecemasan Matematika. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v4i1.211>
- Ajayi, B. A., Magaji, M. A., Musa, S., Olanrewaju, R. F., & Salihu, A. A. (2022). A Comparative Analysis of Optimization Heuristics Algorithms as Optimal Solution for Travelling Salesman Problem. *Proceedings of the 5th International Conference on Information Technology for Education and Development: Changing the Narratives Through Building a Secure Society with Disruptive Technologies, ITED 2022*. <https://doi.org/10.1109/ITED56637.2022.10051627>
- Ansori, Manual, U., Brämswig, K., Ploner, F., Martel, A., Bauernhofer, T., Hilbe, W., Kühr, T., Leitgeb, C., Mlineritsch, B., Petzer, A., Seebacher, V., Stöger, H., Girschikofsky, M., Hochreiner, G., Ressler, S., Romeder, F., Wöll, E., Brodowicz, T., ... Baker, D. (2022). No Akurasi Aplikasi Android Muslim Pro Dalam Menunjukkan Arah Kiblat Masjid-Masjid Di Kecamatan Pamulang Skripsi. In *Science* (Vol. 7, Issue 1). <http://link.springer.com/10.1007/s00232-014-9701-9><http://link.springer.com/10.1007/s00232-014-9700-x><http://dx.doi.org/10.1016/j.jmr.2008.11.017><http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1090780708003674><http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1191>
- BELLİ, F., & BİNGÖL, H. (2023). Performance Comparison of Biology based Metaheuristics Optimization Algorithms using Unimodal and Multimodal Benchmark Functions. *Turkish Journal of Science and Technology*. <https://doi.org/10.55525/tjst.1214897>
- Bhavya, R., & Elango, L. (2023). Ant-Inspired Metaheuristic Algorithms for Combinatorial

- Optimization Problems in Water Resources Management. In *Water (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/w15091712>
- Caha, L., Kliesch, A., & Koenig, R. (2022). Twisted hybrid algorithms for combinatorial optimization. *Quantum Science and Technology*. <https://doi.org/10.1088/2058-9565/ac7f4f>
- Cipta Hasibuan, M. D. A., & -, L. (2016). Pencarian Rute Terbaik Pada Travelling Salesman Problem (TSP) Menggunakan Algoritma Genetika pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru. *SATIN - Sains Dan Teknologi Informasi*. <https://doi.org/10.33372/stn.v1i1.11>
- Dahiya, T., Vashishth, N., Garg, D., Shrivastava, A. K., & Kapur, P. K. (2023). Novel Heuristic Algorithm & its Application for Reliability Optimization. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2023.8.4.043>
- Djunaidy, A., Angresti, N. D., & Mukhlason, A. (2019). Hyper-heuristik untuk Penyelesaian Masalah Optimasi Lintas Domain dengan Seleksi Heuristik berdasarkan Variable Neighborhood Search. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*. <https://doi.org/10.23917/khif.v5i1.7567>
- Dosinaeng, W. B. N. (2019). Analysis of students' higher order thinking skills in solving basic combinatorics problems. *Math Didactic: Jurnal Pendidikan Matematika*. <https://doi.org/10.33654/math.v5i2.611>
- Firdaus, A., Muklason, A., & Supoyo, V. A. (2021). Perbandingan Metode Penyelesaian Permasalahan Optimasi Lintas Domain dengan Pendekatan Hyper-Heuristic Menggunakan Algoritma Reinforcement-Late Acceptance. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2021853263>
- Gani, T. A., & Away, Y. (2016). Hibridisasi Simulated Annealing Dengan Algorithm Evolutionary Dalam Penyelesaian Travelling Salesman Problem (Tsp). *Karya Ilmiah Mahasiswa Teknik Elektro*, 1(1), 1–5.
- Guo, T., Han, C., Tang, S., & Ding, M. (2019). Solving Combinatorial Problems with Machine Learning Methods. In *Springer Optimization and Its Applications*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-16194-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16194-1_9)
- Handayani, T., Fudholi, D. H., & Rani, S. (2020). Kajian Algoritma Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah. *PETIR*. <https://doi.org/10.33322/petir.v13i2.1027>
- Hanik, E. U., Puspitasari, D., Safitri, E., Firdaus, H. R., Pratiwi, M., & Innayah, R. N. (2022). "Integrasi Pendekatan TPACK (Technological, Pedagogical, Content Knowledge) Guru Sekolah Dasar SIKL dalam Melaksanakan Pembelajaran Era Digital". *Journal of Educational Integration and Development*, Volume 2, Nomor 1 (hlm. 15-27). *JEID: Journal of Educational Integration and Development*, 2(1), 15–27. [https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as\\_sdt=0%2C5&q="Integrasi+Pendekatan+TPACK+%28Technological%2C+Pedagogical%2C+Content+Knowledge%29+Guru+Sekolah+Dasar+SIKL+dalam+Melaksanakan+Pembelajaran+Era+Digital"+Journal+of+Educational+Integration+and+Develo](https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0%2C5&q=)
- Hiryanto, M.Sc., L., Tony, T., & Cahyaningtyas, D. A. (2022). Analisis Kompleksitas Masalah Penjadwalan Seminar Ilmiah. *Computatio: Journal of Computer Science and Information Systems*, 6(2), 156–163. <https://doi.org/10.24912/computatio.v6i2.21047>
- Iqbal, M., Zarlis, M., Tulus, & Mawengkang, H. (2020). Model Pendekatan Metaheuristik Dalam Penyelesaian optimisasi Kombinatorial. *Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)*, 1(1), 92–97.
- Juita, & Issn, -. (2017). Kajian terhadap Beberapa Metode Optimasi (Survey of Optimization Methods). *Survey of Optimization ... | Munirah*, V, 45.
- Limei, H., Tannady, H., & Nurprihatin, F. (2018). Meminimumkan Biaya Transportasi pada Capacitated Vehicle Routing Problem dengan Metode Heuristik. *Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi (SemResTek)*.
- Marwati, A., Wahyudin, A., Utomo, A. S., Iza, N., & Halwa, E. N. (2021). Mendukung Transformasi Digital melalui Penyusunan Program Studi Software Engineering. *Jurnal Penelitian Dan*

- Pengembangan Pendidikan*, 5(3), 373. <https://doi.org/10.23887/jppp.v5i3.39242>
- Maulana, A. R., Soekarno, A., Santoso, P., Renaldi, F., Kurniadhi, R., Prasetya, S. Y., & Saputra, W. (2024). *Optimalisasi Jaringan IPV4 pada Local Area Network ( LAN ) di Perusahaan*. 4(1), 252–263.
- Monteiro, A. C. B., Fran, R. P., Arthur, R., & Iano, Y. (2022). The fundamentals and potential of heuristics and metaheuristics for multiobjective combinatorial optimization problems and solution methods. In *Multi-Objective Combinatorial Optimization Problems and Solution Methods*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823799-1.00002-4>
- Nasution, D. M. S., Lubis, H., Siregar, R. P. S., Zarlis, M., & Efendi, S. (2022). OPTIMISASI HEURISTIK TERHADAP JARINGAN KOMPLEKS. *Juripol (Jurnal Institusi Politeknik Ganesha Medan)*. <https://doi.org/10.33395/juripol.v5i1.11331>
- Nguyen Thi Tat. (2023). The application of modern meta-heuristic algorithms for solving complex optimization problems. *International Journal of Scholarly Research in Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.56781/ijsret.2023.2.1.0021>
- Nugroho, A., Priatna, W., & Romli, I. (2018). Implementasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah. *Jurnal Teknologi Dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP)*. <https://doi.org/10.34012/jutikomp.v1i2.238>
- Ouassam, E., Hmina, N., Bouikhalene, B., & Hachimi, H. (2021). Heuristic Methods: Application to Complex Systems. *2021 International Conference on Optimization and Applications, ICOA 2021*. <https://doi.org/10.1109/ICOA51614.2021.9442647>
- Panggabean, T. N. (2016). Analisis Tingkat Optimasi Algoritma Genetika Dalam Hukum Ketetapan Hardy-Weinberg Pada Bin Packing Problem. *CESSJournal Of Computer Engineering, System And Science*, 1(2).
- Peres, F., & Castelli, M. (2021). Combinatorial optimization problems and metaheuristics: Review, challenges, design, and development. *Applied Sciences (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/app11146449>
- Putra, I. N. T. A. (2018). Sistem Pengambilan Keputusan Untuk Penerimaan Pegawai Baru PT.PLN (Persero) Wilayah Aceh Dengan Metode Heuristik. *Jurnal Ilmu Komputer*. <https://doi.org/10.24843/jik.2018.v11.i02.p06>
- Putri, M. A., & Rizal, Y. (2023). Penerapan Metode Simple Hill Climbing dalam Menentukan Rute Terpendek Distribusi Usaha Bolu Dedek. *Journal Of Mathematics UNP*, 8(3), 26–32.
- Rabiatul Adawiyah, & Munifah. (2023). Eksplorasi Kapasitas Pengkodean Amplitudo Untuk Model Quantum Machine Learning. *Informatika: Jurnal Teknik Informatika Dan Multimedia*, 3(1), 38–58. <https://doi.org/10.51903/informatika.v3i1.232>
- Reza, A. D. (2023). *Penerapan Algoritma Genetika Dan Jaringan Syaraf Tiruan Dalam Penjadwalan Mata Kuliah Studi Kasus*. VI(03), 6–10.
- Ruswan Suwarman, H. (2021). Evaluasi Penerapan Evolutionary Algorithm Untuk Pemecahan Traveling Salesman Problem. *Sistemik (Jurnal Ilmiah Nasional Bidang Ilmu Teknik)*. <https://doi.org/10.53580/sistemik.v9i01.53>
- Sadhu, T., Chowdhury, S., Mondal, S., Roy, J., Chakrabarty, J., & Lahiri, S. K. (2023). A Comparative Study Of Metaheuristics Algorithms Based On Their Performance Of Complex Benchmark Problems. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*. <https://doi.org/10.31181/dmame0306102022r>
- Saktia Purnama, R. D., Nisa, F., Tundo, T., Nurohman, K., Fakhurrofi, F., Nugrahaini, L., & Dalail, D. (2024). Implementasi Penggunaan Algoritma Greedy Best First Search Untuk Menentukan Rute Terpendek Dari Cilacap Ke Yogyakarta. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4068>
- Santoso, S., & Heryanto, R. M. (2022). Analisis Performansi Metode Heuristik untuk Masalah Distribusi Rantai Pasokan Dua Tahap dengan Biaya Tetap. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*. <https://doi.org/10.20961/performa.21.2.58274>
- Saputro, H. A., Mahmudy, W. F., & Dewi, C. (2015). Implementasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penggunaan Lahan Pertanian. *Jurnal Mahasiswa PTIIK*.
- Simbolon, J. P., & Zarlis, M. (2017). Penyelesaian Masalah TSP Pada Rute Kunjungan ATM Dengan

- Pendekatan Heuristik (Tabu Search). *Jurasik (Jurnal Riset Sistem Informasi Dan Teknik Informatika)*, 2(1), 13. <https://doi.org/10.30645/jurasik.v2i1.15>
- Son, T. A., Bao, B. Q., & Luc, L. Q. (2023). Heuristic Methods Solving Markowitz Mean-Variance Portfolio Optimization Problem. In *Studies in Computational Intelligence*. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-6450-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-19-6450-3_5)
- Syakina, L., & Nurdianti, S. (2021). STUDI LITERATUR: Analisis Distribusi Masalah Lokasi Fasilitas untuk Logistik Bantuan Kemanusiaan. *Jurnal Pijar Mipa*. <https://doi.org/10.29303/jpm.v16i2.2469>
- Tunc, A., Tasdemir, S., & Sag, T. (2022). Comparison of Heuristic and Metaheuristic Algorithms. *Proceedings - 7th International Conference on Computer Science and Engineering, UBMK 2022*. <https://doi.org/10.1109/UBMK55850.2022.9919459>
- Wahyuniar, L. S., & Widyawati, S. (2017). Proses Berpikir Mahasiswa Dalam Menyelesaikan Soal Kombinatorial Berdasarkan Kecerdasan Logis Matematis. *NUMERICAL: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*. <https://doi.org/10.25217/numerical.v1i2.177>
- Watanabe, H. C., Raymond, R., Ohnishi, Y. Y., Kaminishi, E., & Sugawara, M. (2023). Optimizing Parameterized Quantum Circuits With Free-Axis Single-Qubit Gates. *IEEE Transactions on Quantum Engineering*. <https://doi.org/10.1109/TQE.2023.3286411>
- Yurinanda, S., & Rozi, S. (2023). Penerapan Pembelajaran Berbasis Proyek Pada Matakuliah Matematika Diskrit Untuk Meningkatkan Keterampilan Mahasiswa Dalam Memanfaatkan Struktur Diskrit Dalam Menyelesaikan Masalah. *Jurnal BSIS: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 5(2), 666–679.
- Zhao, F., Di, S., Cao, J., Tang, J., & Jonrinaldi. (2021). A Novel Cooperative Multi-Stage Hyper-Heuristic for Combination Optimization Problems. *Complex System Modeling and Simulation*. <https://doi.org/10.23919/CSMS.2021.0010>