

Penerapan Algoritma BackTracking Dalam Aspek Tertentu

Muhammad Nashih Ulwan¹, Nazwa Nurul Rizkyka²

¹ Teknik Informatika, STMIK Pelita Nusantara, Medan (ulwanulwan354@gmail.com)

² Teknik Informatika, STMIK Pelita Nusantara, Medan (nazwawawa5@gmail.com)

[Diserahkan: 15 Desember 2024, Direvisi: 23 Desember 2024, Diterima: 8 Januari 2025]

Corresponding Author: Muhammad Nashih Ulwan (email: ulwanulwan354@gmail.com)



Kata Kunci: Backtracking
Algorithm, Accelerometer

JUSINFO: Jurnal Sains dan Informatika is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Abstrak : Algoritma yang banyak diterapkan dalam mengaplikasikan permainan adalah algoritma backtracking (runut-balik). Dengan menggunakan algoritma ini, penyelesaian suatu permainan, yang melibatkan banyak kemungkinan, dapat diselesaikan dengan lebih cepat. Hal ini dikarenakan, jika kita menggunakan algoritma backtracking, tidak perlu memeriksa semua kemungkinan solusi yang ada. Hanya pencarian yang mengarah ke solusi saja yang perlu dipertimbangkan. Algoritma Backtracking mampu menemukan solusi pada permasalahan permainan knight tour pada papan catur $a \times b$ dengan cepat dan tepat. Diharapkan kedepannya dapat dijadikan sebagai inspirasi untuk penelitian yang lebih lanjut. Misalnya seperti menggunakan algoritma yang berbeda dalam menyelesaikan permasalahan pada permainan knight tour.

PENDAHULUAN

Penggunaan algoritma dalam penelitian ini adalah algoritma backtracking (runut balik). Algoritma backtracking merupakan salah satu metode pemecahan masalah yang berbasis blind search (pencarian buta) yang ditelusuri secara DFS (depth-first search). Saat ini algoritma backtracking banyak diterapkan untuk program game seperti permainan teka-teki silang, menemukan jalan keluar dalam labirin, math maze, dan pada kasus lainnya. Pada kasus ini, algoritma backtracking akan diterapkan dalam permasalahan penjadwalan mengajar. Algoritma backtracking (runut balik) merupakan salah satu metode pemecahan masalah yang termasuk dalam strategi yang berbasis pencarian pada ruang status. Algoritma backtracking bekerja secara rekursif dan melakukan pencarian solusi persoalan secara sistematis pada semua kemungkinan solusi yang ada.

Prinsip dasar algoritma Backtracking adalah mencoba semua kemungkinan solusi yang ada. Perbedaan utamanya adalah pada konsep dasarnya, yaitu pada backtracking semua solusi dibuat dalam bentuk pohon solusi (tree), dan kemudian pohon tersebut akan ditelusuri secara DFS (Depth First Search) sehingga ditemukan solusi terbaik yang diinginkan.

Permainan catur telah menjadi bagian tak terpisahkan dari sejarah dan budaya manusia selama berabad-abad. Keterampilan yang dibutuhkan untuk bermain catur bukan hanya kemampuan untuk menggerakkan buah catur di sekitar papan, tetapi juga kemampuan untuk merencanakan strategi, berpikir kritis, dan membuat keputusan yang tepat. Salah satu tantangan paling menarik dalam catur adalah menempatkan ratu di papan dengan cara yang tidak saling mengancam, yang disebut dengan N-Queen problem.

Solusi untuk masalah ini adalah menemukan konfigurasi penempatan ratu yang memenuhi semua batasan ini. Banyak algoritma telah dikembangkan untuk memecahkan masalah N-Queen. Salah satu algoritma yang efektif memecahkan masalah ini adalah algoritma backtracking. Algoritma backtracking ini secara rekursif memilih langkah yang mengarah ke solusi. Jika langkah ini tidak mengarah pada solusi yang diinginkan, sistem kembali mencoba langkah alternatif. Dengan menggunakan algoritma backtracking, sistem dapat mencapai

solusi optimal dalam menyelesaikan masalah N-Queen dengan lebih efisien dibandingkan dengan metode pencarian lainnya. Hal ini memungkinkan pemain catur untuk mempelajari strategi dan gerakan yang tepat dalam situasi permainan akhir tertentu.

Adapun masalah lain yang menjadi topik pada pembahasan ini yaitu Permasalahan yang sering terjadi dalam pengiriman barang adalah pengiriman barang membutuhkan waktu yang lama karena harus mendatangi beberapa kecamatan yang membutuhkan barang dari Suku Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil yang jaraknya cukup jauh dari masing-masing kecamatan, kemudian harus kembali lagi ke tempat asal tanpa mengulang jalur yang sama agar tidak membuang waktu untuk pekerjaan kurir.

Berdasarkan permasalahan tersebut peneliti mengangkat topik tentang penentuan jalur optimal dengan metode Traveling Salesman Problem. Metode ini dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penentuan jalur optimal, metode Traveling Salesman Problem sendiri merupakan metode yang digunakan untuk meminimumkan biaya distribusi dengan mencari jarak dan rute terpendek, waktu tercepat dan biaya minimal.

TINJAUAN LITERATUR

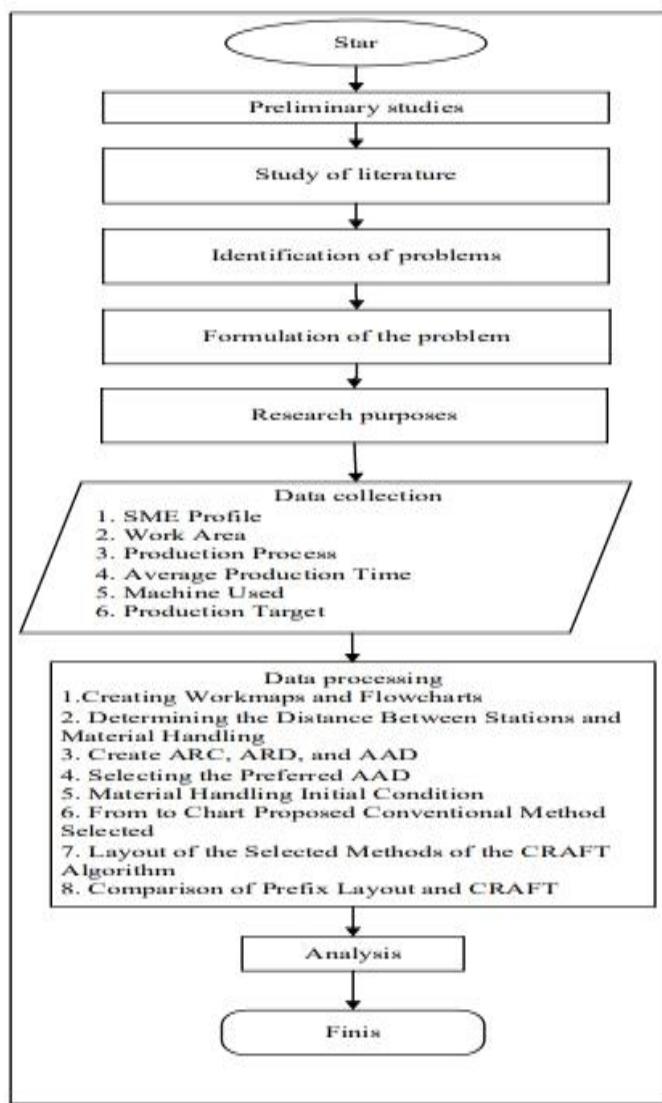
Perancangan tata letak fasilitas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja suatu perusahaan dalam mendukung produksi. Dewasa ini, dunia usaha menghadapi tantangan yang semakin berat. Untuk tetap kompetitif, maka perlu dilakukan peningkatan efisiensi (Suhardi et al. 2019). Perencanaan tata letak fasilitas melibatkan penataan secara fisik semua faktor produksi yang meningkatkan sistem produksi agar tepat guna dan efisien dalam mengikuti tujuan strategis organisasi. Sebagai bagian dari strategi operasional bisnis, tata letak dianggap sebagai salah satu keputusan desain yang paling penting (Gosende et al. 2021). Tata letak fasilitas yang baik berkaitan langsung dengan biaya penanganan material. Oleh karena itu, nilai fungsi tujuan yang digunakan untuk mengevaluasi konfigurasi tata letak juga berkaitan dengan pergerakan antar departemen. Beberapa pengukuran jarak yang ada, yaitu jarak bujursangkar terdiri dari jarak absolut antara dua titik acuan penampang pada sumbu x dan y. Sebaliknya, jarak Euclidean merupakan jarak diagonal terpendek (Kim dan chae 2019)

Computerized Relative Allocation of Facilities Techniques (CRAFT) merupakan suatu program perbaikan yang bertujuan untuk mengoptimalkan desain dengan melakukan perbaikan tata letak secara progresif. CRAFT menilai fasilitas dengan letak departemen yang dapat dipertukarkan. Pengolahan metode CRAFT dilakukan dengan menggunakan software winsQSB. Jenis pertukaran yang dilakukan adalah pertukaran dua departemen dengan menggunakan tipe pengukuran jarak yaitu rectilinear distance. Alasan penggunaan tipe ini karena tata letak awal yang digunakan telah didesain ulang dari tata letak awal, sehingga hanya memerlukan sedikit perbaikan untuk mendapatkan tata letak yang optimal (Siska dan Risman 2017)

Algoritma backtracking adalah salah satu algoritma yang akan digunakan dalam memecahkan permasalahan knight tour ini. Algoritma ini akan digunakan karena dapat memberikan solusi yang lebih cepat dibandingkan dengan algoritma brute force. Cara kerja dari algoritma ini adalah dengan cara mencari solusi yang ada dengan jalan yang sistematis. Dalam pencarinya, tidak semua ruang solusi akan diperiksa, solusi yang akan dilanjutkan prosesnya adalah solusi yang mengarah pada goal yang dituju.(Novianto and Pramadhana, 2019).

METODE PENELITIAN

Penerapan Layout Average



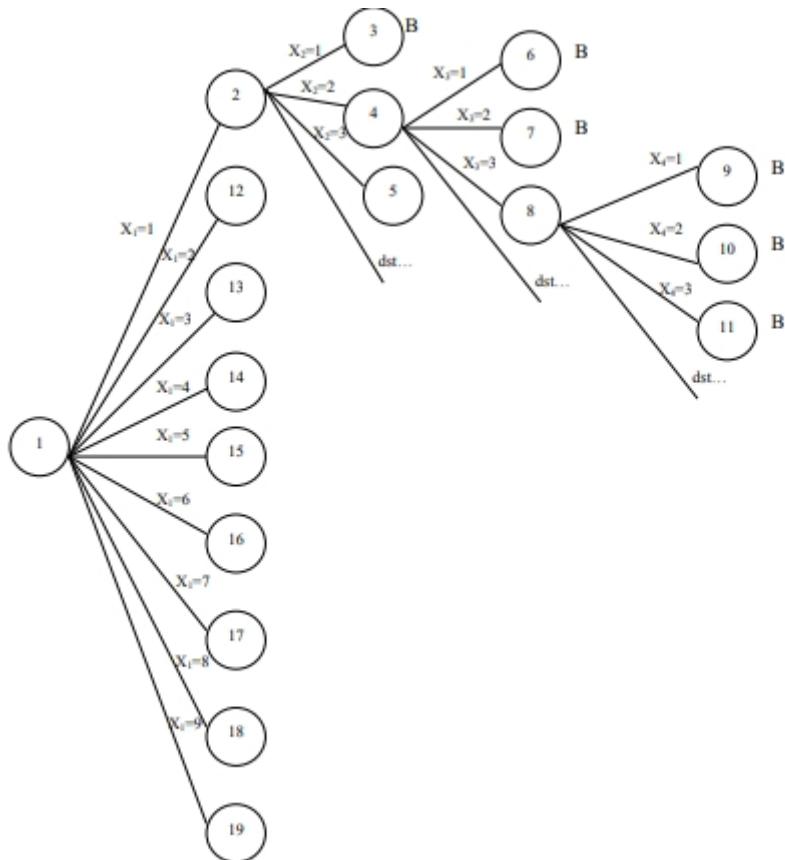
Gambar 1.Tahapan Penelitian

Penjelasan Gambar sebagai berikut:

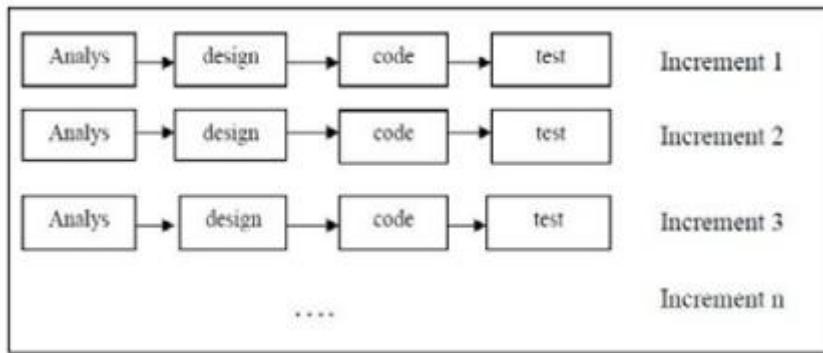
1. Penelitian pendahuluan ini merupakan tahap awal penelitian, data yang diperoleh berupa data pendukung seperti data layout awalan, average operating time, dan jarak material handling, perencanaan dan perancangan layout fasilitas Perusahaan PCL
2. Berisi tinjauan dan penjelasan teori yang berguna untuk membantu penyelesaian masalah dalam perencanaan dan perancangan fasilitas Perusahaan PCL
3. Berdasarkan data hasil penelitian dan landasan teori, permasalahan yang dapat dilihat yaitu jarak antar mesin yang jauh sehingga material handling besar. Terjadi crossover pada saat produksi. Jarak antar mesin yang jauh sehingga menimbulkan arus bolak-balik yang menyebabkan terbuangnya waktu dan tenaga dalam pemindahan material
4. Rumusan masalah yang diperoleh yaitu bagaimana merancang ulang layout fasilitas produksi untuk meminimalisir material handling pada lantai produksi Perusahaan PCL dengan menggunakan metode CRAFT.

5. Berdasarkan hasil survei pendahuluan yang telah dilakukan, diketahui bahwa permasalahan utama survei ini adalah bagaimana melakukan langkah-langkah untuk mendapatkan usulan tata letak lantai produksi yang optimal.
6. Pengumpulan data untuk penelitian ini dilakukan dengan menggunakan teknik wawancara dan pengukuran langsung di lapangan. Wawancara dilakukan kepada atasan, karyawan, dan pihak lain yang dapat memberikan informasi secara lisan maupun tertulis.
7. Data yang dihasilkan digunakan sebagai data pembantu dan data awal dalam perancangan tata letak fasilitas Perusahaan PCL dengan menggunakan Metode Craft (Computerized Relative Allocation Facilities Technique).
8. Analisis data dalam penelitian ini didefinisikan meliputi analisis data dasar, analisis perencanaan sumber daya manusia, analisis kebutuhan perencanaan tata ruang, penyelarasan operasi, sampai dengan perhitungan, lamanya waktu penyusunan usulan pengolahan, dan hasil analisis yang membandingkan tata letak awalan dengan usulan tata letak terpilih metode CRAFT.

Contoh Gambar Pohon Ruang Pada Sudoku



Gambar 2.Ruang sudoku



Tahapan dari Incremental sebagai berikut:

- Analys: diartikan sebagai upaya mengolah data menjadi informasi, sehingga karakteristik atau sifat-sifat data tersebut dapat dengan mudah dipahami dan bermanfaat untuk menjawab masalahmasalah yang berkaitan dengan kegiatan penelitian.
- Design: merupakan perancangan software yang terbuka agar dapat diterapkan sistem pembangunan perbagian pada tahapan selanjutnya.
- Code: merupakan lanjutan dari proses design yang telah dikerjakan dengan menerapkan algoritma backtracking pada bahasa pemrograman yang akan dipakai untuk pembuatan aplikasi yaitu PHP My SQL.
- Test: Dalam tahapan test ini merupakan proses lanjutan dari pengkodean program yang di buat. Dalam tahapan ini user melakukan pengujian dengan metode pengujian yang dipakai adalah black box testing. black box testing atau test fungsional adalah pengujian program yang dilakukan oleh pengembang (programmer) dengan memberikan input tertentu dan melihat hasil yang didapatkan dari input tersebut. Dengan kata lain, black box testing terfokus pada fungsionalitas sistem.

HASIL PENELITIAN

- Hasil Penelitian Development

Untuk memvalidasi keakuratan sistem, empat langkah jumlah sampel telah diambil. Laki-laki berusia 24 tahun kandidat terpilih sebagai subjek tes. Subjek harus melakukannya berpindah dari satu titik ke titik lainnya dengan jumlah langkah yang ditargetkan dari 100, 150, 200, dan 250.

- Hasil Corvoration Sensor

Untuk meningkatkan kinerja pola pancaran radiasi, yang menggunakan beamforming kolaboratif serta mengembangkan algoritma itu tergantung pada metodologi Algoritma Backtracking Search Optimization.

- Hasil Penelitian Jalur Tercepat

Simulasi dilakukan oleh robot hanya bisa berjalan dalam 4 arah, pada map dengan total 900 node dengan jumlah node open 611(66,9%) dan node obstacle 289(32,1%), pencarian jalur dimulai dari node awal (0,29) dan node akhir (29,0). Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa semua skema prioritas bisa memperoleh jalur terpendek dari titik awal ke titik akhir dengan nilai sama yaitu sejauh 59 node, tetapi semua skema prioritas bisa saja menghasilkan node path yang berbeda atau sama. Karena pencarian jalur dilakukan dari sudut kiri bawah menuju ke sudut kanan atas, maka penentuan parent menggunakan multi-skema prioritas akan mengarah ke child node right dan ke child node up, sebab jalur ke arah tersebut akan mendekatkan ke node end.

- Hasil Studi Kasus Dalam Pencarian judul Buku

Backtracking mampu menemukan semua solusi pada pencarian data judul buku, kelebihan dari algoritma Backtracking yaitu mudah merunut balik suatu langkah sehingga apabila menemui langkah terakhir maka dapat kembali pada posisi sebelumnya yang mempunyai langkah solusi sehingga dapat menemukan solusi lebih cepat.

- Hasil Penyelesaian Dalam Permainan Knight Tour

Dari penerapan algoritma backtracking untuk permasalahan knight tour, untuk proses lebih lanjutnya diperlukan beberapa parameter yang harus dipenuhi antara lain : a. Papan board yang akan digunakan adalah

ukuran $a \times b$. Untuk letak koordinasi kotak di wakili oleh (x,y) . c. Nomor kotak yang telah dilewati akan ditandai dengan variabel jalan d. Status dengan jenis boolean untuk menunjukkan apakah semua kotak papan berhasil dilewati.

Hasil yang di dapat pada penerapan Bactracking dalam permainan Sudoku. Algoritma backtracking sangat efektif dalam mengurangi jumlah pencarian kemungkinan solusi teka-teki. Menurut perhitungan ada sebanyak 6,670,903,752,021,072,936,960 jumlah kemungkinan status untuk teka-teki sudoku berukuran 9 x 9. Suatu angka yang sangat besar jika ingin dicari secara brute-forcePerbandingan dengan algoritma Brute Force

Dalam pengujian aplikasi sudoku solution dengan menggunakan algoritma Backtracking akan dilakukan juga perbandingan dengan menggunakan algoritma lainnya yaitu algoritma Brute Force. Pengujian perbandingan ini hanya mengukur kecepatan aplikasi dalam menemukan solusi untuk menyelesaikan game Sudoku

Tabel 1. Perbandingan metode

No.	Nomor Game	Waktu Penyelesaian (mili detik)	
		Backtracking	Brute Force
1	108	2,32	208
2	112	2,35	193
3	113	2,78	212
4	114	3,01	202
5	115	2,41	184
6	116	2,56	176
7	117	2,35	221
8	118	2,33	231
9	119	2,68	196
10	120	2,79	203

Dari analisa-analisa yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Permainan teka-teki Sudoku dapat diselesaikan dengan algoritma Backtracking. Dengan menggunakan algoritma ini, teka-teki Sudoku dapat diselesaikan dan waktu untuk menyelesaikan teka-teki ini lebih singkat dibandingkan dengan algoritma brute-force.
2. Algoritma Backtracking sangat berguna untuk mencari solusi jalur kombinasi yang diperlukan untuk mendapatkan solusi secara optimal.
3. Algoritma Backtracking mudah diimplementasikan dengan bahasa pemrograman yang mendukung pemanggilan fungsi/ prosedur rekursif.
4. Penerapan algoritma menggunakan versi rekursif akan lebih menyederhanakan penulisan program, sehingga ruang memori yang diperlukan lebih kecil dan waktu eksekusi program lebih cepat jika dibandingkan dengan versi iteratif.

PEMBAHASAN

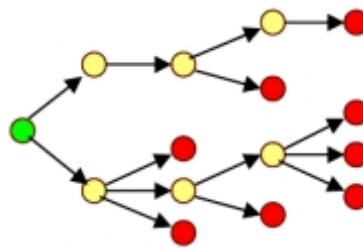
Algoritma Backtracking memiliki property umum, salah satunya Bounding Function (Fungsi Pembatas). Bounding Function adalah kondisi yang bernilai benar. Kondisi dapat dikatakan benar jika ratu (Queen) tidak pada baris, kolom dan diagonal yang sama. Fungsi pembatas ini dinyatakan sebagai $B(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ akan bernilai true jika $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ mengarah pada solusi dan tidak melanggar batasan. Dalam pencarian solusi, perlu dilakukan pembangkitan simpul-simpul status pada pohon sehingga menghasilkan lintasan dari akar ke daun. Dalam tahap ini, menggunakan strategi Depth-First-Search (DFS) untuk membangkitkan simpul. Simpul-simpul yang dibangkitkan disebut simpul hidup. Jika simpul hidup yang diperluas maka lintasan akan semakin Panjang dan jika lintasan tidak mengarah pada solusi dengan artian melanggar fungsi pembatas, maka simpul tersebut akan dimatikan yang disebut simpul mati. Dengan kondisi seperti ini maka akan dijalankan Algoritma Backtracking dengan syarat jika pembentukan lintasan berhenti karena aadnya simpul mati maka, akan dilakukan pemunduran (Backtrack) untuk Kembali pada simpul sebelumnya (orangtua), lalu diteruskan dengan membangkitkan simpul anak lainnya. Pencarian dihentikan jika sudah mencapai simpul tujuan.

Kesimpulan dari penyelesaian backtracking dalam sudoku

Dari analisa-analisa yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Permainan teka-teki Sudoku dapat diselesaikan dengan algoritma Backtracking. Dengan menggunakan algoritma ini, teka-teki Sudoku dapat diselesaikan dan waktu untuk menyelesaikan teka-teki ini lebih singkat dibandingkan dengan algoritma brute-force.
2. Algoritma Backtracking sangat berguna untuk mencari solusi jalur kombinasi yang diperlukan untuk mendapatkan solusi secara optimal.
3. Algoritma Backtracking mudah diimplementasikan dengan bahasa pemrograman yang mendukung pemanggilan fungsi/ prosedur rekursif.
4. Penerapan algoritma menggunakan versi rekursif akan lebih menyederhanakan penulisan program, sehingga ruang memori yang diperlukan lebih kecil dan waktu eksekusi program lebih cepat jika dibandingkan dengan versi iteratif.

Pembahasan pada prinsip Pencarian



Gambar 3. Pohon Ruang Status

Langkah-langkah pencarian solusi pada pohon ruang status yang dibangun secara dinamis:

1. Solusi dicari dengan membentuk lintasan dari akar ke daun. Aturan pembentukan yang dipakai adalah mengikuti metode pencarian mendalam (DFS). Simpul-simpul yang sudah dilahirkan dinamakan simpul hidup (live node). Simpul hidup yang sedang diperluas dinamakan simpul-E (Expand-node). Simpul dinomori dari atas ke bawah sesuai dengan urutan kelahirannya.
2. Tiap kali simpul-E diperluas, lintasan yang dibangun olehnya bertambah panjang. Jika lintasan yang sedang dibentuk tidak mengarah ke solusi maka simpul-E tersebut "dibunuh" sehingga menjadi simpul mati (dead node). Fungsi yang digunakan untuk membunuh Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasi ASIA Vol. 2 No. 2 April 2008 Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer ASIA Malang 6 simpul-E adalah dengan menerapkan fungsi pembatas (bounding function). Simpul yang sudah mati tidak akan pernah diperluas lagi.
3. Jika pembentukan lintasan berakhir dengan simpul mati, maka proses pencarian diteruskan dengan membangkitkan simpul anak yang lainnya. Bila tidak ada lagi simpul anak yang dapat dibangkitkan, maka pencarian solusi dilanjutkan dengan melakukan backtracking ke simpul hidup terdekat (simpul orang tua). Selanjutnya simpul ini menjadi simpul-E yang baru. Lintasan baru dibangun kembali sampai lintasan tersebut membentuk solusi.
4. Pencarian dihentikan bila kita telah menemukan solusi atau tidak ada simpul hidup untuk backtracking atau simpul yang dapat di perluas.

Implementasi Algoritma Backtracking pada Knurth

Setiap simpul dalam pohon ruang status berasosiasi dengan sebuah pemanggilan rekursif. Jika jumlah simpul dalam pohon ruang status adalah $2n$ atau $n!$, maka untuk kasus terburuk, algoritma backtracking membutuhkan waktu dalam $O(p(n)2n)$ atau $O(q(n)n!)$, dengan $p(n)$ dan $q(n)$ adalah polinom derajat n yang menyatakan waktu komputasi setiap simpul. Dari penerapan algoritma backtracking untuk permasalahan

knight tour, untuk proses lebih lanjutnya diperlukan beberapa parameter yang harus dipenuhi antara lain :

- a. Papan board yang akan digunakan adalah ukuran axb
- b. Untuk letak koordinasi kotak di wakili oleh (x,y).
- c. Nomor kotak yang telah dilewati akan ditandai dengan variabel jalan
- d. Status dengan jenis boolean untuk menunjukkan apakah semua kotak papan berhasil dilewati.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang di dapat Berdasar hasil penerapan algoritma Backtracking pada permainan catur N-queen Penggunaan Algoritma Backtracking pada permasalahan ini mampu menyelesaikan permasalahan pada N-Queen dengan menempatkan 4 ratu pada papan catur yang relatif kecil, karena untuk ukuran catur dan jumlah ratu yang lebih banyak memerlukan waktu yang cukup lama untuk mencapai pada solusi dengan kata lain implementasi saat ini belum sepenuhnya optimal untuk menangani kasus dengan nilai n yang lebih besar. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mengatasi keterbatasan ini dengan mengusulkan strategi baru untuk meningkatkan efisiensi algoritma, serta mempertimbangkan pendekatan yang mampu menemukan semua solusi yang valid. Selain itu, penelitian mendatang dapat melibatkan analisis lebih mendalam tentang keterkaitan antar jumlah ratu dan ukuran papan catur untuk memberikan wawasan yang lebih komprehensif. Dengan memperbaiki keterbatasan-keterbatasan ini, penelitian di masa depan diharapkan dapat memberikan kontribusi yang lebih dalam pemecahan masalah N-Queen menggunakan Algoritma Backtracking.

Ada juga kesimpulan yang di dapat pada Studi ini ialah mengeksplorasi sistem penjadwalan dasar yang mendasarinya yang mencerminkan masalah alokasi lokasi, dengan tujuan mengoptimalkan representasi fitur dengan lebih baik untuk pengelompokan pelanggan di dalam siklus jaringan distribusi. Peningkatan perkiraan jalur terpendek dalam mendukung identifikasi dan perencanaan cepat simpul distribusi penting dianggap menguntungkan dalam meningkatkan optimalitas biaya dan kemajuan penerapan di masa mendatang.

Pada penelitian ini telah dirancang dan dibangun sebuah aplikasi untuk menampilkan jadwal makan dan menu makanan untuk tiap anak/remaja. Terdapat tiga fungsi dalam sistem ini, yaitu kelola data makanan yang dapat dilakukan oleh admin, serta cek kondisi kesehatan dan jadwal makanan yang dapat diakses oleh pengguna non admin. Pada fungsi kelola makanan, pengguna dapat melakukan aksi penambahan data makanan, edit data makanan, hapus data makanan , dan cari data makanan tertentu.

REFERENCES

- Aryasena, A., Mada, U.G. and Mada, U.G. (2023) 'A Comparison of Ant Colony Optimization and Depth First Search for Solving Unmanned Aerial Vehicle – Ground Vehicle Routing Problem in Humanitarian Logistics', pp. 3118–3127. Available at: <https://doi.org/10.46254/ap03.20220518>.
- 'COOPERATIVE BEAMSTEERING IN WIRELESS SENSOR NETWORK' (2019), (January).
- Ho Yeap, K., Hang Hai, H. and Han Wai, S. (2023) 'Development of a Path Tracking System for GPS Denied Environment', *Jurnal Kejuruteraan*, 35(4), pp. 955–959. Available at: [https://doi.org/10.17576/jkukm-2023-35\(4\)-18](https://doi.org/10.17576/jkukm-2023-35(4)-18).
- Nabila, A. et al. (2022) 'Computerized Relative Allocation of Facilities Techniques (CRAFT) Algorithm Method for Redesign Production Layout (Case Study: PCL Company)', *Proceedings the 3rd South American International Industrial Engineering and Operations Management Conference*, pp. 1580–1590.
- Novianto, S. and Pramadhana, D. (2019) 'Penerapan Algoritma Backtracking Dalam Menyelesaikan Permainan Knight Tour', pp. 205–213.
- Ryan, Cooper and Tauer (2013) 'Peningkatan Kompetensi Kelulusan', *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, pp. 12–26.
- Sucilawati, T. and Kurnianda, N.R. (2021) 'Implementation of Shortest Route File Delivery on the Messenger Population and Civil Registration of Dki Jakarta Using Tsp', 8(2), pp. 18–26.
- TÜL, U. and TUNCER, A. (2017) 'Genetik Algoritma ile Akıllı Test Sayfası Oluşturma', *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 5(4), pp. 27–34. Available at: <https://doi.org/10.29109/http-gujsc-gazi-edu-tr.341977>.
- Wang, Z. (2023) '王智文) 1 , 2 ', 017501(2), pp. 240–257.