

# IMPLEMENTASI ALGORITMA BREADTH – FIRST SEARCH (BFS) DALAM PENYELESAIAN GAME LABIRIN

**Muhammad Ikhbal Kurniawan**

*Universitas Kristen Satya Wacana*

## **ABSTRACT**

*Pathfinding is a fundamental and computationally demanding problem in video game development, particularly within maze-based genres where environments are highly intricate. Artificial intelligence (AI) entities must maneuver autonomously from a starting point to a destination efficiently, avoiding dead ends. This research investigates the implementation of the Breadth-First Search (BFS) algorithm to effectively solve this virtual navigation problem. BFS was specifically selected for its mathematical characteristics that operate through a systematic level-by-level graph traversal. This approach guarantees the absolute discovery of the shortest possible path within an unweighted two-dimensional maze grid. The applied methodology involves modeling the maze space into a discrete 2D matrix, where intersections are represented as nodes, obstacles as boundaries, and paths as edges. The traversal process is managed using a First-In-First-Out (FIFO) queue data structure, ensuring a uniform, wave-like exploration pattern that prevents redundant checks. Additionally, a backtracking mechanism is utilized to reconstruct the exact route. Computational testing using Python demonstrates that BFS consistently determines the most efficient route without experiencing infinite loops. In contrast to Depth-First Search (DFS), which often produces winding routes, BFS is highly reliable and optimal for grid-based pathfinding, providing a remarkably strong foundational technique for developing advanced AI routing systems.*

**Keywords:** *Breadth-First Search, Maze Games, Pathfinding, Artificial Intelligence, Graph Traversal.*

## **Pendahuluan**

Masalah mobilitas dan pencarian rute terpendek (pathfinding) merupakan permasalahan dasar yang tidak hanya terbatas pada teori komputasi, tetapi juga merupakan tantangan dalam kehidupan nyata. Dalam aktivitas sehari-hari, sistem navigasi arah pada peta digital, optimalisasi rute pengiriman logistik ekspedisi, hingga pergerakan robot otonom di area industri maupun evakuasi bencana darurat, semuanya sangat bergantung pada keandalan algoritma penelusuran jalan. Kompleksitas mencari jalan keluar yang paling efisien dan menghindari jalan buntu di dunia nyata ini, sering kali direpresentasikan dan disimulasikan secara virtual melalui industri pengembangan permainan video (game development).

Dalam genre game labirin (maze), representasi masalah nyata tersebut diwujudkan melalui tantangan bagaimana sebuah karakter (baik pemain maupun Non-Player Character/NPC) dapat menemukan jalan keluar dari titik awal menuju titik tujuan tanpa tersesat. Penyelesaian pathfinding virtual ini menjadi eksperimen yang sangat penting bagi

para pengembang untuk mempraktikkan kecerdasan buatan sebelum menerapkannya pada sistem yang lebih luas.

Penerapan Algoritma adalah langkah sistematis dan logis dalam pemecahan masalah. Karena Algoritma bisa menyelesaikan masalah secara sistematis, logis, dan dapat diuji (Sandria, dkk, 2022). Tema ini diangkat karena alasan empirik bahwa para pengembang sistem pemula seringkali kesulitan mengimplementasikan navigasi yang efisien dan tidak membebani memori komputasi. Algoritma Breadth-First Search (BFS) dipilih sebagai fokus penelitian karena karakteristik matematisnya yang secara absolut menjamin penemuan rute terpendek pada graf atau grid yang tidak memiliki bobot (unweighted graph). Penguasaan logika algoritmik BFS pada skala permainan ini pada akhirnya menjadi landasan perbaikan sistem (improvement novelty) yang esensial, membuktikan bahwa simulasi sederhana dapat menawarkan solusi atas kerumitan masalah navigasi di dunia nyata.

### **Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian**

Masalah utama dalam game labirin berbasis grid 2 Dimensi adalah bagaimana agen cerdas dapat mendeteksi tembok (rintangan) dan jalan (jalur valid), serta menghitung rute paling efisien menuju titik akhir tanpa terjebak dalam lorong buntu (dead end). Tujuan dari penelitian ini adalah merancang solusi pemecahan (problem solving) navigasi tersebut melalui implementasi komputasi yang tepat.

Karya ini bermanfaat untuk menghasilkan penyelesaian sistem game labirin yang dapat berjalan secara efisien pada berbagai perangkat dengan resource terbatas. Proyek ini juga menyediakan studi kasus nyata tentang penerapan algoritma graf dalam pengembangan game. Lalu memberikan manfaat dalam memberikan data tentang performa BFS, juga menyediakan dasar yang kuat untuk mengembangkan game bertema puzzle dan AI.

### **Kajian Teori dan Pustaka**

Kecerdasan buatan atau artificial intelligence merupakan salah satu bagian ilmu komputer yang membuat agar mesin (komputer) dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia. Tujuan dari AI adalah untuk memecahkan persoalan dunia nyata (bersifat praktis) dan memahami inteligensia (bersifat memahami). (Muhardono dan Ari, 2023).

Secara empirik, berbagai penelitian terdahulu telah membandingkan teknik pencarian rute dalam labirin, seperti perbandingan antara Depth-First Search (DFS) dan BFS. Hasil studi empiris secara konsisten menunjukkan bahwa meskipun DFS mungkin lebih cepat menemukan jalan keluar dalam skenario tertentu, DFS sering kali menghasilkan rute yang berputar-putar dan panjang. Sebaliknya, BFS selalu menghasilkan rute yang paling optimal (terpendek).

Keunggulan BFS antara lain, menjamin menemukan jalur terpendek atau optimal, karena BFS mengunjungi simpul secara berurutan berdasarkan jaraknya dari simpul awal. Lalu pencarian solusi yang terjamin, karena BFS menjelajahi semua simpul yang dapat dicapai secara sistematis. BFS tidak terjebak dalam putaran (Looping), karena BFS memiliki strategi penyelesaian satu tingkat harus selesai sebelum pindah ke tingkat sebelumnya. Ada juga kelemahan BFS, yaitu menggunakan lebih banyak memori dibanding DFS karena

menyimpan seluruh simpul, dan waktu pencarian solusi yang lebih lama jika solusi jaraknya jauh.

Penyelesaian game labirin ini dimodelkan menggunakan teori graf, di mana labirin direpresentasikan sebagai sekumpulan simpul (nodes) dan sisi (edges). Graf adalah sekumpulan titik yang terhubung atau tidak dengan titik lainnya melalui garis. Graf merupakan suatu struktur yang terdiri dari beberapa obyek dan hubungan antar obyek-obyek tersebut. Ada beberapa jenis graf, yang umum adalah graf berarah dan graf tak berarah. Penggunaan graf di dunia nyata yaitu seperti, jaringan sosial, peta dan navigasi, jaringan computer, dan lainnya.

Dalam merancang kecerdasan buatan pada sistem game, terdapat tiga variabel teoretis utama yang diajukan. Yang pertama adalah Logika Algoritmik. Algoritma merupakan sekumpulan instruksi terstruktur dan sistematis yang dieksekusi secara logis untuk menyelesaikan suatu masalah komputasi tertentu secara bertahap (Bahit, 2024). Implementasi pada labirin membutuhkan algoritma yang mencegah pengecekan berulang pada jalur yang sama.

Selanjutnya ada Kecerdasan Buatan (Agen Cerdas). Dalam konteks pengembangan permainan, kecerdasan buatan (AI) bertugas untuk menciptakan agen yang mampu mengambil keputusan secara otonom, termasuk dalam menganalisis lingkungan sekitar dan memecahkan masalah pencarian rute atau pathfinding menuju target (Hindarto, Sumarno, & Rosid, 2022).

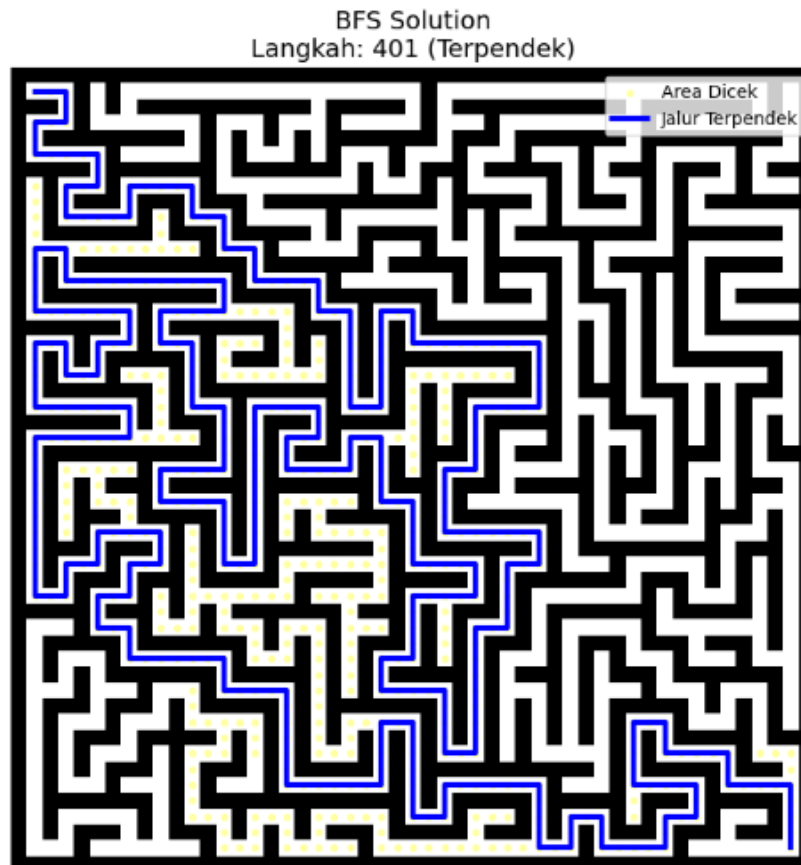
Lalu Struktur Data Antrean (Queue). Pencarian rute pada graf sangat bergantung pada struktur data yang mendukung operasional memori; algoritma BFS secara spesifik harus memanfaatkan struktur data antrean (queue) dengan prinsip First-In-First-Out (FIFO) untuk memastikan penelusuran selalu dilakukan tingkat demi tingkat secara adil (Nasir & Melladia, 2023).

## **Pembahasan**

Penyelesaian masalah pencarian jalan dilakukan dengan mengimplementasikan algoritma BFS. Labirin pertama-tama dikonversi menjadi matriks 2D di mana angka 0 merepresentasikan jalan dan angka 1 merepresentasikan tembok.

Proses eksekusi BFS dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Titik awal (Start) dimasukkan ke dalam struktur data Queue dan ditandai sebagai "telah dikunjungi" (visited).
2. Sistem melakukan perulangan (looping): mengeluarkan elemen pertama dari Queue, lalu memeriksa semua tetangga terdekatnya (Atas, Bawah, Kiri, Kanan).
3. Jika tetangga tersebut adalah jalan valid (bukan tembok) dan belum pernah dikunjungi, maka sistem akan mencatat asal langkahnya (untuk melacak rute balik) dan memasukkan tetangga tersebut ke dalam Queue.
4. Proses ini melebar secara seragam seperti gelombang air. Karena sifat ekspansinya yang berlapis, saat algoritma menyentuh titik tujuan (End) untuk pertama kalinya, jalur yang terbentuk dipastikan adalah jalur yang terpendek. Sistem kemudian melakukan backtracking dari titik tujuan ke titik awal menggunakan catatan langkah untuk menggambar rute kemenangannya.



Gambar diatas merupakan visualisasi penyelesaian labirin menggunakan Algoritma BFS, yang dibuat dengan bahasa python dan dijakankan di Google Collab.

### **Penerapan Pencarian Rute Terpendek di Kehidupan**

Penerapan Algoritma BFS ini, juga dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari, seperti, Sistem Navigasi dan Pemetaan Digital (GPS). Aplikasi seperti Google Maps menggunakan algoritma pencarian rute untuk menemukan jalan tercepat dari lokasi awal ke tujuan. Meskipun di dunia nyata algoritma yang digunakan lebih kompleks (seperti Dijkstra atau A\* karena harus menghitung "bobot" seperti kemacetan dan jarak tempuh), logika dasarnya bermula dari pencarian node antar-persimpangan jalan seperti halnya BFS. Perencanaan Rute Evakuasi Darurat. Dalam manajemen keselamatan gedung bertingkat atau fasilitas publik, algoritma pathfinding digunakan untuk merancang dan menyimulasikan rute evakuasi terpendek menuju pintu keluar darurat (exit doors) terdekat. Hal ini krusial untuk mencegah penumpukan massa saat terjadi bencana seperti kebakaran.

### **Kesimpulan**

Penerapan algoritma Breadth-First Search (BFS) dalam penyelesaian game labirin terbukti sangat efektif dan optimal dalam menemukan rute terpendek secara sistematis melalui eksplorasi graf berbobot seragam dengan memanfaatkan struktur data antrian (queue).

### **Daftar Pustaka**

Bahit, M. (2024). Algoritma Pemrograman Terstruktur. Banjarmasin: Poliban Press.

Nasir, J., & Melladia. (2023). *Algoritma dan Struktur Data dalam Python*. Bandung: PT. Widina.

Hindarto, Sumarno, & Rosid, M. A. (2022). *Buku Ajar Kecerdasan Buatan/Artificial Intelligence (AI)*. Sidoarjo: Umsida Press.

Muhardono, Ari, 'Penerapan Algoritma Breadth First Search Dan Depth First Search Pada Game Angka', 12 (2023), 171–82

Sandria, Y. A., Nurhayoto, M. R. A., Ramadhani, L., Harefa, R. S., & Syahputra, A. (2022). Penerapan Algoritma Selection Sort untuk Melakukan Pengurutan Data dalam Bahasa Pemrograman PHP. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, 1(4), 190–194.

