

# Penerapan Knuth's Algorithm X Pada Proses Pemecahan Masalah Game Sudoku Berbasis Android

<sup>1</sup>Muhammad Fahmi Azis, <sup>2</sup>Yessi Fitri Annisah Lubis,

<sup>1,2</sup>Teknik Informatika Universitas Harapan Medan

E-mail: <sup>1</sup>azizfahmi535@gmail.com, <sup>2</sup>yessy.annisa@gmail.com

Korespondensi : yessy.annisa@gmail.com

## Abstrak

Game Sudoku merupakan permainan logika angka yang mengandalkan kemampuan berpikir sistematis untuk menyusun angka 1 hingga 9 dalam kotak berukuran 9x9 tanpa ada angka yang sama di setiap baris, kolom, dan kotak 3x3. Penyelesaian Sudoku secara manual sering kali memerlukan waktu dan ketelitian tinggi, terutama pada tingkat kesulitan yang lebih tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi berbasis Android yang mampu menyelesaikan permasalahan Sudoku secara otomatis menggunakan Knuth's Algorithm X dengan teknik Dancing Links. Knuth's Algorithm X merupakan metode pencarian eksak (exact cover) yang sangat efisien dalam menangani persoalan kombinatorial seperti Sudoku. Pendekatan ini melibatkan pemetaan puzzle Sudoku ke dalam bentuk matriks biner yang kemudian diselesaikan melalui rekursi backtracking. Dalam implementasinya, aplikasi dirancang dengan antarmuka yang interaktif, memungkinkan pengguna untuk memasukkan teka-teki Sudoku dan mendapatkan solusi secara instan. Pengujian dilakukan dengan berbagai tingkat kesulitan puzzle, dan hasilnya menunjukkan bahwa algoritma ini mampu menyelesaikan setiap kasus dengan waktu eksekusi yang relatif cepat dan akurasi yang tinggi. Selain itu, integrasi pada platform Android memungkinkan aplikasi ini diakses dengan mudah oleh pengguna melalui perangkat mobile. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menunjukkan efektivitas Knuth's Algorithm X dalam menyelesaikan Sudoku, tetapi juga memberikan kontribusi dalam pengembangan aplikasi edukatif yang menggabungkan kecerdasan algoritmik dengan teknologi mobile.

Kata kunci: Sudoku, Algorithm X, Knuth, Android, Dancing Links, pencarian eksak.

## Abstract

Sudoku game is a number logic game that relies on systematic thinking skills to arrange numbers 1 to 9 in a 9x9 box without any identical numbers in each row, column, and 3x3 box. Manually solving Sudoku often takes time and high accuracy, especially at higher difficulty levels. This study aims to develop an Android-based application that is able to solve Sudoku problems automatically using Knuth's Algorithm X with the Dancing Links technique. Knuth's Algorithm X is an exact cover method that is very efficient in handling combinatorial problems such as Sudoku. This approach involves mapping the Sudoku puzzle into a binary matrix form which is then solved through backtracking recursion. In its implementation, the application is designed with an interactive interface, allowing users to enter Sudoku puzzles and get solutions instantly. Testing was carried out with various levels of puzzle difficulty, and the results showed that this algorithm was able to solve each case with a relatively fast execution time and high accuracy. In addition, integration on the Android platform allows this application to be easily accessed by users via mobile devices. Thus, this study not only demonstrates the effectiveness of Knuth's Algorithm X in solving Sudoku, but also contributes to the development of educational applications that combine algorithmic intelligence with mobile technology.

Keywords: Sudoku, Algorithm X, Knuth, Android, Dancing Links, exact search

## 1. PENDAHULUAN

Permainan Sudoku merupakan salah satu jenis teka-teki logika yang sangat populer di berbagai kalangan. Permainan ini terdiri dari sebuah kotak berukuran 9x9 yang terbagi menjadi 9 sub-kotak berukuran 3x3, di mana setiap baris, kolom, dan sub-kotak harus diisi dengan angka 1 hingga 9 tanpa ada angka yang berulang [1][2]. Sudoku bukan hanya sekadar permainan hiburan, tetapi juga telah menjadi alat untuk melatih keterampilan berpikir logis dan pemecahan masalah. Karena kompleksitasnya yang cukup tinggi, berbagai metode telah dikembangkan untuk menyelesaikan Sudoku secara otomatis, baik dengan pendekatan brute force maupun dengan algoritma yang lebih efisien[3][4]. Salah satu algoritma yang sangat efektif dalam

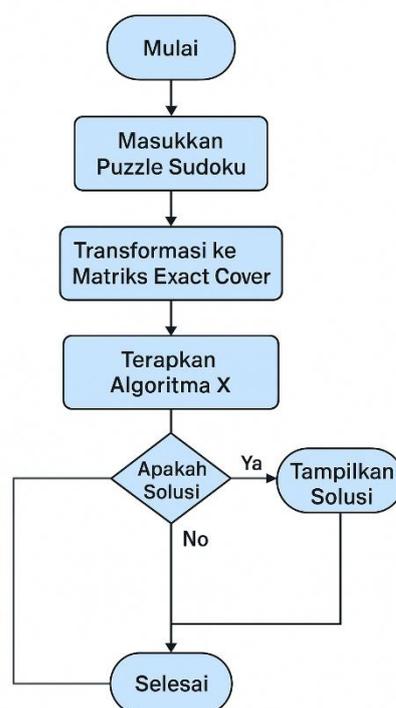
menyelesaikan permasalahan Sudoku adalah Algorithm X yang diperkenalkan oleh Donald Knuth. Algorithm X merupakan sebuah metode pencarian solusi untuk masalah Exact Cover, di mana permasalahan Sudoku dapat direpresentasikan dalam bentuk matriks biner dan kemudian diselesaikan menggunakan metode Dancing Links. Dengan pendekatan ini, pencarian solusi menjadi lebih sistematis dan efisien dibandingkan dengan metode brute force yang mencoba setiap kemungkinan secara eksponensial[5][6]. Dalam era digital saat ini, permainan Sudoku telah banyak diimplementasikan dalam berbagai platform, termasuk perangkat berbasis Android. Platform ini memiliki pengguna yang sangat luas, karena ketersediaan perangkat Android yang terjangkau dan banyak digunakan di seluruh dunia[7][8]. Sehingga untuk mengembangkan aplikasi Android yang mampu menyelesaikan teka-teki Sudoku dengan cepat dan efisien akan memberikan manfaat yang besar bagi para penggemar permainan ini[9]. Penerapan Algorithm X dalam aplikasi Android memerlukan pemahaman mendalam tentang bagaimana Sudoku direpresentasikan dalam bentuk Exact Cover dan bagaimana Dancing Links dapat digunakan untuk mempercepat pencarian solusi. Selain itu, tantangan utama dalam pengembangan aplikasi ini adalah bagaimana mengoptimalkan performa agar solusi dapat ditemukan dalam waktu yang sangat singkat, mengingat keterbatasan sumber daya yang dimiliki perangkat mobile dibandingkan dengan komputer desktop[10]. Meskipun Sudoku telah menjadi permainan yang sangat populer, menemukan solusi untuk teka-teki yang kompleks secara manual bisa menjadi tantangan yang sulit bagi banyak pemain. Beberapa pengguna mungkin memerlukan bantuan dalam menyelesaikan permainan, baik dalam bentuk petunjuk atau penyelesaian otomatis. Namun, metode tradisional seperti brute force sering kali tidak efisien karena membutuhkan banyak iterasi untuk menemukan solusi yang valid. Oleh karena itu, diperlukan algoritma yang lebih optimal agar penyelesaian Sudoku dapat dilakukan dengan cepat dan akurat. Kemudian mengimplementasikan Algorithm X dalam lingkungan Android juga menjadi tantangan tersendiri. Android memiliki keterbatasan dalam hal komputasi dan efisiensi memori dibandingkan dengan sistem desktop. tanpa menyebabkan aplikasi menjadi lambat atau tidak responsif. Untuk mengatasi permasalahan di atas, penelitian ini mengusulkan penerapan Algorithm X dengan metode Dancing Links dalam aplikasi Android untuk menyelesaikan teka-teki Sudoku secara otomatis. Dengan memanfaatkan metode ini, pencarian solusi dapat dilakukan dengan lebih sistematis dan efisien dibandingkan dengan metode pencarian konvensional. Algorithm X akan merepresentasikan Sudoku dalam bentuk Exact Cover, di mana setiap kemungkinan penempatan angka akan diorganisir dalam struktur matriks biner. Dancing Links kemudian digunakan untuk mengelola operasi backtracking secara lebih cepat dengan menghapus dan mengembalikan elemen-elemen matriks secara dinamis. Penggunaan kombinasi Algorithm X dan Dancing Links dalam pengembangan aplikasi Android tidak hanya mempercepat proses penyelesaian teka-teki, tetapi juga mengurangi konsumsi memori secara signifikan. Dengan struktur data yang efisien, metode ini memungkinkan penanganan berbagai tingkat kesulitan Sudoku, dari level pemula hingga level ahli, dengan performa yang tetap optimal. Selain itu, integrasi algoritma ini ke dalam platform Android memberikan kemudahan akses kepada pengguna, karena mereka dapat menikmati solusi Sudoku otomatis secara cepat hanya melalui perangkat mobile mereka. Penerapan ini juga sekaligus menjadi kontribusi dalam pengembangan aplikasi edukatif yang menggabungkan teknologi algoritmik tingkat lanjut dengan pengalaman pengguna yang intuitif. Oleh karena itu, strategi ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif, inovatif, dan aplikatif dalam menyelesaikan permasalahan penyelesaian Sudoku secara digital dan real-time.

Adapun penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh [11] membahas penerapan algoritma pemecahan Sudoku dengan pendekatan brute force yang menghasilkan waktu eksekusi yang kurang efisien untuk kasus kompleks. Penelitian lain oleh [12] mengkaji penggunaan metode backtracking dalam menyelesaikan Sudoku, namun ditemukan bahwa metode ini tidak optimal untuk teka-teki dengan tingkat kesulitan tinggi. Sementara itu, penelitian oleh [13] telah menerapkan Algorithm X pada platform desktop dan menunjukkan bahwa metode ini mampu menyelesaikan Sudoku dengan lebih cepat dibandingkan metode

lainnya, namun belum ada implementasi khusus untuk platform Android. Penelitian ini memiliki karakteristik pembeda yang cukup jelas dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang umumnya hanya terbatas pada implementasi algoritma pemecah Sudoku dalam lingkungan desktop atau skrip berbasis Python dan C++. Sebagian besar studi terdahulu lebih berfokus pada penggunaan metode brute force, backtracking, ataupun pendekatan constraint programming untuk menyelesaikan Sudoku, tanpa mengeksplorasi implementasi langsung Knuth's Algorithm X secara menyeluruh dalam platform mobile. Beberapa penelitian memang telah membahas teori Exact Cover dan Knuth's Algorithm X. salah satunya dilakukan oleh [14] namun masih sebatas pada simulasi di lingkungan terbatas atau pengujian di luar konteks aplikasi yang interaktif. Dengan menggabungkan implementasi algoritma tersebut ke dalam aplikasi Android, penelitian ini tidak hanya menonjol dari sisi algoritmik, tetapi juga memperluas ranah penggunaannya menjadi lebih praktis dan user-friendly. Pengguna dapat merasakan langsung bagaimana algoritma kompleks bekerja secara real-time dalam menyelesaikan puzzle Sudoku melalui antarmuka mobile yang intuitif, yang menjadi nilai tambah dan pembeda signifikan dibandingkan karya-karya sebelumnya.

## 2. METODE PENELITIAN

Dalam proses perancangan game Sudoku berbasis Android dengan penerapan Knuth's Algorithm X sebagai metode pemecahan masalah, pendekatan metodologi penelitian menjadi fondasi penting untuk memastikan bahwa game yang dikembangkan berjalan secara optimal, edukatif, dan menarik bagi pengguna. Penelitian ini mengadopsi pendekatan rekayasa perangkat lunak yang melibatkan studi literatur, analisis kebutuhan pengguna, perancangan sistem, implementasi game, hingga tahap pengujian secara bertahap. Setiap tahapan dilakukan secara sistematis guna memastikan bahwa solusi yang dibangun tidak hanya memenuhi aspek fungsional sebagai media latihan logika dan strategi, tetapi juga dapat dijalankan secara efisien di perangkat Android dengan spesifikasi terbatas. Knuth's Algorithm X dipilih karena kemampuannya dalam menyelesaikan masalah exact cover secara efisien, yang sangat sesuai untuk menyelesaikan tantangan logika dalam game Sudoku. Dengan penerapan algoritma ini, game diharapkan mampu memberikan pengalaman bermain yang menantang dan mendidik, sekaligus memperkuat kemampuan berpikir logis pengguna, terutama pelajar. Rangkaian tahapan dalam metode penelitian ini akan dijelaskan secara lebih rinci pada bagian berikutnya..



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Gambar 3.1 diatas menjelaskan proses pemecahan puzzle Sudoku dengan menerapkan Knuth's Algorithm X, yang dikenal efektif untuk menyelesaikan masalah exact cover secara efisien. Proses dimulai dari langkah awal, yaitu pengguna memasukkan puzzle Sudoku yang ingin diselesaikan. Puzzle ini berupa grid 9x9 yang berisi angka-angka tertentu dan beberapa sel kosong yang harus diisi dengan angka 1 hingga 9 sesuai aturan Sudoku, yaitu tidak boleh ada angka yang sama pada setiap baris, kolom, maupun blok 3x3. Setelah puzzle dimasukkan, sistem akan mentransformasikannya ke dalam bentuk matriks Exact Cover. Proses ini melibatkan representasi semua kemungkinan penempatan angka ke dalam baris-baris matriks, di mana setiap baris menyatakan kemungkinan pengisian angka tertentu pada sel tertentu, dan setiap kolom menyatakan suatu kondisi atau aturan yang harus dipenuhi. Dengan struktur ini, Sudoku dikonversi menjadi persoalan pemilihan kombinasi baris yang mencakup semua kolom secara tepat satu kali, sesuai dengan definisi masalah exact cover. Selanjutnya, Knuth's Algorithm X diterapkan untuk menyelesaikan matriks tersebut. Algoritma ini mencari kombinasi baris dalam matriks yang memenuhi semua syarat yang ditetapkan. Jika algoritma menemukan solusi, maka sistem akan menampilkan hasil akhir Sudoku yang lengkap dan valid. Namun, jika tidak ditemukan kombinasi yang memenuhi semua kondisi, maka sistem menyimpulkan bahwa puzzle tidak memiliki solusi dan proses berakhir. Melalui diagram ini, terlihat bahwa proses penyelesaian Sudoku dilakukan secara sistematis dan efisien dengan memanfaatkan pendekatan algoritmik. Penggunaan Algorithm X memungkinkan sistem untuk menyelesaikan puzzle yang kompleks dengan akurasi tinggi, serta dapat diimplementasikan pada aplikasi Android untuk memberikan pengalaman belajar dan bermain yang interaktif bagi pengguna.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menguraikan hasil dari implementasi dan pengujian game Sudoku berbasis Android yang telah dikembangkan dengan menerapkan Knuth's Algorithm X sebagai inti pemecahan

masalah. Pembahasan difokuskan pada analisis kuantitatif dan kualitatif terhadap kinerja algoritma tersebut berdasarkan serangkaian skenario pengujian yang dilakukan untuk mengevaluasi keakuratan, efisiensi waktu, serta kemampuan algoritma dalam menyelesaikan berbagai tingkat kesulitan puzzle. Analisis ini juga mencakup pengujian terhadap performa aplikasi pada perangkat Android dengan spesifikasi beragam, guna memastikan kompatibilitas dan responsivitas sistem. Dengan pendekatan ini, keandalan algoritma dalam menyelesaikan puzzle Sudoku divalidasi sekaligus menunjukkan potensi penggunaan Algorithm X dalam pengembangan aplikasi berbasis logika yang bersifat edukatif dan interaktif.

### 3.1. Implementasi Game

Implementasi Knuth's Algorithm X pada proses pemecahan masalah game Sudoku berbasis Android dilakukan setelah tahap perancangan selesai. Langkah pertama dalam implementasi ini adalah mengkonversi perancangan algoritma menjadi kode program menggunakan bahasa pemrograman C#. Tujuan dari implementasi ini adalah untuk mengkonfirmasi modul program yang telah dirancang dan memastikan algoritma dapat diterapkan secara efektif pada aplikasi Android. Dalam hal ini, Knuth's Algorithm X diterapkan untuk memecahkan teka-teki Sudoku dengan cara yang efisien dan otomatis. Melalui implementasi ini, game Sudoku berbasis Android dapat menawarkan pengalaman yang lebih interaktif, di mana pengguna tidak hanya dapat bermain tetapi juga mendapatkan solusi dengan cepat ketika menghadapi kesulitan dalam menyelesaikan teka-teki. Pemanfaatan algoritma ini dalam aplikasi berbasis Android bertujuan untuk memberikan pembelajaran yang mendalam dalam hal pemecahan masalah logika serta meningkatkan keterampilan berpikir kritis pengguna.

### 3.2. Tampilan Aplikasi

Pada tampilan aplikasi Sudoku berbasis Android, pengguna akan disajikan dengan beberapa menu utama yang memudahkan navigasi dalam aplikasi. Menu utama mencakup tampilan papan permainan Sudoku, tombol untuk memulai permainan, serta opsi untuk melihat petunjuk dan informasi pengembang. Papan permainan akan menampilkan grid 9x9, di mana pengguna dapat mengisi angka sesuai aturan permainan. Selain itu, terdapat tombol-tombol navigasi yang memungkinkan pengguna untuk mengakses berbagai fitur lainnya, seperti mengatur tingkat kesulitan, melihat solusi otomatis menggunakan Knuth's Algorithm X, dan mengakses pengaturan aplikasi. Tampilan antarmuka aplikasi dirancang dengan antarmuka yang bersih dan intuitif, memastikan pengalaman bermain yang menyenangkan dan mudah dipahami oleh pengguna.

## 1. Tampilan Game

Pada tampilan game sudoku berbasis *android* dibuat menggunakan software unity 3D. berikut ini tampilan menu utama game sudoku berbasis *android*:

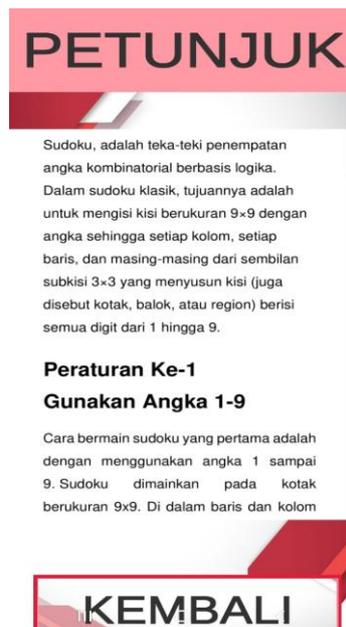


**Gambar 2** Tampilan Menu Utama

Pada gambar 2 dijelaskan terdapat tampilan utama aplikasi Sudoku, terlihat sebuah desain yang modern dan sederhana dengan latar belakang warna putih dan aksan merah muda yang memberikan kesan segar dan bersih. Di bagian atas, terdapat judul aplikasi "SUDOKU" yang ditampilkan dengan font besar dan tebal, memberikan kesan tegas dan mudah dibaca. Di bawah judul, terdapat tiga tombol utama yang terstruktur secara vertikal. Tombol pertama berlabel "START", yang memungkinkan pengguna untuk memulai permainan. Tombol kedua berlabel "PETUNJUK", yang memberikan informasi tentang cara bermain atau petunjuk penggunaan aplikasi. Tombol terakhir adalah "PENGEMBANG", yang menampilkan informasi tentang pengembang aplikasi. Setiap tombol dikelilingi oleh bingkai merah tipis yang menambah elemen visual yang menarik, serta memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memilih menu yang diinginkan. Desain keseluruhan tampilan aplikasi ini mengutamakan kesederhanaan dan kenyamanan bagi pengguna dalam mengakses berbagai fitur dengan mudah.

## **2. Tampilan Petunjuk Penggunaan Game**

Pada tampilan *menu* petunjuk penggunaan *game* akan menampilkan informasi dari penggunaan *game* dan tata cara bermain *game* sudoku. Seperti pada gambar berikut ini



Gambar 3 Tampilan Menu petunjuk

Pada tampilan menu "PETUNJUK" aplikasi Sudoku, pengguna akan disajikan dengan penjelasan mengenai permainan Sudoku beserta aturan dasar bermainnya. Di bagian atas, terdapat tulisan besar "PETUNJUK" dengan font tebal dan warna merah muda, memberikan kesan yang jelas dan mencolok. Lalu, di bawah judul tersebut, terdapat deskripsi singkat mengenai apa itu Sudoku, yaitu sebuah teka-teki penempatan angka berbasis logika yang dimainkan pada grid 9x9. Selanjutnya, pada bagian bawah deskripsi, terdapat peraturan pertama yang menjelaskan penggunaan angka 1 hingga 9 dalam permainan. Teks ini memberikan pemahaman dasar tentang bagaimana permainan dimainkan, di mana setiap angka dalam baris, kolom, dan kotak 3x3 harus berisi angka dari 1 hingga 9 tanpa ada pengulangan. Di bagian bawah layar, terdapat tombol "KEMBALI" yang memungkinkan pengguna untuk kembali ke tampilan sebelumnya. Tombol ini juga dikelilingi dengan bingkai merah tipis, menambah kesan visual yang serasi dengan desain tampilan aplikasi secara keseluruhan. Desain dan penataan teks di dalam aplikasi ini berfokus pada kesederhanaan dan keterbacaan, memastikan pengguna dapat memahami petunjuk permainan dengan mudah.

### 3. Tampilan Menu Pengembang

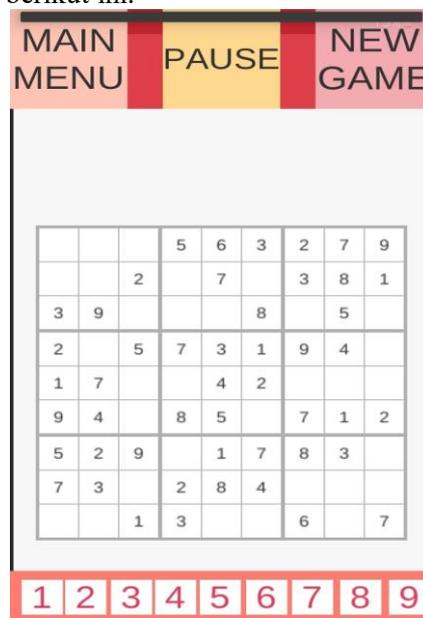
Pada tampilan menu pengembang akan menampilkan informasi dari pengembang aplikasi *game* sudoku berbasis *android*. Seperti pada gambar berikut ini



Gambar 4 Tampilan Pengembang

#### 4. Tampilan game sudoku

Pada tampilan *game* sudoku akan menampilkan permainan dari *game* sudoku berbasis *android*. Seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 5 Tampilan game

Tampilan aplikasi Sudoku ini menunjukkan antarmuka utama saat permainan sedang berlangsung. Di bagian atas, terdapat tiga tombol: "MAIN MENU" untuk kembali ke menu utama, "PAUSE" untuk menghentikan permainan sementara, dan "NEW GAME" untuk memulai permainan baru. Tombol-tombol ini diberi warna latar belakang merah muda dan kuning, menambah kontras yang jelas agar mudah dilihat. Di tengah layar, terdapat papan permainan Sudoku berukuran 9x9 dengan beberapa angka yang sudah terisi dan beberapa sel kosong untuk diisi oleh pemain. Papan ini memiliki garis pemisah yang jelas antara baris dan

kolom, memudahkan pemain untuk melihat dan mengisi angka dengan lebih mudah. Di bagian bawah, terdapat tombol angka 1 hingga 9 yang berfungsi sebagai pilihan angka yang dapat dipilih oleh pemain untuk mengisi sel kosong pada papan Sudoku. Tombol-tombol angka ini terletak secara horizontal dan diberi warna merah muda, selaras dengan tema warna aplikasi, untuk memberikan kemudahan dalam memilih angka yang sesuai.

### 3.3 Hasil Pengujian

Hasil kinerja pada aplikasi dibuat setelah proses pengujian sistem selesai diuji. Hasil pengujian sistem didapat melalui penyebaran kuesioner kepada 14 masyarakat. Responden amatir merupakan responden yang diambil secara acak. Kuesioner terdiri dari pertanyaan yang dapat diberikan penilaian untuk memudahkan perhitungan hasil analisisnya. Berikut adalah hasil pengujian dengan kuesioner yang didapat dari responden umum

Tabel. 1 Hasil Kuesioner

No	Pertanyaan	Jumlah	Rata rata
1	Apakah menurut anda tampilan antarmuka yang terdapat dalam Aplikasi dibawah ini menarik?	$1+2+24+16$ $= 43$	$\frac{43}{56} \times 100\%$ $= 76\%$
2	Apakah menurut anda tampilan game gambar dan game sudoku sudah menarik?	$1+6+44$ $= 51$	$\frac{51}{56} \times 100\%$ $= 91\%$
3	Apakah menurut anda tampilan menu penegmbang sudah menarik?	$1+21+24$ $= 46$	$\frac{46}{56} \times 100\%$ $= 82\%$
4	Apakah menurut anda tampilan menu petunjuk sudah menarik?	$1+12+28$ $= 41$	$\frac{41}{56} \times 100\%$ $= 73\%$
5	Menurut anda apakah aplikasi game sudoku sudah friendly?	$2+6+44$ $= 52$	$\frac{52}{56} \times 100\%$ $= 92\%$
6	Apakah aplikasi ini dapat menjadi pembelajaran dalam peningkatan kemampuan matematika ?	$1+9+40$ $= 50$	$\frac{50}{56} \times 100\%$ $= 89\%$

Berdasarkan hasil pengujian Implementasi aplikasi scrambled word game untuk meningkatkan kemampuan anak berbahasa inggris berbasis android pada hakikatnya merupakan pembelajaran untuk memperoleh keterampilan dalam berbahasa inggris dengan cara melakukan penyusunan kata yang sudah diacak pada aplikasi berbasis android dari 14 responded menggunakan kuesioner google formulir diperoleh hasilnya yaitu pada kuisisioner pertama mendapatkan presentasi 76%, kuisisioner kedua mendapatkan 91%, kuisisioner ketiga mendapatkan 82%, kuisisioner keempat mendapatkan 73%, kuisisioner kelima mendapatkan 92% dan kuisisioner keenam mendapatkan 89%.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pada rancangan yang sudah dilakukan dan menerapkan pada unity 3D tentang Penerapan Knuth's *Algorithm X* pada Proses Pemecahan Masalah game sudoku berbasis android, maka dapat ditarik kesimpulan antara lain:

1. Penerapan Knuth's *Algorithm X* pada aplikasi Sudoku berbasis Android berhasil meningkatkan efisiensi dan akurasi pemecahan teka-teki.
2. Algoritma ini memungkinkan solusi otomatis yang cepat dan mengurangi kesalahan manusia dalam menyelesaikan puzzle.
3. Antarmuka aplikasi dirancang dengan sederhana dan intuitif, memudahkan navigasi dan interaksi pengguna.

4. Fitur tambahan seperti petunjuk dan informasi pengembang menambah nilai edukatif bagi pemain.

Berdasarkan penerapan pada Penerapan Knuth's *Algorithm X* pada Proses Pemecahan Masalah game sudoku berbasis android tidak terlepas dari kekurangan, adapun saran pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Menambahkan tingkat kesulitan variatif agar algoritma Knuth's *Algorithm X* dapat disesuaikan untuk teka-teki dengan kompleksitas lebih tinggi.
2. Melakukan evaluasi kinerja algoritma pada permainan dengan variasi tingkat kesulitan ekstrem untuk memastikan skalabilitas aplikasi.
3. Menyediakan opsi bagi pengguna untuk menyimpan progres permainan dan mengakses statistik, meningkatkan keterlibatan pengguna.
4. Mengembangkan fitur baru yang dapat memperkaya pengalaman pengguna, seperti mode latihan atau tantangan khusus.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. N. Lina and M. S. Rumatna, "Comparison Analysis of Breadth First Search and Depth Limited Search Algorithms in Sudoku Game," *Bull. Comput. Sci. Electr. Eng.*, vol. 2, no. 2, 2021.
- [2] M. Arfah, F. Fachrizal, and O. Nugroho, "Developing A Model Of Association Rules With Machine Learning In Determining User Habits On Social Media," pp. 55–61, 2024, doi: 10.15587/1729-4061.2024.305116.
- [3] F. A. Rahman and D. Anubhakti, "Implementasi Algoritma Backtracking Pada Permainan Sudoku," *MEANS (Media Inf. Anal. dan Sist.*, vol. 5, no. 1, pp. 67–71, 2020.
- [4] A. R. Lubis, H. R. Safitri, M. Lubis, and O. Nugroho, "Implementation of Preprocessing in Text Summarization Techniques for Indonesian Language Documents Using the Flax T5 Approach," in *2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, IEEE, 2023, pp. 1–6.
- [5] C. Danuputri and N. Santosa, "Aplikasi Pemecahan Soal Sudoku dengan Metode Backtracking," *J. Inform. Univ. Pamulang*, vol. 6, no. 3, pp. 506–511, 2021.
- [6] A. R. Lubis, S. Prayudani, and M. Lubis, "Analysis of the Markov Chain Approach to Detect Blood Sugar Level," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2019, p. 12052.
- [7] A. A. Hanafi, N. Hibban, F. M. Zulfikar, and F. D. Adhinata, "Penyelesaian Permainan Sudoku Menggunakan Algoritma Backtracking Berbasis Artificial Intelligence," *J. ICTEE*, vol. 2, no. 2, pp. 50–57, 2021.
- [8] F. Fachrizal, "Data Transmission Performance on the Internet of Thing (IoT) Network Using Long Range Communication (LoRA)," in *2021 International Conference on Computer Science and Engineering (IC2SE)*, IEEE, 2021, pp. 1–4.
- [9] O. Nugroho and G. A. Hutagalung, "Design and Implementation of Android-Based Public Transport Trayek using Cloud Computing Infrastructure," *Al'adzkiya Int. Comput. Sci. Inf. Technol. J.*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [10] A. R. Lubis, H. R. Safitri, M. Lubis, M. L. Hamzah, A.-K. Al-Khowarizmi, and O. Nugroho, "Enhancing Text Summarization with a T5 Model and Bayesian Optimization.," *Rev. d'Intelligence Artif.*, vol. 37, no. 5, 2023.
- [11] R. Angel, W. Agustina, and A. N. Yasinta, "Penerapan Algoritma Backtracking Berbasis BFS dengan Pendekatan Heuristik dalam Permainan Hangman," *Madani J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 1, no. 5, 2023.
- [12] A. Yusuf and H. Hendra, "Penyelesaian Puzzle Sudoku Menggunakan Algoritma Brute Force dan Backtracking," *Techno Nusa Mandiri J. Comput. Inf. Technol.*, vol. 10, no. 2, pp. 203–208, 2019.
- [13] V. A. Nawagusti, "Penentuan Rute Terpendek Pada Optimalisasi Jalur Pendistribusian

- Barang di PT. X dengan Menerapkan Algoritma Floyd-Warshall,” *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol. di Ind.*, pp. 57–64, 2018.
- [14] J. Chu, “A sudoku solver in java implementing knuth’s dancing links algorithm,” in *The first Harker Research Symposium*, 2021.