

Implementasi Algoritma *Breadth First Search* dan *Depth First Search* Pada Aplikasi Kimia Hidrokarbon Berbasis *Augmented Reality*

Breadth First Search and Depth First Search Algorithm Implementation on Augmented Reality-Based Hydrocarbon Chemistry Application

Ferdy Nicolas¹, I Gusti Ngurah Suryantara²

^{1,2}Program Studi Informatika, Universitas Bunda Mulia, Jakarta
e-mail: ¹ferdy.nicolas@gmail.com, ²gusti@bundamulia.ac.id

Abstrak

Hidrokarbon adalah cabang ilmu kimia yang mempelajari senyawa organik yang tersusun atas karbon dan hidrogen. Dalam representasinya, molekul hidrokarbon dapat dipetakan sebagai sebuah graph, dengan atom-atom karbon yang berperan sebagai node dalam graph tersebut dan koneksi antar atom yang berperan sebagai jalur dalam graph. Konsep representasi ini menjadi fokus utama penelitian, dimana molekul hidrokarbon yang dipetakan ke dalam graph dapat berinteraksi dengan algoritma yang memiliki kemampuan untuk membaca graph, seperti *Breadth First Search (BFS)* dan *Depth First Search (DFS)*. Kedua algoritma ini dapat digunakan pada graph berupa struktur molekul hidrokarbon untuk mendapatkan informasi mengenai molekul tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma *BFS* dan *DFS* untuk melakukan identifikasi dan penamaan terhadap molekul hidrokarbon berdasarkan aturan *IUPAC*. Program yang dihasilkan kemudian dikemas ke dalam sebuah aplikasi berbasis *augmented reality* untuk memudahkan visualisasi molekul. Hasil penelitian menemukan bahwa algoritma *BFS* dan *DFS* dapat digunakan secara sinergis untuk mengidentifikasi struktur molekul dengan mengumpulkan informasi mengenai rantai terpanjang menggunakan *BFS* dan keberadaan rantai siklik dan rantai cabang menggunakan *DFS*. Dengan menggunakan metode unit testing, diketahui bahwa aplikasi memiliki konformitas senilai 100% terhadap standar nomenklatur dari *IUPAC*.

Kata kunci— *augmented reality, breadth first search, depth first search, hidrokarbon*

Abstract

Hydrocarbons are a branch of chemistry that studies organic compounds composed of carbon and hydrogen. In its representation, hydrocarbon molecules can be mapped as a graph, with carbon atoms acting as nodes in the graph and connections between atoms acting as pathways in the graph. This representation concept is the main focus of research, where hydrocarbon molecules mapped into graphs can interact with algorithms that have the ability to read graphs, such as *Breadth First Search (BFS)* and *Depth First Search (DFS)*. Both of these algorithms can be used on graphs in the form of hydrocarbon molecular structures to get information about these molecules. The study aims to implement *BFS* and *DFS* algorithms to identify and name hydrocarbon molecules based on *IUPAC* rules. The resulting program is then packaged into an *augmented reality*-based application for easy visualization of molecules. The results found that the *BFS* and *DFS* algorithms can be used in tandem to identify molecular structures by collecting information about the longest chains using *BFS* and the presence of cyclic and branch chains using *DFS*. Using the unit testing method, it is known that the application has a conformity of 100% to the *iupac* nomenclature standard..

Keywords— *augmented reality, breadth first search, depth first search, hydrocarbon*

1. PENDAHULUAN

Untuk memastikan proses kegiatan belajar mengajar yang efektif, seringkali dibutuhkan alat peraga yang berfungsi sebagai pelengkap dan alat bantu representasi visual selama proses belajar. Dengan demikian, ketersediaan alat peraga yang terbatas menjadi masalah yang signifikan dalam proses pembelajaran beberapa mata pelajaran tertentu. Ketersediaan alat peraga ini memiliki urgensi yang lebih tinggi pada mata pelajaran yang membutuhkan representasi visual yang kompleks seperti Matematika untuk menggambarkan bangun ruang, Biologi untuk menunjukkan anatomi, dan Kimia untuk merepresentasikan struktur atom dan molekul.

Akan tetapi, alat peraga untuk masing-masing keperluan tersebut seringkali berada dalam jumlah yang tidak mencukupi untuk digunakan secara merata bagi seluruh pengguna. Hal ini dikarenakan beberapa faktor seperti alokasi anggaran dan biaya pemeliharaan yang tergolong tinggi; sedangkan kebutuhan akan alat peraga tersebut bersifat konsisten terhadap keberadaan pengguna yang berpotensi memerlukan alat peraga tersebut.

Dengan mempertimbangkan ketersediaan alat peraga, maka penelitian ini bertujuan untuk membuat media pembelajaran alternatif yang dapat menjadi pelengkap. Media yang akan dibuat adalah dalam bentuk sebuah aplikasi untuk memvisualisasikan struktur atom dan molekul hidrokarbon pada mata pelajaran Kimia, dengan memanfaatkan bantuan teknologi berupa *augmented reality*. *Augmented reality* dapat memberikan interaksi yang lebih variatif dikarenakan berbagai fitur tambahan yang melengkapi aplikasi tersebut. Oleh karena itu, aplikasi ini juga dapat berperan dalam mendorong kegiatan belajar mengajar yang lebih proaktif dalam penggunaan berkelanjutan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan masalah terkait bagaimana materi kimia hidrokarbon dapat dikemas ke dalam aplikasi Android berbasis *augmented reality*, dan terutama mengenai bagaimana mengidentifikasi atom atau molekul yang akan divisualisasikan di dalam aplikasi tersebut. Diharapkan, penelitian ini dapat berperan dalam menciptakan sebuah alat bantu dalam kegiatan belajar mengajar yang lebih bersifat interaktif dan mampu berperan sebagai pelengkap proses belajar konvensional. Dan dengan dibuatnya aplikasi ini, dapat memberikan manfaat berupa memudahkan proses kegiatan belajar-mengajar untuk materi terkait, dan mendukung diterapkannya berbagai media dan alat peraga yang lebih variatif untuk mendorong kegiatan belajar mengajar yang lebih bersifat proaktif.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Kajian Pustaka

2.1.1 Hidrokarbon

Hidrokarbon adalah senyawa kimia organik yang tersusun hanya berdasarkan atom karbon (C) dan hidrogen (H). Atom-atom karbon akan tersusun sebagai kerangka senyawa, sedangkan atom-atom hidrogen akan tersusun pada masing-masing atom karbon dengan berbagai konfigurasi [1]. Penamaan hidrokarbon mengikuti standar yang ditetapkan oleh IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*). IUPAC adalah otoritas global yang mengatur nomenklatur kimia, penamaan unsur-unsur baru dalam tabel periodik, dan metode standar untuk pengukuran dan perhitungan kimia.

Hidrokarbon secara sederhana terbagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan keberadaan ikatan rangkap. Pembagian tersebut adalah sebagai berikut:

- Alkana, yaitu hidrokarbon yang hanya memiliki ikatan tunggal dengan rumus umum C_nH_{n+2}
- Alkena, yaitu hidrokarbon dengan satu atau lebih ikatan rangkap dua dengan rumus umum C_nH_n
- Alkuna, yaitu hidrokarbon dengan satu atau lebih ikatan rangkap tiga dengan rumus umum C_nH_{n-2}
- Alkenuna, yaitu hidrokarbon dengan satu atau lebih ikatan rangkap dua dan tiga dalam satu molekul. Alkenuna tidak memiliki rumus umum.

2.1.2 Breadth First Search

Algoritma BFS (*Breadth First Search*) adalah algoritma yang digunakan untuk melakukan iterasi atau pencarian pada sebuah *graph* atau *tree*, dan memprioritaskan pencarian ke seluruh node pada satu level terlebih dahulu sebelum berpindah ke level selanjutnya. Algoritma BFS dapat digunakan untuk mencari posisi *node* terdalam pada sebuah *graph* [2]. Algoritma BFS memiliki *pseudocode* sebagai berikut [3]:

```

procedure BFS(G, root) is
  let Q be a queue
  label root as explored
  Q.enqueue(root)
  while Q is not empty do
    v := Q.dequeue()
    if v is the goal then
      return v
    for all edges from v to w in G.adjacentEdges(v) do
      if w is not labeled as explored then
        label w as explored
        Q.enqueue(w)

```

Gambar 1 Pseudocode algoritma BFS

2.1.3 Depth First Search

Algoritma DFS (*Depth First Search*) adalah algoritma yang digunakan untuk melakukan iterasi atau pencarian pada sebuah *graph* atau *tree*, dan memprioritaskan pencarian ke arah node dengan posisi yang lebih dalam pada sebuah *graph*. Algoritma DFS dapat digunakan untuk mencari konektivitas dari komponen berupa node sehingga membentuk satu unit *graph* yang kohesif [2]. Algoritma DFS memiliki *pseudocode* sebagai berikut [3]:

```

procedure DFS(G, v) is
  label v as discovered
  for all directed edges from v to w
  that are in G.adjacentEdges(v) do
    if vertex w is not labeled as discovered then
      recursively call DFS(G, w)

```

Gambar 2 Pseudocode algoritma DFS

2.1.4 Augmented Reality

AR (*Augmented Reality*) adalah teknologi yang memberikan pengalaman interaktif dimana objek yang berada di dunia nyata digabungkan dengan informasi perseptual yang dihasilkan komputer melalui input sensorik manusia. AR dapat didefinisikan sebagai sistem yang

menggabungkan tiga fitur dasar yaitu kombinasi dunia nyata dan virtual, interaksi real-time, dan representasi tiga dimensi yang akurat dari objek virtual dan nyata [4].

Dalam pendidikan, AR diimplementasikan sebagai metode baru untuk mempelajari objek tiga dimensi dan visualisasi konsep abstrak. Misalnya, AR dapat mengurangi pemahaman yang keliru yang berasal dari ketidakmampuan siswa untuk memvisualisasikan konsep, karena AR memungkinkan visualisasi yang lebih rinci dan disertai animasi objek [5]. AR juga memungkinkan visualisasi mikro dari objek dan konsep yang tidak dapat dilihat dengan mata manusia tanpa alat bantu seperti ikatan kimia. AR menampilkan objek dan konsep dengan cara yang berbeda dan pada sudut pandang yang berbeda yang membantu siswa untuk lebih memahami mata pelajaran.

Dalam penelitian ini, digunakan metode marker-based augmented reality, yang terbagi menjadi 2 jenis berdasarkan jumlah marker yaitu:

- **Marker-Based Augmented Reality**

Metode ini merupakan penerapan AR dimana yang menjadi indikator deteksi adalah sebuah gambar berpola yang disebut marker. Terdapat sebuah sistem yang dilatih untuk mengenali pola pada marker, dan bila pola yang cocok berhasil dideteksi lewat kamera, maka sistem akan mengembalikan output berupa interaksi yang sesuai [6]. Semakin unik pola sebuah marker, semakin mudah marker dideteksi. Contoh marker dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Contoh marker

Single-Marker Augmented Reality

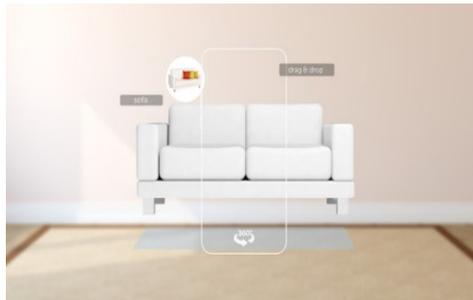
Pada single-marker augmented reality, sistem memiliki batasan untuk mendeteksi satu marker pada satu waktu. Sistem single marker biasanya digunakan untuk aplikasi yang memiliki tujuan terpusat dan didesain untuk tidak memiliki kapabilitas untuk memproses lebih dari satu objek [7].

Multi-Marker Augmented Reality

Berbeda dengan single-marker, metode multi-marker dapat memproses lebih dari satu marker pada setiap deteksi, dan menampilkan hasilnya pada waktu yang bersamaan. Hal ini memungkinkan penggunaan AR yang lebih interaktif karena variasi objek yang lebih luas untuk dimanipulasi dalam aplikasi [8], [9].

Markerless Augmented Reality

Dalam markerless augmented reality, interaksi dilakukan dengan menggunakan lokasi dan tekstur sebagai penanda bahwa objek AR sudah bisa ditampilkan dalam keadaan optimal. Karena marker hanya beroperasi optimal pada objek planar, maka akan sangat sulit melakukan penempatan yang tepat pada objek yang berbentuk melengkung atau memiliki tekstur yang tidak rata. Kekurangan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan metode tracking yang bersifat markerless [10], [11].



Gambar 4 Contoh markerless augmented reality

3D Augmented Reality

Metode tracking ini memanfaatkan objek 3D sebagai penanda untuk memberikan output. Berdasarkan cara deteksinya, metode ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu [12]:

Model Based Tracking

Metode ini menggunakan pengetahuan sebelumnya tentang objek 3D tersebut yang sudah disiapkan sebelum tracking dilakukan. Dengan menggunakan representasi geometris objek 3D, kita dapat memanipulasi posisi dan orientasi marker tersebut sehingga sesuai dengan posisi dan orientasi yang memungkinkan untuk melakukan deteksi yang optimal. Pendekatan ini bekerja menggunakan proses edge detection untuk konstruksi model 3D, dan dalam beberapa kasus, jika memungkinkan, objek asli dari model yang ingin dibuat akan disediakan untuk melacak kemiripan dan akurasi deteksi [13].

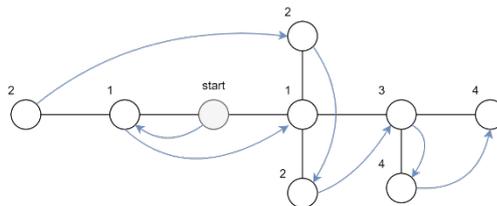
Natural Feature Tracking

Teknik ini memungkinkan penggunaan objek di dunia nyata sebagai marker dengan mengenali karakteristik alami objek. Dari objek-objek tersebut, akan diidentifikasi sekian banyak ciri khas dari objek yang dibuat sebagai model. Ciri khas objek kemudian disimpan sebagai satu set deskripsi mengenai fitur objek tersebut. Berdasarkan set fitur ini, kita dapat mengenali objek yang sama dari jarak, orientasi, dan tingkat pencahayaan yang berbeda [9].

2.2 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini, metode implementasi augmented reality yang digunakan adalah marker-based, dengan metode tracking berupa multi-marker augmented reality. Selain itu, digunakan dua jenis algoritma pembacaan graph yaitu BFS (Breadth First Search) dan DFS (Depth First Search) dimana masing-masing algoritma tersebut digunakan untuk beberapa tujuan yang berbeda sebagai berikut:

Mencari *node* dengan posisi terdalam pada sebuah *graph* dengan menentukan titik awal

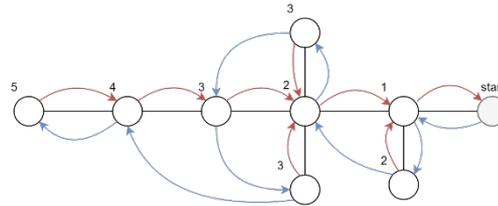


Gambar 5 Ilustrasi cara kerja algoritma BFS untuk memeriksa node dengan posisi terdalam

Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 5, dapat kita ketahui bahwa algoritma BFS dapat digunakan untuk mencari *node* dengan posisi terdalam dalam sebuah *graph*. Pada Gambar 5, panah warna biru menunjukkan alur iterasi dari algoritma BFS pada *graph*, dan nomor pada setiap *node* mewakili tingkat kedalaman *node* tersebut di dalam *graph*. Informasi ini dapat kita gunakan

untuk mencari rantai terpanjang sebuah molekul berdasarkan *node-node* yang memiliki nilai kedalaman tertinggi.

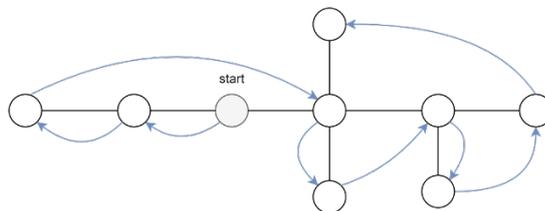
Mencari rantai terpanjang dari sebuah molekul



Gambar 6 Ilustrasi cara kerja algoritma BFS untuk mencari rantai terpanjang

Berdasarkan informasi yang didapatkan dari iterasi algoritma BFS pada tahap sebelumnya, maka dapat dicari jalur node terdalam yang merupakan rantai terpanjang molekul. Cara kerja algoritma BFS pada tahap ini dapat dilihat pada Gambar 6, dimana panah warna biru menunjukkan alur iterasi dari algoritma BFS pada graph, panah merah menunjukkan parent node dari node yang bersangkutan, dan angka-angka pada setiap node mewakili nilai kedalamannya. Tahap ini hanya bisa diterapkan untuk molekul non-siklik.

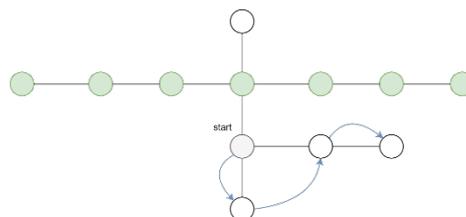
Pemeriksaan apakah seluruh node dalam graph terhubung menjadi satu kelompok, dan apakah graph tersebut memiliki jalur siklik



Gambar 7 Ilustrasi cara kerja algoritma DFS untuk menentukan apakah seluruh node dalam graph terhubung menjadi satu kelompok

Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 7, maka dapat kita ketahui bahwa jika jumlah node yang mengalami iterasi sama dengan jumlah seluruh node dalam graph, maka dapat disimpulkan bahwa seluruh node dalam graph terhubung menjadi satu kelompok. Selama iterasi berlangsung, algoritma DFS juga dapat menentukan apakah graph memiliki rantai yang bersifat siklik (memutar dalam jalur tertutup) berdasarkan kondisi apakah node tersebut sudah pernah dikunjungi sebelumnya.

Mendapatkan seluruh atom yang terhubung sebagai rantai cabang



Gambar 8 Ilustrasi cara kerja algoritma DFS untuk mendapatkan seluruh atom yang terhubung sebagai rantai cabang

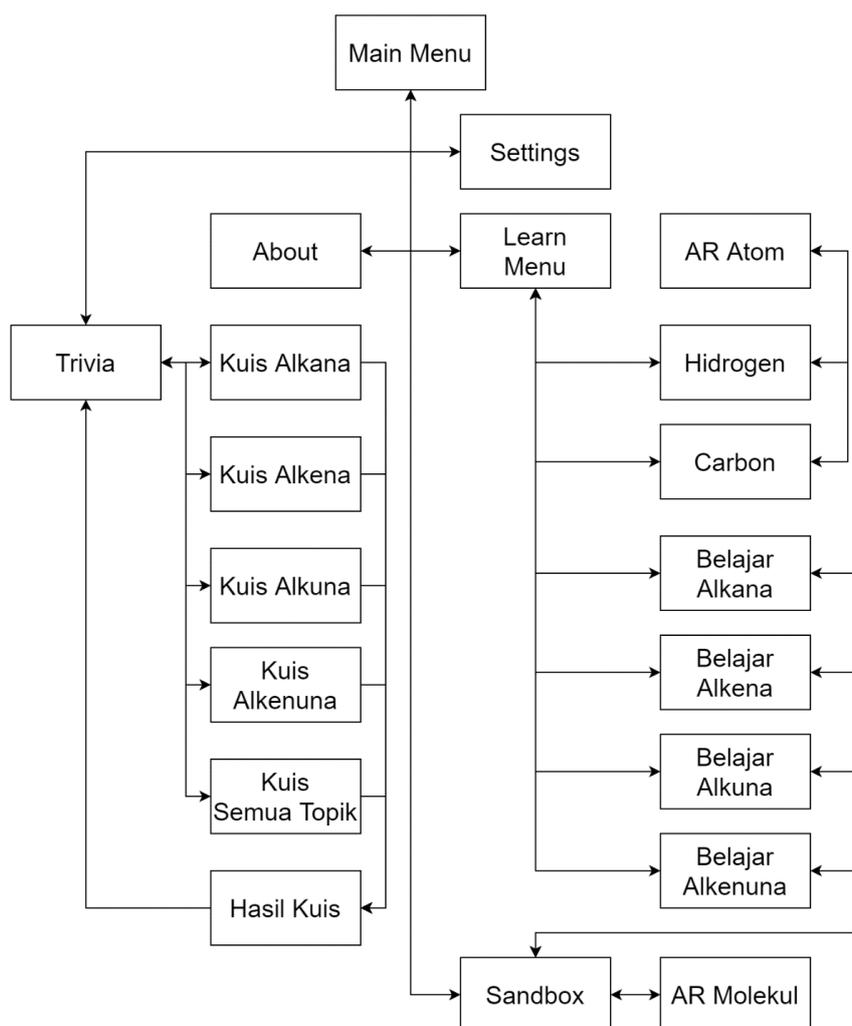
Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 8, maka dapat kita ketahui bahwa algoritma DFS juga dapat digunakan untuk mencari rantai cabang dengan menggunakan prinsip yang sama dengan

memeriksa keterhubungan dalam graph. Perbedaan dalam penggunaan algoritma DFS untuk tujuan ini adalah bahwa rantai utama tidak termasuk dalam iterasi pembacaan graph, sehingga kita bisa menemukan seluruh atom yang menyusun rantai cabang sebuah molekul.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi dan User Interface

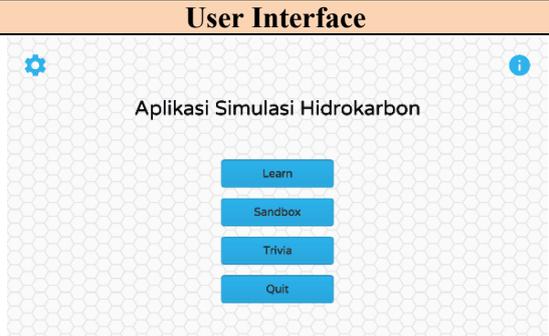
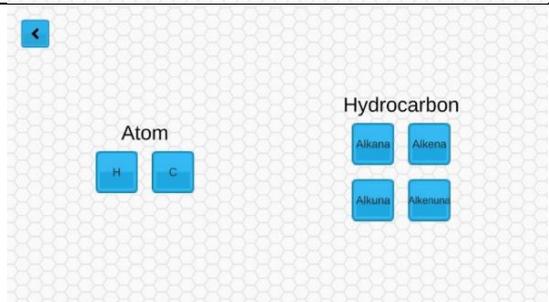
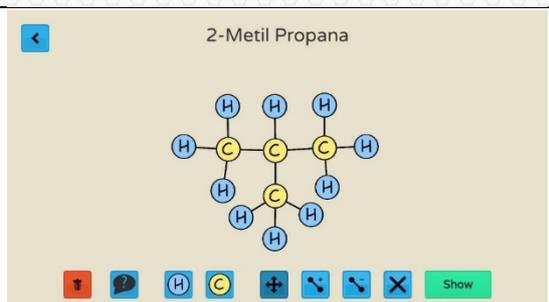
Bahasa pemrograman yang digunakan dalam penelitian ini adalah C# dengan IDE Visual Studio Code. Program dikemas ke dalam aplikasi mobile untuk platform Android dengan menggunakan Unity versi **2020.3.19f1**, dan dilengkapi dengan fitur augmented reality menggunakan Vuforia Engine versi **2.93.5**. Struktur aplikasi dipisah berdasarkan beberapa scene yang mengandung menu berbeda. Sistem navigasi aplikasi secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 9:



Gambar 9 Struktur navigasi aplikasi

Berdasarkan struktur navigasi pada Gambar 9, menu yang mewakili fitur-fitur utama dalam aplikasi dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1 User interface aplikasi

Scene	User Interface
Main Menu	
Learn	
Trivia	
Sandbox	
Settings	

Untuk mengatur jarak antar atom selama proses pembuatan struktur molekul, diterapkan dua aturan untuk memastikan jarak antar atom tidak terlalu jauh atau terlalu dekat. Aturan-aturan tersebut adalah sebagai berikut:

Untuk memastikan bahwa jarak antar atom tidak terlalu jauh dan bahwa masing-masing atom memiliki jarak yang konsisten, maka digunakan aturan ceiling, dimana jika jarak antar dua atom yang terhubung melebihi ambang batas tertentu, maka jarak antar kedua atom tersebut akan dipaksa kembali ke jarak maksimalnya. Perubahan jarak ini dilakukan dengan mencari titik tengah antara koneksi dua atom tersebut, kemudian berdasarkan posisi yang didapat, jarak kedua atom akan disesuaikan. Proses penyesuaian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

Tabel 2 Rumus penyesuaian jarak atom

Rumus	Tujuan
$P = \frac{(A + B)}{2}$	Mencari titik tengah antara dua atom
$\vec{a} = A - P$	Mencari vektor dari titik P ke titik A sebagai atom pertama
$\vec{b} = B - P$	Mencari vektor dari titik P ke titik B sebagai atom kedua
$A' = \hat{a} \cdot \frac{d(max)}{2}$	Mencari posisi baru untuk titik A
$B' = \hat{b} \cdot \frac{d(max)}{2}$	Mencari posisi baru untuk titik B

dimana:

P: titik tengah antara dua atom

A: posisi atom pertama

B: posisi atom kedua

\vec{a} : vektor titik P ke A

\vec{b} : vektor titik P ke B

A': posisi baru atom pertama

B': posisi baru atom kedua

d(max): jarak maksimal kedua atom

Untuk mencegah terjadinya overlapping antara dua atom yang saling terhubung dan mengatur supaya dua atom bergerak saling menjauh, maka digunakan salah satu rumus dari Hukum Gravitasi Newton yang mengatur Gaya Tolak antara dua objek, sebagai berikut:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2} \quad (1)$$

dimana:

F: gaya tolak

G: konstanta gravitasi

m: massa objek

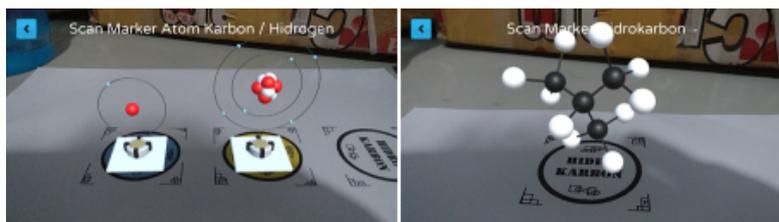
d: jarak antar objek

Akan tetapi, karena massa objek dalam aplikasi merupakan sebuah konstanta bernilai 1, maka rumus dapat dimodifikasi menjadi sebagai berikut:

$$F = \frac{G}{d^2} \quad (2)$$

3.2 Hasil Uji Coba Aplikasi

Jumlah objek yang diperbolehkan untuk terdeteksi secara simultan adalah sebanyak 2 objek. Masing-masing marker terasosiasi dengan unsur yang berbeda, sesuai dengan fitur utama yang ditampilkan pada marker seperti yang dapat dilihat pada Gambar 10:

Gambar 10 Implementasi *augmented reality*

Indikator utama dalam menentukan keberhasilan metode adalah kesesuaian penamaan molekul dengan aturan IUPAC. Aturan dasar nomenklatur tersebut untuk masing-masing jenis hidrokarbon yang termasuk dalam batasan penelitian adalah sebagai berikut:

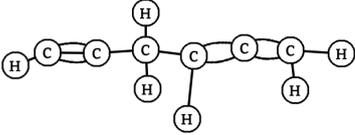
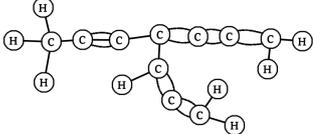
1. Cari rantai terpanjang yang ada dalam molekul. Untuk alkena dan alkuna, pastikan rantai yang dipilih sebagai rantai utama mencakup ikatan rangkap.
2. Berikan indikator berupa nomor bagi masing-masing anggota rantai utama, dengan prioritas nomor terkecil untuk atom yang membentuk ikatan rangkap.
3. Identifikasi posisi dan nama cabang.
4. Susun nama molekul, dimulai dari nama-nama cabang yang tersusun berdasarkan urutan alfabet dan jumlah kemunculan.

Oleh karena adanya aturan-aturan baku tersebut, maka hasil *testing* yang diharapkan adalah senilai 100%, dan hasil hanya terbagi menjadi dua kategori yaitu **Sesuai** dan **Tidak Sesuai**, karena ketidaksesuaian dalam testing berarti bahwa terdapat aturan IUPAC yang gagal diimplementasikan.

Hasil akhir pengujian untuk seluruh metode dapat dilihat pada uji coba penamaan molekul hidrokarbon. Sampel hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3:

Tabel 2 Sampel pengujian penamaan hidrokarbon

Kondisi	Ekspektasi	Hasil	Sesuai / Tidak
	3-Etil 2,4-Dimetil Pentana	3-Etil 2,4-Dimetil Pentana	Sesuai
	3-(1-Etilen) 2,3-Dimetil 1,4-Pentadiena	3-(1-Etilen) 2,3-Dimetil 1,4-Pentadiena	Sesuai
	3-Etil 5-(1-Etilun) 1,6-Heptadiuna	3-Etil 5-(1-Etilun) 1,6-Heptadiuna	Sesuai

	Heks-4,5-Dien-1-una	Heks-4,5-Dien-1-una	Sesuai
	4-(1,2-Propilen) Hept-1,2,3-Trien-5-una	4-(1,2-Propilen) Hept-1,2,3-Trien-5-una	Sesuai

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian terhadap aplikasi, berikut merupakan kesimpulan bahwa algoritma *Breadth First Search* dan *Depth First Search* dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur molekul dengan mengumpulkan informasi mengenai rantai terpanjang menggunakan *Breadth First Search* dan keberadaan rantai siklik dan rantai cabang menggunakan *Depth First Search*.

Berdasarkan metode unit testing, hasil pengujian menunjukkan akurasi 100% terhadap identifikasi struktur molekul menggunakan algoritma *Breadth First Search* dan *Depth First Search*. Hal ini dikarenakan konformitas penamaan molekul harus mengikuti aturan baku yang ditetapkan oleh IUPAC, sehingga apabila terdapat *test case* yang tidak dapat diidentifikasi dengan benar maka hal tersebut berarti aplikasi gagal untuk mengikuti aturan penamaan, dan bahwa terdapat sekian banyak kombinasi potensial molekul lainnya yang akan mendapatkan hasil penamaan yang salah pula.

5. SARAN

Beberapa saran yang dapat diusulkan peneliti untuk pengembangan penelitian di bidang ini adalah sebagai berikut:

1. Kapabilitas aplikasi dapat ditingkatkan dengan memungkinkan pemrosesan penamaan molekul siklik.
2. Kompleksitas aplikasi dapat ditingkatkan dengan menambah materi hidrokarbon kompleks dan turunan hidrokarbon seperti alkanol, aldehida, asam alkanoat, dan berbagai turunan hidrokarbon lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Rostianingsih, A. Handojo, A. Setiawan, and K. S. Usmana, "Hydrocarbon Compounds Learning Application," *TIMES-iCON 2019 - 2019 4th Technol. Innov. Manag. Eng. Sci. Int. Conf.*, pp. 3–6, 2019, doi: 10.1109/TIMES-iCON47539.2019.9024672.
- [2] S. E. Ginting and A. S. Sembiring, "Jurnal Teknologi Komputer Comparison of Breadth First Search (BFS) and Depth-First Search (DFS) Methods on File Search in Structure Directory Windows," vol. 13, no. 1, pp. 26–31, 2019, [Online]. Available: <http://login.seaninstitute.org/index.php/Login> □ [26Journalhomepage:http://login.seaninstitute.org/index.php/Login](http://login.seaninstitute.org/index.php/Login).
- [3] C. S. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, *Introduction to Algorithms, 3rd Edition (The MIT Press)*. 2009.
- [4] N. F. Saidin, N. D. A. Halim, and N. Yahaya, "A review of research on augmented reality in education: Advantages and applications," *Int. Educ. Stud.*, no. 13, pp. 1–8, 2015, doi: 10.5539/ies.v8n13p1.

- [5] C. S. Cerqueira and C. Kirner, "Developing Educational Applications with a Non-Programming Augmented Reality Authoring Tool," *Proc. EdMedia 2012--World Conf. Educ. Media Technol.*, no. October 2016, pp. 2816–2825, 2012, [Online]. Available: <http://www.learnlib.org/noaccess/41166/>.
- [6] M. Hirzer, "Marker Detection for Augmented Reality Applications," *Inst. Comput. Graph. Vision, Graz ...*, no. November, p. 25, 2008, [Online]. Available: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Marker+Detection+for+Augmented+Reality+Applications#4>.
- [7] M. Mayura, K. Jinesh, P. R. Dalvi, A. Narwal, and R. Thorat, "Marker Based Augmented Reality," *IRACST -International J. Comput. Sci. Inf. Technol. Secur.*, vol. 2, no. 1, pp. 2249–9555, 2012, [Online]. Available: <http://ijcsits.org/papers/Vol2no12012/25vol2no1.pdf>.
- [8] G. Baratoff, A. Neubeck, and H. Regenbrecht, "Interactive multi-marker calibration for augmented reality applications," *Proc. - Int. Symp. Mix. Augment. Reality, ISMAR 2002*, no. May 2014, pp. 107–116, 2002, doi: 10.1109/ISMAR.2002.1115079.
- [9] A. L. L. Sing, A. A. A. Ibrahim, N. G. Weng, M. Hamzah, and W. C. Yung, "Design and Development of Multimedia and Multi-Marker Detection Techniques in Interactive Augmented Reality Colouring Book," *Lect. Notes Electr. Eng.*, vol. 603, no. January, pp. 605–616, 2020, doi: 10.1007/978-981-15-0058-9_58.
- [10] V. Teichrieb *et al.*, "A survey of online monocular markerless augmented reality," *Int. J. Model. Simul. Pet. Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2007.
- [11] S. H. Huang, Y. I. Yang, and C. H. Chu, "Human-centric design personalization of 3D glasses frame in markerless augmented reality," *Adv. Eng. Informatics*, vol. 26, no. 1, pp. 35–45, 2012, doi: 10.1016/j.aei.2011.07.008.
- [12] D. Amin and S. Govilkar, "Comparative Study of Augmented Reality Sdk's," *Int. J. Comput. Sci. Appl.*, vol. 5, no. 1, pp. 11–26, 2015, doi: 10.5121/ijcsa.2015.5102.
- [13] Vuforia, "Vuforia Object Scanner." <https://library.vuforia.com/object-targets/vuforia-object-scanner>.