
Perbandingan Performa *Connected Component Labeling - 4* dan *Connected Component Labeling - 8* untuk Solusi Masalah *Max Area of Island*

Wawan Firgiawan*¹, Muh. Muhdi Asyry Masdar², Miftah Faridl. S³, Nurfadhilah Aco⁴,
A. Ade Indawan⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Informatika, Universitas Sulawesi Barat

E-mail: *¹wawanfirgiawan@unsulbar.ac.id, ²Muhdimuhdi15@gmail.com,

³faridlmiftah686@gmail.com, ⁴aadeindawan04@gmail.com, ⁵aadeindawan04@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini memfokuskan perbandingan performa dari dua metode utama, yaitu *Connected Component Labeling - 4* (CCL - 4) dan *Connected Component Labeling - 8* (CCL - 8), dalam penyelesaian masalah *Max Area of Island* pada konteks grid. Masalah ini relevan dalam ilmu komputer dan pemrosesan citra, yang memerlukan identifikasi luas maksimum dari pulau dalam grid. CCL - 8 mempertimbangkan 8 arah sekitar satu piksel dalam proses pengelompokan komponen terhubung, termasuk arah diagonal, sementara CCL - 4 hanya memperhitungkan 4 arah utama. Kami melakukan analisis komprehensif terhadap kinerja keduanya, termasuk kecepatan eksekusi dan akurasi identifikasi luas pulau. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa CCL - 8 memberikan hasil yang lebih akurat dalam mengidentifikasi luas pulau dikarenakan cara kerjanya juga mempertimbangkan arah diagonalnya. Namun, metode ini juga memiliki overhead komputasi yang lebih tinggi. Sebaliknya, CCL - 4 lebih cepat dalam eksekusi namun dengan akurasi yang lebih rendah karena keterbatasan dalam mempertimbangkan arah diagonal. Kesimpulannya, pemilihan metode CCL yang sesuai sangat bergantung pada prioritas pengguna dalam menyelesaikan masalah *Max Area of Island*. Untuk akurasi maksimal, CCL - 8 merupakan pilihan yang tepat, sedangkan jika kecepatan eksekusi lebih diutamakan, CCL - 4 lebih sesuai. Penelitian ini memberikan pandangan penting dalam pemilihan metode yang tepat dalam penyelesaian masalah terkait grid yang melibatkan identifikasi luas wilayah.

Kata kunci— Luas Pulau Maksimum, *Connected Component Labeling - 4*, *Connected Component Labeling - 8*.

Abstract

This research focuses on comparing the performance of the two main methods, namely *Component Labeling (CCL) 4* and *Connected Component Labeling (CCL) 8*, in solving the *Max Area of Island* problem in a grid context. This problem is relevant in computer science and image processing, which requires identifying the maximum area of an island in a grid. CCL - 8 considers 8 directions around one pixel in the process of grouping connected components, including diagonal directions, while CCL - 4 only considers 4 main directions. We conducted a comprehensive analysis of the performance of both, including execution speed and island area identification accuracy. Experimental results show that CCL - 8 provides more accurate results in identifying the area of the island because the way it works also takes into account the diagonal direction. However, this method also has higher computational overhead. In contrast, CCL - 4 is faster in execution but with lower accuracy due to limitations in considering diagonal directions. In conclusion, selecting the appropriate CCL method really depends on the user's priority in

solving the Max Area of Island problem. For maximum accuracy, CCL - 8 is the right choice, whereas if execution speed is a priority, CCL - 4 is more suitable. This research provides important insights into choosing the right method for solving grid-related problems that involve identifying large areas.

Keywords— *Max Area of Island, Connected Component Labeling (CCL) 8, Connected Component Labeling (CCL) 4.*

1. PENDAHULUAN

Pengolahan citra dan pemrosesan grid telah menjadi bagian integral dalam berbagai aplikasi ilmu komputer dan teknologi informasi modern. Salah satu tantangan klasik dalam konteks ini adalah masalah *Max Area of Island*, yang melibatkan pengidentifikasian dan perhitungan luas maksimum dari pulau (daerah yang berisi piksel yang terhubung) dalam grid atau piksel dua dimensi.

Connected Component Labeling (CCL) adalah teknik penting dalam analisis grid yang digunakan untuk mengelompokkan piksel-piksel terhubung ke dalam komponen-komponen yang berbeda dalam grid [1]. Algoritma pelabelan komponen terhubung adalah algoritma yang menghitung objek dalam suatu gambar dengan syarat gambar tersebut adalah gambar biner. Pelabelan objek dilakukan secara berurutan. Metode ini terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu komponen terhubung rekursif dan pelabelan sekuensial berdasarkan bertetangga (*4-connectivity*, *6-connectivity*, *8-connectivity*) [1]. Cara kerja CCL yaitu dengan melakukan proses pemindaian secara berurutan dimulai dari kiri atas ke kanan bawah. Proses pemindaian diulangi hingga tidak ada lagi perubahan pada penamaan label maka algoritma telah selesai. Dengan demikian piksel-piksel itu dikatakan terhubung pada dasarnya mempunyai sifat bertetangga [2]. CCL digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi, termasuk pengenalan pola, analisis citra medis, pemrosesan citra satelit, dan lainnya.

Dalam konteks CCL, ada dua varian utama yang umum digunakan dalam mengidentifikasi komponen terhubung yaitu *Connected Component Labeling - 4* (CCL - 4) dan *Connected Component Labeling - 8* (CCL - 8). Perbedaan utama antara keduanya terletak pada cara mereka mempertimbangkan arah di sekitar satu piksel dalam proses pengelompokan komponen. CCL - 8 mempertimbangkan 8 arah ketetanggannya (termasuk diagonal), sementara CCL - 4 hanya mempertimbangkan 4 arah ketetanggan yang utama. Metode CCL - 4 banyak digunakan untuk berbagai kasus untuk mengidentifikasi piksel pada citra digital seperti pengenalan pola atau gambar [3, 4]. Metode CCL - 8 ini mirip dengan cara kerja dari algoritma D8 untuk pencarian arah aliran air yang biasa digunakan pada aplikasi pemetaan seperti ArcGIS [5] [6].

Pemilihan metode CCL yang tepat sangat penting karena dapat memengaruhi hasil akhir dalam aplikasi yang melibatkan analisis grid, termasuk dalam penyelesaian masalah *Max Area of Island*. Meskipun CCL - 8 mungkin lebih akurat dalam mengidentifikasi luas pulau karena mempertimbangkan arah diagonal, metode ini juga dapat memerlukan waktu komputasi yang lebih lama. Di sisi lain, CCL - 4 lebih cepat dalam eksekusi, namun mungkin memiliki akurasi yang lebih rendah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan perbandingan mendalam terhadap performa CCL - 4 dan CCL - 8 dalam menyelesaikan masalah *Max Area of Island*. Tujuannya adalah untuk memberikan wawasan yang lebih jelas tentang keuntungan dan kerugian masing-masing metode, serta membantu peneliti dan praktisi dalam memilih metode yang paling sesuai dengan kebutuhan aplikasi mereka.

Penelitian ini memiliki implikasi penting dalam pengembangan aplikasi berbasis grid dan analisis citra yang melibatkan identifikasi luas wilayah dan pengelompokan komponen terhubung. Penggunaan perhitungan luas wilayah memiliki berbagai aplikasi yang relevan, seperti

dalam perencanaan tata ruang kota, pengukuran lahan, pembuatan sertifikat tanah dan penggunaan lahan [5]. Selain itu, dalam beberapa penelitian, metode CCL telah digunakan untuk menghitung luas wilayah dan bahkan membandingkan wilayah terluas di antara berbagai wilayah yang ada. Sebagai contoh, dalam sumber pembelajaran online seperti LeetCode, ada dokumentasi yang menjelaskan bagaimana *Max Area of Island* dapat dianggap sebagai solusi komputasi untuk mencari luas wilayah dalam sebuah grid dengan ukuran $m \times n$, di mana setiap piksel dapat memiliki nilai 0 atau 1. Nilai 0 mewakili wilayah yang terendam oleh air atau laut, sedangkan nilai 1 menunjukkan tanah atau daratan [7].

2. KAJIAN LITERATUR

2.1 *Max Area of Island*

Max area of island merupakan permasalahan pencarian solusi dalam menghitung luas dari suatu wilayah yang berbentuk gambar yang terdiri dari grid atau piksel. Pada permasalahan tersebut diberi angka 1 (mewakili tanah / permukaan wilayah) dan juga 0 (mewakili laut) [8].

Permasalahan *max area of island* adalah salah satu topik yang diadaptasi dari kelas pembelajaran online yaitu LeetCode [8] yang permasalahan tersebut menjadi fokus penelitian ini. Pada dasarnya, permasalahan ini mengkaji komputasi untuk menghitung luas wilayah di dalam grid yang tersusun dalam matriks $m \times n$, dengan menggunakan metode khusus seperti metode *Connected Component Labeling - 4* (CCL - 4) dan *Connected Component Labeling - 8* (CCL - 8).

2.2 *Grid*

Grid adalah struktur data dua dimensi yang terdiri dari elemen-elemen yang disusun dalam baris dan kolom. Grid digunakan untuk merepresentasikan data dalam bentuk tabel atau matriks [9]. Setiap elemen dalam grid dapat diidentifikasi oleh koordinatnya, yang terdiri dari baris dan kolom di mana elemen tersebut berada. Grid digunakan dalam berbagai aplikasi dan bidang, termasuk pemrosesan citra, pemodelan geografis, ilmu komputer, permainan video, dan banyak lagi. Dalam pemrosesan citra, misalnya, grid digunakan untuk merepresentasikan piksel-piksel dalam gambar. Dalam pemodelan geografis, grid digunakan untuk merepresentasikan data geografis dalam bentuk peta digital dengan koordinat lintang dan bujur atau sering disebut juga dengan data raster.

Dalam ilmu komputer, grid dapat digunakan untuk merepresentasikan papan permainan seperti catur atau permainan video. Grid dapat memiliki berbagai ukuran, mulai dari grid kecil yang hanya beberapa baris dan kolom hingga grid besar yang terdiri dari ribuan atau bahkan jutaan elemen. Grid juga dapat digunakan untuk memecahkan berbagai masalah, seperti perhitungan luas wilayah, analisis data spasial, dan banyak lagi, tergantung pada konteksnya [5].

2.3 *Connected Component Labeling (CCL)*

Metode *connected component labeling* adalah pendekatan yang dapat digunakan untuk mengkategorikan daerah atau objek dalam citra digital. Algoritma ini mengaplikasikan konsep konektivitas piksel dalam citra, di mana semua piksel dalam suatu daerah disebut sebagai "*connected*" atau memiliki hubungan jika mereka memenuhi kriteria kedekatan berdasarkan aturan adjacency. Aturan kedekatan piksel ini mengacu pada hubungan spasial antara satu piksel dengan piksel lainnya. Oleh karena itu, setiap piksel yang tergolong sebagai "*connected*" pada dasarnya memiliki hubungan adjacency karena mereka berada dalam tetanggaaan atau sekitaran satu sama lain.

Citra yang dapat diolah menggunakan algoritma *connected component labeling* adalah citra biner atau citra monokrom. Selain itu, ketetanggaaan antara piksel harus berjarak 1-unit atau berada dalam jarak langsung antara satu piksel dengan yang lain tanpa ada piksel di antaranya sebagai perantara.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Dataset

Dataset yang digunakan pada penelitian ini bersifat *dummy* atau data yang dibuat-buat menyerupai dengan keadaan aslinya. Data *dummy*, dalam konteks statistik dan analisis data, mengacu pada data yang digunakan dalam pengujian atau analisis sebagai pengganti atau representasi sederhana dari data nyata yang sebenarnya [10]. Data *dummy* biasanya dibuat dengan tujuan tertentu, seperti pengujian perangkat lunak, pembelajaran mesin, atau simulasi, ketika data nyata yang sesungguhnya tidak tersedia atau sulit ditemukan. Karakteristik utama dari data *dummy* adalah bahwa mereka sederhana, seringkali hanya terdiri dari beberapa contoh dengan nilai-nilai yang mudah dipahami dan diatur. Data *dummy* tidak selalu mencerminkan kompleksitas data sebenarnya, tetapi mereka cukup untuk menguji atau mengembangkan suatu konsep atau algoritma.

Pada penelitian ini penulis akan menggunakan data *dummy* dengan ukuran yang berbeda-beda untuk diujikan kedalam aplikasi. Dimana tujuannya adalah untuk melihat bagaimana pengaruh data terhadap waktu eksekusi program untuk menghitung luas pulau atau area pada data grid yang dibuat. Adapun contoh datasetnya dapat dilihat pada gambar 1 dibawah.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

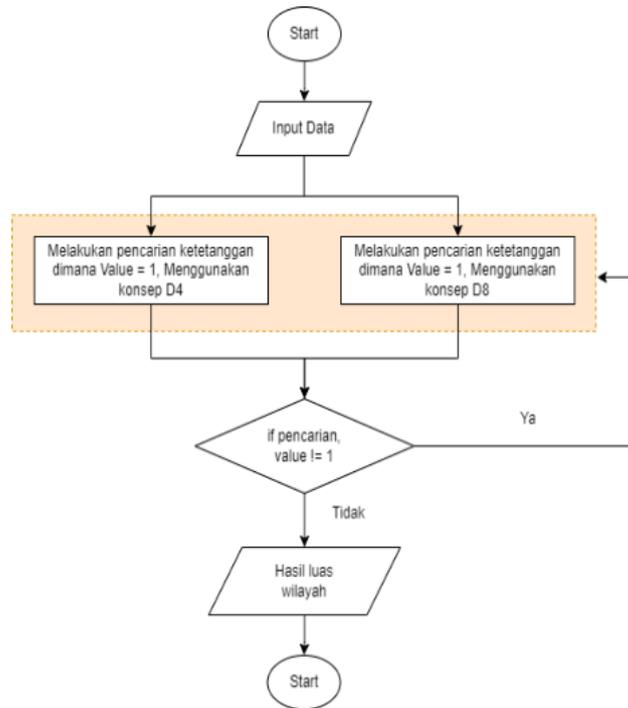
Gambar 1 Sampel Data

Gambar 1 menunjukkan bahwa terdapat 5 wilayah yang di inisialisasi sebagai daratan atau tanah dalam grid pixel berukuran 10 x 10 diatas. Data tersebut akan dijadikan sebagai landasan untuk pencarian area terluas yang akan dijadikan menjadi solusi dari permasalahan mencari area terluas atau disebut dengan *max area of island*, dimana 1 mewakili daratan (yang dihitung) dan 0 mewakili lautan (diabaikan). Dari data diatas maka program akan secara otomatis menghitung wilayah dengan kosep kerja masing-masing yaitu *Connected Component Labeling - 4 (CCL - 4)* dan *Connected Component Labeling - 8 (CCL - 8)*.

3.2 Perancangan Aplikasi

Perancangan aplikasi untuk menghitung luas wilayah akan membandingkan 2 metode yaitu *Connected Component Labeling - 4 (CCL - 4)* dan *Connected Component Labeling - 8 (CCL - 8)*. Aplikasi ini akan dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman Java dengan dukungan Pustaka JavaFX [11] untuk mendukung pengembangan *Graphic User Interface (GUI)* dari aplikasi yang dibuat.

Adapun Penyelesaian dari metode pencarian maksimum luas wilayah (*max area of island*) dapat dijelaskan melalui diagram alir yang dapat ditemukan pada gambar 2.



Gambar 2 Alur kerja aplikasi

Berikut adalah langkah-langkah umum cara kerja *Connected Component Labeling* baik itu *Connected Component Labeling - 4* dan *Connected Component Labeling - 8*:

- **Inisialisasi:** Langkah pertama adalah menyiapkan grid atau citra digital yang akan dianalisis. Setiap piksel dalam grid ini memiliki dua kemungkinan nilai, yaitu 0 dan 1, yang mewakili wilayah yang terendam oleh air/laut (0) dan tanah/daratan (1).
- **Pencarian Komponen Terhubung:** Proses dimulai dengan pemindaian grid satu per satu dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah. Saat menjalani setiap piksel, algoritma memeriksa nilai piksel tersebut. Jika nilai piksel adalah 1, maka piksel ini termasuk dalam suatu komponen terhubung. Namun, jika nilai piksel adalah 0, maka piksel dikatakan sebagai komponen yang tidak terhubung.
- **Penyusunan Komponen Terhubung:** Setelah menemukan piksel dengan nilai 1, algoritma akan memeriksa keempat arah sekitarnya (atas, bawah, kiri, dan kanan) untuk mencari piksel-piksel tetangga yang juga memiliki nilai 1. Jika ditemukan piksel tetangga dengan nilai 1, piksel tersebut akan dimasukkan ke dalam komponen terhubung yang sama.
- **Penandaan dan Penandaan Balik (Labeling and Backtracking):** Selama proses pencarian, setiap piksel yang telah ditemukan dan dimasukkan ke dalam komponen terhubung akan ditandai atau diberi label agar tidak dihitung dua kali. Proses ini juga memungkinkan algoritma untuk melacak piksel-piksel yang telah dianalisis sebelumnya.
- **Perulangan:** Proses pencarian dan penyusunan komponen terhubung terus berlanjut hingga seluruh grid telah dianalisis. Selama perulangan, algoritma akan terus mencari piksel-piksel dengan nilai 1 dan menambahkannya ke dalam komponen terhubung yang sesuai.
- **Penghitungan Luas Wilayah:** Setelah seluruh grid dianalisis dan komponen terhubung telah terbentuk, algoritma akan menghitung luas masing-masing komponen dengan menghitung jumlah piksel yang ada dalam komponen tersebut.
- **Hasil Akhir:** Hasil akhir adalah daftar komponen terhubung beserta luas masing-masing komponen. Data ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan analisis, seperti mencari luas wilayah terbesar atau mengidentifikasi properti-properti tertentu dalam grid.

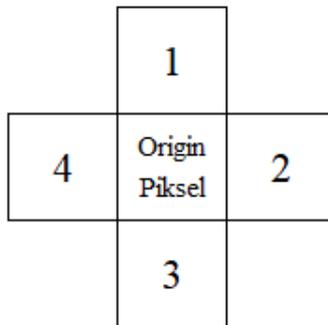
3.3 Implementasi Metode

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan 2 metode yaitu *Connected Component Labeling - 4* dan *Connected Component Labeling - 8* yang masing-masing mempunyai cara kerja yang masing-masing. Adapun cara kerja dari masing-masing metode adalah sebagai berikut:

3.1.1 *Connected Component Labeling - 4 (CCL - 4)*

Connected Component Labeling - 4 (CCL - 4) adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menghitung komponen terhubung (*connected components*) dalam grid atau citra digital. Metode ini bekerja dengan mempertimbangkan hanya 4 arah utama (atas, bawah, kiri, dan kanan) ketika mengidentifikasi piksel-piksel yang terhubung satu sama lain [1].

Connected Component Labeling - 4 cocok digunakan dalam situasi di mana hanya perlu mempertimbangkan arah utama (atas, bawah, kiri, dan kanan) untuk mengidentifikasi komponen terhubung, dan arah diagonal tidak perlu diperhitungkan. Namun, jika diperlukan presisi lebih tinggi dalam identifikasi. Berikut adalah gambar skenario arah pencarian dari metode *Connected Component Labeling - 4 (CCL - 4)*.

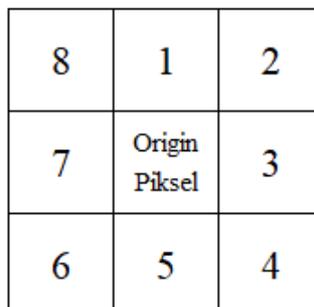


Gambar 3 Skema kerja *Connected Component Labeling - 4*

3.1.2 *Connected Component Labeling - 8*

Sedangkan metode *Connected Component Labeling - 8 (CCL - 8)* dapat digunakan pada kasus yang dimana mempertimbangkan arah diagonal dari area atau grid piksel yang diujikan. *CCL - 8* adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menghitung komponen terhubung (*connected components*) dalam grid atau citra digital dengan mempertimbangkan 8 arah sekitar satu piksel. Dalam metode ini, selain empat arah utama (atas, bawah, kiri, dan kanan), juga mempertimbangkan empat arah diagonal (diagonal atas kiri, diagonal atas kanan, diagonal bawah kiri, dan diagonal bawah kanan) ketika mengidentifikasi piksel-piksel yang terhubung satu sama lain.

Connected Component Labeling - 8 (CCL - 8) lebih akurat dalam mengidentifikasi komponen terhubung karena mempertimbangkan arah diagonal. Namun, metode ini juga dapat memerlukan lebih banyak perhitungan daripada *CCL - 4*, terutama dalam grid yang besar [6].



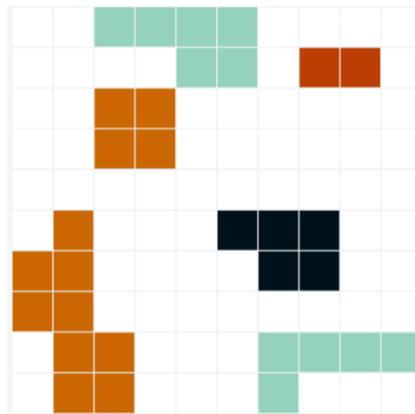
Gambar 4 Skema kerja *Connected Component Labeling - 8*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan hasil yang positif, di mana dalam pengujian sistem yang telah dibuat oleh peneliti berhasil melakukan perhitungan menggunakan metode pencarian *Connected Component Labeling - 4 (CCL - 4)* dan *Connected Component Labeling - 8 (CCL - 8)*. Hasil pengujian aplikasi dengan menerapkan metode *CCL - 4* dan *CCL - 8* memperoleh hasil yang memuaskan dalam menyelesaikan masalah pencarian luas wilayah. Penelitian ini menguji performa dari 2 metode yang digunakan pada penelitian ini, yaitu *CCL - 4* dan *CCL - 8*. Pengujian dilakukan dengan melihat akurasi dan waktu komputasi 2 metode tersebut.

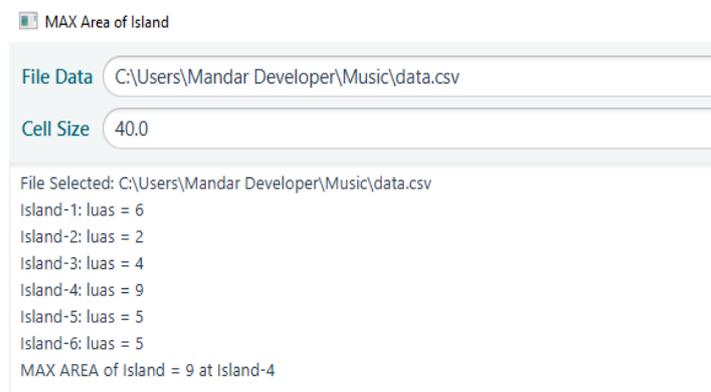
4.1.1 Tampilan hasil pengujian *Connected Component Labeling - 4*

Pada tampilan ini berisikan halaman yang dimana menampilkan visualisasi daerah grid yang di arsir menggunakan metode *Connected Component Labeling - 4 (CCL - 4)*. Visualisasi hasil dibuat untuk memberikan kemudahan pemahaman kepada user terhadap cara kerja dari aplikasi. Adapun hasil dari pencariannya dapat dilihat pada gambar 5 dibawah.



Gambar 5 Visualisasi hasil metode *Connected Component Labeling - 4 (CCL - 4)*

Dalam aplikasi juga dibuat tampilan informasi untuk melihat detail dari hasil yang didapatkan dari perhitungan luas wilayah. Tampilan informasi merupakan halaman dimana informasi tentang luas dari setiap wilayah yang telah dilakukan pencarian berdasarkan data yang di input. Dari tampilan informasi diperoleh pulau mana yang paling luas pada grid data yang digunakan. Adapun gambar dari tampilan aplikasi pada menu tampilan info ini bisa dilihat pada gambar 6.

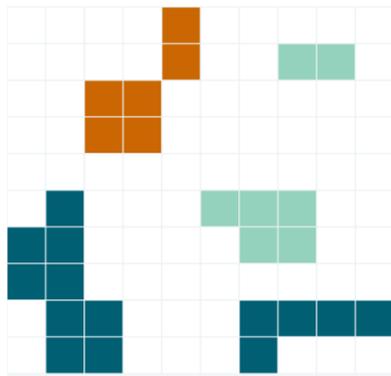


Gambar 6 Tampilan informasi *Connected Component Labeling - 4 (CCL - 4)*

Gambar 6 menampilkan informasi luas wilayah terhadap peta yang divisualisasikan dalam bentuk grid piksel (lihat gambar 5). Dari gambar 6 didapatkan informasi luas wilayah untuk masing-masing *island* atau pulau, seperti yang terlihat pada gambar tersebut, dimana *island* terluas ditunjukkan pada *island* ke - 4 dengan luas 9. Selain itu pada menu ini juga dapat dilihat luas dari pulau yang lain sehingga memudahkan pengguna untuk mengambil informasi terkait luas wilayah dari data yang di ujikan.

4.1.2 Tampilan hasil pengujian *Connected Component Labeling - 8*

Tampilan visualisasi dari metode *Connected Component Labeling - 8 (CCL - 8)* berisikan halaman yang dimana menampilkan visualisasi daerah grid yang di arsir menggunakan metode *CCL - 8*. Visualisasi hasil dibuat untuk memberikan kemudahan pemahaman kepada user terhadap cara kerja dari aplikasi. Adapun hasil dari pencariannya dapat dilihat pada gambar 7 dibawah.



Gambar 7 Visualisasi hasil metode *Connected Component Labeling - 8 (CCL - 8)*

Untuk melihat hasil pengujian aplikasi dalam menghitung luas pulau, maka dibuatkan tampilan halaman informasi untuk menampilkan informasi terkait luas pulau yang didapatkan dari pengujian. Halaman informasi dibuat secara dinamis agar ketika user menambahkan data baru maka informasi lama akan tetap ada selama user belum melakukan *close* aplikasi. Dari halaman informasi dapat kita dapat melihat pulau mana yang paling luas pada grid data yang digunakan. Adapun gambar dari tampilan aplikasi pada menu halaman informasi ini bisa dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Tampilan informasi *Connected Component Labeling - 4 (CCL - 4)*

Gambar 8 menampilkan informasi luas wilayah terhadap peta yang divisualisasikan dalam bentuk grid piksel (lihat gambar 7). Dari gambar tersebut didapatkan informasi luas

wilayah untuk masing-masing *island* atau pulau, seperti yang terlihat pada gambar 8 bahwa *island* terluas berada pada *island* ke – 1 dengan luas 10 (diambil dari banyaknya grid pada *island*).

Setelah melakukan pengujian aplikasi, maka proses dilanjutkan dengan melakukan pengujian pada data yang berbeda-beda untuk mencari *max area of island*. Dari 10 pengujian yang dilakukan, maka diperoleh hasil seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Perbandingan Pengujian *Connected Component Labeling - 4* dan *Connected Component Labeling - 8*

| No | Data Pengujian | Wilayah terluas CCL - 4 | Wilayah terluas CCL - 8 | Metode dengan Wilayah Terluas |
|--------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 1 | Pengujian 1 | 9 | 9 | Luas Sama |
| 2 | Pengujian 2 | 14 | 18 | CCL - 8 |
| 3 | Pengujian 3 | 20 | 20 | Luas Sama |
| 4 | Pengujian 4 | 23 | 23 | Luas Sama |
| 5 | Pengujian 5 | 28 | 32 | CCL - 8 |
| 6 | Pengujian 6 | 32 | 40 | CCL - 8 |
| 7 | Pengujian 7 | 40 | 42 | CCL - 8 |
| 8 | Pengujian 8 | 46 | 56 | CCL - 8 |
| 9 | Pengujian 9 | 50 | 59 | CCL - 8 |
| 10 | Pengujian 10 | 62 | 73 | CCL - 8 |
| Total | | 324 | 372 | |

(Sumber: Data Pengujian, 2023)

Dari hasil yang terdapat pada tabel 1, dapat dilihat dari ketepatan aplikasi dalam memprediksi wilayah terluas pada suatu grid. Penelitian ini menggunakan 10 kali pengujian yang dilakukan pada data dan luas wilayah yang berbeda-beda. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa terdapat 3 data yang mempunyai hasil perhitungan wilayah terluas yang sama dan ada 7 data yang dimana metode *CCL - 8* lebih unggul dari pada metode *CCL - 4* yaitu dengan membandingkan hasil luas wilayah yang diperoleh. Untuk *CCL - 4* memperoleh total luas wilayah sebesar 324 dan *CCL - 8* memperoleh total luas wilayah sebesar 372. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode *Connected Component Labeling - 8* mempunyai hasil yang baik untuk mencari luas pulau pada permasalahan *max area of island*.

Selain itu, pada penelitian ini juga dilakukan pengujian dengan mencari waktu eksekusi program. Penelitian ini melakukan pengujian sebanyak 10 kali pengujian dengan data ukuran data yang berbeda-beda. Adapun hasilnya dapat dilihat pada table 2 berikut.

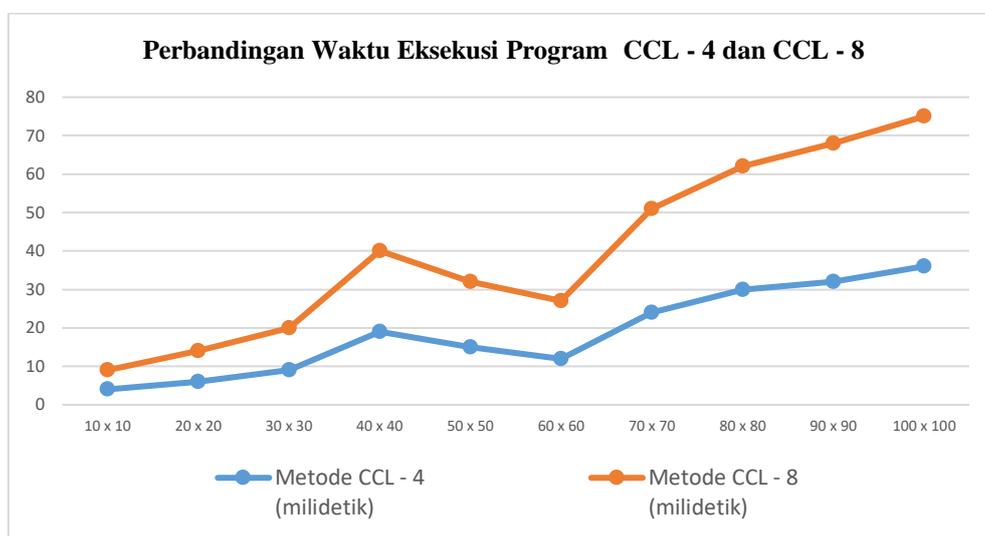
Tabel 2 Hasil Perbandingan Waktu Eksekusi Program *Connected Component Labeling - 4* dan *Connected Component Labeling - 8*

| No | Ukuran Data (piksel) | Metode CCL - 4 (milidetik) | Metode CCL - 8 (milidetik) | Selisih (s) |
|----|----------------------|----------------------------|----------------------------|-------------|
| 1 | 10 x 10 | 4 | 5 | 1 |
| 2 | 20 x 20 | 6 | 8 | 2 |
| 3 | 30 x 30 | 9 | 11 | 2 |

| | | | | |
|----|-----------|----|----|---|
| 4 | 40 x 40 | 19 | 21 | 2 |
| 5 | 50 x 50 | 15 | 17 | 2 |
| 6 | 60 x 60 | 12 | 15 | 3 |
| 7 | 70 x 70 | 24 | 27 | 3 |
| 8 | 80 x 80 | 30 | 32 | 2 |
| 9 | 90 x 90 | 32 | 36 | 4 |
| 10 | 100 x 100 | 36 | 39 | 3 |

(Sumber: Data Pengujian, 2023)

Dari pengujian perbandingan waktu eksekusi program *Connected Component Labeling - 4* dan *Connected Component Labeling - 8* seperti pada tabel 2 diatas maka didapatkan hasil sebagai berikut.



Gambar 9 Grafik perbandingan hasil pengujian *CCL - 4* dan *CCL - 8*

Dari hasil analisis waktu eksekusi program seperti yang terlihat pada gambar 9 di atas, dapat disimpulkan dengan jelas bahwa metode *Connected Component Labeling - 4* menunjukkan performa yang lebih baik dalam hal waktu eksekusi dibandingkan dengan pengujian dengan menggunakan *Connected Component Labeling - 8*. Dalam konteks ini, performa yang lebih baik merujuk pada kemampuan metode tersebut untuk mengeksekusi tugas dengan efisiensi yang lebih tinggi, menghasilkan hasil dalam waktu yang lebih singkat, dan secara umum lebih optimal ketika dibandingkan dengan alternatif yang lebih lambat, yaitu *Connected Component Labeling - 8*.

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini mengungkap perbandingan performa antara dua metode *Connected Component Labeling* (CCL) yang berbeda, yaitu *Connected Component Labeling - 8* (*CCL - 8*) dan *Connected Component Labeling - 4* (*CCL - 4*), dalam menyelesaikan masalah *max Area of island* dalam konteks grid. Dalam penelitian ini, kami mengidentifikasi perbedaan kinerja dan karakteristik masing-masing metode, serta menganalisis metode tersebut dengan hasil luas wilayah yang didapatkan dan waktu eksekusinya

Untuk akurasi identifikasi luas wilayah, metode *CCL - 8*, yang mempertimbangkan 8 arah (termasuk diagonal), cenderung memberikan hasil yang lebih akurat dalam mengidentifikasi luas pulau. Hal ini disebabkan oleh kemampuannya untuk mengenali pulau-pulau yang memiliki bentuk lebih kompleks, termasuk yang memiliki sudut-sudut tajam. Sedangkan jika menggunakan pengujian dengan waktu eksekusi program maka diperoleh me Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pemilihan metode *CCL* yang tepat tergantung pada prioritas dalam penyelesaian masalah *max Area of island*. Sedangkan untuk perbandingan kecepatan eksekusi, *CCL - 4*, yang hanya mempertimbangkan 4 arah utama, lebih cepat dalam eksekusi karena memiliki overhead komputasi yang lebih rendah dibandingkan dengan *CCL - 8*. Ini menjadi keuntungan dalam situasi di mana waktu eksekusi terkadang menjadi faktor kunci dalam pemrosesan. Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pemilihan metode *CCL* yang tepat tergantung pada prioritas dalam penyelesaian masalah *max Area of island*. Selain itu, pemilihan metode juga harus dipertimbangkan berdasarkan karakteristik dan kebutuhan aplikasi yang akan digunakan.

REFERENSI

- [1] A. A. A. Cirua, S. Cokrowibowo, & M. F. Rustan, "Implementation of Connected Component Labelling for Calculation Amount of Eggs on the Laying Pullet Cage," In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 875, no. 1, p. 012090, Jun. 2020.
- [2] A. A. A. Cirua, W. Firgiawan, & S. Cokrowibowo, "Penghitungan Jumlah Telur pada Kandang Ayam Petelur menggunakan Connected Component Labelling dengan Peningkatan Kecerahan Citra," Proceeding KONIK (Konferensi Nasional Ilmu Komputer), pp. 1-4, 2021.
- [3] L. He, X. Ren, Q. Gao, X. Zhao, B. Yao, & Y. Chao, "The connected-component labeling problem: A review of state-of-the-art algorithms," Pattern Recognition, 2017.
- [4] D. P. Playne, & K. Hawick, "A new algorithm for parallel connected-component labelling on GPUs". IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 29(6), 1217-1230, 2018.
- [5] A. Afrisal, H. Nirwana, N. Inayah, U. Maulidia, & N. Nurmadinah, "Implementasi Algoritma D8 untuk Pencarian Titik Terendah pada Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS)," In Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) (Vol. 8, No. 1, pp. 268-273). Feb. 2023.
- [6] W. Firgiawan, Z. Zainuddin, & A. Achmad, "Computation Time Analysis of D16 Algorithm for Surface Water Flow Direction Using Decision Tree," In 2022 6th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE), IEEE, pp. 1-6, Dec. 2022.
- [7] N. Halal, M. F. Rustan, S. Cokrowibowo, N. Nur, & W. Firgiawan, "Penyelesaian Masalah Max Area of Island Menggunakan Connected 8-Directionally,". In Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) (Vol. 8, No. 1, pp. 274-278), Feb, 2023.
- [8] T. Wachowicz and P. Błaszczuk, "Max Area of Island," leetcode, Nov. 2023 [Online]. Available: <https://leetcode.com/problems/max-area-of-island/description/class/>. [Accessed: 11-Okt-2023]
- [9] S. M. Pahlevi, "Komputasi grid dan paralel," Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir, Agustus, 15-24. 2008.
- [10] L. A. Clarke, A "system to generate test data and symbolically execute programs," IEEE Transactions on software engineering, (3), pp. 215-222, 1976.
- [11] K. Sharan, & P. Späth, "Learn JavaFX 17: Building User Experience and Interfaces with Java," Apress, 2022.