

Implementasi Algoritma Welsh-Powell Pada Pewarnaan Kecamatan di Kota Surabaya

Yusuf Faishal Listyardi - 13524014

Program Studi Teknik Informatika
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha 10 Bandung

E-mail: yusuffaishalals@gmail.com , 13524014@std.stei.itb.ac.id

Abstrak — Dokumen ini mengimplementasikan algoritma Welsh-Powell untuk menyelesaikan permasalahan pewarnaan graf yang memodelkan kecamatan-kecamatan di Kota Surabaya. Dalam pemodelan ini, simpul merepresentasikan 31 kecamatan di Surabaya (V1 hingga V31), sementara sisi menunjukkan batas langsung antar kecamatan. Tujuan pewarnaan graf adalah memastikan tidak ada dua simpul yang saling berbatasan memiliki warna yang sama, yang relevan untuk isu-isu praktis seperti penjadwalan dan perencanaan wilayah. Algoritma Welsh-Powell dipilih sebagai heuristik untuk memberikan solusi pewarnaan dengan jumlah warna seminimal mungkin. Prosesnya meliputi penghitungan dan pengurutan simpul berdasarkan derajatnya, kemudian pewarnaan simpul dan simpul-simpul yang tidak bertetangga dengannya secara iteratif dengan warna yang sama. Implementasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python, dengan asumsi ketersediaan hingga lima warna (hijau, kuning, biru, coklat, merah). Hasilnya menunjukkan graf wilayah kecamatan di Kota Surabaya berhasil diwarnai sesuai prinsip algoritma

Keywords— *graph; Welsh-Powell; pewarnaan graf; Kota Surabaya;*

I. PENDAHULUAN

Dalam berbagai permasalahan dunia nyata, struktur data berbasis graf digunakan untuk merepresentasikan relasi antar objek atau entitas, salah satunya pada pemodelan wilayah geografis seperti kecamatan di suatu kota. Pada konteks ini, graf dapat digunakan untuk memetakan hubungan keterdekatan antar kecamatan, di mana simpul merepresentasikan kecamatan dan sisi menunjukkan bahwa dua kecamatan tersebut berbatasan secara langsung.

Salah satu permasalahan klasik yang relevan dengan model ini adalah pewarnaan graf, yaitu proses pemberian warna pada setiap simpul graf sedemikian rupa sehingga tidak ada dua simpul yang saling bersebelahan memiliki warna yang sama. Permasalahan ini berkaitan langsung dengan isu praktis seperti penjadwalan, alokasi frekuensi, serta perencanaan wilayah, di mana pewarnaan yang efektif dapat meminimalisir konflik sumber daya atau tumpang tindih kepentingan antar wilayah.

Untuk menyelesaikan permasalahan pewarnaan graf secara efisien, digunakan algoritma Welsh-Powell, sebuah algoritma heuristik yang mampu memberikan solusi pewarnaan dengan jumlah warna seminimal mungkin pada graf tertentu..

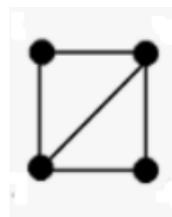
Pendekatan ini cocok diterapkan dalam pemodelan wilayah kecamatan, seperti di Kota Surabaya, untuk merancang zona wilayah atau alokasi sumber daya lainnya secara optimal.

Melalui makalah ini, penulis berusaha untuk mengimplementasikan algoritma Welsh-Powell pada permasalahan pewarnaan graf yang merepresentasikan kecamatan-kecamatan di Kota Surabaya sebagai simpul dan kedekatan antar kecamatan sebagai sisi.

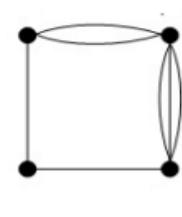
II. DASAR TEORI

2.1 Graf

Graf didefinisikan sebagai $G = (V, E)$ dengan V adalah himpunan tidak kosong dari simpul-simpul dan E adalah himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul [4]. Jenis graf ada banyak sekali, berdasarkan ada atau tidaknya sisi ganda atau gelang yang dimiliki, graf dibagi menjadi graf sederhana dan tak sederhana. Yang mana Graf sederhana tidak memiliki gelang maupun sisi ganda, sedangkan graf tak sederhana adalah graf yang memiliki sisi ganda atau sisi gelang.



(a) Graf sederhana

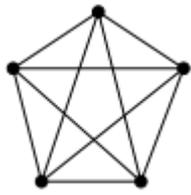


(b) Graf tak-sederhana

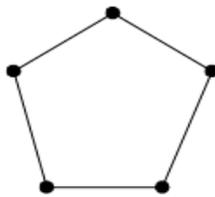
Gambar 1 Jenis-jenis graf khusus

Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

Sedangkan untuk beberapa jenis graf khusus adalah graf lengkap yang setiap simpulnya terhubung dengan setiap simpul lainnya oleh sebuah sisi, biasanya graf lengkap dengan n sisi dilambangkan dengan K_n . Terdapat juga graf lingkaran yaitu graf sederhana yang setiap simpulnya berderajat 2. Graf lingkaran dengan n simpul dilambangkan dengan C_n .



(a) Graf lengkap K_5



(b) Graf lengkap C_5

Gambar 2 Jenis-jenis graf khusus

Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>

Berikut beberapa terminology yang mendeskripsikan sebuah graf :

1) Ketetanggaan (*Adjacent*)

Jika 2 buah simpul terhubung langsung oleh sebuah sisi maka keduanya dikatakan bertetangga

2) Bersisian (*Incidency*)

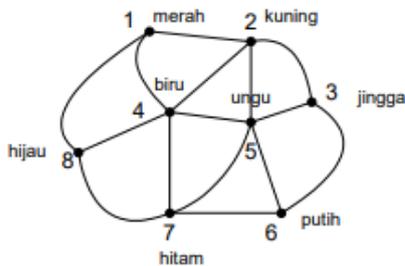
Jika adalah sebuah sisi $E = (V_i, V_j)$, maka dapat dikatakan E bersisian dengan V_i atau E bersisian dengan V_j [4]

3) Derajat (*Degree*)

Derajat pada suatu simpul melambangkan jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut [4]

2.2 Pewarnaan Graf

Pewarnaan graf memiliki 2 jenis, yaitu pewarnaan simpul dan pewarnaan sisi, pewarnaan simpul adalah memberi warna pada simpul-simpul sehingga dua simpul bertetangga mempunyai warna berbeda [1]. Salah satu aplikasi dari pewarnaan graf adalah pewarnaan pada peta yang meliputi kecamatan, kabupaten, provinsi, atau negara, sehingga setiap 2 wilayah yang bertetangga atau bersebelahan tidak memiliki warna yang sama. Pada pewarnaan graf, nyatakan wilayah yang ingin diwarnai sebagai simbol, dan batas wilayah bertetangga sebagai sisi.



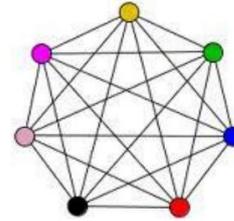
Gambar 3 Contoh pewarnaan pada simpul

Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/22-Graf-Bagian3-2024.pdf>

2.3 Bilangan Kromatik

Bilangan kromatik adalah bilangan yang menyatakan jumlah minimum warna yang dibutuhkan untuk mewarnai peta. Bilangan kromatik disimbolkan dengan $\chi(G)$, beberapa jenis graf memiliki bilangan kromatik yang sudah tetap atau pasti,

contohnya adalah graf lengkap K_n memiliki $\chi(G) = n$, karena setiap simpul terhubung dengan semua simpul lainnya. Bilangan kromatik juga digunakan untuk mengukur kompleksitas sebuah graf dalam konteks pewarnaan, serta memiliki berbagai aplikasi praktis, seperti dalam penjadwalan, alokasi frekuensi, dan pewarnaan peta wilayah geografis.



Gambar 4 Graf lengkap yang memiliki $\chi(G) = n$

Sumber : <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/22-Graf-Bagian3-2024.pdf>

2.4 Algoritma Welsh-Powell

Algoritma Welsh-Powell merupakan salah satu algoritma heuristik yang banyak digunakan dalam permasalahan pewarnaan graf (*graph coloring*), yang bertujuan untuk memberikan warna pada simpul-simpul sebuah graf sedemikian rupa sehingga tidak ada dua simpul yang saling bertetangga memiliki warna yang sama. Algoritma ini menawarkan pendekatan yang sederhana namun cukup efektif dalam menyelesaikan masalah pewarnaan, terutama pada graf-graf dengan ukuran besar atau struktur kompleks. Adapun langkah-langkah utama dari algoritma Welsh-Powell adalah sebagai berikut :

- 1) Hitung derajat tiap simpul pada suatu graf
- 2) Urutan simpul-simpul berdasarkan derajatnya pada urutan menurun
- 3) Warnai simpul pertama yang sudah terurut dengan warna pertama, bisa merah, hijau, dan lain lain. Simpul yang diwarnai pada nomer ini adalah sumpul asal
- 4) Lanjut ke simpul berikutnya dalama antrian, hanya warnai simpul yang tidak bertetangga dengan simpul asal pada nomer 3 dengan warna yang sama.
- 5) Ulangi langkah ke 4 untuk semua simpul pada graf yang belum diwatnai dengan warna yang baru dengan sesuai urutan pada nomer 2

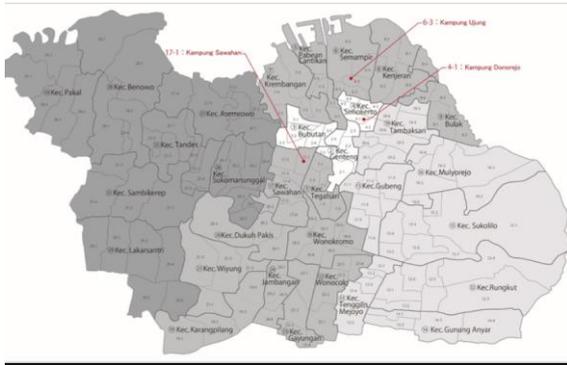
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kecamatan di Kota Surabaya

Kota Surabaya adalah ibu kota Provinsi Jawa Timur yang memiliki luas wilayah 33.306 Ha dengan jumlah kecamatan sebanyak 31 kecamatan yang tersebar di berbagai penjuru kota [2]. Setiap kecamatan di Surabaya memiliki karakteristik geografis, kepadatan penduduk, dan fungsi wilayah yang berbeda-beda, seperti kawasan industri, pemukiman, perkantoran, maupun kawasan pendidikan. Untuk memudahkan analisis keterhubungan antar kecamatan, khususnya dalam konteks pemodelan graf, diperlukan

representasi abstrak berupa simpul-simpul (nodes) yang mewakili masing-masing kecamatan tersebut.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini, semua kecamatan di Kota Surabaya direpresentasikan menjadi simpul graf yang diberi indeks V1, V2, V3, ..., V31 sesuai dengan daftar kecamatan yang ada. Indeks ini digunakan agar proses analisis graf, seperti pewarnaan graf menggunakan algoritma Welsh-Powell, dapat dilakukan secara sistematis dan efisien. Pemberian indeks ini juga memudahkan dalam visualisasi serta dalam pembuatan adjacency list yang menggambarkan hubungan ketetanggaan antar kecamatan berdasarkan peta administrasi Kota Surabaya. Visualisasi ini ditampilkan pada Gambar 3, sedangkan daftar lengkap indeks beserta kecamatan yang diwakilinya ditunjukkan pada Tabel I.

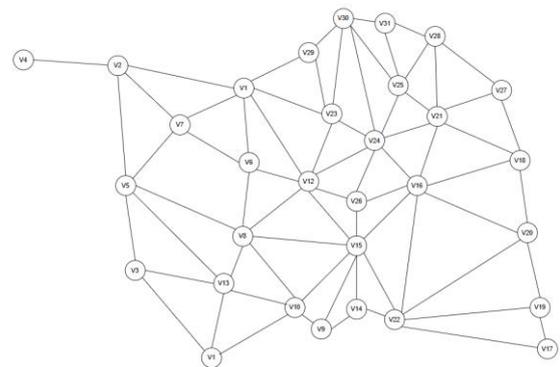


Gambar 5 Kecamatan di Kota Surabaya
 Sumber : <https://www.researchgate.net/publication/364790178>

TABLE I. TABEL KETETANGGAN DAN DERAJAT SIMPUL

Indeks Simpul	Informasi Simpul		
	Kecamatan	Simpul Tetangga	Derajat
V ₁	Asemrowo	Benowo, Bubutan, Tandes, Sukomanunggal, Krembangan	5
V ₂	Benowo	Pakal, Asemrowo, Sambikerep, Tandes	4
V ₃	LakarSantri	Sambikerep, Wiyung, Karang Pilang	3
V ₄	Pakal	Benowo	1
V ₅	Sambikerep	Benowo, Lakarsantri, Tandes, Wiyung, Dukuh Pakis	5
V ₆	Sukomanunggal	Asemrowo, Dukuh Pakis, Sawahan, Tandes	4
V ₇	Tandes	Benwo, Asemrowo, Sambikerep, Sukomanunggal	4
V ₈	Dukuh Pakis	Wiyung, Wonokromo, Sukomanunggal, Sawahan, Jambangan, Sambikerep	6
V ₉	Gayungan	Jambangan, Wonocolo, Wonokromo	3
V ₁₀	Jambangan	Karang Pilang, Dukuh Pakis, Gayungan, Wiyung, Wonokromo	5
V ₁₁	Karang Pilang	Lakarsantri, Wiyung, Jambangan	3
V ₁₂	Sawahan	Asemrowo, Sukomanunggal, Dukuh Pakis, Wonokromo, Tegalsari, Bubutan, Genteng	7
V ₁₃	Wiyung	Lakarsantri, Dukuh Pakis, Karang Pilang, Jambangan, Sambikerep	5

Indeks Simpul	Informasi Simpul		
	Kecamatan	Simpul Tetangga	Derajat
V ₁₄	Wonocolo	Wonokromo, Tegglilis Mejoyo, Gayungan	3
V ₁₅	Wonokromo	Dukuh Pakis, Gayungan, Tegalsari, Wonocolo, Sawahan, Tegglilis Mejoyo, Gubeng, Jambangan	8
V ₁₆	Gubeng	Sukolilo, Tambaksari, Tegalsari, Genteng, Mulyorejo, Wonokromo, Tegglilis Mejoyo	7
V ₁₇	Gunung Anyar	Rungkut, Tegglilis Mejoyo	2
V ₁₈	Mulyorejo	Sukolilo, Bulak, Tembaksari, Gubeng	4
V ₁₉	Rungkut	Gunung Anyar, Sukolilo, Tegglilis Mejoyo	3
V ₂₀	Sukolilo	Mulyorejo, Rungkut, Tegglilis Mejoyo, Gubeng	4
V ₂₁	Tambaksari	Gubeng, Simokerto, Kenjeran, Genteng, Bulak, Simokerto	6
V ₂₂	Tegglilis Mejoyo	Wonocolo, Rungkut, Sukolilo, Gunung Anyar, Wonokromo, Gubeng	6
V ₂₃	Bubutan	Sawahan, Genteng, Krembangan, Asemrowo, Pabean Cantikan	5
V ₂₄	Genteng	Tegalsari, Gubeng, Simokerto, Pabean Cantikan, Tambaksari, Sawahan, Asemrowo	7
V ₂₅	Simokerto	Tambaksari, Genteng, Pabean Cantikan, Kenjeran, Semampir	5
V ₂₆	Tegalsari	Genteng, Gubeng, Wonokromo, Sawahan	4
V ₂₇	Bulak	Kenjeran, Mulyorejo, Tambaksari	3
V ₂₈	Kenjeran	Bulak, Tambaksari, Semampir, Simokerto	4
V ₂₉	Krembangan	Asemrowo, Bubutan, Pabean Cantikan	3
V ₃₀	Pabean Cantikan	Krembangan, Semampir, Tambaksari, Simokerto, Kenjeran	5
V ₃₁	Semampir	Simokerto, Pabean Cantikan, Kenjeran	3



Gambar 6 Graf kecamatan di Kota Surabaya
 Sumber : (Dokumen Penulis)

3.2 Implementasi Algoritma Welsh-Powell

Pertama-tama karena derajat simpul sudah ada di Tabel 1, maka sekarang kita urutkan simpul berdasarkan derajat yang

dimilikinya dari terbesar ke terkecil dengan membuat fungsi `sort_nodes_by_degree` pada python seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil dari pengurutan simpul ada pada Tabel II.

```
# Fungsi untuk mengurutkan node berdasarkan derajat (descending)
def sort_nodes_by_degree(graph):
    degree = {node: len(graph[node]) for node in graph}
    sorted_nodes = sorted(degree, key=
    lambda x: degree[x], reverse=True)
    return sorted_nodes
```

Gambar 4 Fungsi untuk sorting simpul berdasarkan derajatnya
 Sumber : <https://github.com/ucupsss/Makalah-Matdis.git>

TABLE II. TABEL URUTAN DERAJAT SIMPUL MENURUN

Urutan	Indeks Simpul	Derajat	Urutan	Indeks Simpul	Derajat
1.	V ₁₅	8	17.	V ₇	4
2.	V ₁₂	7	18.	V ₁₈	4
3.	V ₁₆	7	19.	V ₂₀	4
4.	V ₂₄	7	20.	V ₂₆	4
5.	V ₈	6	21.	V ₂₈	4
6.	V ₂₂	6	22.	V ₃	3
7.	V ₁	5	23.	V ₉	3
8.	V ₅	5	24.	V ₁₁	3
9.	V ₁₀	5	25.	V ₁₄	3
10.	V ₁₃	5	26.	V ₁₉	3
11.	V ₂₁	5	27.	V ₂₇	3
12.	V ₂₃	5	28.	V ₂₉	3
13.	V ₂₅	5	29.	V ₃₁	3
14.	V ₃₀	5	30.	V ₁₇	2
15.	V ₂	4	31.	V ₂₄	1
16.	V ₆	4			

Setelah mengurutkan simpul berdasarkan derajat dari yang terbesar ke terkecil, selanjutnya warnai simpul terbesar dan simpul-simpul yang tidak berhubungan dengannya dengan suatu warna. Disini penulis menggunakan bantuan bahasa pemrograman python untuk mengimplementasikan algoritma welsh-powell dengan benar. Awalnya penulis menyediakan list yang berisi 5 warna yaitu, **hijau, kuning, biru, coklat,merah** sebagai warna yang akan mengisi simpul di tiap iterasi, jadi penulis mengasumsikan bahwa jumlah iterasi pada graf ini tidak melebihi 5 kali.

Untuk proses pewarnaan pada setiap iterasi, penulis mengimplementasikan fungsi baru bernama `welsh_powell`, yang berfungsi untuk menentukan pewarnaan setiap simpul dengan melakukan iterasi terhadap daftar simpul yang telah diurutkan berdasarkan derajatnya.

Pada setiap iterasi warna, dilakukan pemeriksaan untuk setiap simpul yang belum terwarnai, dengan syarat bahwa simpul tersebut tidak bertetangga dengan simpul lain yang telah menggunakan warna yang sama. Jika syarat tersebut terpenuhi, simpul dapat diberikan warna pada iterasi tersebut. Proses ini berulang hingga seluruh simpul dalam graf berhasil diwarnai tanpa ada konflik pewarnaan antar simpul bertetangga

```
def welsh_powell(graph):
    sorted_nodes = sort_nodes_by_degree(graph)
    warna_simpul = {} # dictionary untuk menyimpan warna tiap simpul
    warna_ke = 0 # mulai dari warna ke-0 (Merah)

    while len(warna_simpul) < len(graph):
        dipilih_di_iterasi_ini = []

        for simpul in sorted_nodes:
            if simpul not in warna_simpul: # simpul belum diberi warna
                bisa_diwarnai = True
                for tetangga in graph[simpul]:
                    if tetangga in warna_simpul and warna_simpul[tetangga] == warna_ke:
                        bisa_diwarnai = False # tetangga sudah pakai warna ini
                        break
                if bisa_diwarnai:
                    warna_simpul[simpul] = warna_ke
                    dipilih_di_iterasi_ini.append(simpul)

        warna_ke += 1 # ganti warna untuk iterasi berikutnya
```

Gambar 5 Implementasi algoritma welsh-powell
 Sumber : <https://github.com/ucupsss/Makalah-Matdis.git>

Hasil dari tiap iterasi penulis kami gabungkan dalam fungsi **welsh-powell** yang selebihnya dapat dilihat pada repository github di bagian lampiran. Hasilnya adalah sebagai berikut :

```
Iterasi ke - 1 Warna: Hijau
Simpul V15 diwarnai Hijau
Simpul V24 diwarnai Hijau
Simpul V1 diwarnai Hijau
Simpul V5 diwarnai Hijau
Simpul V18 diwarnai Hijau
Simpul V28 diwarnai Hijau
Simpul V11 diwarnai Hijau
Simpul V19 diwarnai Hijau
Simpul V4 diwarnai Hijau
```

(a) Hasil Iterasi ke 1

```
Iterasi ke - 2 Warna: Kuning
Simpul V12 diwarnai Kuning
Simpul V16 diwarnai Kuning
Simpul V10 diwarnai Kuning
Simpul V30 diwarnai Kuning
Simpul V2 diwarnai Kuning
Simpul V3 diwarnai Kuning
Simpul V14 diwarnai Kuning
Simpul V27 diwarnai Kuning
Simpul V17 diwarnai Kuning
```

(b) Hasil Iterasi ke 1

```
Iterasi ke - 3 Warna: Biru
Simpul V8 diwarnai Biru
Simpul V21 diwarnai Biru
Simpul V22 diwarnai Biru
Simpul V23 diwarnai Biru
Simpul V7 diwarnai Biru
Simpul V26 diwarnai Biru
Simpul V9 diwarnai Biru
Simpul V31 diwarnai Biru
```

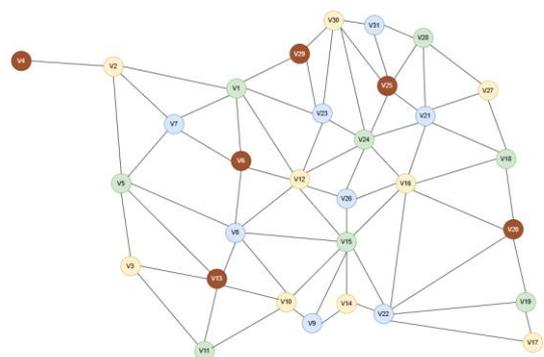
(c) Hasil Iterasi ke 4

```
Iterasi ke - 4 Warna: Coklat
Simpul V13 diwarnai Coklat
Simpul V25 diwarnai Coklat
Simpul V6 diwarnai Coklat
Simpul V20 diwarnai Coklat
Simpul V29 diwarnai Coklat
```

(d) Hasil Iterasi ke 4

Gambar 6 Hasil tiap iterasi pada algoritma welsh powell

Setelah iterasi hasil pewarnaan daripada graf wilayah kecamatan di Kota Surabaya terdapat pada gambar 7



Gambar 7 Graf kecamatan di Kota Surabaya setelah pewarnaan
 Sumber : (Dokumen Penulis)

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam makalah ini, dapat disimpulkan bahwa makalah ini berhasil mengimplementasikan algoritma Welsh-Powell untuk menyelesaikan permasalahan pewarnaan graf yang merepresentasikan kecamatan-kecamatan di Kota Surabaya. Graf digunakan secara efektif untuk memodelkan 31 kecamatan di Kota Surabaya sebagai simpul dan hubungan perbatasan sebagai sisi. Tujuan utama pewarnaan graf tercapai, yaitu memastikan tidak ada dua kecamatan yang saling bertetangga memiliki warna yang sama, yang relevan untuk aplikasi praktis seperti penjadwalan dan perencanaan wilayah. Algoritma Welsh-Powell terbukti mampu memberikan solusi pewarnaan dengan jumlah warna seminimal mungkin pada graf yang dimodelkan. Implementasi menggunakan Python dilakukan dengan asumsi penggunaan hingga lima warna untuk pewarnaan simpul.

V. SARAN

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk menerapkan algoritma Welsh-Powell ini pada pewarnaan wilayah geografis di kota atau area lain yang lebih luas untuk menguji skalabilitasnya. Selain itu, dapat dilakukan perbandingan kinerja algoritma Welsh-Powell dengan algoritma pewarnaan graf lainnya guna mengevaluasi efisiensi komputasi dan optimasi jumlah warna yang dihasilkan. Penting juga untuk mengembangkan pendekatan guna menentukan secara dinamis jumlah minimum warna yang benar-benar dibutuhkan oleh graf, tidak hanya mengasumsikan jumlah maksimum tertentu seperti lima warna dalam implementasi saat ini. Lebih lanjut, disarankan untuk melakukan studi kasus yang lebih mendalam mengenai aplikasi praktis pewarnaan graf ini dalam konteks perencanaan wilayah atau alokasi sumber daya secara konkret. Terakhir, evaluasi kinerja dan kompleksitas algoritma untuk graf dengan jumlah simpul dan sisi yang sangat besar juga perlu dilakukan

VI. LAMPIRAN

Tautan repository :

<https://github.com/ucupsss/Makalah-Matdis.git>

VII. UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan kemudahan-Nya sehingga makalah ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terima

kasih penulis sampaikan kepada keluarga tercinta atas segala dukungan, semangat, dan doa yang senantiasa mengiringi selama proses penyusunan makalah ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada Bapak Arrival Dwi Sentosa, S.Kom., M.T., selaku dosen mata kuliah Matematika Diskrit, atas ilmu, bimbingan, serta arahnya yang sangat bermanfaat selama proses perkuliahan. Penulis berharap makalah ini dapat memberikan kontribusi positif dan menambah wawasan bagi para pembaca.

REFERENCES

- [1] R. Munir, "Graf bagian 3," [Daring]. Available: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/22-Graf-Bagian3-2024.pdf>. [Diakses : 16-Jun-2025].
- [2] Pemerintah Kota Surabaya, "Geografi," [Daring]. Available: <https://www.surabaya.go.id/id/page/0/8227/geografi>. [Diakses: 16-Jun-2025].
- [3] R. Sihombing and F. Sahputra, "Implementation of Graph Coloring Algorithm using Welsh Powell Method in Graph Coloring Problem," ResearchGate, [Daring]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/364790178>. [Diakses: 20-Jun-2025].
- [4] R. Munir, Graf Bagian 1, [Daring]. Available: <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Matdis/2024-2025/20-Graf-Bagian1-2024.pdf>. [Diakses: 20-Jun-2025].

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 21 Juni 2025



Yusuf Faishal Listyardi 13524014