



Implementasi Algoritma *Sequential Coloring* dan *Welch Powell* Dalam Pemetaan Wilayah Desa/Kelurahan Se-Pulau Pantar

Landerius Maro^{1*}, Maktisen Ena², Elisa Klaping³

^{1,2}Matematika, Universitas Tribuana Kalabahi, Alor, NTT, Indonesia

Email: ^{1,*}landeriusmaro@gmail.com, ²enatisen06@gmail.com, ³elisaklaping@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: ¹landeriusmaro@gmail.com

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengenalkan konsep pewarnaan graf dengan menggunakan algoritma *Sequential Coloring* dan *Welch – Powell* dalam upaya membantu pihak terkait dalam hal ini pemerintah Desa di wilayah Pulau Alor untuk mempermudah dalam pewarnaan peta Desa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk menjelaskan suatu fenomena dengan menggunakan angka-angka yang menggambarkan karakteristik subjek yang diteliti. Hasil pewarnaan graf yang dilakukan dalam penelitian ini menghasilkan jumlah warna yang dibutuhkan untuk mewarnai peta, yaitu 5 warna dengan menggunakan algoritma *Sequential Coloring* dan 4 warna dengan menggunakan algoritma *Welch-Powell*. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk mewarnai peta desa di wilayah Pulau Pantar, maka disarankan untuk menggunakan algoritma *Welch-Powell* karena menghasilkan jumlah warna yang minimum, yaitu 4 warna.

Kata Kunci: Pewarnaan Graf, Algoritma *Sequential Coloring*, Algoritma *Welch-Powell*, Pewarnaan Peta.

Abstract— This study aims to introduce the concept of graph coloring using the Sequential Coloring and Welch-Powell algorithms in an effort to help related parties in this case the Village government in the Alor Island area to make it easier to color the Village map. The method used in this study is a descriptive quantitative research method that aims to explain a phenomenon using numbers that describe the characteristics of the subject being studied. The results of the graph coloring carried out in this study produce the number of colors needed to color the map, namely 5 colors using the Sequential Coloring algorithm and 4 colors using the Welch-Powell algorithm. Thus it can be concluded that to color the village map in the Pantar Island area, it is recommended to use the Welch-Powell algorithm because it produces a minimum number of colors, namely 4 colors.

Keywords: Graph Coloring, Sequential Coloring Algorithm, Welch-Powell Algorithm, Map Coloring.

1. PENDAHULUAN

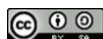
Matematika merupakan suatu ilmu yang banyak digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan dalam kehidupan sehari – hari. Masalah tersebut ada yang dapat diselesaikan dengan menggunakan model matematika dan ada yang tidak dapat dimodelkan ke dalam model matematika. Berbagai masalah akan mudah dipelajari, dipahami dan diselesaikan jika dimodelkan ke dalam suatu model matematika. Salah satu cabang ilmu matematika yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut yaitu teori graf. [1][2].

Teori graf pertama kali diperkenalkan oleh Leonhard Euler pada tahun 1736 melalui tulisannya tentang upaya pemecahan masalah jembatan Königsberg yang sangat terkenal di Eropa. Masalah yang dimaksud adalah membuktikan kemungkinan untuk melewati empat daerah yang terhubung dengan tujuh jembatan di atas sungai Pregel di Königsberg, Rusia masing – masing tepat sekali dan kembali ke tempat semula. Untuk memecahkan masalah tersebut, Euler memisalkan daratan dengan titik dan jembatan dinyatakan dengan garis atau sisi. Melalui pembuktian Euler membuktikan bahwa tidak mungkin seseorang dapat melalui ketujuh jembatan itu masing – masing sekali dan kembali ke tempat semula. Pemecahan masalah jembatan Königsberg ini kemudian menjadi sejarah lahirnya teori graf [3], [4], [5].

Teori graf menjadi salah satu cabang matematika yang memiliki perkembangan sangat cepat. Walaupun relatif baru jika dibandingkan dengan cabang ilmu matematika lainnya, teori Graf dengan cepat menemukan banyak aplikasi di dunia digital saat ini. Contoh aplikasinya seperti mendapatkan solusi atas masalah – masalah yang berkaitan dengan jaringan untuk mendapatkan lintasan terpendek, solusi terhadap masalah penjadwalan yang dapat mempermudah kehidupan manusia modern saat ini, dan solusi – solusi lainnya.

Graf merupakan suatu pasangan himpunan simpul dan sisi. Pengaitan simpul – simpul pada graf membentuk sisi dan dapat direpresentasikan pada suatu gambar sehingga membentuk pola suatu graf tertentu [6][7][8]. Salah satu topik menarik dari graf yaitu pewarnaan graf (*graf colouring*).

Kocay membagi Pewarnaan graf menjadi tiga macam, yaitu pewarnaan simpul, pewarnaan sisi, dan pewarnaan wilayah (*region*), namun yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah pewarnaan simpul (*vertex coloring*). Pewarnaan simpul (*vertex coloring*) adalah memberi warna pada simpul-simpul suatu graf sedemikian sehingga tidak ada dua simpul bertetangga mempunyai warna yang sama [9][10]. Graf G dikatakan berwarna n jika terdapat pewarnaan dari G yang menggunakan sebanyak n warna. Pada pewarnaan simpul dan wilayah, jumlah warna minimum yang dapat digunakan untuk mewarnai suatu graf disebut bilangan kromatik (*chromatic number*), yang dinotasikan dengan $\chi(G)$. Pewarnaan simpul pada graf dapat digunakan untuk menyelesaikan beberapa masalah tentang kehidupan masyarakat, salah satunya adalah pewarnaan peta. Dalam melakukan pewarnaan peta suatu wilayah, masyarakat atau pemerintah Desa lebih memperhatikan perbedaan warna antar dua desa yang saling bertetangga tanpa memikirkan jumlah warna minimum yang dapat digunakan. Hal yang sama juga dirasakan oleh masyarakat atau pemerintah Desa/kelurahan di pulau pantar.





Kepulauan Pantar adalah gugusan pulau yang terletak di kabupaten Alor, yang mana Kepulauan Pantar memiliki gugusan pulau - pulau kecil diantaranya Pulau Batang, Pulau Lapang, Pulau Rusa, Pulau Kangge, Pulau Kura, Pulau Tereweng. Pulau Pantar juga memiliki sistem pemerintahan yang didalamnya memiliki 5 kecamatan dan 44 Desa/Kelurahan. Dengan banyaknya pulau dan Desa/Kelurahan yang terletak di pulau pantar, membuat masyarakat Pulau Pantar sangat sulit mengetahui akan letak lokasi dan juga jumlah Desa/Kelurahan yang saling bertentaga pada setiap Desa/Kelurahan di setiap kecamatan yang ada di pulau Pantar. Kendati demikian masyarakat dan pemerintah telah berupaya melakukan pewarnaan pada peta wilayah dengan tidak menyadari bahwa cara yang mereka gunakan tersebut terkadang merupakan bagian dari ilmu matematika terkhususnya teori graf yaitu konsep pewarnaan graf.

Dalam proses pewarnaan terkadang dibuat tanpa memperhitungkan jumlah minimal warna yang dapat digunakan, namun berfokus lebih pada ketidaksamaan warna pada dua desa yang berdekatan. Hal ini dapat mengakibatkan penggunaan sejumlah warna menjadi borosan secara tidak langsung berdampak pada masalah peningkatan biaya, waktu dan tenaga. Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan menerapkan konsep pewarnaan graf khususnya pewarnaan simpul. Selain dapat mewarnai peta dengan mudah, konsep ini juga bisa menghitung jumlah minimal warna yang dapat digunakan untuk mewarnai peta [11].

Berdasarkan hasil pengamatan serta wawancara awal tentang pewarnaan peta pada Desa/ Kelurahan se-Pulau Pantar, permasalahan tersebut juga dirasakan oleh masyarakat umum terkhususnya di Pulau Pantar karena konsep pewarnaan graf belum pernah diterapkan, sehingga perlu diterapkan konsep pewarnaan graf dalam mewarnai peta. Namun demikian masyarakat pulau pantar suda sering melakukan proses pewarnaan, akan tetapi sering dalam proses pewarnaan mereka menghabiskan biaya yang banyak akibat tidak memperhatikan akan minimumnya warna yang ingin digunakan

Pemecahan masalah pewarnaan graf tersebut dapat diselesaikan dengan mengunkan Algoritma *sequential coloring* dan Algoritma *welch powell*. Algoritma *Sequential* merupakan algoritma paling sederhana karena pengerjaannya sesuai urutan simpul yang mengadopsi metode *First fit* (FF). Implementasi algoritma *Sequential* diharapkan dapat menghasilkan banyaknya warna yang digunakan pada pewarnaan simpul graf mendekati atau sama dengan bilangan *kromatik* graf itu sendiri. Sedangkan menurut Sari, Jika dilihat dari segi efisiennya, algoritma *Sequential* lebih efisien jika dibandingkan dengan algoritma lainnya. Karena algoritma *Sequential* memiliki kompleksitas waktu dan kompleksitas ruang yang lebih sedikit. Adapun algoritma *Welch Powell* merupakan salah satu algoritma pewarnaan graf yang melakukan pewarnaan berdasarkan derajat tertinggi dari simpul-simpulnya yang mengadopsi metode *Largest Degree Ordering* (LDO). Menurut Ammar, algoritma ini dapat digunakan untuk mewarnai sebuah graf secara efisien. Adapun menurut Purnamasari, mengatakan algoritma *Welch Powell* tidak selalu memberikan jumlah warna minimum yang diperlukan untuk mewarnai graf, tetapi algortima ini cukup praktis untuk digunakan dalam pewarnaan simpul sebuah graf dan hanya cocok digunakan untuk graf dengan orde yang kecil [10].

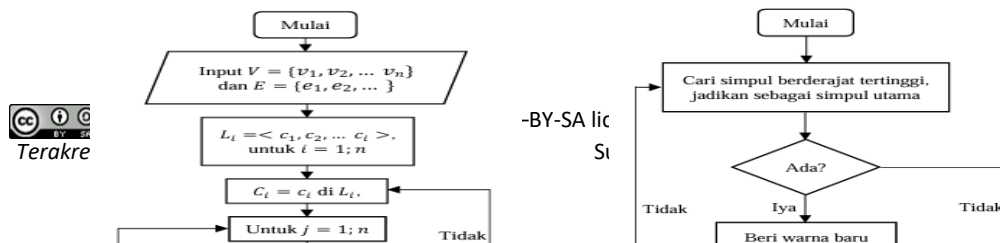
Beberapa penelitian tentang penerapan pewarnaan graf yang pernah dilakukan sebelumnya yaitu “Implementasi Algoritma *Sequential Coloring* dan *Welch Powell* pada Pewarnaan Graf (Studi Kasus Pewarnaan Peta Kota Makasar)” [10], “Penerapan Algoritma *Welch Powell* dengan Pewarnaan Graf pada Penjadwalan Mata Pelajaran SMA” [12], “Penerapan Konsep Pewarnaan Graf dalam Penyusunan Jadwal Perkuliahan Menggunakan Metode Algoritma *Welch-Powell* pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tribuana Kalabahi” [13], “Penerapan Teknik Pewarnaan Graph Pada Penjadwalan Ujian Dengan Algoritma *Welch-Powell*” [14], “*Application Of The Welch-Powell Algorithma Ongraph Coloring In Mapping Village Area In Alor Island, East Nusa Tenggara*” [15], dan “Analisis Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Algoritma *Welch-Powell*” [16]. Dari beberapa penelitian tersebut, dapat ditemukan bahwa untuk pewarnaan graf dengan menggunakan Algoritma *Sequential Coloring* dan Algoritma *Welch Powell* dalam mewarnai peta suatu wilayah telah banyak dilakukan, namun pewarnaan peta khusus di Pulau Pantar belum pernah dilakukan.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasi konsep pewarnaan graf menggunakan Algoritma *Sequential Coloring* dan *Welch Powell* dalam memetakan wilayah Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif kuantitatif dimana metode ini bertujuan untuk mendeskripsikan suatu fenomena, peristiwa, gejala, dan kejadian yang terjadi secara faktual, sistematis, serta akurat dengan menggunakan angka yang menggambarkan karakteristik subjek yang diteliti. Adapun teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini diuraikan dalam langkah-langkah berikut ini: 1) Pengambilan data Desa/ Kelurahan beserta batas antara Desa/ Kelurahan se-Pulau Pantar menggunakan *Goggel maps* dan *Google earth*, 2) Representasi wilayah Desa/ Kelurahan se-Pulau Pantar ke dalam bentuk graf, 3) Mewarnai graf hasil representasi wilayah Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar menggunakan algoritma *sequential coloring* dan *welch powell*, 4) Menghitung warna yang paling sedikit (jumlah warna minimum), 5) Hasil pewarnaan dimasukan ke dalam peta, dan 6) Bandingkan hasil dari kedua algortima.

Flowchart untuk algoritma *Sequential Coloring* dan *Welch-Powell* dapat dilihat pada gambar 1 dan 2 berikut :



(a)

(b)

Gambar 1. Flowchart untuk (a) Algoritma *Sequential Coloring* dan (b) Algoritma *Welch-Powell*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah wilayah Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar yang merupakan wilayah administratif Kabupaten Alor, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini dilakukan dengan mengimplementasikan konsep pewarnaan graf pada peta menggunakan algoritma *Sequential Coloring* dan algoritma *Welch-Powell*, dimana setiap Desa/Kelurahan direpresentasikan dalam bentuk titik dan batas langsung wilayah antar Desa/Kelurahan direpresentasikan dalam bentuk sisi. Adapun penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data atau informasi berupa peta wilayah Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar dan batas wilayahnya yang diperoleh dengan menggunakan *Google Maps* dan *Google Earth*, kemudian merepresentasikan peta wilayah tersebut ke dalam bentuk graf dengan wilayah Desa/Kelurahan berupa titik dan wilayah yang berbatasan langsung dihubungkan oleh sisi. Selanjutnya Algoritma *Sequential Coloring* dan *Welch-Powell* digunakan untuk melakukan pewarnaan peta wilayah tersebut.

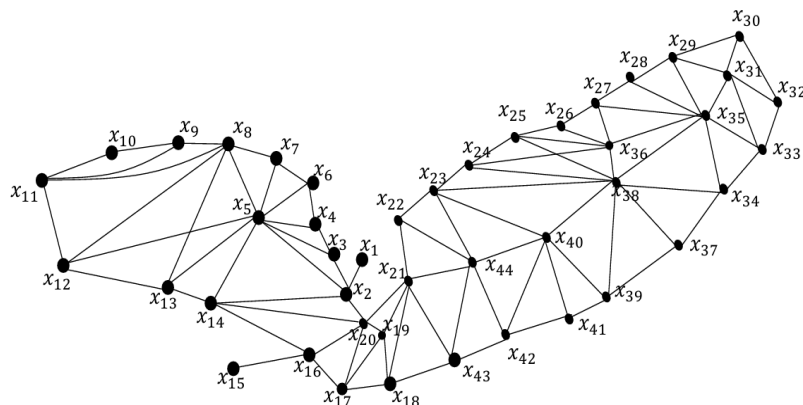
Gambar 1 merupakan peta wilayah Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar, Kabupaten Alor, Provinsi Nusa Tenggara Timur.



Sumber: *Google maps* diakses 18 Januari 2025

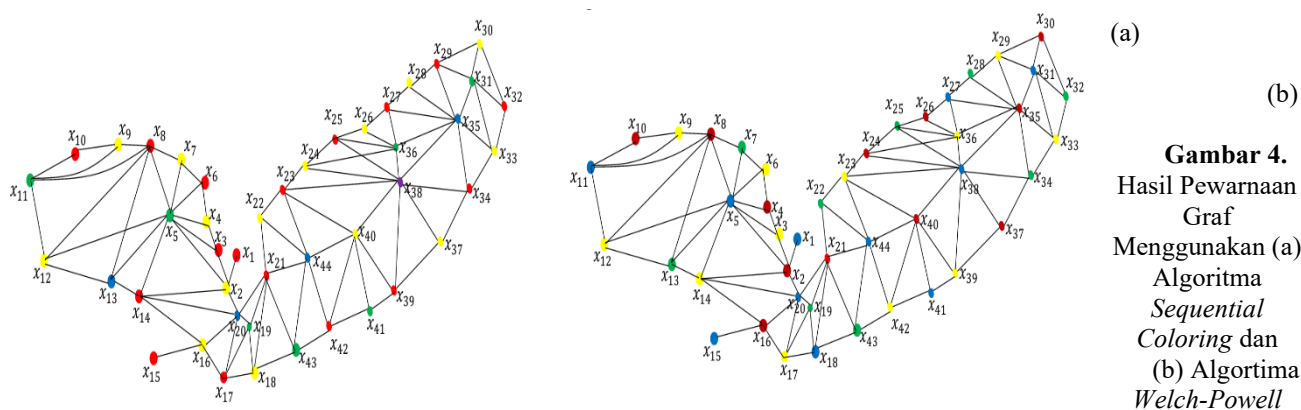
Gambar 2. Peta wilayah Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar

Gambar 2 menunjukkan bahwa peta Pulau Pantar terdiri dari 44 Desa/Kelurahan yang direpresentasikan dalam bentuk graf dengan Desa/Kelurahan direpresentasikan dengan simpul dan dua Desa/Kelurahan yang berbatasan langsung direpresentasikan dengan sisi. Setiap Desa/Kelurahan diberi nama 1, 2, 3, 4, 5, ..., 44. Gambar 3 berikut merupakan hasil representasi peta wilayah Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar dalam bentuk graf.



Gambar 3. Graf Hasil Representasi Peta Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar

Selanjutnya graf pada Gambar 3 diwarnai menggunakan algoritma *Sequential Coloring* dan *Welch-Powell* sehingga masing-masing memperoleh hasil pewarnaan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4.

Hasil Pewarnaan Graf Menggunakan (a) Algoritma *Sequential Coloring* dan (b) Algoritma *Welch-Powell*

Berdasarkan hasil pewarnaan graf pada gambar 4, maka dapat dilihat bahwa dengan menggunakan algoritma *Sequential Coloring* diperoleh 5 warna yang dapat digunakan untuk mewarnai peta wilayah Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar, sedangkan dengan menggunakan algoritma *Welch-Powell* diperoleh 4 warna yang dapat digunakan untuk mewarnai peta wilayah Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa untuk pewarnaan peta wilayah Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar, Algoritma *Welch-Powell* dianggap lebih optimum karena memperoleh jumlah warna yang paling sedikit, yaitu 4 warna. Adapun pada penelitian yang lain tentang pewarnaan peta wilayah kecamatan se-Kota Makassar menggunakan kedua algoritma tersebut diperoleh bilangan kromatik atau jumlah warna minimum yang sama [10]. Hal ini dapat dikatakan bahwa kesamaan atau ketidaksamaan jumlah warna minimum dari kedua algoritma bergantung pada graf hasil representasi dari suatu wilayah yang dipetakan.

Selanjutnya karena algoritma *Welch-Powell* lebih optimal, maka hasil pewarnaan dengan algoritma tersebut digambarkan kembali ke dalam bentuk peta seperti pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Hasil Pewarnaan Peta Wilayah Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar Berdasarkan Algoritma *Welch-Powell*

4. KESIMPULAN

Pewarnaan graf menggunakan algoritma *Sequential Coloring* dan *Welch Powell* pada peta wilayah Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar dengan cara merepresentasikan peta ke dalam bentuk graf. Peta wilayah pulau Pantar terdiri dari 44



Desa/Kelurahan sehingga terdapat 44 simpul dan 92 sisi. Dalam proses pewarnaan menggunakan algoritma *Sequential Coloring* perlu diperhatikan urutan pada setiap simpul, kemudian berikan warna pertama pada simpul pertama, selanjutnya lakukan proses pewarnaan dengan melihat simpul yang saling bertetangga agar tidak terdapat warna yang sama pada simpul yang bertetangga kemudian hasil pewarnaan dimasukan kedalam peta. Sedangkan pada proses pewarnaan menggunakan algoritma *Welch Powell* perlu diperhatikan susunan derajat tertinggi hingga terendah. Selanjutnya dilakukan proses pewarnaan dimulai dari derajat tertinggi dengan melihat simpul yang saling bertetangga. Ulanggi setiap proses pewarnaan pada simpul yang belum diwarnai dengan dimulai dari derajat tertinggi hingga semua simpul diwarnai. Hasil pewarnaan menggunakan algoritma *Sequential Coloring* dan *Welch Powell* memiliki jumlah warna yang berbeda dimana *Sequential Coloring* membutuhkan 5 warna sedangkan *Welch Powell* membutuhkan 4 warna pada kasus pewarnaan peta wilayah Desa/Kelurahan se-Pulau Pantar, sehingga pada kasus pewarnaan ini disimpulkan algoritma *Welch Powell* lebih optimal dibandingkan dengan algoritma *Sequential Coloring*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan penelitian ini.

REFERENCES

- [1] R. Annisa and Anna, "Pemanfaatan Graf Dalam Pengaturan Warna Lampu Lalu Lintas Menggunakan Algoritma Welch Powell," *Jurnal Teknika*, vol. 13, no. 1, pp. 18–23, 2019, Accessed: Feb. 07, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/teknika/article/view/1478>
- [2] L. Maro and K. M. T. Djaha, "Penerapan Himpunan Dominasi pada Graf untuk Optimalisasi Pembocoran Pipa Air Minum di Kelurahan Kalabahi Barat," *Jurnal Kadikma (Matematika dan Pend. Matematika)*, vol. 13, no. 02, pp. 94–102, 2022, Accessed: Mar. 29, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/kadikma/article/view/32374/12091>
- [3] F. Daniel and P. N. L. Taneo, *Teori Graf*. Yogyakarta: Deepublish, 2019.
- [4] R. Munir, *Matematika Diskrit (Revisi Keenam)*, 6th ed. Bandung: Informatika Bandung, 2016.
- [5] L. Maro, A. Sanga, and M. E. Tuaty, "Determination of the Restrained Domination Number on Vertex Amalgamation and Edge Amalgamation of the Path Graph With the Same Order," *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, vol. 16, no. 2, pp. 421–426, 2022, doi: 10.30598/barekengvol16iss2pp421-426.
- [6] F. Harary, *Graph Theory*. Boca Raton, London, and New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2018.
- [7] A. N. Rahma, R. Rahmawati, and Z. Zukrianto, "Aplikasi Pewarnaan Graf Pada Peta Provinsi Riau Menggunakan Algoritma Greedy," *Square : Journal of Mathematics and Mathematics Education*, vol. 3, no. 1, pp. 41–55, Apr. 2021, doi: 10.21580/square.2021.3.1.7410.
- [8] Y. A. Mowata, L. Maro, and D. Lalang, "Penentuan Rute Terpendek di Wilayah Kecamatan Teluk Mutiara Menggunakan Algoritma Floyd-Warshall," *REKEN: Jurnal Matematika dan Aplikasinya*, vol. 1, no. 1, pp. 50–58, 2025, Accessed: Jul. 02, 2025. [Online]. Available: <https://kalabahi.org/ojs/index.php/reken/article/view/11/6>
- [9] G. Chartrand and P. Zhang, *Chromatic Graph Theory (Second Edition)*, 2nd ed. Boca Raton, Londong, and New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2020.
- [10] M. Ammar, "Implementasi Algoritma Sequential dan Welch Powell pada pewarnaan graf (studi kasus pewarnaan peta kota Makassar)," *Jurnal Varian*, vol. 3, no. 1, pp. 28–35, 2019, doi: 10.30812/varian.v3i1.488.
- [11] S. Panggabean *et al.*, "Riset Operasi," in *Riset Operasi*, 1st ed., vol. 1, T. N. Sipayung, Ed., Malang: Penerbit Future Science (CV. Future Science), 2024, ch. 11, pp. 1–273.
- [12] D. Handayani, E. Rosely, and R. P. Mayadewi, "Penerapan Algoritma Welch Powell Dengan Pewarnaan Graph Pada Penjadwalan Mata Pelajaran SMA," in *Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesia*, Bandung: Universitas Telkom, 2016. Accessed: Feb. 07, 2025. [Online]. Available: <https://is.its.ac.id/pubs/oajis/index.php/home/detail/1677>
- [13] L. Maro and L. K. S. Purab, "Penerapan Konsep Pewarnaan Graf dalam Penyusunan Jadwal Perkuliahan Menggunakan Metode Algoritma Welch-Powell pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tribuana Kalabahi," *Jurnal Wahana Pendidikan*, vol. 07, no. 06, pp. 193–197, 2021.
- [14] Supiyandi and M. Eka, "Penerapan Teknik Pewarnaan Graph Pada Penjadwalan Ujian Dengan Algoritma Welch-Powell," *ALGORITMA : Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, vol. 03, no. 01, pp. 58–63, 2018, Accessed: Feb. 07, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.uinsu.ac.id/index.php/algoritma/article/viewFile/3153/1876>
- [15] L. Maro, "Application of the Welch-Powell Algorithm on Graph Coloring in Mapping Village Area in Alor Island, East Nusa Tenggara," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 8, no. 23, pp. 569–575, 2022.
- [16] P. S. Wicaksono and Kartono, "Analisis Penjadwalan Mata Pelajaran Menggunakan Algoritma Welch-Powell," *Prismatika: Jurnal Pendidikan dan Riset Matematika*, vol. 03, no. 01, pp. 1–21, 2020, Accessed: Feb. 07, 2025. [Online]. Available: <https://ejurnal.uibu.ac.id/index.php/prismatika/article/view/815/651>