

## PEWARNAAN GRAF PADA PETA OHOI LANGGUR MENGGUNAKAN ALGORITMA GREEDY

Zikri Alkatiri<sup>1\*</sup>, Shafriaty Kepa<sup>2</sup>, Ernawati<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Universitas Banda Naira, [zikrialkatiri5@gmail.com](mailto:zikrialkatiri5@gmail.com)

### ABSTRAK

Pewarnaan wilayah bukanlah hanya sekedar memberikan warna yang berbeda pada suatu wilayah. Tetapi juga untuk menentukan jumlah jenis warna yang optimal pada pewarnaan tersebut. Pada penelitian ini, digunakan teori graf dengan algoritma Greedy untuk menentukan jenis warna yang optimal pada peta ohoi/desa Langgur, Algoritma Greedy merupakan salah satu bentuk algoritma yang berkembang untuk menyelesaikan masalah pewarnaan graf sehingga dihasilkan warna minimal yang harus digunakan tanpa adanya Lingkungan yang saling berbatasan menggunakan warna yang sama. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian studi literatur. Peneliti menggumpulkan referensi melalui artikel ilmiah dan data-data dari Pangkalan Data Langgur (PDL). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh jumlah warna minimum pada pewarnaan peta ohoi Langgur adalah 4 jenis warna sebagai solusi warna minimal yang digunakan untuk mewarnai semua wilayah ohoi Langgur.

Kata kunci : *Pewarnaan Wilayah, Graf, Algoritma Greedy*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

## 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi, generasi muda membutuhkan peranan matematika sebagai dasar dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dengan demikian, hampir dapat dipastikan bahwa setiap bagian dari ilmu pengetahuan dan teknologi, baik ilmu murni maupun ilmu terapan akan memerlukan peran matematika sebagai ilmu bantuan. Salah atau ilmu matematika yang dapat di terapkan dalam kehidupan sehari hari adalah teori graf.

Teori graf merupakan salah satu cabang dari matematika yang dapat diaplikasikan untuk banyak membantu menyelesaikan permasalahan sehari hari. (Mamahit et al., 2020) Teori Graf pertama kali diperkenalkan oleh Leonard Euler pada tahun 1736. Aplikasi pada teori Graf dapat diterapkan pada berbagai bidang seperti masalah pemetaan, transportasi, jaringan komunikasi dan lain sebagainya. (Nasution & Sitompul, 2018)

Permasalahan pewarnaan Graf merupakan salah satu permasalahan yang banyak ditemui dalam hal aplikasi teori graf. Pewarnaan graf dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu, pewarnaan titik, pewarnaan garis dan pewarnaan wilayah. (Bustan & Salim, 2019). Pewarnaan titik/simpul merupakan pemberian warna atau label pada setiap

titik sehingga tidak ada dua titik / simpul yang bertetangga memiliki warna yang sama. Pewarnaan sisi/ garis merupakan pemberian warna pada setiap sisi pada graf sehingga sisi yang berhubungan tidak memiliki warna yang sama. Pewarnaan wilayah merupakan pemberian warna pada setiap wilayah pada graf sehingga tidak ada wilayah yang bersebelahan tidak memiliki warna yang sama. (Himayati et al , 2020)

Pewarnaan wilayah menjadi persoalan yang pertama kali muncul dimana setiap daerah yang berbatasan harus mempunyai warna yang berbeda sehingga mudah dibedakan. (Maftukhah et al., 2020) Persoalan ini kemudian dikembangkan dengan teorema empat warna yang menyatakan bahwa “bilangan kromatik graf planar tidak lebih dari empat warna”. (Golombic , 2018).

Penerapan pewarnaan graf pada pewarnaan wilayah pada peta bukan merupakan hal baru untuk dilakukan. Berbagai percobaan pewarnaan wilayah sudah dimulai sejak tahun 1970 an, yang kemudian muncul istilah yang sangat terkenal sampai saat ini, dalam (buku Pengantar Teori Graph) disebut dengan nama “konjektur empat warna” yang menyatakan bahwa semua peta yang ada di dunia ini hanya membutuhkan 4 warna, sehingga negara – negara atau propinsi – propinsi yang bertetangga mendapatkan warna yang berbeda.

Pada pewarnaan wilayah, pewarnaan dapat dilakukan dengan cara mengubah wilayah tersebut membentuk sebuah graf dual. Suatu wilayah dapat diasumsikan sebagai sebuah titik / simpul terlebih dahulu dan menghubungkan dua buah titik yang bertetangga sebagai sebuah garis / sisi. (Widiyatni et al.2020)

K Apple dan W Haken (Golombic 2018) telah membuktikan pada teorema empat warna yang menyatakan bahwa “Jika graf  $G$  adalah graf planar, maka bilangan kromatik  $G$  kurang dari sama dengan empat”. Kemudian Alferd kempe menambahkan bahwa teorema empat warna hanya berlaku pada graf planar.

Pewarnaan wilayah terdapat beberapa prinsip, (Supiyandi. 2018) yaitu:

1. Mewarnai wilayah pada peta berarti mewarnai titik pada graf dual dari peta wilayah
2. Dua buah titik yang terhubung oleh satu atau lebih sisi tidak boleh diberi warna yang sama
3. Banyak warna yang digunakan harus seminimal mungkin

Salah satu algoritma yang dapat digunakan untuk menentukan jumlah warna minimum pada pewarnaan graf adalah algoritma Greedy, yang dikembangkan oleh Li Yu, et all berjudul “Greedy Algorithms for the Minimum Sum Coloring Problem” telah dipublikasikan di *Logistique et transport, Sousse: Tunisia* (2009).

Algoritma Greedy merupakan algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi yang menyelesaikan masalah dengan langkah demi langkah. (Mohamed, 2018). Langkah Langkah dalam menghasilkan solusi optimum pada algoritma Greedy yaitu (Sánchez-Oro & Duarte, 2018)

1. Membentuk himpunan kandidat  $C$ , yaitu himpunan yang berisi elemen pembentuk solusi.
2. Inisialisasi himpunan solusi sebagai himpunan kosong
3. Pilih titik/ simpul yang akan diisi warna dengan fungsi seleksi simpul. Fungsi seleksi simpul adalah fungsi yang menyeleksi titik/ simpul mana yang akan diwarnai terlebih dahulu. Titik/ simpul yang diambil adalah titik dengan derajat terbesar.
4. Memilih kandidat warna dengan menggunakan fungsi seleksi warna

5. Memeriksa kelayakan warna dengan fungsi kelayakan. Fungsi kelayakan adalah fungsi yang memeriksa apakah warna tersebut layak digunakan untuk sebuah titik / simpul. Pemeriksaan kelayakan dapat dilakukan dari titik / simpul yang bertetangga dengan titik / simpul yang akan diwarnai. Kelayakan warna ada dua tahap yaitu:
  - a. Dilakukan penyeleksian terhadap himpunan solusi. Jika warna pada himpunan solusi layak, maka warna tersebut digunakan untuk pewarnaan titik/ simpul.
  - b. Jika tidak ada satupun warna yang layak dari himpunan solusi, maka ambil warna baru dari himpunan kandidat yang belum pernah digunakan untuk simpul tersebut. Warna yang layak digunakan tersebut yang telah digunakan untuk titik / simpul yang terpilih akan dimasukkan ke dalam himpunan solusi, jika warna tidak layak maka proses Kembali ke Langkah 2
6. Memasukkan warna menjadi elemen himpunan solusi yaitu himpunan berisi elemen solusi pemecahan masalah.
7. Periksa apakah solusi sudah meliputi pewarnaan seluruh simpul menggunakan fungsi objektif, yaitu fungsi yang menetapkan sebuah nilai untuk himpunan solusi.

Proses pewarnaan selesai jika seluruh titik/simpul sudah selesai diwarnai. Jika pewarnaan belum meliputi keseluruhan titik/simpul, maka proses kembali ke Langkah 2.

Permasalahan yang timbul dari latar belakang diatas adalah bagaimana mengaplikasikan algoritma greedy dalam pewarnaan graf pada peta wilayah ohoi langgur dengan menggunakan teorema 4 warna, Tujuan dari penelitian ini adalah mengaplikasikan algoritma greedy pada wilayah peta ohoi langgur yang memiliki 17 lingkungan, sehingga setiap lingkungan yang berbatasan di ohoi Langgur memiliki warna yang berbeda serta menentukan bilangan kromatiknya.

## 2 METODOLOGI

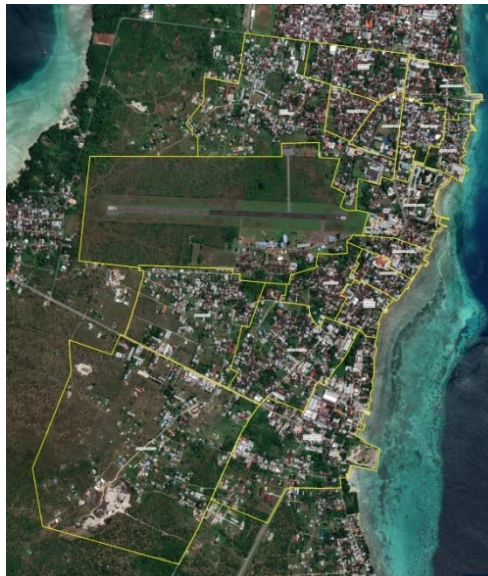
Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian studi literatur. Peneliti mengumpulkan referensi melalui artikel ilmiah dan data-data dari Pangkalan Data Langgur (PDL). Selanjutnya dilakukan penentuan titik titik yang merepresentasi lingkungan pada peta ohoi Langgur, setelah itu dilakukan pewarnaan pada lingkungan-lingkungan di ohoi Langgur menggunakan algoritma Greedy sehingga diperoleh suatu hasil pewarnaan dengan menggunakan warna minimal untuk peta ohoi Langgur.

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

### Wilayah Ohoi Langgur

Ohoi langgur terdiri dari 17 lingkungan dan 54 rukun. Pada pembahasan ini akan dilakukan pewarnaan pada peta ohoi Langgur dengan masing masing lingkungan direpersentasikan dengan sebuah titik dan wilayah yang berdekatan direpresantikan dengan garis.

Sebuah peta merupakan objek yang dibutuhkan untuk melakukan pewarnaan graf pada peta tersebut. Berikut adalah gambar peta ohoi langgur beserta batas linkungannya.



**Gambar 1.** Peta Wilayah *Ohoi* Langgur (sumber : PDL)

Berikut ini adalah data wilayah lingkungan pada *ohoi* Langgur dan simbol pada setiap kecamatan yaitu:

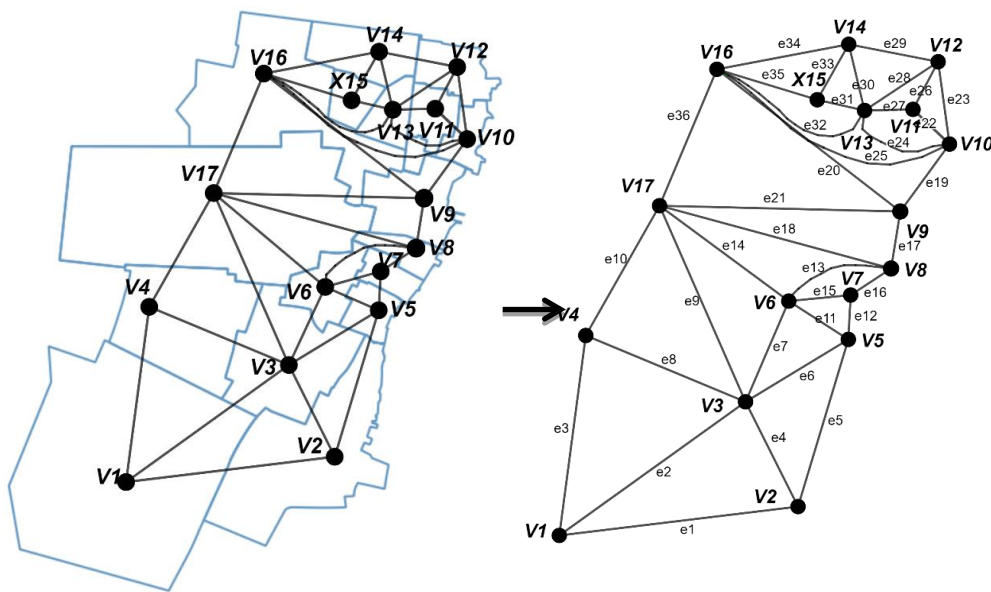
**Tabel 1.** Tabel lingkungan *ohoi* Langgur dan simbolnya

No	Nama Lingkungan	Simbol
1.	Petrus Paulus	V1
2.	Engelbertus Dumatubun	V2
3.	Carol Wajtyla	V3
4.	Kristiforus	V4
5.	Petrus Canisius Mandagi	V5
6.	Dominikus	V6
7.	Andreas Sol	V7
8.	Jacobus Grent	V8
9.	Johannes Aerts	V9
10.	Santa Maria	V10
11.	Santo Yosep	V11
12.	Antonius Padua	V12
13.	Mathias Bun	V13
14.	Johanes Custer	V14
15.	Yudas Thadeus	V15
16.	Maria mediatrix	V16
17.	Bandar Udara Dumatubun	V17

### **Graf Dual Pada Wilayah *Ohoi* Langgur**

Graf dual dari peta *ohoi* Langgur dibuat dengan cara merepresentasikan setiap lingkungan yang ada di *ohoi* Langgur dengan titik/simpul. Garis direpresentasikan dengan dua lingkungan yang berdekatan, maka titik pada graf dual mempunyai garis yang menghubungkan kedua titik tersebut.

Representasi graf dual pada wilayah *ohoi* Langgur dari peta adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.** Graf dual pada wilayah *ohoi* Langgur

Berdasarkan pada graf dual pada wilayah *ohoi* pada gambar 2 di atas dapat direpresentasikan sebagai sebuah graf yang dinotasikan titik dan garis sebagai berikut:

$$G = E(G), V(G)$$

$$V = \{ V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9, V_{10}, V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14}, V_{15}, V_{16}, V_{17} \}$$

$$E = \{ e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8, e_9, e_{10}, e_{11}, e_{12}, e_{13}, e_{15}, e_{16}, e_{17}, e_{18}, e_{19}, e_{20}, e_{21}, e_{22}, e_{23}, e_{24}, e_{25}, e_{26}, e_{27}, e_{28}, e_{29}, e_{30}, e_{31}, e_{32}, e_{33}, e_{34}, e_{35}, e_{36} \}$$

Pada pewarnaan peta *ohoi* Langgur dapat dilakukan dengan menggunakan algoritma Greedy. Pada Algoritma Greedy ditentukan derajat pada setiap titik pada graf dual *ohoi* Langgur yang diurutkan dari derajat terbesar ke derajat terkecil.

### Pewarnaan Wilayah Pada Peta *Ohoi* Langgur Menggunakan Algoritma Greedy Berbasis Teorema Empat Warna

Langkah Langkah yang dilakukan pada pewarnaan graf dual peta *ohoi* Langgur dengan algoritma Greedy berbasis teorema empat warna yaitu

1. Membentuk himpunan kandidat warna  $C$ , yaitu  $C = \{ kuning, merah, hijau, biru \}$ . Himpunan kandidat  $C$  adalah warna yang digunakan untuk mewarnai graf dual peta *ohoi* Langgur.
2. Memberi derajat pada masing masing titik pada graf dual peta *ohoi* Langgur sebagai berikut.

**Tabel 2.** Derajat pada titik

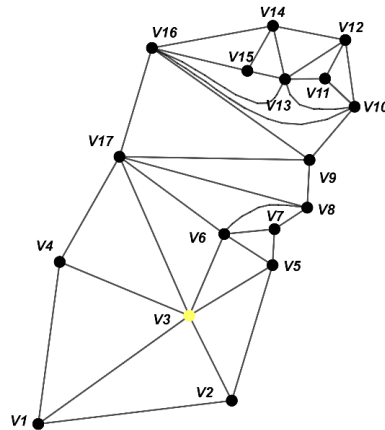
No	Nama Lingkungan	Simbol	D (Vi)
1.	Petrus Paulus	V1	3
2.	Engelbertus Dumatubun	V2	3
3.	Carol Wajtyla	V3	6
4.	Kristiforus	V4	3
5.	Petrus Canisius Mandagi	V5	4
6.	Dominikus	V6	5
7.	Andreas Sol	V7	3
8.	Jacobus Grent	V8	4
9.	Johannes Aerts	V9	4
10.	Santa Maria	V10	5
11.	Santo Yosep	V11	3
12.	Antonius Padua	V12	4
13.	Mathias Bun	V13	6
14.	Johanes Custer	V14	4
15.	Yudas Thadeus	V15	3
16.	Maria mediatrix	V16	6
17.	Bandar Udara Dumatubun	V17	6
<b>Jumlah</b>			<b>72</b>

Berdasarkan tabel 2, dapat dibentuk kembali tabel 3 yang berisikan urutan berdasarkan jumlah derajat dari yang paling banyak hingga yang paling sedikit.

**Tabel 3.** Urutan derajat dan symbol

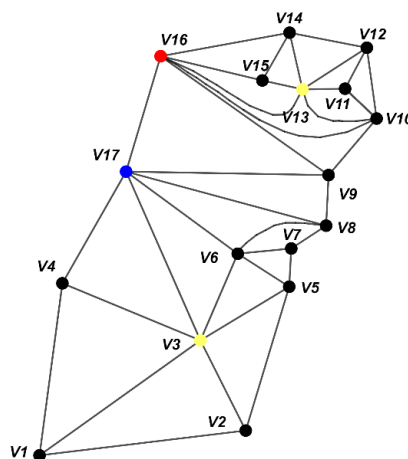
No	Nama Lingkungan	Simbol	D (Vi)
1.	Carol Wajtyla	V3	6
2.	Mathias Bun	V13	6
3.	Maria mediatrix	V16	6
4.	Bandar Udara Dumatubun	V17	6
5.	Santa Maria	V10	5
6.	Dominikus	V6	5
7.	Petrus Canisius Mandagi	V5	4
8.	Jacobus Grent	V8	4
9.	Johannes Aerts	V9	4
10.	Antonius Padua	V12	4
11.	Johanes Custer	V14	4
12.	Petrus Paulus	V1	3
13.	Engelbertus Dumatubun	V2	3
14.	Kristiforus	V4	3
15.	Andreas Sol	V7	3
16.	Santo Yosep	V11	3
17.	Yudas Thadeus	V15	3
<b>Jumlah</b>			<b>72</b>

- Memilih titik yang akan diwarnai, titik yang dipilih pertama untuk diwarnai yaitu titik yang berderajat terbanyak. Berdasarkan tabel 3, titik yang memiliki derajat terbanyak adalah V3,V13,V16,V17 dengan derajat= 6. Terpilih yaitu V3 untuk melakukan pewarnaan, warna yang akan digunakan pada titik V3 diambil dari himpunan kandidat warna, dipilih warna kuning yang merupakan kandidat warna pertama dari himpunan kandidat C.

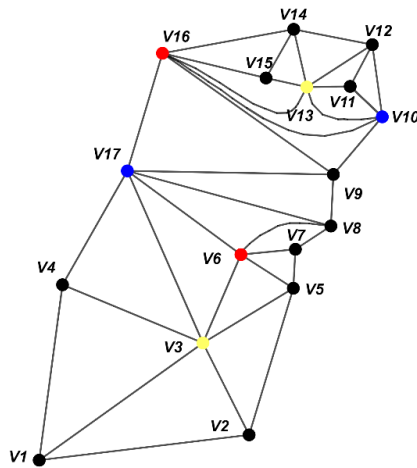


**Gambar 3.** Pewarnaan titik V3

- Memeriksa kelayakan warna kuning pada himpunan titik V3. Karena V3 bertetangga dengan 6 sisi yang belum diwarnai, sehingga warna kuning layak digunakan pada titik V3.
- Masukkan warna kuning untuk warna titik V3 kedalam himpunan solusi  $S = \{\text{kuning}\}$ .
- Menggunakan fungsi objektif yaitu memeriksa apakah solusi sudah meliputi pewarnaan seluruh titik dengan optimum global. Karena pada tahap ini belum semua titik diwarnai secara optimum global, maka langkah kembali ke memilih titik berikutnya.
- Selanjutnya pilih titik V13 untuk diwarnai, titik V13 menggunakan warna kuning karena V13 bertetangga dengan 6 sisi yang belum diwarnai. Himpunan solusi  $S = \{\text{kuning}\}$ . Selanjutnya dipilih titik V16 menggunakan warna merah, karena titik V16 bertetangga dengan V13. Himpunan solusi  $S = \{\text{kuning, merah}\}$ . selanjutnya pilih titik V17 menggunakan warna biru, karena V17 bertetangga dengan V3 dan V16. Himpunan solusi  $S = \{\text{kuning, merah, biru}\}$ .

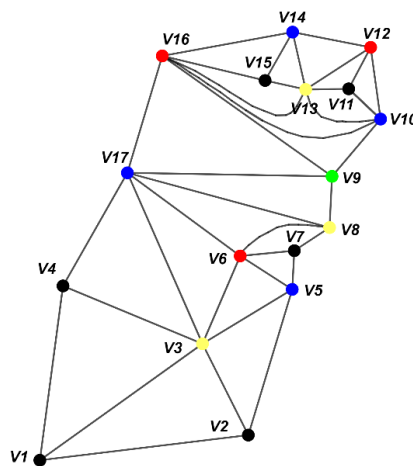


**Gambar 4.** Pewarnaan titik berderajat 6



**Gambar 5.** Pewarnaan titik berderajat 5

8. Selanjutnya seleksi titik berderajat 5, yaitu titik V6 dan V10. Dipilih titik V6, pewarnaan titik V6 menggunakan warna merah, karena titik V6 bertetangga dengan V3 dan V17. Himpunan solusi  $S = \{kuning, merah, biru\}$ . Selanjutnya pilih V10, pewarnaan titik V10 menggunakan warna biru, karena titik V10 bertetangga dengan titik V13 dan V16. Himpunan solusi  $S = \{kuning, merah, biru\}$ .
9. Selanjutnya seleksi titik berderajat 4, yaitu titik V5, V8, V9, V12, V14. Dipilih titik V5 perwarnaan titik V5 menggunakan warna biru, karena titik V5 bertetangga dengan titik V3 dan V6. Himpunan solusi  $S = \{kuning, merah, biru\}$ . Selanjutnya dipilih V8 menggunakan warna kuning, karena V8 bertetangga dengan V17. Himpunan solusi  $S = \{kuning, merah, biru\}$ . Selanjutnya dipilih titik V9 menggunakan warna hijau, karena titik V9 bertetanggan dengan titik V8, V10, V16, dan V17 yang mempunyai warna kuning, biru, merah. Himpunan  $S = \{ kuning, merah, biru, hijau \}$ . Selanjutnya dipilih titik V12 menggunakan warna merah , karena titik V12 bertetangga dengan V10 dan V13. Himpunan solusi  $S = \{kuning, merah, biru, hijau\}$ . Selanjutnya dipilih titik V14 menggunakan waran biru, karena titik X14 bertetangga dengan titik V12, V13, dan V16. Himpunan solusi  $S = \{kuning, merah, biru, hijau\}$ .

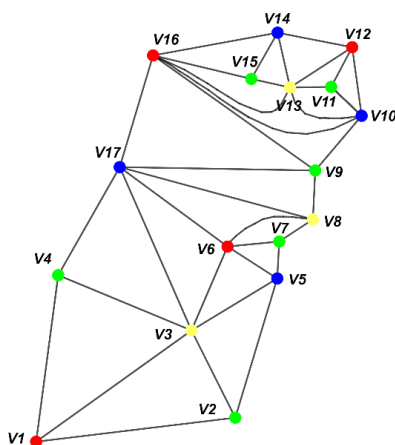


**Gambar 6.** Pewarnaan titik berderajat 4

10. Selanjutnya seleksi titik berderajat 3, yaitu titik V1, V2, V4, V7, V11, V15. Dipilih pewarnaan titik V1

menggunakan warna merah. Karena V1 bertetangga dengan V3. Himpunan solusi  $S = \{\text{kuning, merah, biru, hijau}\}$ . Selanjutnya dipilih titik V2 menggunakan warna hijau, karena titik V2 bertetangga dengan titik V1, V3, dan V5 yang memiliki warna kuning, merah, biru. Himpunan solusi  $S = \{\text{kuning, merah, biru, hijau}\}$ . Selanjutnya dipilih titik V4 menggunakan warna hijau, karena titik V4 bertetangga dengan titik V1, V3, dan V17 yang memiliki warna kuning, merah, biru. Himpunan solusi  $S = \{\text{kuning, merah, biru, hijau}\}$ . Selanjutnya dipilih titik V7 pewarnaan titik V7 menggunakan warna hijau. karena titik V7 bertetangga dengan titik V5, V6, dan V8 yang memiliki warna kuning, merah, biru. Himpunan solusi  $S = \{\text{kuning, merah, biru, hijau}\}$ . Selanjutnya dipilih titik V11 menggunakan warna hijau, karena titik V11 bertetangga dengan titik V10, V12, dan V13 yang memiliki warna kuning, merah, biru. Himpunan solusi  $S = \{\text{kuning, merah, biru, hijau}\}$ . Selanjutnya dipilih titik V15 menggunakan warna hijau. karena titik V15 bertetangga dengan titik V13, V14, dan V16 yang memiliki warna kuning, merah, biru. Himpunan solusi  $S = \{\text{kuning, merah, biru, hijau}\}$ .

Karena semua titik dari lingkungan *ohoi* Langgur telah diwarnai dan tidak ada titik yang bertetangga dengan warna yang sama, maka langkah pewarnaan titik telah selesai. Berikut adalah graf dual pewarnaan titik untuk 17 lingkungan *ohoi* pewarna.



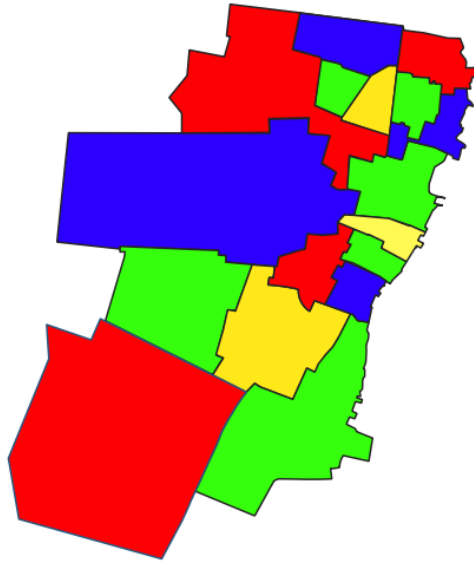
**Gambar 7.** Pewarnaan seluruh titik

Optimasi pada penelitian ini adalah proses pada pewarnaan setiap lingkungan yang ada di *ohoi* Langgur dengan fungsi tujuan warna yang dihasilkan dalam mewarnai peta *ohoi* Langgur adalah empat warna, Berdasarkan hasil pewarnaan lingkungan *ohoi* Langgur diperoleh bilangan kromatik yaitu  $\chi(G) = 4$ . Dari hasil pewarnaan diperoleh representasi pada masing masing warna adalah sebagai berikut:

- Warna kuning merepresentasikan 3 lingkungan yaitu: Carol Wajtila, Mathias Bun, Jacobus Grent
- Warna biru merepresentasikan 4 lingkungan yaitu: Petrus Canisius Mandalagi, Santa Maria, Johannes Custer, Bandar Udara Dumatubun.
- Warna merah merepresentasikan 4 lingkungan yaitu: Petrus Paulus, Dominikus, Antonius Padua, Maria mediatrix.
- Warna hijau merepresentasikan 6 lingkungan yaitu: Engelbertus Dumatubun, Kristiforus, Andreas Sol, Johannes Aerts, Santo Yosep, Yudas Thadeus.

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa pewarnaan peta *ohoi* Langgur menggunakan Algoritma Greedy diperoleh bilangan kromatik  $\chi(G) = 4$ . warna yang diperlukan untuk mewarnai setiap lingkungan *ohoi* Langgur cukup dengan empat warna dan didapatkan himpunan solusi  $S = \{kuning, merah, biru, hijau\}$ . sehingga diperoleh hasil pewarnaan peta *ohoi* Langgur sebagai berikut:



**Gambar 8.** Pewarnaan peta ohoi Langgur

Hal ini sesuai dengan pembahasan Brun (2002) tentang *the four colour theorem* yang menyatakan bahwa sebuah peta dapat diwarnai dengan maksimal empat warna. Dari hasil pewarnaan peta *ohoi* Langgur menggunakan Algoritma Greedy, diperoleh bahwa algoritma ini lebih rinci dan sistematis. Banyak langkah-langkah yang dilakukan pada Algoritma Greedy sehingga membutuhkan ketelitian yang lebih. Pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan untuk permasalahan permasalahan lain seperti penjadwalan, antrian dengan menggunakan algoritma Greedy maupun algoritma yang lain.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bustan, A. W., & Salim, M. R. (2019). *Penerapan Pewarnaan Graf Menggunakan Algoritma Welch Powell untuk Menentukan Jadwal Bimbingan Mahasiswa. Jurnal THEOREMS (The Original Research of Mathematics)*, 4(1), 79–86.
- [2] Brun, Yuriy. (2002). *The Four-Color Theorem*. Undergraduate Journal of Mathematics. 21–28.
- [3] Golumbic, M. C. (2018). *Total coloring of rooted path graphs. Information Processing Letters*, 135, 73–76. <https://doi.org/10.1016/j.ipl.2018.03.002>
- [4] Himayati, A. I. A., Alfiana, K., Putra, M. A. J. D., & Utami, R. (2020). *Aplikasi Pewarnaan Graf Dengan Metode Welch Powell Pada Pembuatan Jadwal Ujian Proposal Skripsi Program Studi Farmasi*

*Universitas Muhammadiyah Kudus Ade Ima Afifa Himayati. Jurnal Ilmu Komputer Dan Matematika*, 1(1), 32–39.

- [5] Li, Yu., Lucet Corinne., Moukrim, Aziz., Sghiouer, Kaoutar., *Greedy Algorithms for the Minimum Coloring Problem, Logistique et transport*, Sousse: Tunisia (2009), Page-00451266, Volume I, 28 Januari 2010
- [6] Mohamed, T. M. (2018). *Enhancing The Performance of the Greedy Algorithm Using Chicken Swarm Optimization: An Application to Exam Scheduling Problem Watermarking View project Feature Selection View project Enhancing The Performance of the Greedy Algorithm Using Chicken Swarm Op. Egyptian Computer Science Journal*, 42(1), 1–17. <https://www.researchgate.net/publication/322682948>
- [7] Mamahit, J. A., Aloysius, D. C., & Suwono, H. (2020). *Efektivitas Model Project- Based Learning Terintegrasi STEM (PjBL-STEM) terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa Kelas X. Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 5(9), 1284. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v5i9.14034>
- [8] Maftukhah, U., Amiroch, S., & Pradana, M. S. (2020). *Implementasi Algoritma Greedy Pada Pewarnaan Wilayah Kecamatan Sukodadi Lamongan. Unisda Journal of Mathematics and Computer Science (UJMC)*, 6(2), 29–38. <https://doi.org/10.52166/ujmc.v6i2.2391>
- [9] Nasution, R. R., & Sitompul, P. (2018). *Aplikasi Pewarnaan Graf Pada Penyusunan Jadwal Mata Kuliah Jurusan Matematika Di Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Medan. Karismatika*, 6(2), 11–29.
- [10] Sánchez-Oro, J., & Duarte, A. (2018). *Iterated Greedy algorithm for performing community detection in social networks. Future Generation Computer Systems*, 88, 785–791.
- [11] Supiyandi, M. E. (2018). *Penerapan Teknik Pewarnaan Graph Pada Penjadwalan Ujian Dengan. Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 03(01), 58–63.
- [12] Widiyatni, W., Rafida, V., Sibali, H. E., & Kusuma, H.A.(2020). *Penerapan Pewarnaan Graf Untuk Menentukan Wisata Kuliner Di Samarinda. Jurnal Ilmiah Matrik*, 22(2), 177–186. <https://doi.org/10.33557/jurnalmatrik.v2 2i2.988>