

PENGAPLIKASIAN PEWARNAAN GRAF DENGAN ALGORITMA GREEDY PADA PETA WILAYAH KOTA SUKABUMI

Syavira Syifausufi

Program Studi S-1 Matematika, FMIPA, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

e-mail: syavira20001@mail.unpad.ac.id

Annasha Khairani Taufiq

Program Studi S-1 Matematika, FMIPA, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

e-mail: annasha20001@mail.unpad.ac.id

Mutiara Dewi Nadhifa

Program Studi S-1 Matematika, FMIPA, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

e-mail: mutiara20001@mail.unpad.ac.id

Carens Febrian

Program Studi S-1 Matematika, FMIPA, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

e-mail: carens20002@mail.unpad.ac.id

Daisy Tsamara Athifa

Program Studi S-1 Matematika, FMIPA, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

e-mail: daisy20001@mail.unpad.ac.id

Sisilia Sylviani*

Program Studi S-1 Matematika, FMIPA, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia

e-mail: sisilia.sylviani@unpad.ac.id

Abstrak

Algoritma Greedy dapat digunakan untuk mengoptimalkan pewarnaan kota Sukabumi. Kecamatan diasumsikan sebagai titik, sedangkan garis digunakan untuk menghubungkan dua wilayah yang berdekatan. Algoritma Greedy adalah salah satu algoritma yang dikembangkan untuk menyelesaikan masalah pewarnaan graf, dengan tujuan menghasilkan warna sesedikit mungkin tanpa memiliki area yang berdekatan menggunakan warna yang sama. Algoritma Greedy menggunakan kandidat warna dan menginisialisasi solusi. Pewarnaan dilakukan pada titik pertama pada derajat tertinggi. Selanjutnya, diperiksa kelayakan warna menggunakan prinsip bahwa tidak ada titik tetangga yang memiliki warna yang sama. Warna yang dihasilkan adalah anggota dari rangkaian solusi. Proses pewarnaan diulang sampai semua titik diwarnai.

Kata Kunci: Algoritma Greedy, Pewarnaan, teori graf

Abstract

The subdivision coloring of Sukabumi city can be optimized using a greedy algorithm. Points and lines that connect two adjacent areas are considered districts. The greedy algorithm is of the form: An algorithm developed to solve the chart coloring problem in a way that produces minimal colors. This should be used to avoid adjacent areas of the same color. Greedy's algorithm uses a variety of colors. Candidate extraction and solution initialization are performed. Color the first point the strongest degree. In addition, color adequacy is checked based on the principle of "no adjacent colors". Dots are the same color. The resulting color is a member of the solution set. The coloring process is repeated until all dots are colored. Regional Coloring of Sukabumi City using Greedy Algorithm. Four colors were obtained as the minimum color solution used to color all sub-districts of Sukabumi City.

Keywords: Graph, Coloring Area , Greedy Algoritm, graph theory.

PENDAHULUAN

Teori graf dapat disebut juga sebagai cabang dari matematika dan ilmu komputer yang mempelajari graf. Grafik adalah struktur yang menggambarkan serangkaian simpul yang dihubungkan oleh tepi dan sifat-sifatnya. Teori graf sendiri pertama kali diperkenalkan oleh Leonard Euler pada tahun 1736. Sebuah graf (G) didefinisikan oleh himpunan yang terdiri dari himpunan simpul tak kosong, biasanya dilambangkan dengan simpul (V), dan himpunan sisi, dilambangkan dengan sisi (E). Dimana kedua V/E menghasilkan pasangan titik G . Kemudian himpunan titik G dilambangkan dengan V dan himpunan sisi G dengan E . Ini menghasilkan rumus berikut $G = (V, E)$.

Secara umum, diagram terbagi menjadi dua jenis, yaitu diagram sederhana dan tidak sederhana. Graf sederhana adalah graf yang tidak memiliki loop dan banyak sisi. Graf multi-sisi jika dua simpul dihubungkan oleh lebih dari satu sisi. Yang disebut loop adalah sisi yang menghubungkan suatu titik dengan dirinya sendiri (Fatkhiah, 2010). Grafik non-sederhana, di sisi lain, adalah grafik yang berisi banyak sisi atau loop. Ada dua jenis graf non-sederhana, yaitu poligraf dan pseudograaf. Poligraf adalah graf yang memiliki banyak sisi. Halaman ganda yang menghubungkan sepasang titik bisa lebih dari dua. Pseudograaf, di sisi lain, adalah grafik yang berisi loop.

Teori graf banyak digunakan dalam bidang jaringan, transportasi, ilmu komputer, riset operasi, dll. Salah satu penerapan teori graf adalah pewarnaan graf. Pewarnaan chart sendiri sering kali seiring berjalannya waktu, sehingga tidak terjadi sekaligus. Ada tiga jenis pewarnaan bagan atau pewarnaan bagan yaitu pewarnaan simpul, pewarnaan tepi dan pewarnaan wajah. Saat mewarnai suatu wilayah, biasanya digunakan algoritma serakah.

Algoritma serakah adalah algoritma pemecahan masalah optimisasi yang memecahkan masalah langkah demi langkah (Mohamed, 2018). Selain itu, algoritma Greedy juga dapat didefinisikan sebagai suatu metode untuk menyelesaikan suatu masalah optimasi yang diselesaikan secara bertahap (step by step) dengan harapan hasil yang diperoleh akan sebaik mungkin (Kurniasari, 2006). Tujuan dari algoritma Greedy adalah mencari solusi yang

mendekati nilai optimal dengan memaksimalkan atau meminimalkan hasil kompromi yang diperoleh (Hayati, E.N. & Yohanes, 2014). Dalam pewarnaan area, hal ini dapat dicapai dengan mengubah area tersebut menjadi petak ganda. Pertama, permukaan diasumsikan sebagai titik atau simpul, yang menghubungkan dua titik yang berdekatan sebagai garis samping.

Area tersebut harus dibatasi oleh area lain yang berdekatan. Karena itulah diperlukan garis pemisah, seperti mewarnai pada peta wilayah perkotaan. Empat warna dihasilkan pada penelitian sebelumnya yang menggunakan algoritma serakah untuk mewarnai wilayah pada peta kawasan perkotaan Semarang (Himayati et al., 2023). Berdasarkan uraian di atas, penulis tertarik untuk mengimplementasikan pewarnaan graf dengan algoritma greedy pada peta wilayah perkotaan Sukabumi dengan tujuh kecamatan yaitu Gunung Puyuh, Warudoyong, Cikole, Baros, Citamiang, Cibeureu dan Lembursitu.

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian studi literatur. Digunakan sekumpulan referensi melalui artikel ilmiah dan data wilayah kota Sukabumi. Kemudian dilakukan penentuan titik-titik yang mewakili kecamatan Sukabumi dan dilakukan pewarnaan wilayah kecamatan menggunakan algoritma Greedy sehingga didapat hasil pewarnaan dengan warna minimal untuk peta Kota Sukabumi

HASIL DAN PEMBAHASAN

WILAYAH KOTA SUKABUMI

Kota Sukabumi merupakan kota yang terletak di Provinsi Jawa Barat. Kota Sukabumi dulunya adalah Kabupaten Sukabumi. Luas kota Sukabumi diketahui sebesar $48,33 \text{ km}^2$ yang mana merupakan kota terkecil ketiga di Jawa Barat. Penduduk kota Sukabumi pada tahun 2021 diperkirakan sebanyak 353.455 jiwa. Dulunya, di zaman Hindia Belanda, kota ini memiliki julukan "Mutiarai Priangan Barat".

**Gambar 2.** Peta wilayah kota Sukabumi

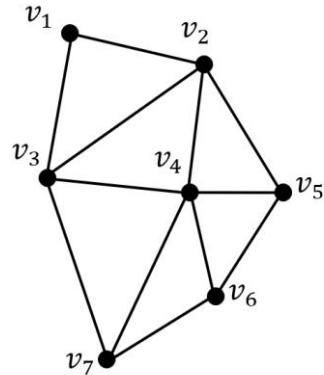
Berikut adalah data wilayah kecamatan pada Kota Sukabumi dan simbol pada setiap kecamatan yaitu :

Tabel 1. Tabel daftar kecamatan Kota Sukabumi

No.	Nama Kecamatan	Simbol
1	Gunungpuyuh	v_1
2	Cikole	v_2
3	Warudoyong	v_3
4	Citamiang	v_4
5	Cibeureum	v_5
6	Baros	v_6
7	Lembursitu	v_7

GRAF DUAL PADA WILAYAH KOTA SUKABUMI

Graf dual di kawasan perkotaan Sukabumi dapat dibangun terlebih dahulu membuat peta kasar kota Sukabumi terlebih dahulu. Gambaran kasar peta meliputi sub-wilayah kota Sukabumi yang ditandai dengan titik atau simpul. Jika suatu titik ditandai di setiap kecamatan, maka perlu menghubungkan dua kecamatan yang berdekatan dengan sebuah garis. Gambaran graf dual dari peta pada wilayah kota Sukabumi seperti di bawah ini:

**Gambar 3.** Graf dual peta kota Sukabumi

Dari gambar 3 tersebut dapat diwakilkan sebagai graf yang ditandai dengan simpul dan garis.

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

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7\}$$

$$E =$$

$$\{v_1v_2, v_1v_3, v_2v_3, v_2v_4, v_2v_5, v_3v_4, v_3v_7, v_4v_5, v_4v_6, v_4v_7, v_5v_6, v_6v_7\}$$

Pewarnaan pada peta kota Sukabumi dapat dilakukan menggunakan Algoritma Greedy yaitu dengan cara menentukan derajat untuk setiap titik pada graf tersebut. Derajat setiap titik kemudian diurutkan mulai dari derajat yang paling besar hingga derajat yang paling kecil.

PEWARNAAN WILAYAH PADA KOTA SUKABUMI MENGGUNAKAN ALGORITMA GREEDY

Beberapa langkah proses pewarnaan graf dual peta kota Sukabumi berbasis teorema empat warna sebagai berikut :

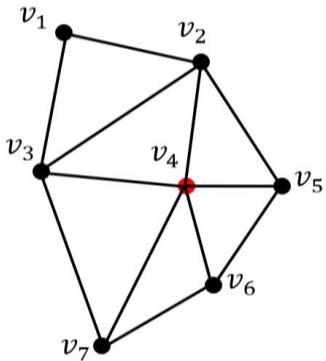
1. Terbentuk himpunan kandidat warna, himpunan tersebut akan dinamakan himpunan C , yaitu $C = \{\text{merah, kuning, hijau, biru}\}$. Himpunan tersebut sebagai warna yang akan digunakan untuk pewarnaan graf peta.
2. Titik-titik pada graf dual peta akan diberi derajat, yaitu sebagai berikut

Tabel 2. Tabel derajat setiap titik

No	Nama Kecamatan	Simbol	Derajat
1	Gunungpuyuh	v_1	2
2	Cikole	v_2	4
3	Warudoyong	v_3	4
4	Citamiang	v_4	5

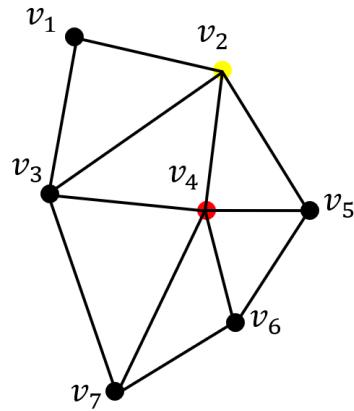
5	Cibeureum	v_5	3
6	Baros	v_6	3
7	Lembursitu	v_7	3

3. Dipilih titik yang akan diberi warna, yaitu v_4 . Titik tersebut dipilih karena titik tersebut adalah titik dengan derajat paling tinggi yaitu 5. Setelah memilih titik, akan dipilih warna untuk titik v_4 . Warna yang akan dipilih adalah warna merah.
4. Akan diperiksa apakah warna merah merupakan warna yang layak untuk himpunan titik v_4 . Dikarenakan v_4 bertetangga dengan 5 titik lain yang belum berwarna, maka v_4 disebut layak berwarna merah.



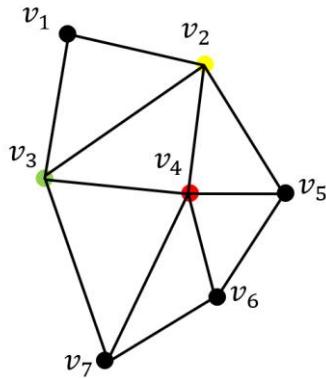
Gambar 4. Pewarnaan pada titik v_4

5. Memasukkan warna merah untuk titik v_4 ke dalam himpunan solusi $S = \{\text{merah}\}$.
6. Diperiksa apakah solusi S mencakup pewarnaan seluruh titik (dengan optimum global) yang akan menggunakan fungsi objektif. Pada langkah ini semua titik belum diwarnai secara optimum global, oleh karena itu akan kembali ke langkah memilih titik.
7. Menyeleksi titik dengan derajat 4, ditemukan titik v_2 . Pada langkah sebelumnya, warna merah telah digunakan, oleh karena itu warna merah tidak dapat dipilih untuk titik tersebut. Jadi, warna yang akan dipilih untuk titik v_2 adalah warna kuning. Titik v_2 bertetangga dengan titik v_4 . himpunan solusi $S = \{\text{merah}, \text{kuning}\}$.



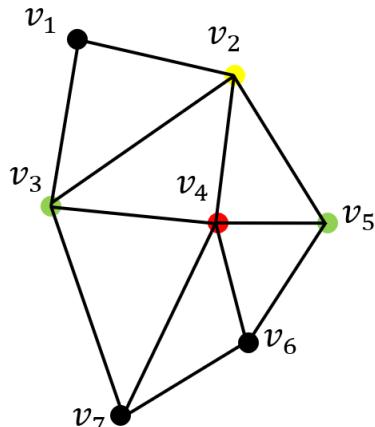
Gambar 5. Pewarnaan pada titik v_2

8. Memilih titik v_3 menggunakan warna hijau karena v_3 bertetangga dengan v_4 dan v_2 . Himpunan solusi $S = \{\text{merah}, \text{kuning}, \text{hijau}\}$.



Gambar 6. Pewarnaan pada titik v_3

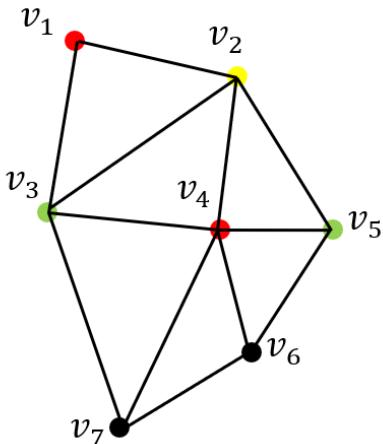
9. Menyeleksi titik dengan derajat 3, yaitu titik v_5 . Akan dipilih warna hijau untuk titik v_5 karena titik v_5 tidak bertetangga dengan titik v_3 . Maka didapat himpunan solusi $S = \{\text{merah}, \text{kuning}, \text{hijau}\}$.



Gambar 7. Pewarnaan pada titik v_5

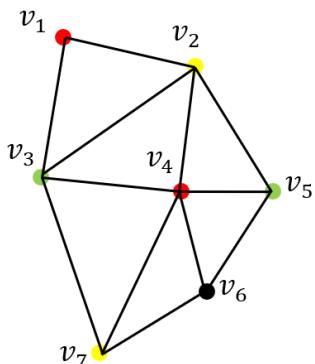
10. Akan dipilih pewarnaan untuk titik v_1 , yaitu akan dipilih warna merah, karena titik v_1 tidak bertetangga dengan titik v_4 . Maka

himpunan untuk solusi $S = \{merah, kuning, hijau\}$.



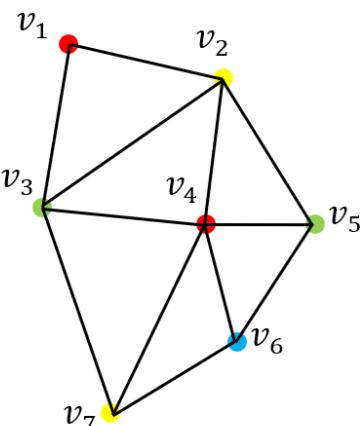
Gambar 8. Pewarnaan pada titik v_1

11. Memilih warna untuk titik v_7 , akan dipilih warna kuning, karena titik v_7 tidak bertetangga dengan titik v_2 . Maka didapat himpunan solusi $S = \{merah, kuning, hijau\}$.



Gambar 9. Pewarnaan pada titik v_7

12. Pewarnaan untuk titik v_6 akan dipilih warna biru karena titik v_6 bertetangga dengan titik yang mempunyai warna selain biru. Maka didapat himpunan solusi $S = \{merah, kuning, hijau, biru\}$.



Gambar 10. Pewarnaan pada titik v_6

Optimasi yang didapat dari langkah-langkah sebelumnya merupakan proses pemberian warna pada tiap kecamatan yang ada di kota Sukabumi. Fungsi tujuan yang didapat dari penelitian tersebut adalah memberikan pewarnaan peta kota Sukabumi dengan empat warna dan didapat fungsi kendalanya yaitu tidak ada warna yang sama di antara dua titik yang bertetanggaan. Pewarnaan tersebut memperoleh hasil dengan representasi sebagai berikut :

- a. Warna merah merepresentasikan 2 kecamatan yaitu : Gunungpuyuh dan Citamiang
- b. Warna kuning merepresentasikan 2 kecamatan yaitu : Cikole dan Lembursitu
- c. Warna hijau merepresentasikan 2 kecamatan yaitu : Warudoyong dan Cibeureum
- d. Warna biru merepresentasikan 1 kecamatan yaitu : Baros

SIMPULAN

Setelah mendapatkan hasil dari penelitian yang sudah dikerjakan di atas, disimpulkan bahwa dengan Algoritma Greedy dibutuhkan empat warna dengan himpunan solusi dan diperoleh hasil pewarnaan peta kota Sukabumi sebagai berikut



Gambar 11. Pewarnaan wilayah pada kota Sukabumi

Algoritma Greedy dapat menjadi algoritma yang sesuai untuk diterapkan pada pewarnaan graf dengan titik yang besar, seperti pewarnaan wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

Himayati, Ade Ima Afifa, Erik Maurteen Firdaus, Findasari 2023, 'Pewarnaan Graf pada Peta

- Wilayah Kota Semarang dengan Algoritma Greedy', *Jurnal Ilmu Komputer dan Matematika*, hh. 9-16.
- Brélaz, D. (1979). New methods to color the vertices of a graph. *Communications of the ACM*, 22(4), 251–256.
- Welsh, D. J. A., & Powell, M. B. (1967). An upper bound for the chromatic number of a graph and its application to timetabling problems. *The Computer Journal*, 10(1), 85–86.
- Gebremedhin, A. H., Manne, F., & Pothen, A. (2005). What color is your Jacobian? Graph coloring for computing derivatives. *SIAM Review*, 47(4), 629–705.
<https://doi.org/10.1137/S0036144502437362>
- Theunis, M., & Roeloffzen, M. (2024). Experimental analysis of algorithms for the dynamic graph coloring problem. *Journal of Graph Algorithms and Applications*, 28(1), 313–349.
<https://doi.org/10.7155/jgaa.v28i1.2956>
- Gupta, S., & Singh, T. (2020). Greedy graph coloring algorithm based on depth first search. *International Journal on Emerging Technologies*, 11(2), 854–862.
- Švarcmajer, M., Ivanović, D., Rudec, T., & Lukić, I. (2025). Application of graph theory and variants of greedy graph coloring algorithms for optimization of distributed peer-to-peer blockchain networks. *Technologies*, 13(1), 33.
<https://doi.org/10.3390/technologies130100>
- Mahmoudi, S., & Lotfi, S. (2015). Modified cuckoo optimization algorithm (MCOA) to solve graph coloring problem. *Applied Soft Computing*, 33, 48–64.
- Avanthay, C., Hertz, A., & Zufferey, N. (2003). A variable neighborhood search for graph coloring. *European Journal of Operational Research*, 151(2), 379–386.
- Porumbel, D. C., Hao, J.-K., & Kuntz, P. (2010). An evolutionary approach with diversity guarantee and well-informed grouping recombination for graph coloring. *Computers & Operations Research*, 37(10), 1822–1832.
- Haunert, J. H., & Wolff, A. (2010). Area aggregation in map generalisation by mixed-integer programming. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(12), 1871–1897